

# **Pengaruh Konsentrasi HCL dan Deterjen Terhadap Fluks dan *Resistance Removal* Untuk Pencucian Kimia Membran Ultrafiltrasi Pada Pengolahan Limbah Cair Tahu**

**Dio Romfis<sup>1)</sup>, Syarfie<sup>2)</sup>, Bahruddin<sup>2)</sup>**

<sup>1)</sup>Mahasiswa Jurusan Teknik Kimia, <sup>2)</sup>Dosen Jurusan Teknik Kimia Teknik  
Laboratorium Lingkungan

Jurusan S1 Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Riau  
Kampus Binawidya Km 12,5, Simpang Baru, Panam, Pekanbaru 28293

<sup>1)</sup>Email :dioromfis@gmail.com

## **Abstract**

One of the challenges / constraints of the use of membrane technology in the filtration system is fouling. This research aims to determine the effect of the concentration of HCl and detergent removal in flux and resistance affect the performance of ultrafiltration membranes. This research uses the membrane system to cross flow with varying operating pressure of 0.2 bar, 0.4 bar and 0.6 bar, the variation in concentrations of HCl and detergent 1.5%, 2% and 2.5%. The screening process liquid waste out for 120 minutes and each time washing to obtain HCl approximately 60 minutes and detergents lasted 30 minutes. The highest level of effectiveness laundering obtained 67.63% use traditional detergents 2.5%, the highest washing efficiency is based on the value of flux recovery by 85.55% and 67.62% removal resistance value. The highest flux value after chemical leaching is 0.3896 ml / menit.cm<sup>2</sup> at an operating pressure of 0.6 bar membrane and chemical concentration of detergent 2%.

Key word : flux recovery, membrane ultrafiltration, resistance removal

## **1. Pendahuluan**

Industri Tahu merupakan salah satu Industri yang menghasilkan limbah organik. Limbah industri tahu yang dihasilkan dapat berupa limbah padat dan cair, tetapi limbah cair memiliki tingkat pencemaran lebih besar dari pada limbah padat. [R. Agung Tuhu dan Winata Sutan]

Limbah cair industri tahu pada umumnya memiliki karakteristik berupa pH, TSS, COD, BOD<sup>5</sup>, amonia, nitrit, dan nitrat yang melebihi baku mutu air limbah. Dari

beberapa hasil penelitian, konsentrasi COD (chemichal Oxygen Demand)

di dalam air limbah industri tahu tempe cukup tinggi yakni berkisar antara 7000 – 10000 ppm, serta mempunyai keasaman yang rendah yakni pH 4-5. [Said dan Wahjono,1996]

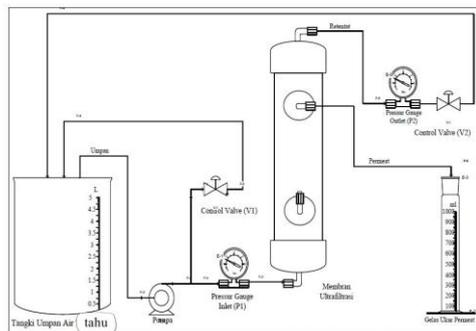
Teknologi membran merupakan salah satu teknologi yang banyak digunakan dalam proses pengolahan air, teknologi membran dapat digunakan dalam penyaringan zat-zat organik dalam limbah cair, salah satunya adalah membran ultrafiltrasi

yang sesuai untuk menahan suspensi koloid dan partikel (bakteri).

