



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



**Badak LNG
LNG ACADEMY**

PNJ - PT BADAK LNG

**OPTIMASI KINERJA SISTEM *REVERSE OSMOSIS* TERHADAP
VARIASI KUALITAS AIR UMPAN**

LAPORAN TUGAS AKHIR

Oleh:

Renata Arsanti Arindra Putri

NIM. 2302319021

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**

PROGRAM STUDI D3 TEKNIK MESIN

PROGRAM *LNG ACADEMY*

KERJASAMA PNJ - PT BADAK *LNG*

JURUSAN TEKNIK MESIN

PROGRAM STUDI D3 TEKNIK MESIN

KONSENTRASI PENGOLAHAN GAS

BONTANG 2026



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun



PNJ - PT BADAK LNG

**OPTIMASI KINERJA SISTEM *REVERSE OSMOSIS* TERHADAP
VARIASI KUALITAS AIR UMPAN**

LAPORAN TUGAS AKHIR

Laporan ini disusun sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan pendidikan
Diploma III Program Studi D3 Teknik Mesin Jurusan Teknik Mesin

Oleh:

Renata Arsanti Arindra Putri

NIM. 2302319021

PROGRAM STUDI D3 TEKNIK MESIN

PROGRAM *LNG ACADEMY*

KERJASAMA PNJ - PT BADAK *LNG*

JURUSAN TEKNIK MESIN

PROGRAM STUDI D3 TEKNIK MESIN

KONSENTRASI PENGOLAHAN GAS

BONTANG 2026



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

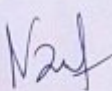
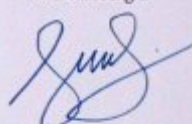
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun

HALAMAN PERSETUJUAN
LAPORAN TUGAS AKHIR

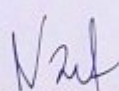
OPTIMASI SISTEM *REVERSE OSMOSIS* TERHADAP VARIASI
KUALITAS AIR UMPAN

Oleh:
Renata Arsanti Arindra Putri
NIM. 2302319021
Program Studi D3 Teknik Mesin

Laporan Tugas Akhir telah disetujui oleh pembimbing

Pembimbing 1  Nabila Yudisha, S.T., M.T. NIP. 199311302023212045	Pembimbing 2  Ir. Muhammad Silvano Ibrahim Aiwan, S.T., I.P.M NIP. 133106
--	---

Ketua Program Studi D3 Teknik Mesin


Nabila Yudisha, S.T., M.T.
NIP. 199311302023212045

iii



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun

LEMBAR PENGESAHAN LAPORAN TUGAS AKHIR

OPTIMASI SISTEM *REVERSE OSMOSIS* TERHADAP VARIASI KUALITAS AIR UMPAN

Oleh:

Renata Arsanti Arindra Putri

NIM 2302319021

Program Studi Diploma III Teknik Mesin

Telah berhasil dipertahankan dalam sidang tugas akhir di hadapan Dewan Penguji pada 8 Juli 2026 dan diterima sebagai persyaratan untuk memperoleh gelar Diploma III pada Program Studi Diploma III Teknik Mesin Jurusan Teknik Mesin

DEWAN PENGUJI

No.	Nama	Posisi Penguji	Tanda Tangan	Tanggal
1	Nabila Yudisha, S.T., M.T. NIP. 199311302023212045	Ketua Penguji		8 Juli 2026
2	Rahmat Subarkah, S.T., M.T. NIP.197601202003121001	Penguji 1		8 Juli 2026
3	Fajar Singgih	Penguji 2		8 Juli 2026

Disahkan oleh:

Ketua Jurusan Teknik Mesin



Dr. Fuad Zainuri, S.T., M.Si.

NIP.197602252000121002



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun

LEMBAR PERNYATAAN ORISINALITAS

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Renata Arsanti Arindra Putri

NIM. 2302319021

Program Studi D3 Teknik Mesin

Menyatakan bahwa yang dituliskan di dalam Laporan Tugas Akhir ini adalah hasil karya saya sendiri bukan jiplakan (plagiasi) karya orang lain baik sebagian atau seluruhnya. Pendapat, gagasan, atau temuan orang lain yang terdapat di dalam Laporan Tugas Akhir telah saya kutip dan saya rujuk sesuai dengan etika ilmiah. Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya.

Depok, 8 Juli 2026



Renata Arsanti Arindra Putri

2302319021



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun

OPTIMASI KINERJA SISTEM *REVERSE OSMOSIS* TERHADAP VARIASI KUALITAS AIR UMPAN

Renata Arsanti Arindra Putri¹, Nabila Yudisha^{1*}, Muhammad Silvano Ibrahim
Aiwan²

¹ Program Studi D3 Teknik Mesin, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta, Jl. Prof. G.
A. Siwabessy, Kampus UI, Depok, 16425

²PT Badak NGL, Plant Site Bontang, Kalimantan Timur 75324

*Corresponding author *E-mail address*: renata.arsanti.arindra.putri.tm23@stu.pnj.ac.id

Abstrak

Penelitian ini merancang sistem *reverse osmosis* (RO) untuk mengolah variasi kualitas air umpan di Kota Bontang. Analisis dilakukan menggunakan metode *Response Surface Methodology* (RSM) untuk menentukan batas operasional efektif sistem. Hasil menunjukkan sistem mampu beroperasi optimal pada TDS air umpan 500–3.400 mg/L (pada TSS rendah 25 mg/L), namun batas TDS menyempit menjadi 1.400 mg/L seiring peningkatan TSS hingga 100 mg/L. Beban kontaminan yang melampaui batas tersebut menyebabkan penurunan kinerja membran di bawah baku mutu air minum. Penelitian ini memberikan acuan operasional bagi pemanfaatan sistem RO yang efektif sesuai standar kualitas air minum.

Kata-kata kunci: Reverse Osmosis, TDS, TSS, Response Surface Methodology, Optimasi.

Abstract

This study designed a reverse osmosis (RO) system to treat various feedwater qualities in Bontang City. Analysis was conducted using Response Surface Methodology (RSM) to determine the system's effective operational limits. The results show the system operates optimally at feedwater TDS levels of 500–3,400 mg/L (at low TSS of 25 mg/L), but the TDS limit narrows to 1,400 mg/L as TSS increases to 100 mg/L. Contaminant loads exceeding these limits cause membrane performance to fall below drinking water standards. This study provides operational guidelines for an effective RO system implementation in accordance with water quality standards.

Keywords: Reverse Osmosis, TDS, TSS, Response Surface Methodology, Optimization.



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritikan atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT atas rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul “Optimasi Kinerja Sistem Reverse Osmosis Terhadap Variasi Kualitas Air Umpan” sebagai salah satu syarat kelulusan Program Studi DIII Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta dan sebagai media pembelajaran bagi masa yang akan mendatang.

