

**PENGOLAHAN LIMBAH CAIR INDUSTRI KARET MENGGUNAKAN
SAND FILTER DAN BENTONIT DENGAN PROSES HYBRID
MEMBRAN (UF-RO)**

TESIS

**Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar
Magister Teknik (M.T)
Program Studi Magister Teknik Kimia
Bidang Kajian Utama Teknologi Lingkungan
Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya**

Oleh:

**Elsa Rama Lumban Gaol
NIM. 03012621721003**



**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SRIWIJAYA**

2019

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengaplikasikan Teknologi Membran Hibrid (UF-RO) dalam mereduksi kontaminan limbah cair industri karet menjadi air domestik. Adapun parameter yang diuji yaitu pH, COD, BOD, TSS, $\text{NH}_3\text{-N}$, N_{total} , kekeruhan, besi dan seng. Proses *pre-treatment* yang digunakan yaitu filtrasi dan adsorpsi. Proses filtrasi yaitu menggunakan kolom *filter* yang berisikan pasir silika dan karbon aktif, sedangkan proses adsorpsi yaitu menggunakan kolom adsorben yang berisikan bentonit. Setelah proses *pre-treatment* maka dilanjutkan dengan penggunaan Membran Hibrid (UF-RO). Variabel penelitian yaitu waktu operasi 15 sampai 90 menit dan variasi laju alir umpan 3,5,7 dan 14 L/menit. Hasil penelitian menunjukkan persentase reduksi optimum terhadap kekeruhan dan perubahan pH yaitu 99,77% dan nilai pH 6,93 pada laju alir umpan 3 L/menit di Membran Reverse Osmosis, sedangkan pada laju alir umpan 7 L/menit persentase reduksi optimum N_{total} dan $\text{NH}_3\text{-N}$ yaitu 94,44% dan 98,49%. Selanjutnya persentase reduksi optimum COD, BOD, TSS, besi dan seng pada Membran Reverse Osmosis sebesar 96,95%; 98,50%; 97,26%; 84,86% dan 96,29% pada laju alir umpan 14 L/menit. Akhirnya, pengolahan limbah cair industri karet menggunakan Membran Hibrid (UF-RO) mampu mereduksi pH, COD, BOD, TSS, $\text{NH}_3\text{-N}$, N_{total} , besi, seng, dan kekeruhan dengan hasil yang memenuhi standar baku mutu air domestik.

Kata Kunci: Bentonit, Industri Karet, Limbah Cair, Membran Hibrid, Sand Filter.

ABSTRACT

The study aims to utilize Hybrid Membrane Technology (UF-RO) in reducing contaminants from rubber industry liquid waste to domestic water. The parameters tested were pH, COD, BOD, TSS, $\text{NH}_3\text{-N}$, N_{total} , turbidity, iron and zinc. The pre-treatment process used was filtration and adsorption. The filtration process used filter columns containing silica sand and activated carbon, while the adsorption process used an adsorbent column containing bentonite. After the pre-treatment process, it was continued with the application Hybrid Membrane (UF-RO). The variables of the study were operating time of 15 to 90 minutes and variations in feed flow rate 3, 5, 7 and 14 L/min. The results showed the optimum removal percentage of turbidity and pH was 99.77% and pH 6.93 at the feed flow rate of 3 L/min at the Reverse Osmosis Membrane, while at the feed flow rate 7 L/min the optimum removal percentage of N_{total} and $\text{NH}_3\text{-N}$ was 94.44% and 98.49%. Furthermore, the optimum percentage removal of COD, BOD, TSS, iron and zinc in the Reverse Osmosis Membrane was 96.95%; 98.50%; 97.26%; 84.86% and 96.29% at the feed flow rate of 14 L/min. Finally, rubber industry wastewater treatment using Hybrid Membrane (UF-RO) was able to reduce pH, COD, BOD, TSS, $\text{NH}_3\text{-N}$, N_{total} , iron, zinc, and turbidity, and the results were accordanced with domestic water quality standards.

