

**PENGOLAHAN LIMBAH DOMESTIK SALINITAS TINGGI
(*SALINE DOMESTIC WASTEWATER*) DENGAN TEKNOLOGI
MEMBRAN**



**Tesis
Untuk memenuhi sebagian persyaratan
mencapai derajat Sarjana S-2 pada
Program Studi Ilmu Lingkungan**

**Rina Mulyanti
30000216410035**

**PROGRAM STUDI MAGISTER ILMU LINGKUNGAN
SEKOLAH PASCASARJANA UNIVERSITAS DIPONEGORO
SEMARANG
2018**

TESIS

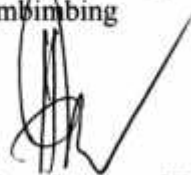
**PENGOLAHAN LIMBAH DOMESTIK SALINITAS
TINGGI (*SALINE DOMESTIC WASTEWATER*) DENGAN
TEKNOLOGI MEMBRAN**

Disusun oleh:

Rina Mulyanti
30000216410035

Semarang, Juni 2018

Mengetahui,
Komisi Pembimbing
Pembimbing



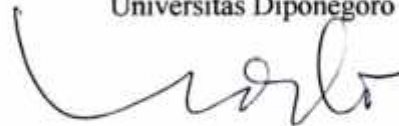
Prof. Dr. Rer.nat. Heru Susanto, ST,MM, MT.
NIP. 19750529 199802 1 001

Dekan
Sekolah Pasca Sarjana
Universitas Diponegoro



Prof. Dr. I. Purwanto, DEA
NIP. 19611228 198603 1 004

Ketua Program Studi
Magister Ilmu Lingkungan
Universitas Diponegoro



Dr. Hadivanto, M.Sc
NIP. 19751029 199903 1004

HALAMAN PENGESAHAN

PENGOLAHAN LIMBAH DOMESTIK SALINITAS TINGGI (*SALINE DOMESTIC WASTEWATER*) DENGAN TEKNOLOGI MEMBRAN

Disusun oleh

Rina Mulyanti
30000216410035

Telah dipertahankan di depan Tim Penguji
Pada Tanggal 25 Juni 2018
dan dinyatakan telah memenuhi syarat untuk diterima

Ketua

Prof. Dr. Heri Sutanto, S.Si, M.Si.

Anggota

1. Dr. Ing. Sudarno, S.T., M.Sc.

2. Dr. I Nyoman Widiasta, S.T., M.T.

3. Prof. Dr. rer. nat. Heru Susanto, S.T., M. M., M.T.

Tanda tangan



HALAMAN PERNYATAAN

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa tesis yang saya susun sebagai syarat untuk memperoleh gelar Magister dari Program Magister Ilmu Lingkungan Sekolah Pasca Sarjana Universitas Diponegoro seluruhnya merupakan hasil karya sendiri.

Adapun bagian-bagian tertentu dalam penulisan tesis yang saya kutip dari hasil karya orang lain telah dituliskan sumbernya secara jelas sesuai dengan norma, kaidah dan etika penulisan ilmiah.

Apabila di kemudian hari ditemukan seluruh atau sebagian tesis ini bukan hasil karya saya sendiri atau adanya plagiat dalam bagian-bagian tertentu, saya bersedia menerima sanksi pencabutan gelar akademik yang saya sandang dan sanksi-sanksi lainnya sesuai dengan peraturan perundangan yang berlaku.

Semarang, Juni 2018



RIWAYAT HIDUP



Rina Mulyanti, lahir di Sungailiat Kabupaten Bangka Provinsi Bangka Belitung, 02 Januari 1983. Penulis menyelesaikan pendidikan dasar di SDN 405 Sungailiat pada tahun 1994 dan melanjutkan pendidikan menengah pertama di SMPN 2 Sungailiat yang diselesaikan pada tahun 1997 serta pendidikan menengah atas di SMAN 1 Sungailiat yang diselesaikan pada tahun 2000. Gelar sarjana (S-1) diperoleh dari Jurusan Teknik Kimia, Universitas Sriwijaya pada tahun 2005.

Penulis mulai bekerja sebagai Pegawai Negeri Sipil pada tahun 2006 dan ditempatkan di Dinas Pertambangan dan Energi Kabupaten Bangka Barat. Sejak Januari 2012 penulis dipindah tugaskan ke Dinas Lingkungan Hidup Kabupaten Bangka Barat hingga saat ini.

Pada tahun 2016, penulis memperoleh kesempatan untuk melanjutkan pendidikan ke jenjang S-2 pada program studi Magister Ilmu Lingkungan Sekolah Pasca Sarjana Universitas Diponegoro melalui dukungan beasiswa dari Pusat Pembinaan, Pendidikan dan Pelatihan Perencanaan (Pusbindiklatren) Badan Perencanaan Pembangunan Nasional (Bappenas). Tesis yang disusun penulis sebagai syarat menempuh program S-2 adalah “Pengolahan Limbah Domestik Salinitas Tinggi (*Saline Domestic Wastewater*) dengan Teknologi Membran”.