Tugas akhir ini tidak lepas dari bantuan yang datang dari berbagai pihak, penulis mengucapkan terimakasih kepada:

1. Bapak Anas Malik Abdillah, selaku Direktur LNG Academy.
2. Bapak Dr. Fuad Zainuri, S.T., M.Si., selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin PNJ
3. Bapak Zaki Arif, selaku Kepala Jurusan Pengolahan Gas LNG Academy.
4. Ibu Nabila Yudisha, S.T., M.T., selaku Ketua Program Studi D3 Teknik Mesin sekaligus pembimbing akademik dari Politeknik Negeri Jakarta
5. Bapak Ir. Muhammad Silvano Ibrahim Aiwan, S.T., I.P.M selaku pembimbing lapangan dari PT Badak NGL
6. Pihak pihak yang turut membantu dalam penelitian ini. Khususnya tim Telihan Recycle, CSR Badak NGL, dan bengkel Induk Badak LNG
7. Rekan-rekan mahasiswa LNG Academy, Teknik Mesin, dan semua pihak yang turut membantu.

Penulis berharap tugas akhir ini dapat memberikan manfaat dan referensi pengembangan ilmu di bidang teknik mesin.

Bontang, 3 Juli 2026

Penulis



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun

DAFTAR ISI

HALAMAN PERSETUJUAN LAPORAN TUGAS AKHIR.....	iii
HALAMAN PENGESAHAN LAPORAN TUGAS AKHIR.....	iv
LEMBAR PERNYATAAN ORISINALITAS.....	v
Abstrak.....	vi
KATA PENGANTAR.....	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR TABEL.....	xii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	4
1.3 Tujuan.....	4
1.4 Manfaat.....	5
1.4.1 Bagi Penulis:.....	5
1.4.2 Bagi LNG Academy dan Politeknik Negeri Jakarta:.....	5
1.4.3 Bagi PT Badak NGL.....	5
1.5 Batasan Masalah.....	5
1.6 Metode Penulisan.....	6
1.7 Sistematika Penulisan.....	7
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	8
2.1 Air Umpan pada Sistem <i>Reverse Osmosis</i>	8
2.2 Parameter Kualitas Air.....	9
2.2.1 Total Dissolved Solids (TDS).....	9
2.2.2 Total Suspended Solid (TSS).....	10
2.2.3 Konduktivitas & Konversi ke TDS.....	10
2.2.4 Standar Air Keperluan Higiene Sanitasi (Air Bersih).....	11
2.2.5 Reverse Osmosis.....	12
2.3 Membran Reverse Osmosis.....	14
2.4 Komponen Sistem Reverse Osmosis.....	17
2.5 Pretreatment pada Sistem Reverse Osmosis.....	19
2.5.1 Filtrasi.....	19
2.5.2 Adsorpsi Karbon Aktif.....	20
2.5.3 Softening dan Pengendalian Scaling.....	20
2.6 Fouling dan Scaling pada Membran RO.....	21
2.6.1 Jenis -jenis Fouling.....	22
2.6.2 Dampak Fouling dan Scalling terhadap Kinerja Sistem RO.....	23
2.7 Pembersihan Membran Reverse Osmosis.....	23
2.7.1 Backwash.....	24
2.7.2 Flushing.....	25
2.7.3 Chemical Cleaning.....	25
2.8 Evaluasi Kinerja Sistem <i>Reverse Osmosis</i>	26



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun

2.8.1 Efisiensi Penurunan Kontaminan.....	26
2.9.2 Debit <i>Permeate</i>	27
2.9.3 <i>Recovery Rate</i>	27
2.9.4 <i>Salt Rejection</i>	28
2.10 <i>Response Surface Methodology (RSM)</i>	28
2.10.2 <i>Central Composite Design (CCD)</i>	31
2.11 Penelitian Terdahulu.....	34
2.12 Kerangka Berpikir	36
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	38
3.1 Diagram Alir Pengerjaan.....	38
3.2 Desain Sistem <i>Reverse Osmosis</i>	39
3.2.1 Diagram Alir Proses Sistem	39
3.2.2 Jalur Operasi Normal Sistem RO.....	40
3.2.3 Jalur <i>Backwash</i> Membran RO.....	41
3.2.4 Titik pengambilan sample selama eksperimen.....	42
3.3 Alat dan Bahan Penelitian.....	43
3.3.1 Alat Penelitian.....	43
3.3.2 Bahan Penelitian.....	45
3.4 Rancangan Percobaan Menggunakan Metode RSM-CCD.....	45
3.4.1 Penentuan Faktor Penelitian.....	45
3.4.2 Penentuan Level Faktor.....	46
3.4.3 Penentuan Respon Penelitian.....	47
3.5 Penyusunan Matriks Percobaan CCD.....	49
3.6 Persiapan Air Umpan Buatan.....	50
3.7 Prosedur Pengujian Sistem <i>Reverse Osmosis</i>	50
3.8 Prosedur <i>Backwash</i> Membran <i>Reverse Osmosis</i>	51
3.9 Evaluasi Laju Penurunan Debit (<i>Flux Decline</i>) dan Waktu Inisiasi <i>Backwash</i>	52
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	54
4.1 Tahap 1 – Evaluasi Kinerja Sistem terhadap Variasi Air Umpan.....	54
4.1.1. Karakteristik Awal Sumber Air.....	54
4.1.2 Rancangan Variasi Air Umpan.....	55
4.1.3 Data Hasil Pengujian Sistem <i>Reverse Osmosis</i>	57
4.1.4 Analisis ANOVA & Model RSM.....	58
4.1.5 Pengaruh TDS dan TSS terhadap Efisiensi Penurunan TDS	59
4.1.6 Pengaruh TDS dan TSS terhadap Efisiensi Penurunan TSS.....	61
4.1.7 Pengaruh TDS dan TSS terhadap Debit <i>Permeate</i>	64
4.1.8 Perbandingan Dominansi Faktor antar Respon.....	66
4.1.9 Rekomendasi Batas Kualitas Air Umpan.....	66
4.2 Tahap II – <i>Backwash</i> Membran.....	69
4.2.1 Data Hasil Pengujian <i>Backwash</i>	69
4.2.2 Pembahasan Pengaruh Durasi <i>Backwash</i>	72
4.2.3 Durasi <i>Backwash</i> Optimal.....	73
4.2.3 Penentuan Waktu Inisiasi <i>Backwash</i> Optimal.....	74



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun

BAB V.....	76
KESIMPULAN DAN SARAN.....	76
5.1 Kesimpulan.....	76
5.2 Saran.....	77
DAFTAR PUSTAKA.....	78
LAMPIRAN.....	82





Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Peta Lokasi Wilayah Geografis Bontang.....	2
Gambar 1.2 Grafik perbandingan Nilai TDS dan TSS dari Sumber Air Wilayah Bontang.....	2
Gambar 2.2 Pola Aliran <i>Crossflow</i> pada Membran.....	13
Gambar 2.3 Struktur Membran Thin-Film Composite.....	14
Gambar 2.4 Konstruksi Membran Spiral-Wound.....	16
Gambar 2.5 Tampak <i>Scaling</i> pada Membran RO.....	21
Gambar 2.6 Contoh Surface Plot.....	31
Gambar 2.3 Contoh Contour Plot.....	31
Gambar 2.4 Contoh <i>Overlay plot</i>	34
Gambar 3.1 Diagram Alir Pengerjaan Tugas Akhir.....	38
.....	39
Gambar 3.2 Diagram Alir Proses Sistem.....	39
Gambar 3.4 Jalur <i>backwash</i> pada diagram alur sistem.....	41
Gambar 4.1 <i>Surface plot</i> Y1.....	60
.....	61
Gambar 4.2 <i>Contour plot</i> Y1.....	61
Gambar 4.3 <i>Surface plot</i> Y2.....	63