Keywords: Bentonite, Hybrid Membrane, Rubber Industry, Sand Filter, Wastewater.

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1.	Baku Mutu Limbah Cair Bagi Kegiatan Industri Karet.....	8
Tabel 2.2.	Baku Mutu Limbah Cair Untuk Industri Karet	8
Tabel 2.3.	Baku Mutu Air Limbah Domestik	15
Tabel 2.4.	Perbandingan <i>Hybrid Proses</i>	24
Tabel 2.5.	Penerapan Teknologi Membran Hibrid.....	25
Tabel 2.6.	Spesifikasi Membran Ultrafiltrasi	27
Tabel 2.7.	Spesifikasi Membran Reverse Osmosis	29
Tabel 2.8.	Komposisi Bentonit	36
Tabel 4.1.	Hasil Analisa Terhadap Sampel Awal Limbah Cair Karet	55
Tabel 4.2.	Hasil Analisa Limbah Cair Industri Karet Setelah Melalui Proses <i>Pretreatment</i> pada Membran Hibrid (UF-RO) dengan Laju Alir 7 L/menit	56
Tabel 4.3.	Hasil Analisa Limbah Cair Industri Karet Setelah Melalui Proses <i>Pretreatment</i> pada Membran Hibrid (UF-RO) dengan Laju Alir 14 L/menit	57
Tabel 4.4.	Perbandingan Limbah Awal Terhadap Kualitas Air Setelah di Proses	79
Tabel 4.5.	EDX Pada Bentonit Sebelum digunakan	86
Tabel 4.6.	EDX Pada Bentonit Sebelum digunakan	86
Tabel 4.7.	Hasil Analisa Penggunaan Bentonit Terhadap Penurunan NH ₃ -N, Fe dan Zn.....	88

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1.	Proses Pemisahan dengan Membran	16
Gambar 2.2.	Skema Pemisahan dengan Membran.....	17
Gambar 2.3.	Tipe Proses Pemisahan	24
Gambar 2.4.	Skema Aliran Membran Reverse Osmosis.....	28
Gambar 2.5.	Prinsip Osmotik dan Reverse Osmosis	29
Gambar 2.6.	Tipikal Konstruksi Membran <i>Spiral Wound</i>	29
Gambar 2.7.	Kristal Struktur Montmorillonit	32
Gambar 2.8.	Ca-Bentonit (<i>Non Swelling Bentonite</i>) dan Na-Bentonit (<i>Swelling Bentonite</i>)	34
Gambar 2.9.	Bentuk Fisik Bentonit.....	35
Gambar 3.1.	Diagram Alir Penelitian.....	44
Gambar 3.2.	Rangkaian Peralatan <i>Sand Filter</i> , Adsorben, Membran Hibrid Pada Proses Pengolahan Limbah Industri Karet.....	45
Gambar 4.1.	Pengaruh Proses <i>Pretreatment</i> Terhadap Derajat Keasamaan (pH)	58
Gambar 4.2.	Pengaruh Proses HibridMembran (UF-RO) Terhadap Derajat Keasaman (pH)	59
Gambar 4.3.	Pengaruh Penggunaan <i>Sand Filter</i> , Adsorben Bentonit dan Membran Hibrid (UF-RO) Terhadap COD	61
Gambar 4.4.	Pengaruh Penggunaan <i>Sand Filter</i> , Adsorben Bentonit dan Membran Hibrid (UF-RO) Terhadap BOD	64
Gambar 4.5.	Pengaruh Penggunaan <i>Sand Filter</i> , Adsorben Bentonit dan Membran Hibrid (UF-RO) Terhadap TSS.....	66
Gambar 4.6.	Pengaruh Penggunaan <i>Sand Filter</i> , Adsorben Bentonit dan Membran Hibrid (UF-RO) Terhadap NH ₃ -N.....	68
Gambar 4.7.	Pengaruh Penggunaan <i>Sand Filter</i> , Adsorben Bentonit dan Membran Hibrid (UF-RO) Terhadap N _{total}	71
Gambar 4.8.	Pengaruh Penggunaan <i>Sand Filter</i> , Adsorben Bentonit dan Membran Hibrid (UF-RO) Terhadap Besi (Fe).....	73