Dalam upaya meminimalkan *fouling*, ada beberapa *chemical cleaning agent* seperti Detergen, HCl dan NaOH yang cocok untuk digunakan sebagai *cleaning agent*. *Cleaning agent* tersebut diperkirakan dapat mereduksi *foulant* yang terdekomposisi pada membran ultrafiltrasi. HCl dan NaOH mempunyai daya oksidasi yang tinggi, cocok membersihkan *foulant* yang berupa senyawa organik dan biologis. [Anggi, 2013]

## 2. Metoda Penelitian

Bahan-bahan yang digunakan pada penelitian ini diantaranya berupa : limbah cair tahu yang berasal dari pabrik lokal setempat, bahan kimia HCl dan deterjen sebagai *chemical cleaning agent*, dan aquadest sebagai bahan pembilas



**Gambar 1.** Diagram alir penyaringan limbah cair tahun sistem aliran *cross-flow*

Peralatan yang digunakan seperti terlihat pada gambar 1 adalah satu unit modul ultrafiltrasi, pompa jenis diafragma, timbangan analitik, *stopwatch*, gelas ukur 100 ml dan 1000 ml, gelas *beaker*, ember penampung, derigen 5L dan 35 L.

Variabel penelitian ini terdiri atas variabel tetap dan tidak tetap. Variabel

tetap berupa : waktu untuk pembilasan dengan aquadest dalam waktu 30 menit, waktu penyaringan limbah cair tahu dalam waktu 120 menit, dan waktu untuk pencucian menggunakan *chemical cleaning agent* (HCl dan deterjen) dalam waktu 30 menit. Sedangkan variabel tidak tetap berupa : perlakuan dalam penyaringan limbah cair tahu dengan bervariasi 3 tekanan pompa yang berbeda (0,2,0,4 dan 0,6 bar), dan perlakuan pada pencucian menggunakan *chemical cleaning agent* dengan bervariasi 3 konsentrasi yang berbeda (1,55,2% dan 2,5%).

## Prosedure Penelitian

Penelitian terdiri dari tiga tahap yaitu tahap pertama pengukuran aquadest pada pencucian awal di aliran permeat per 5 menit selama 30 menit pada tekanan 0,2, 0,4, dan 0,6 bar. Hasil perhitungan *flux* dikatakan sebagai  $J_{w1}$ ,  $J_{w2}$ ,  $J_{w3}$ . Pengukuran volume hasil pemisahan limbah cair tahu di aliran permeat per 5 menit selama 50 menit, 100 menit, 120 menit. Pada tahap ini *flux* ditandai sebagai  $J_{f1}$ ,  $J_{f2}$ ,  $J_{f3}$ . Pengukuran volume pembilasan dengan aquadest, di aliran permeat per 5 menit selama 30 menit pada tekanan 0,2, 0,4 dan 0,6 bar. Hasil perhitungan *flux* dikatakan sebagai  $J_{ww1}$ ,  $J_{ww2}$ ,  $J_{ww3}$ .

Tahap kedua yaitu pengukuran volume pencucian kimia menggunakan HCL dan deterjen 1,5%, 2% dan 2,5%. Pada tahap ini pengukuran volume di aliran permeat per 5 menit selama 30 menit pada tekanan 0,2 bar. *Flux* hasil perhitungan disebut sebagai