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Komponen Sistem <i>Reverse Osmosis</i> dan Fungsinya.....	18
Tabel 2.1 Fungsi komponen CCD.....	32
Tabel 3.1 Alat penelitian dan fungsinya.....	43
Tabel 3.2 bahan penelitian dan fungsinya.....	45
Tabel 3.1 Faktor penelitian tahap I.....	46
Tabel 3.2 Faktor penelitian tahap II.....	46
Tabel 3.5 Level faktor penelitian tahap I.....	46
Tabel 3.6 Level faktor penelitian tahap II.....	47
Tabel 3.7 Respon penelitian tahap I.....	48
Tabel 3.8 Respon Penelitian tahap II.....	48
Tabel 4.1 Karakteristik awal sumber air baku di wilayah Bontang.....	54
Tabel 4.2 Level faktor rancangan percobaan Tahap I.....	56
Tabel 4.3 Matriks percobaan CCD tahap I.....	57
Tabel 4.4 Data hasil pengujian sistem RO terhadap 13 run variasi air umpan.....	57
Tabel 4.5 Ringkasan Hasil ANOVA.....	58
Tabel 4.7 Data Pengujian <i>Backwash</i>	70

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

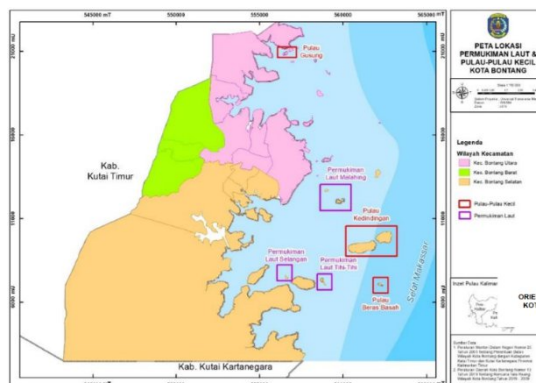
BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Ketersediaan air bersih masih menjadi tantangan di berbagai wilayah Indonesia, termasuk di Kalimantan Timur. Berdasarkan laporan Indikator Kesejahteraan Rakyat 2024 yang diterbitkan oleh Badan Pusat Statistik (BPS), persentase rumah tangga yang memiliki akses terhadap air bersih yang layak secara nasional baru mencapai 92,64% pada tahun 2024. Kondisi ini menunjukkan bahwa masih terdapat sekitar 7,36% rumah tangga di Indonesia yang belum terlayani, dengan kesenjangan yang lebih besar di wilayah pedesaan dibandingkan dengan perkotaan [1]. Kota Bontang sebagai salah satu kota industri di Kalimantan Timur memiliki kondisi geografis yang khas, yaitu berbatasan langsung dengan Selat Makassar. Kondisi kota pesisir ini menyebabkan sumber air di wilayah Bontang sangat beragam, mulai dari air sumur, air sungai, air hujan, hingga air payau dan air laut. Wilayah pesisir umumnya rentan terhadap intrusi air laut ke dalam akuifer dangkal, sehingga sumber air di kawasan tersebut berpotensi memiliki kandungan TDS yang tinggi, yakni pada kisaran 1.000–10.000 mg/L [2]. Hal ini diperkuat oleh hasil karakterisasi awal sumber air di wilayah Bontang yang menunjukkan nilai TDS air payau mencapai 5.000 mg/L, jauh melampaui baku mutu TDS air minum sebesar 1000 mg/L yang ditetapkan oleh Permenkes Nomor 2 Tahun 2023 [3].

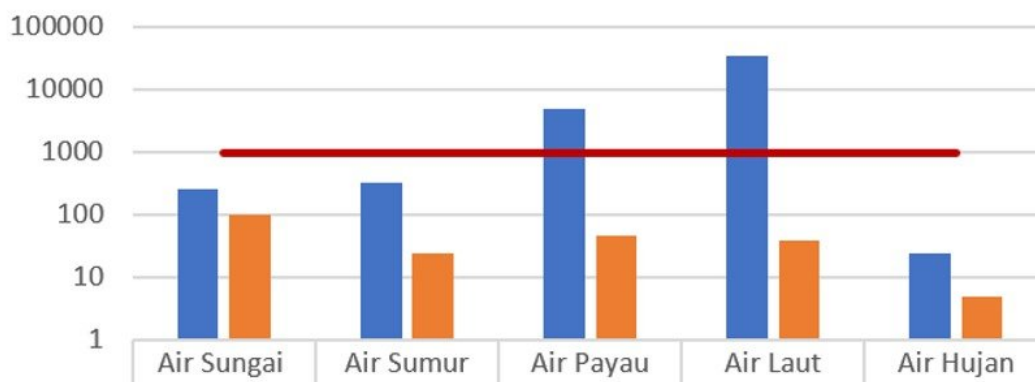
Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun



Gambar 1.1 Peta Lokasi Wilayah Geografis Bontang

Kondisi geografis Kota Bontang yang berbatasan langsung dengan Selat Makassar seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1.1 menyebabkan sumber air di wilayah ini sangat beragam, mulai dari air sumur, air sungai, air hujan, air payau, hingga air laut. Pada wilayah pesisir, kedekatan dengan laut meningkatkan risiko intrusi air laut ke dalam akuifer dangkal, sehingga air tanah di kawasan tersebut berpotensi mengandung padatan terlarut yang tinggi [2]. Hal ini terkonfirmasi oleh hasil karakterisasi awal yang dilakukan terhadap lima sumber air di wilayah Bontang, di mana nilai *Total Dissolved Solids* (TDS) dan *Total Suspended Solids* (TSS) menunjukkan variasi yang sangat besar antar jenis sumber air, sebagaimana ditampilkan pada Gambar 1.2 berikut.



Gambar 1.2 Grafik perbandingan Nilai TDS dan TSS dari Sumber Air Wilayah Bontang

(Hasil Olah Data, 2026)



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun

Berdasarkan Gambar 1.2, terlihat bahwa nilai TDS air payau mencapai 5.000 mg/L dan air laut mencapai 35.000 mg/L, jauh melampaui baku mutu air bersih sebesar 1000 mg/L yang ditetapkan oleh Permenkes Nomor 2 Tahun 2023 [3]. Sementara itu, air sumur dan air sungai memiliki nilai TDS yang lebih rendah, masing-masing 339 mg/L dan 257 mg/L, namun masih berada di atas atau mendekati batas baku mutu. Perbedaan karakteristik yang sangat signifikan antarsumber air ini menjadi tantangan nyata dalam pengolahan air, karena sistem pengolahan yang digunakan perlu mampu menangani variasi kualitas air umpan yang lebar.