Gambar 4.9.	Pengaruh Penggunaan <i>Sand Filter</i> , Adsorben Bentonit dan Membran Hibrid (UF-RO) Terhadap Seng	75
Gambar 4.10.	Pengaruh Proses <i>Pretreatment</i> Terhadap Kekeruhan.....	77
Gambar 4.11.	Pengaruh Waktu dan Variasi Laju Alir Pada Membran Hibrid (UF-RO) Terhadap Kekeruhan	78
Gambar 4.12.	Hasil Analisa SEM Bentonit dengan Perbesaran 1010x (Sebelum digunakan).....	80
Gambar 4.13.	Hasil Analisa SEM Bentonit dengan Perbesaran 5040x (Sebelum digunakan).....	80
Gambar 4.14.	Hasil Analisa SEM Bentonit dengan Perbesaran 10000x (Sebelum digunakan).....	81
Gambar 4.15.	Hasil Analisa SEM Bentonit dengan Perbesaran 17100x (Sebelum digunakan).....	81
Gambar 4.16.	Hasil Analisa SEM Bentonit dengan Perbesaran 1150x (Setelah digunakan).....	81
Gambar 4.17.	Hasil Analisa SEM Bentonit dengan Perbesaran 5270x (Setelah digunakan).....	81
Gambar 4.18.	Hasil Analisa SEM Bentonit dengan Perbesaran 10100x (Setelah digunakan).....	82
Gambar 4.19.	Hasil Analisa SEM Bentonit dengan Perbesaran 682x (Setelah digunakan).....	82
Gambar 4.20.	Hasil Analisa EDX Bentonit (Spot 1,2,3,4 dan 5) dengan Perbesaran 1044x (Sebelum digunakan).....	84
Gambar 4.21.	EDX Bentonit (Spot 1) dengan Perbesaran 1044x Sebelum digunakan	84
Gambar 4.22.	EDX Bentonit (Spot 1,2,3,4 dan 5) dengan Perbesaran 567x Setelah digunakan.....	85
Gambar 4.23.	EDX Bentonit (Spot 1) dengan Perbesaran 567x Setelah digunakan.....	85

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Karet alam (*Hevea brasiliensis*) merupakan salah satu komoditas yang memiliki kontribusi besar terhadap peningkatan devisa Negara. Indonesia memiliki lahan penanaman karet terbesar di dunia dengan luas 3.616.694 Ha (Direktorat Jendral Perkebunan, 2014). Menurut data *International Rubber Study Group* (2012) konsumsi karet alam dunia terus mengalami peningkatan rata-rata 9% per tahun yang disebabkan semakin berkembangnya industri berbahan baku karet alam khususnya industri ban di negara-negara maju seperti Amerika Serikat, Jerman dan Jepang. Salah satu provinsi di Indonesia yang memiliki perkembangan pesat dalam produksi industri karet yaitu Sumatera Selatan.

Meningkatnya produksi karet tentu akan menyebabkan jumlah *effluent* yang dihasilkan ikut meningkat. Limbah cair merupakan limbah terbesar yang dihasilkan dari proses industri karet. Adapun kandungan pada limbah cair industri karet yaitu padatan tersuspensi yang tinggi, kandungan organik yang tinggi (protein, lipid dalam lateks yang tersisa), nitrogen yang mengandung polutan (N-organik, NH₃-N), tingkat keasaman yang tinggi dan bau yang kuat (Nguyen dkk., 2012). Selain itu, limbah cair karet juga mengandung sulfat, logam berat seperti besi dan seng. Adapun baku mutu limbah cair industri karet di Sumatera Selatan diatur oleh Peraturan Gubernur Sumatera Selatan No. 8 Tahun 2012 yang mengatur tentang standar baku mutu limbah cair industri karet untuk parameter pH, TSS, BOD, COD, NH₃-N dan Nitrogen Total.

Proses pengolahan limbah cair industri karet kebanyakan menggunakan proses secara biologi dengan pemanfaatan lumpur aktif. Namun, keberhasilan dengan menggunakan proses biologi sangat bergantung pada kemampuan bakteri untuk membentuk flok, sehingga memudahkan pemisahan partikel dan air limbah. Besarnya biaya investasi dan operasi serta energi listrik menjadi salah satu kendala yang sering dihadapi dalam penerapan proses ini. Teknologi membran merupakan salah satu teknologi yang sedang berkembang dalam pengolahan air

limbah dan perkembangan serta kemajuannya banyak dilakukan dalam proses pemisahan dan pemurnian air. Pemisahan dengan membran dapat diaplikasikan tidak hanya untuk kontaminan padatan tersuspensi dan organik saja, tetapi dapat juga diaplikasikan untuk kontaminan anorganik seperti logam berat. Membran yang dapat digunakan yaitu Membran Ultrafiltrasi, Nanofiltrasi, dan Reverse Osmosis (Maximous dkk., 2010).

Penelitian mengenai pengolahan limbah cair industri karet dengan menggunakan teknologi membran dilakukan oleh Sulaiman (2010) dengan menggunakan Membran Bio-Reaktor. Pada penelitian ini penurunan permeabilitas sebesar 20% setelah pengolahan limbah cair industri karet dan fluks optimum yang diperoleh yaitu $0,009 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{h}$. Pada fluks ini, proses dapat dioperasikan lebih dari satu bulan tanpa pembersihan kimia pada membran. Hasil yang diperoleh terhadap persentase rejeksi *Biological Oxygen demand*, *Chemical Oxygen Demand*, *Total Suspended Solid*, Nitrogen Total, dan Ammonia Nitrogen masing-masing sebesar 96,78%; 96,99%; 77,91%; 65,17%; dan 61,35%.

Selanjutnya penelitian yang dilakukan oleh Xin dkk (2013) dengan menggunakan Membran Nanofiltrasi dan Proses Evaporasi pada pengolahan limbah cair industri karet menunjukkan persentase rejeksi terhadap COD sebesar 95% dan *permeate* yang dihasilkan dapat digunakan sebagai *feed* pada *boiler*. Selain itu, membran dapat dioperasikan secara kontinyu lebih dari 24 jam jika fluks *permeate* diatur tidak melebihi $12 \text{ L}/\text{m}^2\text{-h}$. Desain dua tahap yang dilakukan dengan menggunakan Membran Nanofiltrasi dan proses Evaporasi menghasilkan penghematan terhadap biaya operasional yang lebih tinggi jika dibandingkan hanya menggunakan sistem satu tahap atau proses Nanofiltrasi.

Pretreatment merupakan salah satu teknologi yang dapat meminimalisir *fouling* dan memperpanjang umur membran. *Fouling* terjadi akibat kontaminan yang menumpuk di dalam dan permukaan pori membran dalam waktu tertentu. Tanpa adanya *pretreatment* yang tepat, kontaminan seperti padatan yang tidak terlarut akan menghalangi membran, mengurangi laju *permeate* serta kualitas rejeksi membran. *Pretreatment* yang dapat dilakukan yaitu dengan menggunakan media *sand filter* dan proses adsorpsi. *Sand filter* yang digunakan dapat berupa

pasir silika dan karbon aktif. Penggunaan pasir silika memiliki kemampuan sebagai filtrat yang dapat memisahkan senyawa kimia padat dan cair, sedangkan penggunaan karbon aktif memiliki kemampuan sebagai adsorben yang dapat mengadsorpsi gas dan senyawa kimia tertentu, tergantung pada besar atau volume pori-pori dan luas permukaan (Darmawan, 2008).