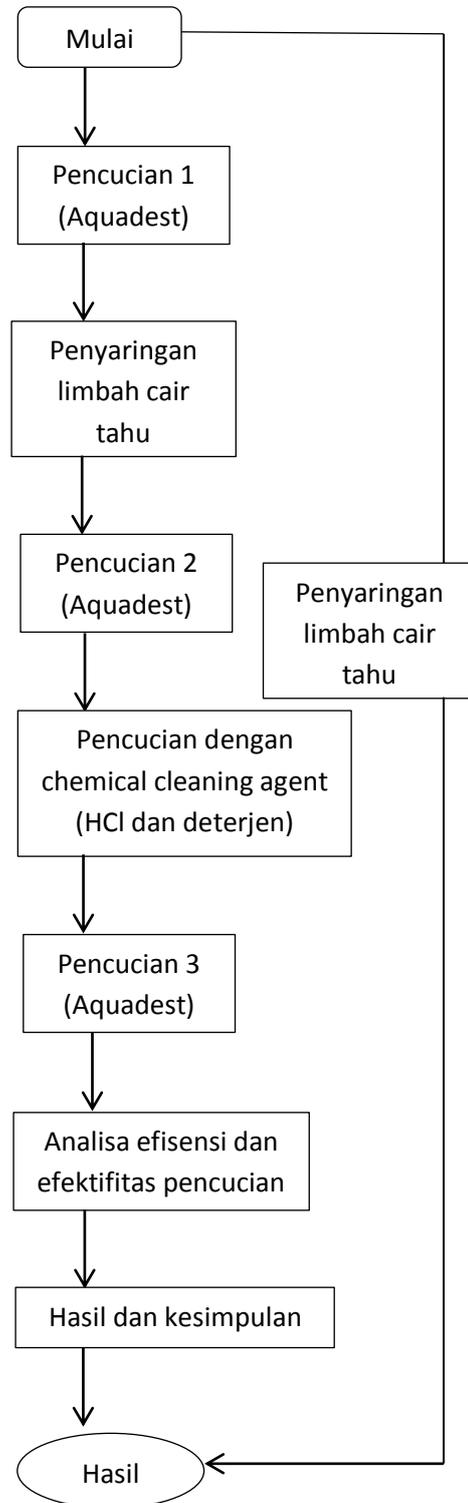
Jcc11, Jcc21, Jcc31. Pada pengukuran volume pencucian kimia menggunakan HCl dan deterjen 1,5%, 2% dan 2,5%. Pada tahap ini pengukuran volume di aliran permeat per 5 menit selama 30 menit pada tekanan 0,4 bar. *Flux* hasil perhitungan disebut Jcc21, Jcc22, Jcc23. Pengukuran volume pencucian kimia menggunakan HCl 1,5%, 2% dan 2,5%. Pada tahap ini pengukuran volume di aliran permeat per 5 menit selama 30 menit pada tekanan 0,6 bar. *Flux hasil perhitungan* di sebut Jcc31, Jcc32, Jcc33.

Tahap ketiga yaitu Pengukuran volume untuk pembilasan akhir dengan aquades, pengukuran ini dilakukan selama 30 menit yang di ukur per 5 menit. Perhitungan *flux* pada tahap ini disebut sebagai Jwc. Tahapan-tahapan di atas dilakukan sama untuk pencucian kimia dengan variabel konsentrasi lainnya dan *chemical cleaning agent* yang digunakan untuk masing-masing bahan kimia seperti HCl dan deterjen. Kemudian dilanjutkan dengan pengukuran volume pemisahan limbah cair tahu tanpa perlakuan pencucian kimia maupun pembilasan dengan menggunakan aquades. *Flow chart* tahap-tahap penelitian di atas bisa dilihat pada gambar 2.

### 3. Analisa Hasil

Analisa yang dilakukan untuk pencucian secara kimia adalah dengan menghitung persen *resistant* (RR%) dan *flux recovery* (FR%) pada berbagai kondisi konsentrasi *chemical cleaning agent* terhadap

masing-masing kondisi operasi filtrasi.



**Gambar 2.** Flowchart Prosedure Penelitian

Rumus yang digunakan untuk menghitung persen *resistance removal* dan persen *flux recovery* [Kazemimoghadam dan Mohammadi, 2006] sebagai berikut :  

$$RR (\%) = [(R_f - R_c) / R_f] \times 100\%$$
 .....(1)

Rumus yang di gunakan untuk menghitung fluks [Faibish RS dan Cohen Y, 2000] adalah sebagai berikut :  

$$J_t = Q_f / A$$
.....(2)

Persamaan yang digunakan untuk menghitung Resisten membran mengikuti hukum Darcy [Masciola, 2000] yaitu :  

$$R_m = \Delta P_t / \mu \cdot J$$
.....(3)

Tekanan trans membran dapat dicari dengan persamaan :  

$$P_{tm} = [(P_i + P_o) / 2] - P_p$$
..... (4)

Penghitungan efektifitas pencucian ultrafiltrasi dapat menggunakan persamaan sebagai berikut [Scott, 2006] :  

$$\text{Cleaning effectiveness (\%)} = [1 - \text{avg (uncleaned fluks / cleaned fluks)}] \times 100\%$$
.....(5)

