

PEMANFAATAN BIJI KELOR (*MORINGA OLEIFERA*) SEBAGAI KOAGULAN PADA PENGOLAHAN AIR PAYAU MENJADI AIR MINUM MENGGUNAKAN PROSES KOAGULASI ULTRAFILTRASI

Riny Afrima Sari¹, Jhon Armedi Pinem², Syarfi Daud²

¹ Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Riau
Kampus Binawidya Jl. HR Subrantas Km 12,5 Pekanbaru 28293

² Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik Universitas Riau
Kampus Binawidya Jl. HR Subrantas Km 12,5 Pekanbaru 28293

rinyafrika@gmail.com

ABSTRACT

The availability of drinking water which complies the standard requirements of drinking water quality is getting hard to find, it makes the handling of brackish water is needed, so the kelor seed which can be used as natural coagulation is needed. Besides, the development of membrane technology nowadays grows rapidly. It can be used to process the brackish water more effectively compared with conventional way. One of the used membrane technology is ultrafiltration membrane (UF). This research is done to find out of the kelor seed's performance as coagulation and ultrafiltration membrane in processing brackish water to be good drinking water in separate color parameter, chloride, hardness, organic essence, TDS, pH, iron, manganese, nitrate, copper, zinc, and sulphate. This research procedure is divided into three stages which are; the first stage is bio coagulation making, the second stage is coagulation-flocculation, and the third is filtration using ultrafiltration membrane. The research's result shows the color isolation, chloride, hardness, organic essence, TDS, pH, iron, manganese, nitrate, copper, zinc, and sulphate of brackish water which has been added with kelor seed's powder effectively occurs in 350ppm and 2bar pressure can isolate 98,763%, chloride 84,303%, hardness 48,989%, organic essence 89,862%, TDS 44,204% pH sebesar 16,867%, iron 91,64%, manganese 89,77%, nitrate 36,58%, copper 55,833%, zinc 54,518% and sulphate decreasing to 82,616%, where this result has fulfilled the drinking water's standard quality based on the rules of health ministry 2010.

Keywords: Kelor seed (*moringa oleifera*), Brackish water, Ultrafiltration membrane.

1. Pendahuluan

Wilayah pesisir pantai dan pulau-pulau kecil di tengah lautan lepas merupakan daerah-daerah yang sangat miskin akan sumber air tawar, sehingga mengalami masalah pemenuhan kebutuhan air minum (Idaman, 2003). Sumber air masyarakat pesisir, yang berasal dari sungai dan mata air, dapat bercampur dengan air laut yang menyebabkan kandungan garam sumber air meningkat, sehingga menjadikan air tersebut asin (air payau) (Lisa, 2008).

Pengolahan air payau menjadi air minum dapat dilakukan dengan memanfaatkan biji kelor (*moringa*

oleifera) yang berfungsi sebagai koagulan atau bahan pengumpul (Kusnaedi, 2002). Biji kelor dapat digunakan sebagai koagulan alami karena kandungan protein biji kelor (poli-elektrolit kationik) atau protein larut dapat menyebabkan koagulasi (Pritchard, 2010) yang mampu mengadsorpsi dan menetralkan partikel-partikel koloid dalam air (Sutherland dalam Rambe, 2009).

Pengolahan air payau menjadi air minum juga dapat diolah menggunakan teknologi membran ultrafiltrasi. Ultrafiltrasi (UF) merupakan proses membran dengan gaya dorong (*driving force*) tekanan untuk memisahkan partikel,

mikroorganisme, molekul-molekul besar (*large molecule*) dan *droplets* emulsi. Media penyaringan (*filter medium*) merupakan membran *macropores* dengan kemampuan untuk memisahkan partikel yang berukuran antara 0,0001-0,02 μ m. Membran ini beroperasi pada tekanan antara 1-5bar dengan batasan permeabilitas adalah 10-50l/m².jam.bar (Mulder,1996). Dalam pengolahan air payau menjadi air minum pada penelitian ini ada beberapa parameter yang perlu diperhatikan untuk mengukur seperti warna, klorida, kesadahan, zat organik, TDS, pH, besi, mangan, nitrat, tembaga, seng dan sulfat. Tujuan penelitian ini dilakukan untuk mengetahui kinerja biji kelor sebagai koagulan dan membran ultrafiltrasi dalam pengolahan air payau menjadi air minum dalam menyisihkan parameter warna, klorida, kesadahan, zat organik, TDS pH, besi, mangan, nitrat, tembaga, seng dan sulfat berdasarkan berdasarkan peraturan Menteri Kesehatan RI No. 492/ MenKes/ PER/ IV/ 2010.

2. Bahan dan Metode

2.1 Bahan dan Alat

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah air payau, biji kelor sebagai koagulan, membran UF, dan aquadest. Peralatan yang digunakan adalah satu unit modul membran ultrafiltrasi berbahan dasar polisulfon dengan diameter pori 0,001 μ m dan luas permukaan membran 0,36m². *Pressure gauge*, pompa diafragma, motor pengaduk yang dilengkapi dengan batang pengaduk dan *padle*, gelas piala 2000ml, gelas piala 100ml, kertas saring, timbangan analitik, corong, gelas ukur 100ml, pH meter, TDS meter, ayakan 60 dan 100 mesh, botol sampel 1000ml, dan *stopwatch*.

2.2 Prosedur Penelitian

2.2.1 Pembuatan Biokoagulan *Moringa Oleifera*

Biokoagulan yang akan dipergunakan adalah bubuk biji kelor

kering. Awalnya, biji kelor yang diperoleh dijemur sampai cukup kering dan kemudian diblender sampai halus. Bubuk biji kelor yang telah terbentuk disaring menggunakan ayakan 60 mesh dan 100 mesh untuk mendapatkan ukuran bubuk biji kelor (100 \geq bubuk biji kelor \leq 60) mesh. Bubuk koagulan yang diperoleh kemudian disisihkan dan disimpan untuk dipergunakan pada proses penangan air payau. Setiap biji kelor tersebut ditambahkan aquades 1ml dan diaduk hingga menjadi pasta.

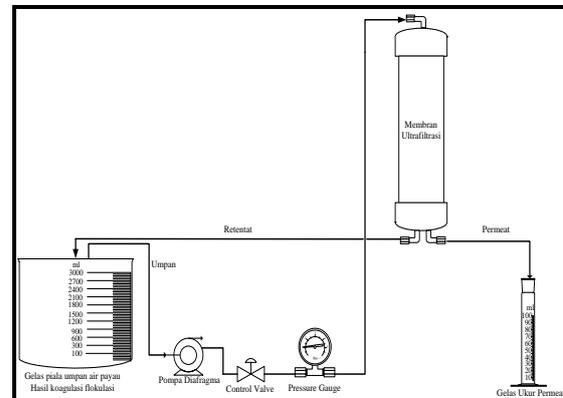
2.2.2. Koagulasi-flokulasi

Air payau yang diambil terlebih dahulu diuji kadar warna, klorida, kesadahan, zat organik, TDS dan pH. Setelah kondisi awal air payau diperoleh, maka dilanjutkan dengan proses penanganan awal menggunakan koagulan biji kelor dengan variasi 250mg/l air payau, 350mg/l air payau, dan 450mg/l air payau. Masing – masing sampel akan dilakukan pengadukan cepat selama 2 menit dengan kecepatan pengadukan 200rpm dan dilanjutkan dengan pengadukan lambat selama 5 menit dengan kecepatan pengadukan 60rpm. Setelah proses koagulasi dan flokulasi selesai larutan kemudian didiamkan selama 15 menit. Sampel air payau yang telah dilakukan proses koagulasi-flokulasi akan membentuk 2 lapisan, lapisan atas berupa air yang berwarna bening sedangkan lapisan bawah berupa air keruh yang berisi endapan/flok. Kemudian air payau dipisahkan dari endapan/flok menggunakan kertas saring. Sampel yang telah melewati proses koagulasi-flukulasi dianalisa kembali untuk mengetahui kadar warna, klorida, kesadahan, zat organik, TDS dan pH.

2.2.3. Filtrasi Menggunakan Membran Ultrafiltrasi

Air payau dengan massa koagulan biji kelor yang paling efektif menurunkan kadar warna, klorida, kesadahan, zat organik, TDS dan pH yang hampir mendekati baku mutu air minum akan dialirkan ke membran sesuai dengan variabel tekanan 1bar, 1,5bar dan 2bar. Dalam satu kali percobaan, setiap pengambilan 50ml volume permeat, dicatat waktu untuk mengukur fluks permeatnya dalam 3 menit sekali selama 60 menit pada masing-masing variabel. Retentat yang dihasilkan *directly* kembali ke membran ultrafiltrasi. Tekanan operasi diatur dengan menggunakan katup pengatur tekanan. Pengambilan sampel untuk analisa dihentikan setelah operasi mencapai keadaan tunak. Permeat yang dihasilkan ditampung kemudian dianalisa

kadar warna, klorida, kesadahan, zat organik, TDS dan pH pada masing-masing tekanan. Rangkaian alat yang digunakan dapat dilihat pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2 Rangkaian Alat Membran Ultrafiltrasi

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Pengaruh Massa Biji Kelor pada Proses Koagulasi-Flokulasi terhadap Pengolahan Air Payau menjadi Air Minum

Tabel 3.1 Hasil Analisa Air Payau Sebelum dan Sesudah Proses Koagulasi-flokulasi

No	Parameter	Satuan	*Air minum	Sebelum Penambahan Koagulan Biji Kelor (Air Payau)	Setelah Penambahan Koagulan Biji Kelor		
					250 mg	350 mg	450 mg
1	Warna	TCU	15	699	200	61	158
2	Klorida	mg/l	250	1.478	565	403	452
3	Kesadahan	mg/l	500	841	662	604	632
4	Zat organik	mg/l	10	89,175	70,59	52,013	58,207
5	TDS	mg/l	500	880	742	581	627
6	pH	-	6,5-8,5	8,3	7,6	7,3	7,3
7	Besi	mg/l	0,3	3,35	2,65	0,97	1,24
8	Mangan	mg/l	0,4	2	1,84	1,03	1,42
9	Nitrat	mg/l	50	41	33	26	29
10	Tembaga	mg/l	2	1,2	0,83	0,53	0,42
11	Seng	mg/l	3	3,32	3,02	2,16	2,63
12	Sulfat	mg/l	250	1277	1012	657	816

Sumber: Data ditampilkan dari Hasil Uji UPT Dinas Pekerjaan Umum Provinsi Riau (2015) & Laboratorium Pemisahan dan Pemurnian Teknik Kimia Universitas Riau

*Baku mutu air minum berdasarkan peraturan Menteri Kesehatan RI No. 492/ MenKes/ PER/ IV/ 2010.

Hasil analisa yang ditampilkan pada Tabel 3.1 menunjukkan bahwa terjadi penurunan kadar warna, klorida, kesadahan, zat organik, TDS, pH, besi, mangan, nitrat, tembaga, seng dan sulfat setelah dilakukan

proses koagulasi-flokulasi dengan menggunakan koagulan biji kelor.

Massa koagulan biji kelor 350mg dengan waktu pengendapan selama 15 menit mampu menurunkan parameter air payau terbaik dibandingkan massa biji

kelor 250mg dan 450mg. Pada penelitian Sri (2010), konsentrasi maksimum koagulan biji kelor dalam menyisihkan beban pencemar didapatkan pada massa 250mg dan waktu pengendapan 10 menit menggunakan air gambut. Pada penelitian Rusdi dkk (2014) konsentrasi maksimum dalam me-removal di dapatkan pada konsentrasi 200ppm dan waktu pengendapan 12 menit menggunakan air waduk krenceng, sehingga konsentrasi maksimum biji kelor untuk masing-masing bahan baku yang diumpankan berbeda-beda. Hal ini disebabkan apabila konsentrasi koagulan maksimum telah tercapai, maka larutan akan stabil dan mampu membentuk flok yang padat. Konsentrasi koagulan yang berlebihan maupun yang kurang dapat menurunkan efisiensi penyisihan padatan. Massa koagulan yang melebihi konsentrasi koagulan maksimum tidak lagi memperbesar ukuran flok, karena flok sudah berada pada kondisi jenuh. Efektifitas koagulasi-flokulasi karena Flok-flok yang berukuran besar akan terurai kembali menjadi partikel-partikel kecil yang sulit mengendap (Rizal, 2013).

Ketika pembentukan flok sudah maksimal, flok-flok tersebut akan

mengendap ke dasar gelas piala dan membentuk dua lapisan, yaitu pada lapisan atas berupa air payau jernih dan lapisan bawah berupa endapan flok yang mengendap pada dasar gelas piala. Endapan flok kemudian dipisahkan dari air payau dengan bantuan kertas saring. Hal ini yang membuat kadar polutan di dalam air payau setelah proses koagulasi-flokulasi lebih kecil dari pada sebelum proses koagulasi-flokulasi (Rizal, 2013). Namun banyak parameter dengan penambahan koagulan biji kelor pada proses koagulasi-flokulasi belum memenuhi syarat baku mutu air minum peraturan Menteri Kesehatan RI No. 492/MenKes/ PER/ IV/ 2010. Air payau yang telah melalui proses koagulasi-flokulasi pada massa koagulan biji kelor 350mg selanjutnya akan dilewatkan ke dalam membran ultrafiltrasi untuk diproses lebih lanjut.

3.2 Pengaruh Tekanan Membran Ultrafiltrasi terhadap Kualitas Warna, Klorida, Zat Organik, Kesadahan, TDS, dan pH Air Payau

Tabel 3.2 Hasil Analisa Air Payau Sebelum dan Sesudah Proses Koagulasi-Flokulasi serta yang telah Melewati Membran Ultrafiltrasi

No	Parameter	Satuan	*Air minum	Hasil Analisa				
				Sebelum Penambahan Koagulan Biji Kelor (Air Payau)	Setelah Penambahan Koagulan Biji Kelor dan Tekanan Pemompaan			
					350 mg (tanpa membran)	1 bar	1,5 bar	2 bar
1	Warna	TCU	15	699	61	25	17,8	8,64
2	Klorida	mg/l	250	1.478	403	349	257	232
3	Kesadahan	mg/l	500	841	604	575	541	429
4	Zat organik	mg/l	10	89,175	52,013	39,25	16,47	9,04
5	TDS	mg/l	500	880	581	563	511	491
6	pH	-	6,5-8,5	8,3	7,3	7,2	7,1	6,9
7	Besi	mg/l	0,3	3,35	0,97	0,72	0,55	0,28
8	Mangan	mg/	0,4	2,15	1,03	0,69	0,47	0,22
9	Seng	mg/	3	3,32	2,16	2,15	1,77	1,51
10	Sulfat	mg/	250	1277	657	521	344	222

Sumber: Data ditampilkan dari Hasil Uji UPT Dinas Pekerjaan Umum Provinsi Riau (2015) & Laboratorium Pemisahan dan Pemurnian Teknik Kimia Universitas Riau

*Baku mutu air minum berdasarkan peraturan Menteri Kesehatan RI No. 492/ MenKes/ PER/ IV/ 2010.

Hasil analisa yang ditampilkan pada Tabel 3.2 menunjukkan bahwa terjadi penurunan kadar warna, klorida, kesadahan, zat organik, TDS pH, besi, mangan, seng dan sulfat setelah dilewatkan ke dalam membran ultrafiltrasi. Hal ini disebabkan karena membran ultrafiltrasi memiliki pori yang berukuran 1-100nm dan *medium filter* membran ultrafiltrasi memiliki kemampuan untuk memisahkan partikel yang berukuran antara 0,001-0,2 μ m (Mulder,1996) sehingga membran ultrafiltrasi mampu menahan partikel-partikel dan mikroorganisme berukuran kecil yang tidak dapat disisihkan pada saat proses koagulasi-flokulasi.

Tekanan 2bar menghasilkan persentase penurunan beban pencemar pada parameter warna, klorida, kesadahan, zat organik, TDS, pH, besi, mangan dan

sulfat yang paling tinggi dibandingkan dengan tekanan 1bar dan 1,5bar. Semakin tinggi tekanan pemompaan yang diberikan semakin tinggi kadar pencemar yang disisihkan.

Kinerja dari membran ultrafiltrasi dari umpan air payau proses koagulasi-flokulasi menggunakan massa koagulan biji kelor 350mg dalam menurunkan parameter warna, klorida, kesadahan, zat organik, TDS pH, besi, mangan, dan sulfat dapat dilihat dari koefisien rejeksi. Nilai koefisien rejeksi diperoleh dari selisih antara warna, klorida, kesadahan, zat organik, TDS pH, besi, mangan, dan sulfat sebelum dan sesudah dilewatkan kedalam membran ultrafiltrasi. Koefisien rejeksi membran ultrafiltrasi dapat dilihat pada Tabel 3.3.

Tabel 3.3 Persentase Kualitas Parameter dalam Air Payau dengan Menggunakan Membran Ultrafiltrasi

No	Parameter	Koefisien rejeksi (%)		
		1bar	1,5 bar	2 bar
1	Warna	59,016%	70,819%	85,836%
2	Klorida	13,399%	36,228%	42,431%
3	Kesadahan	4,801%	10,430%	28,973%
4	Zat Organik	24,538%	68,334%	82,619%
5	TDS	3,089%	12,048%	15,490%
6	pH	1,369%	5,479%	5,479%
7	Besi	25,773%	43,299%	71,134%
8	Mangan	33,009%	54,369%	78,640%
9	Sulfat	20,70%	47,641%	66,210%

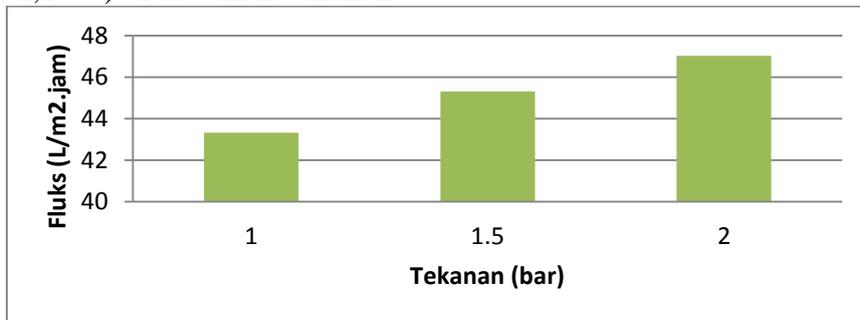
Dari Tabel 3.3 dapat diketahui bahwa tekanan 2bar menghasilkan persentase penurunan beban pencemar yang paling tinggi dibandingkan dengan tekanan 1bar dan 1,5bar. Pada tekanan 2bar membran ultrafiltrasi telah mampu memenuhi syarat kualitar air minum peraturan Menteri Kesehatan RI No. 492/ MenKes/ PER/ IV/ 2010 pada parameter warna, klorida, kesadahan, zat organik, TDS, pH, besi, mangan dan sulfat. Dengan penurunan signifikan terjadi pada warna yang mencapai 85,836%

Semakin besar tekanan yang diberikan pada membran ultrafiltrasi maka semakin meningkat koefisen rejeksi membran ultrafiltrasi tersebut terhadap parameter pencemar. Hal ini disebabkan karena semakin besar tekanan, maka debit air payau yang melewati membran akan semakin meningkat dan semakin banyak mikroorganisme, partikel-partikel serta zat-zat organik yang tertahan pada membran ultrafiltrasi (Pinem dkk, 2014) sehingga permeat yang dihasilkan lebih jernih.

3.3 Pengaruh Tekanan Pemompaan terhadap Fluks Membran Ultrafiltrasi

Fluks merupakan volume permeat yang melewati satuan luas membran dalam waktu tertentu dengan adanya gaya dorong dalam hal ini berupa tekanan (*driving force*) (Mulder,1996). Perubahan tekanan

pemompaan pada membran ultrafiltrasi berpengaruh terhadap fluks yang dihasilkan (Pinem dkk, 2014). Pengaruh perubahan tekanan terhadap fluks yang dihasilkan akan disajikan pada Gambar 3.23 berdasarkan hasil perhitungan fluks rata-rata.

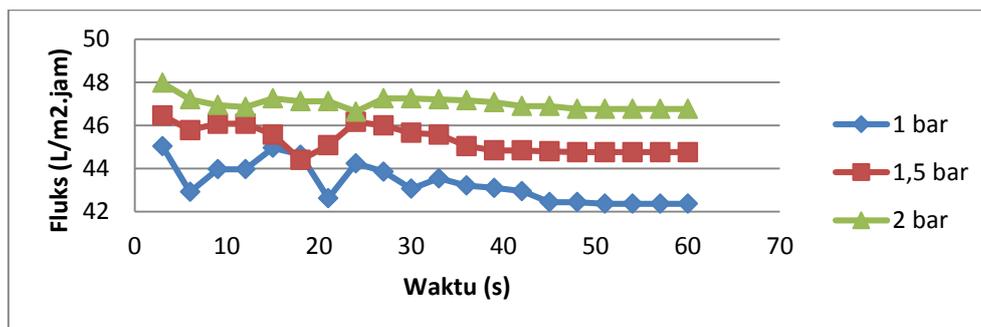


Gambar 3.23 Pengaruh Tekanan Pemompaan terhadap Fluks Membran Ultrafiltrasi

Dari Gambar 3.23 dapat diketahui bahwa terjadinya perbedaan fluks yang dihasilkan pada masing-masing tekanan pemompaan membran ultrafiltrasi. Fluks paling tinggi didapatkan pada tekanan 2bar yaitu sebesar 47,01 l/m².jam. Hal ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan (Pinem dkk, 2014) bahwa semakin besar tekanan pemompaan, semakin tinggi nilai fluks yang dihasilkan. Dengan kata lain fluks

berbanding lurus dengan tekanan pemompaan. Hal ini disebabkan semakin tinggi tekanan, maka semakin cepat air payau yang mengalir melewati membran ultrafiltrasi.

3.4 Pengaruh Waktu Operasi terhadap Fluks Membran Ultrafiltrasi.



Gambar 3.24 Pengaruh Waktu Operasi terhadap Fluks Membran Ultrafiltrasi

Dari Gambar 3.24 dapat dilihat bahwa nilai fluks untuk masing-masing tekanan membran ultrafiltrasi cenderung menurun seiring waktu. Hal ini disebabkan karena semakin lama waktu operasi membran, maka semakin banyak mikroorganisme dan zat organik yang terakumulasi dan menempel pada pori membran sehingga

memperkecil pori-pori membran dan berakibat menurunnya debit air yang melewati membran (Pinem dkk, 2014).

Pada tekanan 2bar terjadi penurunan fluks yang lebih stabil dibandingkan tekanan 1bar dan 1,5bar. Hal ini disebabkan karena air payau yang dialirkan ke dalam membran ultrafiltrasi

diawali pada tekanan 1bar dan dilanjutkan pada tekanan 1,5bar dan terakhir pada tekanan 2bar. Tekanan 1bar memberikan waktu masing-masing 57 menit untuk mencapai waktu konstan, sedangkan tekanan 5bar dan 2bar memberikan waktu 54 menit untuk mencapai keadaan konstan. Hal ini disebabkan semakin tinggi tekanan, maka semakin cepat air payau yang mengalir melewati membran ultrafiltrasi.

4. Kesimpulan

Proses koagulasi-flokulasi berlangsung efektif pada massa koagulan 350mg. Kualitas untuk parameter nitrat, tembaga dan seng sudah memenuhi baku mutu air minum dengan penambahan biji kelor pada massa 350mg, sedangkan untuk parameter warna, klorida, kesadahan, zat organik, TDS, pH, besi, mangan, dan sulfat belum memenuhi baku mutu air minum. Tekanan pemompaan berlangsung efektif pada tekanan pemompaan 2bar. Parameter yang telah melewati membran sudah memenuhi baku mutu air minum berdasarkan permenkes 2010. Nilai fluks terbesar dihasilkan pada tekanan pemompaan 2bar yaitu 47,04072l/m².jam. Semakin besar tekanan pemompaan yang diberikan semakin tinggi nilai fluks yang didapatkan. Akan tetapi, berbanding terbalik dengan waktu operasi. Semakin lama waktu operasi yang didapatkan semakin kecil nilai fluks yang dihasilkan.

Daftar Pustaka

- Idaman, N.S. (2003). *Aplikasi Teknologi Osmosis Balik untuk Memenuhi Kebutuhan Air Minum di Kawasan Pesisir Atau Pulau Terpencil*. Jurnal Tek.Ling. P3TL-BPPT. 4(2), 15-34.
- Kusnaedi. (2002). *Mengolah Air Gambut dan Air Kotor untuk Air Minum*. Cetakan Kesembilan, PT. Penebar Swadaya. Jakarta.
- Lisa, M. (2008). *Kinerja Membran Reverse Osmosis terhadap Rejeksi Kandungan Garam Air Payau Sintetis*. Journal Penelitian Student Grant Universitas Riau.
- Mulder, M. (1996). *Basic Principles of Membrane Technology*, 2nd edition. Kluwer academic publisher, Hetherland.
- Peraturan Menteri Negara Republik Indonesia Nomor 492-MENKES-PER-IV. (2010). *Persyaratan Kualitas Air Minum*.
- Pinem, J.A., M.S. Ginting., dan M. Peratenta. (2014). *Pengolahan Air Lindi TPA Muara Fajar Dengan Ultrafiltrasi*. Jurnal Teknobiologi, 5, 1, 43-46.
- Pritchard, M.T., Craven, T., Mkandawire, A.S., Edmonson, J.G., O'Neill. (2010). *A Study of the Parameters Affecting the Effectiveness of Moringa Oleifera In Drinking Water Purification*. Journal Physics and Chemistry of the Earth, 791-797.
- Rambe, M. A. (2009). *Pemanfaatan Biji Kelor Sebagai Koagulan Alternatif Dalam Proses Penjernihan Limbah Cair Industri Tekstil*. Tesis. Universitas Sumatera Utara. Medan.
- Rizal, Y., dan Pinem, J.A. (2013). *Pengaruh Konsentrasi Koagulan pada Penyisihan BOD5, COD dan TSS Air Lindi TPA Sentajo dengan Menggunakan Kombinasi Koagulasi-Flokulasi dan Ultrafiltrasi*. Skripsi. UNRI.
- Rusdi, T.B., Purnomo, S., Rian, P. (2014). *Pengaruh Konsentrasi dan Waktu Pengendapan Biji Kelor terhadap pH, Kekeruhan dan Warna Air Waduk Krenceng*. Universitas Tirtayasa. Banten. Jurnal Integrasi Proses.
- Sri, R.I. (2010). *Pengaruh Massa Biji Kelor (Moringa Oleifera) Dan Waktu Pengendapan Pada Pengolahan Air Gambut*. Jurnal Sains dan Teknologi.