Salah satu jenis adsorben yang dapat digunakan yaitu bentonit. Bentonit mempunyai sifat mengadsorpsi karena memiliki kapasitas penukaran ion yang tinggi. Bentonit merupakan mineral lempung aktif dengan konduktivitas hidraulik yang sangat rendah dan sifat ekspansif yang sangat tinggi, serta bermanfaat dalam mengendalikan migrasi kontaminan berbahaya. Salah satu penelitian yang dilakukan oleh Nugrahaningtyas dkk (2016) mengenai aktivasi dan pilarisasi terhadap bentonit. Hasil penelitian menunjukkan bahwa aktivasi optimum terjadi pada konsentrasi H_2SO_4 sebesar 1,5M dengan persentase *montmorillonite* optimum sebesar 91,34% dan nilai keasaman meningkat 193,96% dari nilai keasaman bentonit alam. Karakter fisik dan kimia setelah interkalasi juga menunjukkan bahwa terjadi peningkatan kadar aluminium sebesar 57,54%, luas permukaan spesifik sebesar 150,59%, volume total pori sebesar 73,24% dan keasaman total sebesar 203,50% dari bentonit alam. Rerata jejari pori mengalami penurunan sebesar 10,27% setelah aktivasi dan penurunan sebesar 30,87% setelah proses interkalasi. Selain itu, bentonit juga dapat digunakan untuk merejeksi kontaminan logam berat (tembaga, timah, kadmium, seng, dan besi). Kemampuan adsorpsi yang luar biasa pada bentonit dikarenakan komponen mineral utama seperti *montmorillonit*, *smektit*, dan *clay* pada bentonit (Ding dkk., 2011). Pada penelitian ini, pengolahan limbah cair industri karet dilakukan dengan menggunakan proses *pretreatment* menggunakan *sand filter* yang berisikan pasir silika dan karbon aktif dan dilanjutkan dengan proses adsorpsi menggunakan adsorben bentonit, sedangkan proses utama yaitu dengan menggunakan Membran Hibrid (Ultrafiltrasi dan *Reverse Osmosis*).

1.2. Rumusan Masalah

1. Bagaimana pengaruh penggunaan *sand filter* dan adsorben bentonit sebagai proses *pretreatment* pada Membran Hibrid (UF-RO) terhadap

penurunan kadar COD, BOD, TSS, pH, NH₃-N, Nitrogen Total, kekeruhan serta kandungan logam besi dan seng?

2. Bagaimana pengaruh variasi waktu dan laju alir pada Membran Hibrid (UF-RO) terhadap penurunan kadar COD, BOD, TSS, pH, Nitrogen Total, NH₃-N, kekeruhan serta kandungan logam besi dan seng?
3. Bagaimana karakteristik *permeat* yang dihasilkan berdasarkan standar baku mutu limbah cair industri karet yang diatur oleh Peraturan Gubernur Sumatera Selatan No. 8 Tahun 2012 dan jika dimanfaatkan untuk keperluan Higiene Sanitasi berdasarkan Peraturan Menteri Kesehatan No. 32 Tahun 2017?

1.3. Tujuan Penelitian

1. Menganalisa pengaruh penggunaan *sand filter* dan adsorben bentonit sebagai proses *pretreatment* pada Membran Hibrid (UF-RO) terhadap penurunan kadar COD, BOD, TSS, pH, NH₃-N, Nitrogen Total, kekeruhan serta kandungan logam besi dan seng.
2. Menganalisa pengaruh variasi waktu dan laju alir pada Membran Hibrid (UF-RO) terhadap penurunan kadar COD, BOD, TSS, pH, Nitrogen Total, NH₃-N, kekeruhan serta kandungan logam besi dan seng.
3. Menganalisa karakteristik *permeat* yang dihasilkan berdasarkan standar baku mutu limbah cair industri karet yang diatur oleh Peraturan Gubernur Sumatera Selatan No. 8 Tahun 2012 dan jika dimanfaatkan untuk keperluan Higiene Sanitasi berdasarkan Peraturan Menteri Kesehatan No. 32 Tahun 2017.

1.4. Manfaat Penelitian

1. Memberikan informasi dan pengetahuan mengenai pemanfaatan *sand filter* dan bentonit sebagai *pretreatment dalam* pengolahan limbah cair karet.
2. Memberikan informasi dan pengetahuan mengenai waktu dan laju alir optimum dalam pengolahan limbah cair industri karet dengan menggunakan proses Membran Hibrid (UF-RO).

3. Memberikan informasi dan pengetahuan mengenai penggunaan Membran Hibrid (UF-RO) dalam pengolahan limbah cair industri karet menjadi air domestik.
4. Dapat dimanfaatkan sebagai referensi dalam penelitian selanjutnya dan acuan dalam pengolahan limbah cair industri karet.

1.5. Ruang Lingkup Penelitian

1. Penelitian ini merupakan penelitian berskala laboratorium.
2. Limbah cair karet yang digunakan sebagai bahan baku adalah limbah cair yang berasal dari industri karet di Sumatera Selatan.
3. Adsorben yang digunakan adalah bentonit ukuran 60 *mesh* (250 mikron) sebanyak 25 kg.
4. *Sand filter* yang digunakan yaitu karbon aktif dan pasir silika, masing-masing sebanyak 15 kg.

DAFTAR PUSTAKA

- Direktorat Jendral Perkebunan. 2014. Luas Areal, Produksi, dan Produktivitas Perkebunan di Indonesia.
- International Rubber Study Group* (2012)
- Nguyen, N. H., and Luong, T. T. 2012. Situation Of Wastewater Treatment Of Natural Rubber Latex Processing In The Southeastern Region, Vietnam. *Journal Of Vietnamese Environment*. Vol. 2, No. 2, pp. 58-64.
- Maximous, N.N., Nakha, F.G. and Wan, W. K. 2010. Removal Of Heavy Metal From Waste Water By Adsorption And Membrane Processes: A Comparetive Study. World Academy of Science, Engineering and Technology, *International Journal Of Environmental And Ecological Engineering*. Vol. 4, No. 4.
- Yap, A.S., Ibrahim, S. and Ang, K.B. 2013. Treatment of Rubber Glove Wastewater by Ultrafiltration. *Malaysian Journal of Science*. 32(1); pp. 61-65.
- Xin, G., Lopes, M. P., Crespo, J. G., dan Rusten, B. 2013. A Continuous Nanofiltration+Evaporation Process for High Strength Rubber Wastewater

- Treatment and Water Reuse. *Separation and Purification Technology*, 119, 19-27.
- Bieseki, L., Bertell, F., Treichel, H., Penha, F. G., dan Pergher, S. B. C. 2013. Acid Treatments Of Montmorillonite-Rich Clay For Fe Removal Using A Factorial Design Method. *Materials Research*, 16 (5), 1122–1127.
- Nugrahaningtyas, K.D., Widjonarko, D.M., Daryani., dan Haryanti, Y. 2016. Study of The H₂SO₄ Activation Toward Natural Clay Intercalation Process With Al₂O₃. *Jurnal Penelitian Kimia*. Vol.12, No. 2, pp: 190-203.
- Ding, S., Shen, J., Xu, B., Liu, Q., and Sun, Y. 2011. The Factors On Removal Of Zink Cation From Aqueous Solution By Bentonite. *Journal Of Natural Resources*. Vol. 2, pp. 107-113.