Salah satu teknologi pengolahan air yang banyak digunakan untuk menghasilkan air berkualitas tinggi dari berbagai jenis sumber air adalah *reverse osmosis* (RO). Teknologi RO bekerja dengan memberikan tekanan pada air umpan agar molekul air dapat melewati membran semipermeabel, sementara sebagian besar padatan terlarut, ion, dan kontaminan tertahan pada sisi konsentrat [4]. Tingkat penolakan terhadap garam terlarut pada membran RO umumnya berkisar antara 95% hingga lebih dari 99%, tergantung pada jenis membran, kualitas air umpan, suhu, dan desain sistem. Teknologi ini telah banyak diterapkan pada berbagai skala penggunaan, mulai dari desalinasi air laut dan air payau, penyediaan air industri, hingga produksi air minum rumah tangga [5]. Kemampuan membran RO dalam menyisihkan berbagai jenis kontaminan menjadikannya teknologi yang relevan untuk diterapkan pada kondisi sumber air dengan karakteristik yang sangat beragam seperti di wilayah Bontang.

Meskipun teknologi RO telah terbukti efektif, kinerja sistem sangat dipengaruhi oleh kualitas air umpan yang masuk ke membran. Kandungan padatan tersuspensi yang tinggi pada air umpan dapat menyebabkan *fouling* atau penyumbatan pada pori-pori membran RO yang berukuran sangat kecil, sehingga mengakibatkan penurunan drastis pada debit air hasil, lonjakan konsumsi energi pompa, dan kerusakan permanen pada membran apabila tidak ditangani dengan baik. Selain itu, peningkatan konsentrasi padatan terlarut meningkatkan tekanan osmotik sehingga menurunkan gaya dorong efektif untuk menghasilkan *permeate* [4]. Kondisi ini menjadi perhatian penting mengingat variasi TDS dan TSS antar sumber air di wilayah Bontang sangat besar, sebagaimana ditunjukkan pada



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun

Gambar 1.2 Selain kualitas air umpan, penurunan performa membran juga menjadi hal penting dalam sistem *reverse osmosis*.

Selama proses pengolahan, pengotor yang terbawa oleh air umpan dapat menumpuk pada unit filtrasi atau permukaan membran. Kondisi tersebut dapat menyebabkan penurunan debit *permeate* dan penurunan kinerja sistem. Oleh karena itu, diperlukan proses pembersihan membran untuk membantu memulihkan kinerja sistem setelah digunakan. Salah satu metode yang dikaji pada penelitian ini adalah *backwash* atau pembilasan balik membran dengan variasi durasi tertentu.

Berbagai penelitian terdahulu telah membahas performa RO dari aspek tekanan operasi, *recovery*, dan pengendalian *fouling*, namun penelitian yang secara khusus mengidentifikasi batas kualitas air umpan yang masih dapat diolah oleh sistem RO berdasarkan parameter TDS dan TSS secara simultan masih terbatas [5]. Berdasarkan uraian tersebut, penelitian dengan judul “Optimasi Kinerja Sistem *Reverse Osmosis* terhadap Variasi Kualitas Air Umpan” dilakukan untuk merancang dan membangun sistem *reverse osmosis*, kemudian mengevaluasi kinerjanya terhadap variasi kualitas air umpan berdasarkan parameter TDS dan TSS. Penelitian ini juga diarahkan untuk mengetahui durasi *backwash* yang efektif dalam membantu memulihkan performa membran. Hasil penelitian diharapkan dapat menjadi dasar awal dalam menentukan kesesuaian penggunaan sistem *reverse osmosis* terhadap berbagai karakteristik air di wilayah Bontang.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dari proposal tugas akhir ini dapat dijabarkan sebagai berikut:

1. Bagaimana perancangan dan pembangunan sistem *reverse osmosis* sebagai sistem pengolahan air dengan variasi kualitas air umpan.
2. Apa batas kemampuan operasional sistem *reverse osmosis* dalam mengolah variasi kualitas air umpan (TDS dan TSS) agar menghasilkan air yang sesuai dengan standar kualitas?
3. Berapa durasi optimal proses *backwashing* pada membran *reverse osmosis*?

1.3 Tujuan

Rumusan masalah dari proposal tugas akhir ini dapat dijabarkan sebagai



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun

berikut:

1. Merancang dan membangun sistem *reverse osmosis* sebagai sistem pengolahan air dengan variasi kualitas air umpan.
2. Menentukan batas kemampuan sistem *reverse osmosis* dalam mengolah variasi kualitas air umpan berdasarkan parameter TDS dan TSS.
3. Menentukan durasi optimal *backwash* pada pembersihan membran.

1.4 Manfaat

Penelitian ini dapat memberikan manfaat yang dijelaskan sebagai berikut:

1.4.1 Bagi Penulis:

1. Sebagai syarat memenuhi penyusunan Tugas Akhir guna mendapatkan gelar Diploma III dari Program Studi Teknik Mesin Politeknik Negeri Jakarta.
2. Menambah pengalaman dan keterampilan dalam rancang bangun suatu alat industri.
3. Mengimplementasikan pengetahuan yang telah diperoleh selama masa perkuliahan dengan mempraktikkannya secara nyata.

1.4.2 Bagi LNG Academy dan Politeknik Negeri Jakarta:

1. Sebagai media pembelajaran dan penelitian, unit pengolahan air dengan berbagai kualitas yang berbeda menghasilkan air yang dapat dikonsumsi dengan memanfaatkan teknologi membran *reverse osmosis*.
2. Menjadi referensi untuk pengembangan sistem pengolahan air dengan teknologi *reverse osmosis* di industri maupun masyarakat.

1.4.3 Bagi PT Badak NGL:

1. Mendukung program CSR (*Corporate Social Responsibility*) untuk membantu masyarakat dalam penyediaan air kepada warga di sekitar industri.
2. Mendukung upaya PT Badak NGL untuk memenuhi aspek inovasi sosial dalam PROPER Nasional tahun 2026.

1.5 Batasan Masalah

Batasan masalah pada tugas akhir ini adalah sebagai berikut:



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun

1. Penelitian ini berfokus pada evaluasi kinerja sistem reverse osmosis sebagai sistem pengolahan air dengan variasi kualitas air umpan berdasarkan parameter kualitas air yang diuji.
2. Air umpan yang digunakan merupakan air uji dengan variasi kualitas tertentu berdasarkan parameter TDS dan TSS.
3. Parameter utama yang dianalisis dibatasi pada nilai TDS dan TSS sebelum dan sesudah proses pengolahan.
4. Evaluasi kinerja sistem dilakukan berdasarkan kemampuan sistem reverse osmosis dalam menurunkan kadar TDS dan TSS pada variasi kualitas air umpan.
5. Tugas akhir ini tidak mencakup analisis ekonomi dikarenakan tidak adanya kajian lanjutan terhadap aspek biaya operasional dan proyeksi profitabilitas.