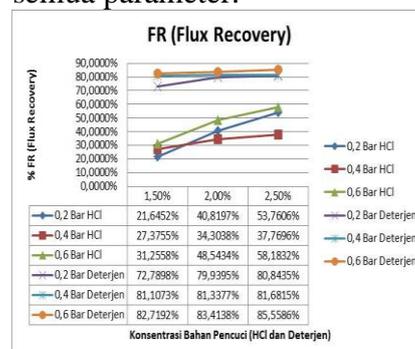
Dimana “RR” adalah Resistance Removal, “Rf” adalah nilai Resistance setelah fouling, “Rc” adalah nilai resistance setelah pencucian, “Jt” adalah filtrat fulks terhadap waktu, “Qf” adalah aliran filtrat, “A” adalah luas permukaan membran, “ΔPt” adalah tekanan trans-membran, “Pi” adalah tekanan masuk, “Po” adalah tekanan keluar.

#### 4. Hasil dan Pembahasan

Flux recovery merupakan salah satu indikator dalam peningkatan atau penurunan kinerja membran. Jika flux menunjukkan penurunan mengindikasikan adanya penurunan kinerja membran yang sengaian besar disebabkan oleh fouling. Untuk mencegah terjadinya oenurunan kinerja membran dilakukan pucuan membran dengan bahan kimia yang dalam penelitian ini menggunakan HCl dan deterjen.

FR tertinggi untuk HCl hasil flux recovery di dapat 58,12%, sedangkan untuk deterjen, *flux recovery* tertinggi di dapat 85,55%, untuk FR terendah, terdapat pada tekanan dan konsentrasi yaitu 0,2 bar dan konsentrasi 1,5%. *Flux recovery* terendah untuk HCl mencapai 21,64%, sedangkan untuk deterjen 72,78%.

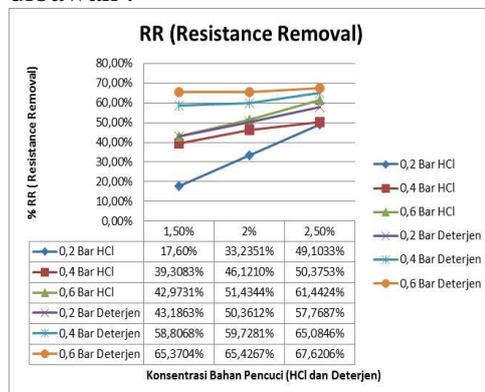
Gambar 3 menunjukkan Persentase nilai FR makin naik setelah konsentrasi bahan pencuci dinaikkan, dan juga tekanan trans membran memberi pengaruh, semakin besar tekanan trans-membran, semakin tinggi juga nilai yang dihasilkan dari semua parameter.



**Gambar 3.** Pengaruh FR terhadap konsentrasi dan Tekanan trans-membran

Dari gambar diatas menunjukkan hasil FR yang dihasilkan pada bahan kimia HCl lebih rendah daripada deterjen, dapat disimpulkan HCl lebih lemah dibandingkan deterjen yang mengandung larutanpenstabilan emulsi yang disebut *surfactant*, surfaktan merupakan suatu molekul amphipatic atau amphiphilic yang mengandung gugus hidrofilik dan lipofilik dalam suatu molekul yang sama. Secara umum kegunaan surfaktan untuk menurunkan ketegangan permukaan, tegangan antar muka, meningkatkan kestabilan partikel dan mengontrol jenis formasi emulsi.

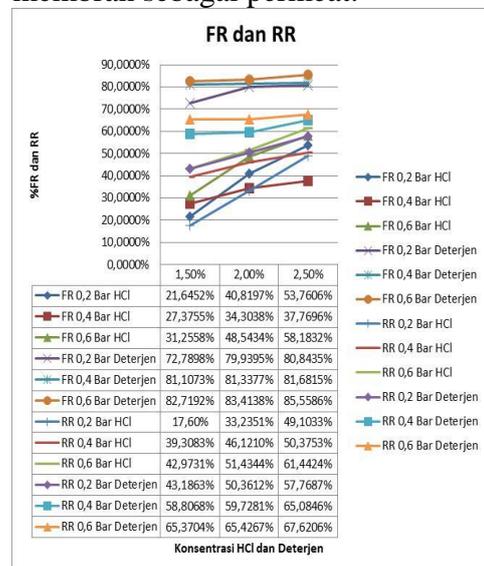
Nilai RR (*Resistance Removal*) yang diperoleh dari penelitian ini dapat dilihat pada gambar 4, menunjukkan hasil tertinggi adalah 67,62% dengan konsentrasi 2,5% dan tekanan 0,6 bar.pada pencucian deterjen Nilai RR terendah adalah 17,6% pada konsentrasi 1,5% dan tekanan 0,2 bar, seperti yang terlihat di gambar 4 dibawah .



**Gambar 4.** Pengaruh RR terhadap Konsentrasi dan Tekanan Trans-membran.

Sama halnya dengan nilai FR, konsentrasi dan tekan trans-membran memberi pengaruh hasil RR yang didapat.

Dari data FR dan RR dari masing-masing bahan pencuci diperoleh efisiensi pencucian rata-rata berbanding lurus dengan perubahan tekanan pada membran yang dapat dilihat pada gambar 5. Secara rata-rata nilai FR dan RR cenderung lebih tinggi dengan meningkatnya tekanan membran. Hal ini disebabkan daya dorong tekanan yang timbul dari pompa menyebabkan larutan mempunyai kemampuan melewati membran sebagai permeat.

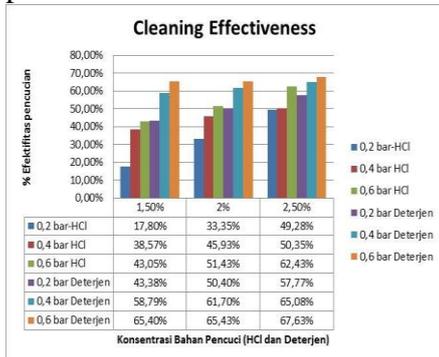


**Gambar 5.** Pengaruh Tekanan dan Konsentrasi terhadap Nilai FR dan RR.

### Efektivitas Pencucian

Pada Gambar 6, menunjukkan efektifitas pencucian dipengaruhi oleh konsentrasi dan tekanan trans-membran. Semakin tinggi konsentrasi, semakin tinggi persentase efektifitas yang di dapat, begitu juga dengan pengaruh trans-membran, perubahan trans-membran

juga menghasilkan perubahan persentase efektifitas.



**Gambar 6.** Efektifitas Pencucian Kimia terhadap Variasi Konsentrasi dan Tekanan Trans-membran.

Konsentrasi 2,5% dengan tekanan 0,6 bar menghasilkan persentase efektifitas tertinggi baik dengan menggunakan bahan pencuci HCl (62,43%) maupun dengan deterjen (67,63%). Hal ini menunjukkan pengaruh perubahan konsentrasi dan tekanan trans-membran, juga variasi bahan pencuci, makin tinggi konsentrasi dan tekanan trans-membran makin meningkat hasil persentase efektifitas pencucian.