PRAKATA

Puji syukur penulis ucapkan atas kehadiran Allah SWT yang telah memberikan kesempatan bagi penulis untuk menyelesaikan penulisan tesis yang berjudul “Pengolahan Limbah Domestik Salinitas Tinggi (*Saline Domestic Wastewater*) dengan Teknologi Membran”. Adapun penulisan tesis ini merupakan persyaratan yang harus dipenuhi untuk memperoleh gelar Magister pada Program Pasca Sarjana Magister Ilmu Lingkungan, Universitas Diponegoro bekerja sama dengan Pusat Pembinaan, Pendidikan dan Pelatihan Perencana (Pusbindiklatren) Badan Perencanaan Pembangunan Nasional (Bappenas).

Penulis mengucapkan terima kasih kepada para pihak yang telah membantu dan membimbing penulis dalam penulisan tesis ini, yaitu:

1. Prof. Dr. Rer.nat. Heru Susanto, ST, MM, MT selaku dosen pembimbing atas segala saran selama penulisan tesis;
2. Bapak/Ibu Dosen dan Pengelola Sekolah Pasca Sarjana Magister Ilmu Lingkungan Universitas Diponegoro;
3. Kepala Pusat Pembinaan, Pendidikan dan Pelatihan Perencana (Pusbindiklatren) Badan Perencanaan Pembangunan Nasional (Bappenas) yang telah memberikan beasiswa;
4. Bupati Bangka Barat yang telah memberikan izin belajar;
5. Kepala Dinas Lingkungan Hidup Kabupaten Bangka Barat beserta seluruh staf atas dukungannya;
6. Suami dan anak-anak tercinta atas pengorbanan dan dukungan yang tak pernah henti;
7. Kedua orang tua dan mertua penulis serta keluarga besar di Bangka yang selalu berdoa dan memberikan motivasi;
8. Teman-teman Magister Ilmu Lingkungan Bappenas Tahun 2016 (Angkatan 48) yang telah membantu dan memberikan motivasi;

9. Teman-teman MeR-C (Membrane Research Center) atas kebersamaan dan bantuannya selama melakukan penelitian.;
10. Semua pihak yang telah membantu penyelesaian tesis ini, yang tidak dapat disebutkan satu persatu oleh penulis.

Penulis juga menyampaikan permohonan maaf apabila dalam penyusunan tesis ini ada perbuatan dan perkataan penulis yang kurang berkenan. Semoga tesis ini dapat bermanfaat bagi penulis dan seluruh pembaca.

Semarang, Juni 2018

Penulis

DAFTAR ISI

| | |
|--|------|
| HALAMAN PENGESAHAN..... | i |
| HALAMAN PERNYATAAN..... | ii |
| RIWAYAT HIDUP..... | iii |
| PRAKATA..... | iv |
| DAFTAR ISI..... | vi |
| DAFTAR TABEL..... | viii |
| DAFTAR GAMBAR..... | ix |
| ABSTRAK..... | x |
| ABSTRACT..... | xi |
| I. PENDAHULUAN..... | 1 |
| 1.1 Latar Belakang..... | 1 |
| 1.2 Perumusan Masalah..... | 3 |
| 1.3 Tujuan Penelitian..... | 4 |
| 1.4 Manfaat Penelitian..... | 5 |
| 1.5 Penelitian Terkait dan Keaslian Penelitian..... | 5 |
| II. TINJAUAN PUSTAKA..... | 8 |
| 2.1 Defenisi Limbah Domestik..... | 8 |
| 2.2 Karakteristik Limbah Domestik..... | 9 |
| 2.3 Defenisi Salinitas..... | 10 |
| 2.4 <i>Saline Domestic Wastewater</i> | 11 |
| 2.5 Parameter <i>Saline Domestic Wastewater</i> | 12 |
| 2.6 Reuse Limbah Domestik..... | 14 |
| 2.7 Teknologi Membran..... | 16 |
| 2.7.1 Klasifikasi Membran..... | 17 |
| 2.7.2 Filtrasi Membran dengan <i>Driving Force</i> Beda Tekanan..... | 18 |
| 2.7.3 Model Filtrasi Membran..... | 21 |
| 2.7.4 Keuntungan dan Kekurangan Aplikasi Teknologi Membran..... | 22 |
| 2.8 Nanofiltrasi..... | 22 |
| 2.8.1 Mekanisme Transport NF..... | 24 |

| | |
|--|----|
| 2.8.2 Aplikasi Nanofiltrasi | 25 |
| 2.9 Kinerja Membran | 25 |
| 2.10 Fenomena Fouling | 26 |
| III. METODOLOGI PENELITIAN | 29 |
| 3.1 Jenis Penelitian | 29 |
| 3.2 Lokasi Penelitian | 29 |
| 3.3 Ruang Lingkup Penelitian | 30 |
| 3.4 Rancangan Penelitian | 30 |
| 3.4.1 Alat dan Bahan | 31 |
| 3.4.2 Rangkaian Alat Penelitian | 34 |
| 3.5 Teknik Pengumpulan Data | 35 |
| 3.6 Pembuatan Limbah Sintetik <i>Saline Domestic Wstewater</i> | 35 |
| 3.7 Teknik Analisa Data | 36 |
| IV. HASIL DAN PEMBAHASAN | 40 |
| 4.1 Karakteristik <i>Saline Domestic Wstewater</i> | 40 |
| 4.2 Permeabilitas Air Murni pada Membran NF 270 | 41 |
| 4.3 Pengolahan Limbah Sintetik dengan NF 270 | 41 |
| 4.3.1 Pengaruh pH Terhadap Rejeksi Solut | 43 |
| 4.3.2 Efek Tekanan Terhadap Fluks Membran Pada Larutan Tunggal (Single Solution) | 43 |
| 4.3.3 Pengaruh Tekanan Terhadap Retensi Larutan Sintetik Tunggal Pada Membran NF 270 | 46 |
| 4.3.4 Efek Tekanan dan Penambahan Garam terhadap Fluks Permeat Larutan campuran | 49 |
| 4.3.5 Efek Garam Terhadap Retensi Glukosa (COD) dan Klorida | 51 |
| 4.4 Kinerja Membran NF 270 Untuk Treatment Limbah Asli | 55 |
| V. KESIMPULAN DAN SARAN | 59 |
| 5.1 KESIMPULAN | 59 |
| 5.2 SARAN | 60 |
| DAFTAR PUSTAKA | |
| LAMPIRAN | |

DAFTAR TABEL

| | |
|---|----|
| Tabel 1.1 Penelitian Terkait..... | 5 |
| Tabel 2.1 Karakteristik Limbah Domestik..... | 10 |
| Tabel 2.2 Kualitas Air Berdasarkan Konsentrasi TDS | 12 |
| Tabel 2.3 Relasi Antara Kadar TDS dan Salinitas..... | 12 |
| Tabel 2.4 Perbedaan Proses MF, UF, NF dan RO | 20 |
| Tabel 2.5 Aplikasi Membran Nanofiltrasi | 25 |
| Tabel 3.1 Karakteristik Membran Nanofiltrasi NF270 DOW Filmtec Berdasarkan Manufaktur | 32 |
| Tabel 4.1 Karakteristik <i>Saline Domestic Wastewater</i> | 40 |
| Tabel 4.2 Rejeksi Larutan Tunggal Sintetik | 47 |
| Tabel 4.3 Retensi Larutan Sintetik Campuran (glukosa-NaCl dan glukosa-CaCl ₂) | 51 |
| Tabel 4.4 Kualitas Permeat Limbah Asli (<i>Saline Domestic Wastewater</i>) pada Tekanan Optimum..... | 56 |
| Tabel 4.5 Perbandingan Rejeksi Limbah Sintetis dan Limbah Asli untuk Parameter COD dan Klorida..... | 58 |

DAFTAR GAMBAR

| | | |
|-------------|---|----|
| Gambar 2.1 | Ilustrasi Pemisahan Selektif 2 Fasa Pada Membran | 16 |
| Gambar 2.2 | Proses Filtrasi Membran Gaya Dorong Perbedaan Tekanan | 19 |
| Gambar 2.3 | Model Dead End | 21 |
| Gambar 2.4 | Model Cross Flow | 22 |
| Gambar 3.1 | Peta Lokasi Pengambilan Sampel | 30 |
| Gambar 3.2 | Kerangka Pemikiran | 33 |
| Gambar 3.3 | Flowchart Proses Filtrasi membran | 34 |
| Gambar 3.4 | Rangkaian Alat Filtrasi membran | 34 |
| Gambar 4.1 | Fluks Air Murni NF 270 | 41 |
| Gambar 4.2 | Mekanisme Penyisihan Ion | 42 |
| Gambar 4.3 | Fluks Ternormalisasi Terhadap Waktu Untuk Parameter TDS | 44 |
| Gambar 4.4 | Fluks Ternormalisasi Terhadap Waktu Untuk Parameter COD | 45 |
| Gambar 4.5 | Fluks Ternormalisasi Terhadap Waktu Untuk Parameter Klorida (NaCl) | 45 |
| Gambar 4.6 | Fluks Ternormalisasi Terhadap Waktu Untuk Parameter Klorida (CaCl ₂) | 46 |
| Gambar 4.7 | Fluks Ternormalisasi Terhadap Waktu Untuk Larutan Campuran Glukosa dan NaCl | 50 |
| Gambar 4.8 | Fluks Ternormalisasi Terhadap Waktu Untuk Larutan Campuran (Glukosa & CaCl ₂) | 50 |
| Gambar 4.9 | Efek Garam Terhadap Rejeksi COD | 53 |
| Gambar 4.10 | Efek Glukosa Terhadap Rejeksi Klorida | 54 |
| Gambar 4.11 | Profil Fluks Ternormalisasi Terhadap Waktu Untuk Umpan Limbah Asli Menggunakan Membran NF 270 | 55 |

ABSTRAK

Kondisi geografis Semarang yang terletak di pantai utara Jawa dengan ketinggian hampir sama dengan permukaan air laut disertai populasi dan pertumbuhan ekonomi yang cukup tinggi di kawasan pesisir berdampak pada tingginya kerentanan Semarang bagian utara terhadap banjir rob. Hal ini menyebabkan penurunan kualitas air permukaan dan air tanah sehingga terjadi krisis air layak konsumsi. Tingginya kuantitas limbah domestik yang bercampur dengan luapan rob yang terjadi hampir setiap hari di kawasan pesisir Genuk berpotensi untuk digunakan kembali (*reuse*) menjadi sumber air minum sebagai solusi kelangkaan air tawar di kawasan pesisir.

Teknologi membran terutama membran nanofiltrasi (NF) merupakan salah satu alternatif yang menjanjikan dalam *wastewater reuse* dengan kadar garam tinggi khususnya pada *saline domestic wastewater*. Dalam studi ini akan diobservasi kinerja membran NF270 dalam mengolah *saline domestic wastewater* menjadi sumber air minum dan efek garam terhadap rejeksi komponen organik. Pada penelitian ini diuji kinerja membran dengan pengukuran fluks dan tingkat rejeksi limbah sintetik maupun limbah asli yang melibatkan mekanisme berupa *sieving (steric effect)* dan *charge effect*.

Pada larutan limbah sintetik tunggal, NF270 mampu menurunkan konsentrasi *Total Dissolve Solid* (TDS) sebesar 42.09 – 50.63 %, *Chemical Oxygen Demand* (COD) maksimal 81.29 % serta klorida sekitar 30 – 40 % (larutan NaCl) dan 61,29 – 70.97 % (larutan CaCl₂). Kombinasi garam dan komponen netral (glukosa) berpengaruh signifikan terhadap retensi COD maupun klorida. Semakin tinggi tekanan justru menurunkan tingkat rejeksi COD menjadi 49.63 % serta klorida 40.32 % (larutan CaCl₂), sedangkan retensi klorida pada larutan campuran NaCl-glukosa lebih tinggi dibandingkan larutan NaCl tunggal. Rejeksi pada limbah asli untuk parameter TDS, COD, klorida, nitrit dan minyak lemak berturut-turut sebesar 46.01 %, 58.67%, 38.71%, 73.86 % serta > 99,98 %.

ABSTRACT

The geographical of Semarang located on the north coast of Java with a height of almost the same as sea level with population and high economic growth in the coastal area has an impact on the high vulnerability of northern Semarang against the rob flood. This causes decrease of the quality of surface water and groundwater resulting in a crisis of water consumption. The high quantity of domestic waste mixed with the overflow of rob that occurs almost every day in the coastal area of Genuk has the potential to be reused as a source of drinking water as a solution of freshwater scarcity in coastal areas.

Membrane technology, especially nanofiltration membrane (NF) is one promising alternative in wastewater reuse with high salinity especially in saline domestic wastewater. In this study we will observe the performance of NF270 membrane in processing saline domestic wastewater into drinking water source and salt effect on organic compound rejection. In this study, membrane performance was performed with flux measurement and rejection rate of synthetic waste and original waste involving mechanism of sieving (steric effect) and electrostatic interaction.

In a single synthetic solution, NF 270 is able to decrease *Total Dissolve Solid* (TDS) concentrations by 42.09 - 50.63%, maximum *Chemical Oxygen Demand* (COD) 81.29% and chloride about 30 - 40% (NaCl solution) and 61,29 - 70.97% (CaCl₂ solution). The combination of salt and the neutral component (glucose) had a significant effect on both COD and chloride retention. The higher pressure actually decreases the COD rejection rate to 49.63% and 40.32% chloride (CaCl₂ solution), while chloride retention in a solution of NaCl-glucose mixture is higher than a single solution of NaCl. Rejection of the original waste for TDS, COD, chloride, nitrite, oil and grease parameters were 46.01%, 58.67%, 38.71%, 73.86% and > 99,98 %, respectively.