1.6 Metode Penulisan

Metode penulisan tugas akhir yang dilaksanakan dalam penyusunan laporan tugas akhir ini mencakup pengumpulan serta pengolahan data. Data yang digunakan dalam penyusunan laporan tugas akhir ini diperoleh melalui berbagai kegiatan pendukung yang dapat dijelaskan sebagai berikut:

1. Data Primer

Data primer merupakan data yang diperoleh secara langsung dari hasil perancangan, pembuatan, dan pengujian sistem reverse osmosis. Data primer dalam penelitian ini meliputi hasil pengukuran TSS dan TDS pada air umpan dan air hasil pengolahan, kondisi operasi sistem selama proses filtrasi, serta pengamatan terhadap kemampuan sistem dalam mengolah variasi kualitas air umpan.

2. Data Sekunder

Data sekunder merupakan data yang diperoleh dari hasil percobaan pihak lain, seperti jurnal penelitian, laporan tugas akhir, laporan analisis, dan laporan perusahaan yang dapat dipublikasikan.



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun

1.7 Sistematika Penulisan

BAB I PENDAHULUAN

BAB I menguraikan latar belakang pemilihan topik, perumusan masalah, tujuan umum dan khusus, ruang lingkup penelitian dan batasan masalah, manfaat yang akan diperoleh, metode penulisan yang digunakan, serta sistematika penulisan keseluruhan laporan tugas akhir.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

BAB II membahas studi pustaka atau tinjauan literatur yang relevan, memaparkan rangkuman kritis dari berbagai referensi yang mendukung penyusunan atau pelaksanaan penelitian, dan mencakup pembahasan lebih lanjut mengenai teori dasar filtrasi, bejana tekan, *reverse osmosis*, dan metode RSM.

BAB III METODE PELAKSANAAN

BAB III menguraikan penjelasan terkait metodologi, yaitu metode yang digunakan untuk melakukan penyelesaian masalah atau penelitian, meliputi studi kelayakan proses, pengujian sampel dan pengumpulan data, teknis perancangan, serta proses fabrikasi.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini menjelaskan hasil dan analisis data, perhitungan aktual yang diperoleh dari analisis tersebut, serta interpretasi dan pembahasan hasil perhitungan.

BAB V KESIMPULAN

Pada bab ini dipaparkan kesimpulan dari seluruh analisis data, pembahasan hasil perhitungan, dan penelitian. Isi kesimpulan akan menjawab permasalahan dan tujuan yang telah ditetapkan dalam tugas akhir, disertai saran atau opini yang berkaitan dengan tugas akhir

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil perancangan, pengujian, dan analisis yang telah dilakukan pada sistem Reverse Osmosis (RO) dengan variasi kualitas air umpan serta evaluasi proses backwash, dapat diperoleh kesimpulan sebagai berikut.

1. Sistem Reverse Osmosis (RO) yang dirancang dan dibangun sebagai sistem pengolahan air dengan variasi kualitas air umpan berdasarkan parameter Total Dissolved Solids (TDS) dan Total Suspended Solids (TSS) terdiri atas unit penampungan air baku, pompa, cartridge filter, membran RO, pressure gauge, flow meter, valve, serta sistem backwash. Berdasarkan hasil pengujian, sistem mampu beroperasi dengan baik pada seluruh variasi kualitas air umpan yang telah ditentukan. Hal ini ditunjukkan dengan kemampuan sistem dalam menghasilkan *permeate* serta mempertahankan efisiensi penyisihan TDS dan TSS pada setiap kondisi pengujian, sehingga sistem yang dirancang dapat digunakan sebagai media penelitian untuk mengevaluasi pengaruh variasi kualitas air terhadap performa membran Reverse Osmosis.
2. Sistem *reverse osmosis* ini memiliki batas kemampuan operasional yang dinamis dan sangat dipengaruhi oleh interaksi antara kadar TDS dan TSS pada air umpan. Berdasarkan analisis *Overlay Plot*, sistem mampu beroperasi secara optimal pada rentang TDS 500–3.400 mg/L (pada TSS rendah 25 mg/L). Namun, seiring dengan peningkatan beban TSS hingga 100 mg/L, batas toleransi TDS umpan menyempit menjadi maksimal 1.400 mg/L untuk tetap menghasilkan air bersih yang memenuhi standar kualitas.
3. Durasi *backwash* optimum untuk memulihkan performa membran ditetapkan selama **6 menit**, yang menghasilkan tingkat pemulihan debit (*recovery flux*) rata-rata tertinggi sebesar **93,03%**. Durasi ini merupakan titik keseimbangan yang paling efektif, karena penambahan durasi hingga 9 menit tidak memberikan peningkatan *recovery flux* yang signifikan secara



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun

statistik, sehingga durasi 6 menit lebih efisien dari sisi waktu operasi dan penggunaan air. Penetapan durasi ini diperkuat oleh justifikasi matematis siklus filtrasi kritis (t_c) sebesar 28,57 menit dengan laju penurunan debit (k) sebesar 0,0126 L/menit²,

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian, pembahasan, serta keterbatasan yang ditemui selama pelaksanaan penelitian, diperlukan beberapa pengembangan agar penelitian mengenai sistem Reverse Osmosis (RO) dapat memberikan hasil yang lebih komprehensif. Oleh karena itu, terdapat beberapa saran untuk penelitian selanjutnya

1. Penelitian selanjutnya disarankan untuk mengevaluasi pengaruh tekanan operasi, laju alir umpan (*feed flow rate*), suhu, dan pH air umpan terhadap kinerja membran sehingga diperoleh model optimasi yang lebih komprehensif.
2. Bisa dilakukan pengujian dengan standar parameter air minum
3. Melakukan pengujian backwash dengan variasi durasi yang lebih rinci. Selain durasi 3, 6, dan 9 menit, penelitian berikutnya dapat menggunakan interval yang lebih kecil, sehingga penentuan durasi optimum dapat dilakukan dengan tingkat ketelitian yang lebih tinggi.
4. Melakukan karakterisasi fouling pada membran. Analisis terhadap jenis dan karakteristik foulant yang menempel pada membran sebelum dan sesudah proses backwash, misalnya menggunakan pengamatan mikroskopis atau analisis morfologi permukaan, dapat memberikan pemahaman yang lebih mendalam mengenai mekanisme fouling dan efektivitas proses pembersihan.



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Badan Pusat Statistik, "Indikator Kesejahteraan Rakyat 2024," BPS, Jakarta, 2024.
- [2] M. Sintya, "Perbaikan Kualitas Air Payau Menggunakan Media Karbon Aktif Dan Zeolit," *Ruwa Jurai: Jurnal Kesehatan Lingkungan*, vol. 15, no. 3, pp. 124-129, 2022.
- [3] Kementerian Kesehatan Republik Indonesia, "Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 2 Tahun 2023 tentang Peraturan Pelaksanaan Peraturan Pemerintah Nomor 66 Tahun 2014 tentang Kesehatan Lingkungan," Kemenkes RI, Jakarta, 2023.
- [4] N. I. Said, "Aplikasi Teknologi Osmosis Balik Untuk Memenuhi Kebutuhan Air Minum," *J. Tek. Ling. P3TL-BPPT*, vol. 18, no. 1, p. 16-35, 2023.
- [5] T. D. Kusworo, D. P. Utomo, dkk., "Process Parameters Optimization in Membrane Fabrication for Produced Water Treatment Using Response Surface Methodology (RSM) and Central Composite Design (CCD)," *Reaktor*, vol. 18, no. 1, pp. 7-15, 2018.
- [6] Budiyono dan L. Buchori, "The Performance of Reverse Osmosis Membrane in Water Treatment," *TEKNIK*, vol. 29, no. 1, pp. 5-8, 2008. *(Catatan: Telah dikoreksi dari tahun 2012 ke tahun terbit aslinya yaitu 2008)*
- [7] R. W. Baker, *Membrane Technology and Applications*, 3rd edition, Chichester, U.K: John Wiley & Sons, 2012.
- [8] Badan Standardisasi Nasional, SNI 6989.3:2019, Air dan Air Limbah Bagian 3: Cara Uji Padatan Tersuspensi Total (TSS) secara Gravimetri, Jakarta: BSN, 2019.
- [9] A. J. Panjaitan, D. Ulinuha, dan N. M. Ernawati, "Analisis Total Suspended Solid (TSS) Perairan Danau Toba di Kecamatan Girsang Sipangan Bolon, Sumatera Utara," *Current Trends in Aquatic Science*,