### Fenomena Fluks Pada Operasi Membran.

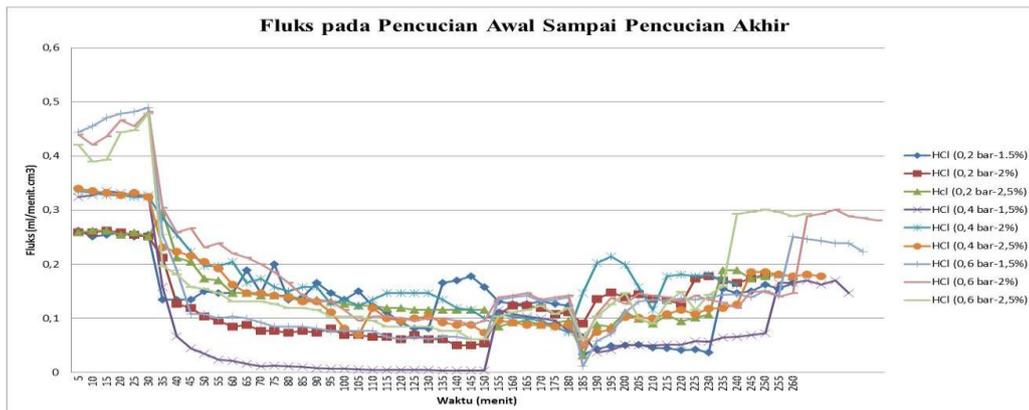
Gambar 7 menggambarkan fenomena fluks menggunakan bahan pencucian kimia HCl, dimana awal terjadi penurunan secara umum pada menit ke 35 di semua kondisi tekanan dan konsentrasi, kemudian

naik pada saat pencucian aquadest setelah penyaringan limbah cair tahu menit 155, menurun kembali pada menit 185, kemudian naik kembali pada saat mulai pencucian kimia dengan HCl menit 190, puncak fluks naik pada saat pencucian akhir aquadest pada menit 230.

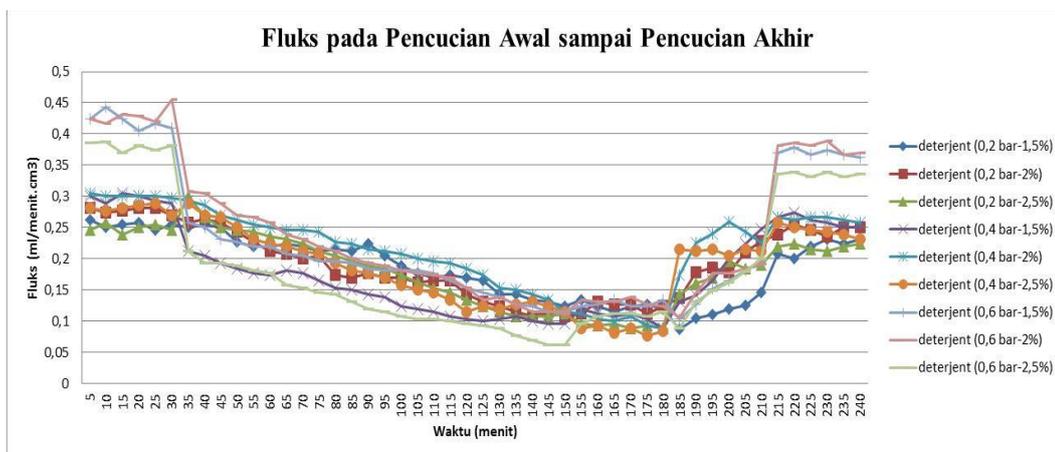
Gambar 8 menggambarkan fenomena fluks menggunakan bahan pencucian kimia deterjen, dimana penurunan pertama pada menit 35, naik kembali pada saat setelah pencucian aquadest setelah penyaringan, pada menit 185, puncaknya fluks naik setelah pencucian kimia pada menit 210

Jika dilihat berdasarkan bahan pencuci, deterjen menunjukkan pengembalian nilai fluks setelah terjadinya *fouling* lebih baik dibandingkan bahan pencuci HCl. Nilai fluks tertinggi setelah pencucian kimia didapat 0,3704 ml/menit.cm<sup>2</sup> pada tekanan 0,6 bar dan bahan pencuci deterjen 2 %.

Tekanan trans-membran cukup mempengaruhi untuk meraih fluks yang lebih optimal. Tekanan trans-membran 0,6 bar menunjukkan nilai lebih tinggi dibanding pada tekanan 0,2 dan 0,4 bar.



**Gambar 7.** Fenomena Fluks Pada Prose Filtrasi Awal sampai Pencucian Akhir menggunakan HCl



**Gambar 8.** Fenomena Fluks Pada Prose Filtrasi Awal sampai Pencucian Akhir menggunakan Deterjen.

## 5. Kesimpulan dan Saran

### Kesimpulan

Tekanan dan konsentrasi bahan pencuci memberi pengaruh terhadap hasil fluks recovery dan *resistance removal*, Konsentrasi bahan pencuci Deterjen memberi pengaruh lebih baik dibanding konsentrasai bahan pencuci HCl di buktikkan dengan melihat hasil fluks recovery dan *resistance removal* yang lebih baik dengan konsnetrasai bahan pencuci deterjen di banding bahan pencuci HCl, efektifitas tertinggi yaitu 67,63% dengan menggunakan bahan pencuci deterjen.

### Saran

Dengan Fluks recovery dan *Reisitance removal* yang cukup tinggi, penelitian lanjutan, disarankan memulai dari tekanan 0,6 bar atau lebih, dengan bahan pencuci asam kuat dan konsentrasi yang sama untuk menilai fluks recovery dan *resistance removal* yang lebih baik dengan memakai asma kuat yang disarankan untuk bahan pencuci membran.

### Daftar Pustaka

- Assomadi, A.F, dan Padli Abdu., 2007. Pengolahan Air Terproduksi Menggunakan Sequencing Batch Reactor (SBR), Penelitian, ITS.
- Benny,A., 2011. Pencucian Kimia Membran Ultrafiltrasi Sistem Aliran Cross Flow Pada Proses Pengolahan Lindi Sampah TPA Muara Fajar Pekanbaru, Penelitian, UR.
- Cheryan, M., 1986. *Ultrafiltration and Microfiltration handbook*, Technomic Publishing Lancaster, PA, p.120-154.
- Darsono, V., 2007. *Pengolahan Limbah Cair Tahu Secara Anaerob dan Aerob*, Jurnal Teknologi Industri I (11), 9-13.
- Fatha, A., 2007. *Pemanfaatan Zeolit Aktif untuk Menurunkan BOD dan COD Limbah Cair Tahu*, Skripsi, Universitas Negeri Semarang
- Gibert, J. 2010. Pengaruh Konsentrasi Koagulan Pada Penyisihan BOD5, COD dan TSS Limbah Cair Tahu dengan Menggunakan Kombinasi Koagulasi-Flokulasi dan Ultrafiltrasi. Skripsi Sarjana, Fakultas Teknik, Universitas Riau, Pekanbaru.
- Harjanto, T., 2009. Studi Pengolahan Limbah Radioaktif Cair dengan Teknologi membrane, jurnal Teknologi Membran, vol.13, No.4, ISSN: 0853-9103,PPN-BATAN.
- Humphery, J.L. dan Keller, G.E., 1997. *Separation Process Technology*, McGraw-Hill Publisher, New York.
- Hutapea, F.P., 2012. Pemanfaatan Limbah Kulit Nenas Untuk Produksi Bioetanol Melalui Sakarifikasi Fermentasi Serentak Dengan Enzim Selulosa, Penelitian UNRI.
- Karamah, E.F., dan Lubis, A.O., 2010. Perlakuan Koagulasi Dalam Proses Pengolahan Air Dengan Membran : Pengaruh Waktu Pengadukan Pelan Koagulasi Aluminium Sulfat Terhadap Kinerja Membran, penelitian, UI.
- Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 03//MENLH/1998 Tentang : *Baku Mutu Limbah Cair Tahu Bagi Kawasan Industri*, Kementerian Lingkungan Hidup, Jakarta.
- Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 51/MENLH/10/1995 Tentang : *Baku Mutu Limbah Cair Tahu Untuk Industri Tahu*, Kementerian Lingkungan Hidup, Jakarta.
- Kezemimoghadam, M. dan Mohammadi, T., 2006. *Chemical Cleaning of Ultrafiltration Membran in Milk Industry*, Desalination 204, 213-218.
- Koswara. S.,1992. *Teknologi Pengolahan Keledai*. Pustaka Sinar Harapan. Jakarta.
- Lim A.L dan Bai R, 2003. *Membran Fouling and Cleaning in Microfiltration of Activated Sludge Wastewater*, Department of Chemical and Environmental Engineering, National University of Singapore, Singapore, *Journal of Membran Science*, p.279-290, Scindirect, Elsevier.
- Masciola, D A, 2000. *Development of a Membrane Resistance*

- Based Modeling Framework for Comparison of Ultrafiltration Processes, Departement of Civil and Enviromental Engineering, Disertation, West Verginia.
- Mulder, M., 1996. Basic Principles of Membrane Technology, Kluwer Academic Publishers, Netherlan.
- Mahardani, Nila S. dan Kusuma, Hijrah F. (2008). Pengolahan Air Baku Menjadi Air Minum dengan Teknologi Membran Mikrofiltrasi dan Ultrafiltrasi. Kumpulan Makalah PKMP Universitas Malang Muhamadiyah, 83.
- Notodormojo, S. dan Anne D., 2004. *Penurunan Zat Organik dan Kekeuruhan Menggunkan Teknologi Membran Ultrafiltrasi dengan Sistem Aliran Dead-End (Studi Kasus : Waduk Saguling, Padalarang)*, Proc. ITB Sains dan Teknologi, 1 (36,A), 63-82.
- Pranoto, 2005. *Penggunaan Biofilter Enceng Gondok (Eichornia crassipes marisolm) untuk Menurunkan Kadar COD Limbah Cair dari Pabrik Tahu*, Skripsi, Universitas Negeri Semarang.
- R,Tuhu A. Dan Winata, Hanry S. Pengolahan Air Limbah Industri Tahu dengan Menggunakan Teknologi Plasma. Jurnal Ilmu Teknik Lingkungan Vol.2, 20.
- Rahmawati, A.A, Azizah R., 2005. *Perbedaan Kadar BOD, COD, TSS dan MPN Coliform pada Air Limbah Sebelum dan Sesudah Pengolahan di RSUD Nganjuk*, Jurnal Kesehatan Lingkungan 2 (I), 97-110.
- Potter, C. Soepardi, M & Ghani A. 1994. *Limbah Cair Berbagai Industri di Indonesia*. Sumber, Pengendalian dan Baku Mutu. Enviromental Mangement Development in Indonesia (EDMI).
- Said , Nusa I. Dan Wahjono, Heru D. 1999. Teknologi Pengolahan Air Limbah Tahu-Tempe dengan Proses Biofilter Anerob dan Aerob. Jurnal Teknologi Pengelolaan Air Bersih dan Limbah Cair Direktorat Teknologi Lingkungan, Deputi Bidang Teknologi Informasi, Energi, Material dan Lingkungan Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi, 302.
- Saputra, Anggi D. 2013. *Pencucian Secara Kimia Membran Ultrafiltrasi Sistem Aliran Cross Flow Pada Proses Penyaringan Air Terproduksi*. Skripsi, Fakultas Teknik, Universitas Riau, Pekanbaru.
- Scott, J.B., 2006, Oil Removal for Produced Water Treatment and Micellar Cleaning of Ultrafiltration Membrane, Thesis, Texas A&M University.
- Scott, K., 1995, Handbook of Industrial Membrane, edisi ke-1, Elsevier Advanced Technology, Oxford, 78-528.
- Tarigan, M.S. dan Edward, 2003, *Kandungan Total Zat Padat Tersuspensi (Total Suspended Solid) di Perairan Roha, Sulawesi Tenggara*, Jurnal Makara Sains, 3 (7), 109-119.

Uju, Hardjidto, L., Suprihatin, Suryadarma, P., dan Noor, E. Karakteristik *Fouling* dan Polarisasi Konsentrasi Pada Proses Pemurnian dan Pemekatan Karaginan dengan Membran Mikrofiltrasi.

Yuniarti, Elly Y. 2006 Pengolahan Air Limbah Tahu dengan Menggunakan Reaktor Anerob Bersekat dan Aerob. Skripsi Pasca Sarjana, Magister Ilmu Lingkungan, Universitas Diponegoro, Semarang.