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun

- vol. 6, no. 2, pp. 139–142, 2023.
- [10] I. Shalahuddin dan Y. Wibisono, "Mekanisme Fouling pada Membran Mikrofiltrasi Mode Aliran Searah dan Silang," *Jurnal Rekayasa Proses*, vol. 13, no. 1, 2019..
- [11] A. S. R. S. A. Putri dkk., "Pengembangan Alat Ukur TDS Berbasis Konduktivitas dengan Sensor Suhu LM35," *Jurnal Fisika Unand*, vol. 5, no. 4, pp. 1-8, 2016.
- [12] M. Qasim dkk., "Reverse osmosis desalination: A state-of-the-art review," *Desalination*, vol. 459, pp. 59-104, 2019..
- [13] L. Malaeb dan G. M. Ayoub, "Reverse osmosis technology for water treatment: State of the art review," *Desalination*, vol. 267, pp. 117-127, 2011
- [14] DuPont, "FilmTec Reverse Osmosis Membranes Technical Manual," 2020.
- [15] A. Al-Mayyahi, "Important approaches to enhance reverse osmosis (RO) thin film composite (TFC) membranes performance," *Membranes*, vol. 8, no. 3, p. 68, 2018.
- [16] R. K. Ningsih dkk., "Pengaruh Dosis Anti Reduktan Sodium Bisulfite terhadap Umur Cartridge Filter pada Sea Water Reverse Osmosis (SWRO) I di PT PJB UBJ O&M Paiton," *DISTILAT: Jurnal Teknologi Separasi*, vol. 6, no. 2, pp. 214–221, 2020.
- [17] J. A. P. Ginting dkk., "Pengaruh Kombinasi Proses Pretreatment (Koagulasi-Flokulasi) dan Membran Reverse Osmosis untuk Pengolahan Air Payau," *Jom FTEKNIK*, vol. 3, no. 2, pp. 1-7, 2016.
- [18] D. Kurniawan dkk., "Pengaruh Karbon Aktif terhadap Fouling Membran Reverse Osmosis pada Pengolahan Air Terproduksi," *Jurnal Teknik Kimia*, 2022.
- [19] I. G. Wenten dan Khoiruddin, "Pengolahan Limbah Cair Emulsi Minyak dengan Proses Membran Ultrafiltrasi Dua-Tahap Aliran Cross-flow," *Jurnal Teknik Kimia Indonesia*, 2004.



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun

- [20] S. Alimah dan E. D. S., "Pembersihan Kimiawi Fouling Membran Desalinasi RO," *Prosiding Seminar Nasional Teknologi Energi Nuklir, PKSEN-BATAN*, pp. 413-419, 2014.
- [21] R. F. Sabilassalam, "Evaluasi Kinerja Membran Reverse Osmosis dengan Metode Normalized Permeate Flow di Water Treatment Plant PT. X," Tugas Akhir S1, Jurusan Teknik Kimia, 2024.
- [23] Y. Shen, X. Wang, dkk., "Membrane fouling and its physical cleaning in water treatment: A review," *Journal of Water Process Engineering*, vol. 49, p. 102719, 2022.
- [24] Z. Wang dkk., "Reverse Osmosis Membrane Cleaning Optimization from Textile Dyeing Wastewater Reuse Applications," *Membranes*, vol. 15, no. 1, p. 29, 2025.
- [25] D. C. Montgomery, *Design and Analysis of Experiments* (9th ed.), Hoboken, NJ: John Wiley & Sons, 2017).
- [26] C. Wei, Y. Lao, dkk., "Evaluation of Different Reverse Osmosis Membranes for Textile Dyeing and Finishing Wastewater Reuse," *Membranes*, vol. 13, no. 4, p. 420, 2023.
- [27] M. M. Said dkk., "Application of Response Surface Method in Reverse Osmosis Membrane to Optimize BOD, COD and Colour Removal from Palm Oil Mill Effluent," *International Journal on Advanced Science, Engineering and Information Technology*, vol. 7, no. 5, pp. 1871-1878, 2017.
- [28] M. G. Komeily, "Comprehensive Characterization of Commercial Reverse Osmosis Membranes through High-Temperature Cross-Flow Filtration," *ACS Omega*, vol. 9, no. 2, pp. 2356–2369, 2024..
- [29] S. Ariyanto, "Strategi Kontrol Fouling pada Desalinasi Reverse Osmosis (RO)," *Jurnal Pengembangan Energi Nuklir*, vol. 11, no. 1, pp. 1–12, 2009.



LAMPIRAN

Lampiran 1- Datasheet Membran Reverse Osmosis

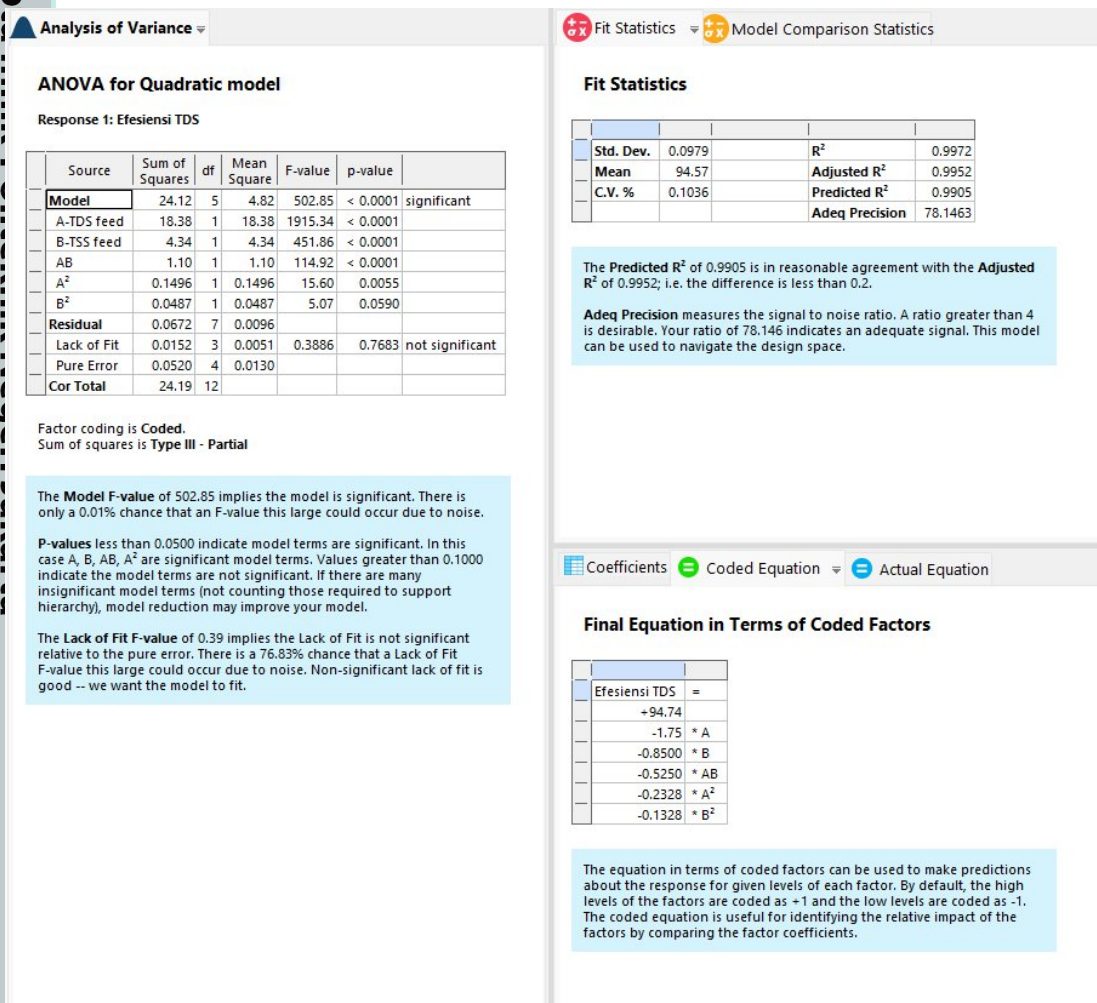
Membrane Type	Polyamide Thin-Film Composite
Maximum Operating Temperature ¹	113°F (45°C)
Maximum Operating Pressure	600 psi (41 bar)
Maximum Pressure Drop	
Per Element	15 psi (1.0 bar)
Per Pressure Vessel (Minimum 4 Elements)	50 psi (3.5 bar)
pH Range	
Continuous Operation ¹	2 - 11
Short-Term Cleaning (30 min.) ²	1 - 13
Maximum Feed Flow ³	
4040 Elements	16 gpm (3.6 m ³ /h)
2540 Elements	6 gpm (1.4 m ³ /h)
Maximum Feed Silt Density Index (SDI)	SDI 5
Free Chlorine Tolerance ⁴	< 0.1 ppm

POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun

Lampiran 2- Tampilan lengkap analisis ANOVA Y1



Hak Cipta :

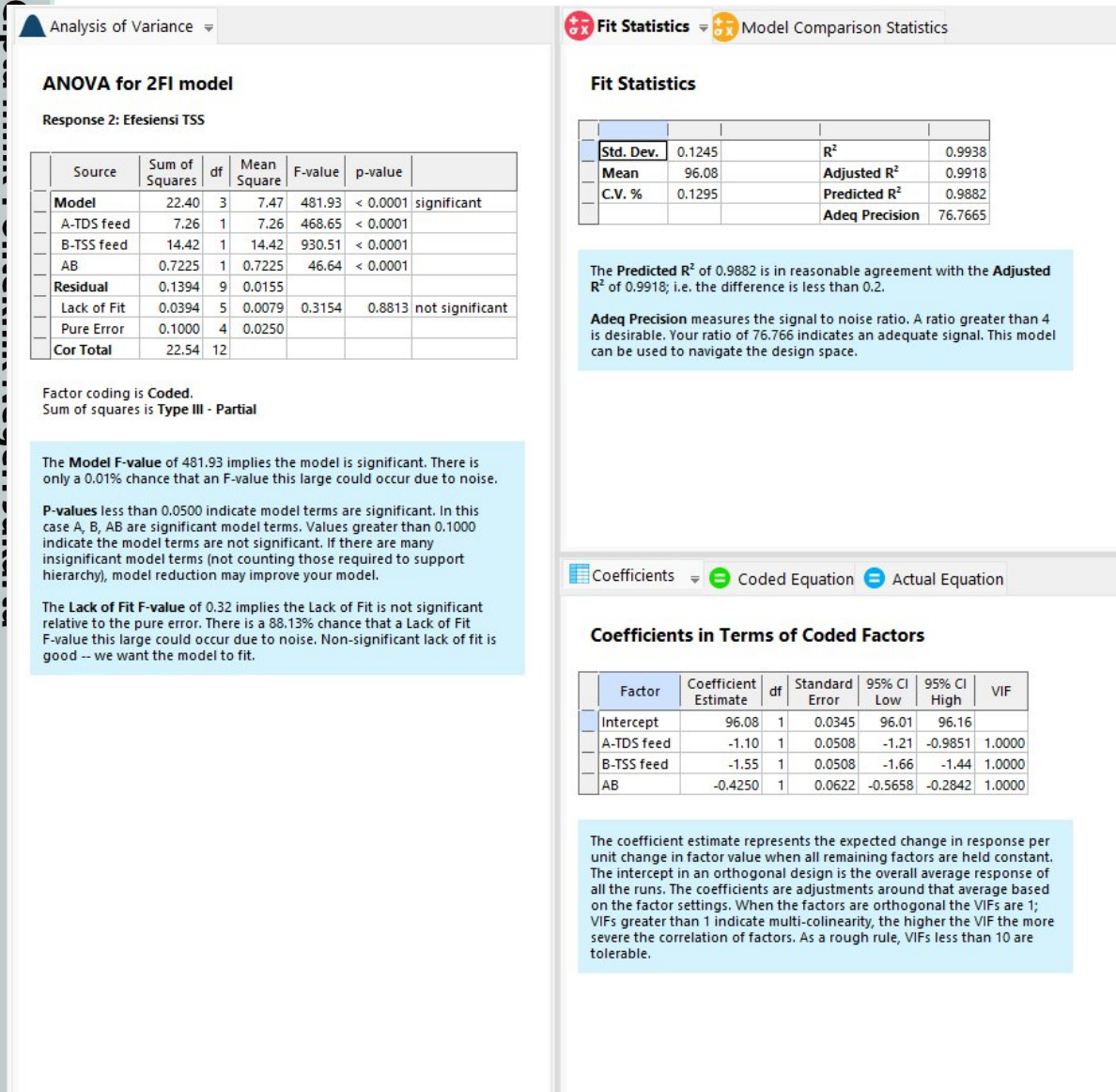
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun

POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA



© Hak Cipta

Lampiran 3- Tampilan lengkap analisis ANOVA Y2



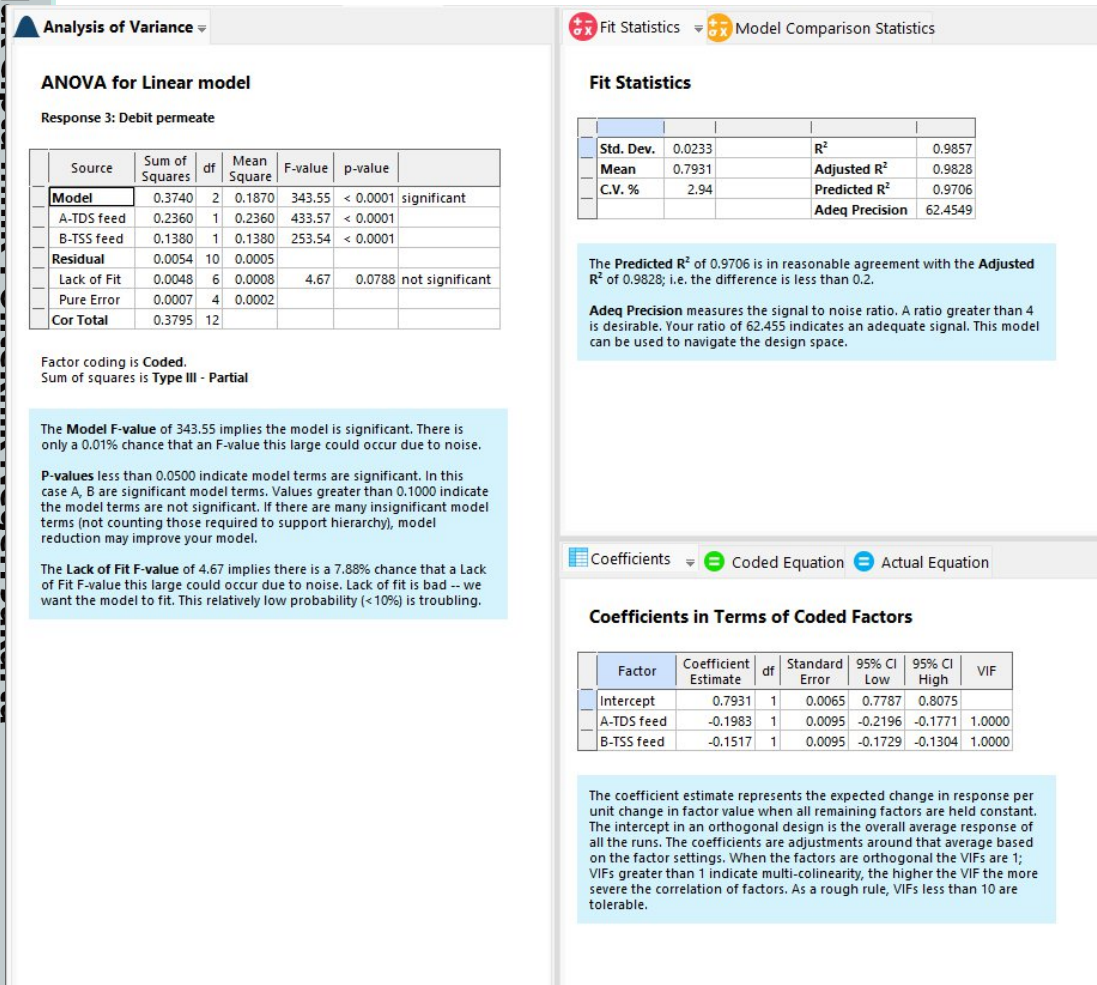
Lampiran 4- Tampilan lengkap analisis ANOVA Y3

Hak Cipta:

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun

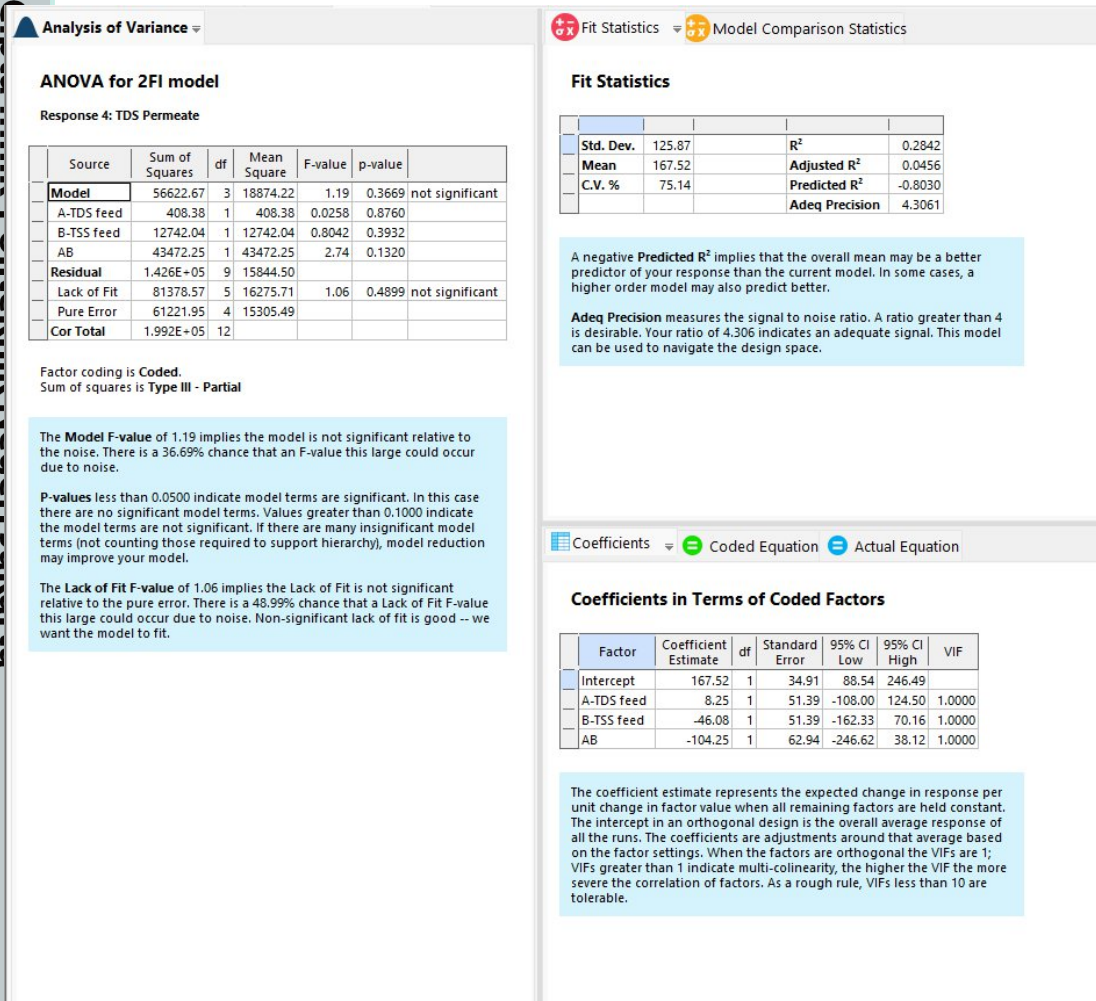
Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun



**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**

ampiran 5- Tampilan lengkap analisis ANOVA Y4



**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun