

PENGOLAHAN *PALM OIL MILL EFFLUENT* (POME) MENGUNAKAN TEKNOLOGI MEMBRAN DAN *PRE-TREATMENT* KOAGULASI-FLOKULASI

Jaksa Or Justman¹⁾, Jhon Armedi Pinem²⁾, Syarfi Daud²⁾

¹⁾Mahasiswa Program Studi Teknik Kimia S1, ²⁾ Dosen Teknik Kimia

Laboratorium Pemisahan dan Pemurnian Jurusan Teknik Kimia Universitas Riau
Kampus Binawidya Jl. H.R. Soebrantas Km 12,5 Simpang Baru Panam, Pekanbaru 28293

¹⁾Email: jaksa.or@student.unri.ac.id

ABSTRACT

This study evaluate the performance of nanofiltration (NF) membrane system and pre-treatment coagulation and flocculation in the treatment of palm oil mill effluent (POME) by varying the effect of concentration of coagulant, slow mixing speed, and transmembrane pressure. The process of coagulation-flocculation used aluminium sulfate with variation of concentration 3.5 g/l; 4.0 g/l; 4.5 g/l. The process completed with rapid stirring 200 rpm for 5 minutes and variation of slow stirring 65 rpm; 85 rpm; 105 rpm for 15 minutes, settling time for 30 minutes. Nanofiltration membrane processes conducted during the 60-minute operation on transmembrane pressure variation 6.5 bar; 7.5 bar; and 8.5 bar. In each treatment process, wastewater quality tests were carried out with biochemical oxygen demand (BOD) test parameters, chemical oxygen demand (COD), and total suspended solid (TSS). In addition, an analysis of permeate fluxes and the percentage of NF membrane rejection was also carried out. The research results obtained the best concentration of aluminium sulfate at 4.5 g/L and slow mixing speed 65 rpm i.e. of 71.04%; 75.49%; and 90.43% respectively for BOD, COD, and TSS. The research results obtained the value of most NF membrane high selectivity at transmembrane pressure 8.5 bar i.e. of 84.66%; 86.76%; and 94.95% respectively for BOD, COD, and TSS with a flux value of 6.32 L/m².hours.

Keywords: *Aluminium Sulfate, Coagulation, Flocculation, Nanofiltration, Palm Oil Mill Effluent*

1. Pendahuluan

Minyak kelapa sawit merupakan komoditas yang paling banyak dikonsumsi dan diproduksi di dunia. Minyak yang murah, mudah diproduksi dan sangat stabil ini digunakan untuk berbagai variasi produk makanan, kosmetik, kebersihan, dan juga bisa digunakan sebagai sumber *biofuel* atau *biodiesel*. Produksi minyak kelapa sawit dunia didominasi oleh Indonesia dan Malaysia. Kedua negara ini secara total menghasilkan sekitar 85-90% dari total produksi minyak kelapa sawit dunia. Hal ini menunjukkan Indonesia merupakan salah satu produsen minyak kelapa sawit terbesar di dunia.

Jumlah total luas area perkebunan kelapa sawit di Indonesia mencapai 11.9

juta hektar saat ini. Jumlah ini diperkirakan akan bertambah menjadi 13 juta hektar pada tahun 2020. Akibat perluasan lahan tersebut, Indonesia bisa memproduksi 40 juta ton minyak kelapa sawit pertahun mulai dari 2020 (*Indonesia Investments*, 2017).

Perkembangan pesat produksi minyak kelapa sawit tentunya mengakibatkan peningkatan limbah cair minyak kelapa sawit yang sering disebut sebagai *Palm Oil Mill Effluent* (POME). Produksi minyak kelapa sawit membutuhkan air dalam jumlah besar. Satu ton minyak kelapa sawit menghasilkan 2.5 ton limbah cair berupa limbah organik dari *input* air pada proses separasi, klarifikasi dan sterilisasi.

Pengolahan POME perlu dilakukan untuk mengurangi zat pencemar. Jumlah zat pencemar harus berada di bawah baku mutu yang ditetapkan pemerintah sehingga POME aman untuk dibuang ke lingkungan (Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup No. 5 tahun 2014).

POME adalah limbah cair pabrik kelapa sawit (PKS) yang mengandung banyak padatan terlarut. Limbah berwarna kecoklatan, terdiri dari padatan terlarut dan tersuspensi berupa koloid dan residu minyak dengan kandungan COD dan BOD tinggi, bersifat asam (pH nya 3,5-4), terdiri dari 95% air, 4-5% bahan-bahan terlarut dan tersuspensi (selulosa, protein, lemak) dan 0,5-1% residu minyak yang sebagian besar berupa emulsi (Ma, 2000).

Teknologi pengolahan POME umumnya menggunakan teknologi kolam terbuka yang terdiri dari kolam anaerobik, fakultatif dan aerobik dengan total waktu retensi sekitar 90-120 hari. Penggunaan teknologi kolam terbuka memiliki kelemahan antara lain: memerlukan lahan yang luas (5-7 ha), biaya pemeliharaan yang cukup besar dan menghasilkan emisi gas metana ke udara bebas (Sawit Indonesia, 2014). Oleh sebab itu, pengolahan POME menggunakan kolam terbuka dianggap kurang efisien dan ramah lingkungan. Teknologi yang sedang dikembangkan dalam pengolahan POME adalah teknologi membran. Pengolahan ini mempunyai kelebihan diantaranya konsumsi energi rendah, efisiensi pemisahan tinggi, mudah dilakukan *scale-up* dan kualitas air yang dihasilkan tergolong baik.

Peristiwa *fouling* merupakan permasalahan yang serius dalam penggunaan teknologi membran. Peristiwa *fouling* dapat mengganggu dan mengurangi kinerja membran. Oleh sebab itu, proses *pre-treatment* koagulasi-flokulasi perlu dilakukan sebelum proses nanofiltrasi. Koagulasi-flokulasi menyebabkan sebagian partikel koloid yang tersuspensi di dalam limbah mengendap. Hal ini akan mengurangi

beban kerja membran sehingga pemakaian membran lebih lama.

Penelitian ini akan mengkaji kinerja *pre-treatment* koagulasi-flokulasi dan membran nanofiltrasi untuk menyisahkan parameter BOD, COD, dan TSS dalam pengolahan POME dengan variasi dosis koagulan, kecepatan pengadukan lambat dan tekanan operasi membran.

2. Metode Penelitian

2.1 Bahan

POME diperoleh PKS PTPN V Sei Galuh, Tapung, Kabupaten Kampar, Riau. Karakteristik bahan baku limbah POME dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1 Karakteristik Sampel Awal POME

| No. | Parameter | *Baku mutu | **Hasil analisis |
|-----|------------|------------|------------------|
| 1 | BOD (mg/L) | 100 | 7.981 |
| 2 | COD (mg/L) | 350 | 18.663 |
| 3 | TSS (mg/L) | 250 | 1.880 |
| 4 | pH | 6,0 – 9,0 | 5,0 |

Sumber: * Permen LH No. 5 Tahun 2014

**Hasil Uji Laboratorium UPT Pengujian Bahan Konstruksi, Dinas Pekerjaan Umum dan Tata Ruang Provinsi Riau

2.2 Peralatan

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah modul membran nanofiltrasi komersil produk Kusatsu Toray *Nanofiltration Membrane* PT. Indotara Persada seri NF-1812-150, *pressure gauge*, pompa diafragma, motor pengaduk yang dilengkapi dengan batang pengaduk dan *paddle*, gelas piala 2000 ml, filter kasa 150 μm , timbangan analitik, corong, labu ukur 1000 ml, gelas ukur 100 ml, pH meter, botol sampel 250 ml, kaca arloji, *stopwatch*, kertas saring.

2.3 Prosedur Penelitian

1. Proses *Pre-Treatment*

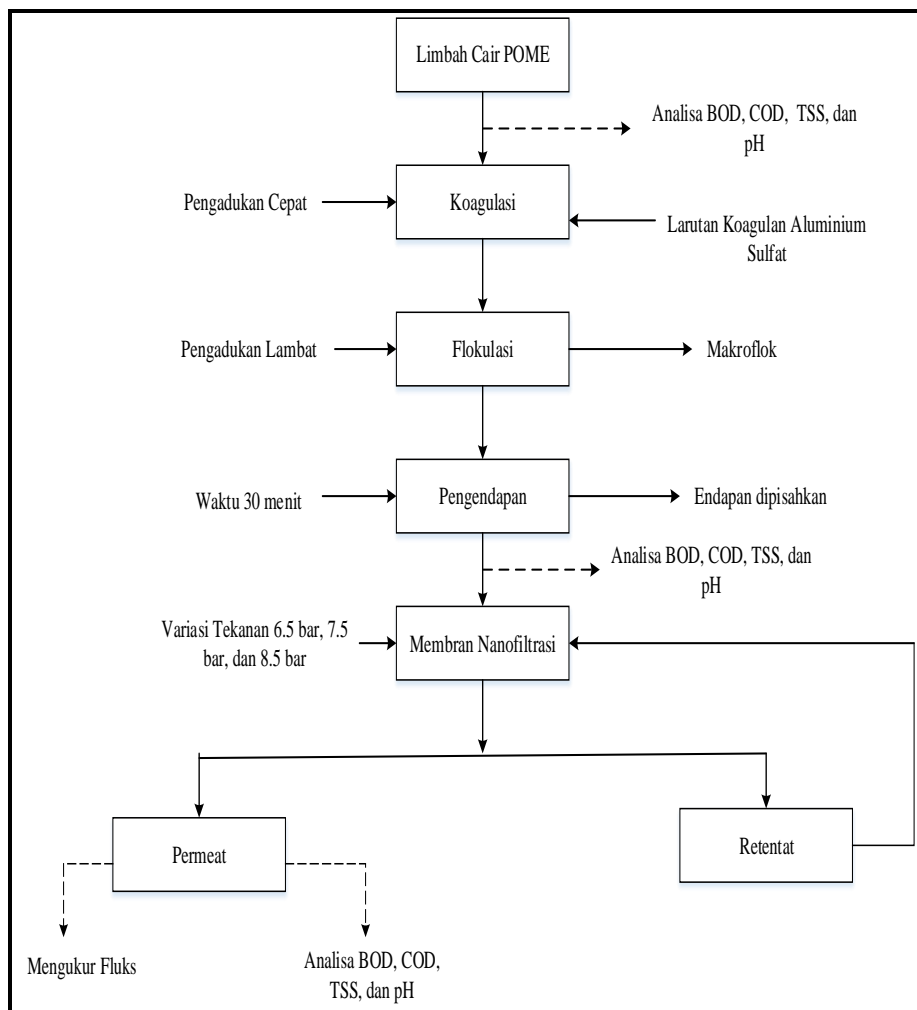
Pre-Treatment POME meliputi proses koagulasi-flokulasi menggunakan koagulan aluminium sulfat dengan variasi

konsentrasi 3.5; 4.0; dan 4.5 g/L. Koagulan dicampurkan dengan POME menggunakan pengadukan cepat pada 200 rpm untuk 5 menit dan variasi pengadukan lambat pada 65 rpm; 85 rpm; 105 rpm untuk 15 menit. Setelah itu, pengadukan dihentikan dan padatan dibiarkan mengendap selama 30 menit agar dapat dipisahkan dari air limbah. Air limbah hasil *pre-treatment* diambil sebagai sampel untuk dianalisis jumlah BOD, COD, dan TSS.

2. Proses Membran Nanofiltrasi

Sampel keluaran proses koagulasi-flokulasi dianalisa untuk mengetahui kadar BOD, COD, dan TSS. Sampel dengan konsentrasi koagulan yang paling efektif menurunkan kadar BOD, COD, dan TSS akan dialirkan menuju membran

nanofiltrasi dengan variasi tekanan 6.5 bar; 7.5 bar dan 8.5 bar. Setiap pengambilan 50 ml permeat dicatat waktu untuk mengukur fluks permeatnya setiap 5 menit sekali selama 1 jam pada masing-masing tekanan. Sedangkan retentat yang dihasilkan di *recycle* kembali menuju membran nanofiltrasi. 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 BOD, COD, dan TSS pada masing-masing tekanan. Setiap pergantian variabel tekanan operasi dilakukan *backwashing* terlebih dahulu menggunakan akuades selama 30 menit. Diagram alir penelitian dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram Alir Kegiatan Penelitian

3. Metode Analisis

Analisis sampel air limbah dilakukan pada 3 titik *sampling* yaitu sampel air limbah sebelum *pre-treatment*, setelah *pre-treatment* (koagulasi-flokulasi) dan setelah proses nanofiltrasi. Parameter dianalisa menggunakan metode Standar Nasional Indonesia (SNI) masing-masing untuk BOD (SNI 06-6989.72:2009), COD (SNI 6989.73:2009), dan TSS (SNI 06-6989.3:2004). Selain itu, data lain yang dikumpulkan dan dianalisa berupa laju alir permeat dan fluks permeat POME pada proses membran nanofiltrasi. Kemudian data hasil penelitian diolah dalam bentuk grafik yang menunjukkan pengaruh proses koagulasi-flokulasi terhadap kualitas POME.

Fluks adalah kecepatan aliran melewati membran dihitung dengan persamaan 1 berikut:

$$J = \frac{V}{A \times t} \dots\dots\dots(1)$$

Dalam hal ini: J adalah fluks cairan ($L/m^2 \cdot jam$), V adalah volume permeat (L), t adalah waktu permeat (jam) dan A adalah luas permukaan membran (m^2).

Selektivitas menggambarkan kemampuan membran memisahkan satu jenis spesi dari yang lain. Penentuan tolakan ditentukan oleh persamaan 2.

$$R = \left(\frac{1 - C_p}{C_f} \right) \times 100\% \dots\dots\dots (2)$$

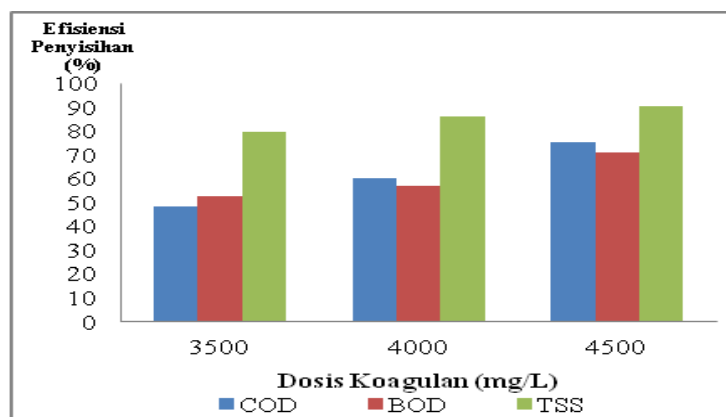
Dalam hal ini, C_p adalah konsentrasi zat terlarut di dalam permeat dan C_f adalah rata-rata konsentrasi zat terlarut di dalam umpan (*feed*) dan retentat.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Kinerja Pre-Treatment Limbah

Proses *Pre-Treatment* POME mampu menyisihkan zat pencemar yang ada dalam limbah tersebut. Hal ini diperlihatkan pada Gambar 2 bahwa proses koagulasi-flokulasi berpengaruh signifikan

terhadap penyisihan BOD, COD, dan TSS. Gambar 2 menunjukkan pengaruh konsentrasi koagulan aluminium sulfat terhadap persentase penyisihan. Sementara Gambar 3 menunjukkan pengaruh peningkatan kecepatan pengadukan lambat terhadap persentase penyisihan.



Gambar 2 Pengaruh Variasi Konsentrasi Koagulan Aluminium Sulfat terhadap Efisiensi Penyisihan BOD, COD, dan TSS

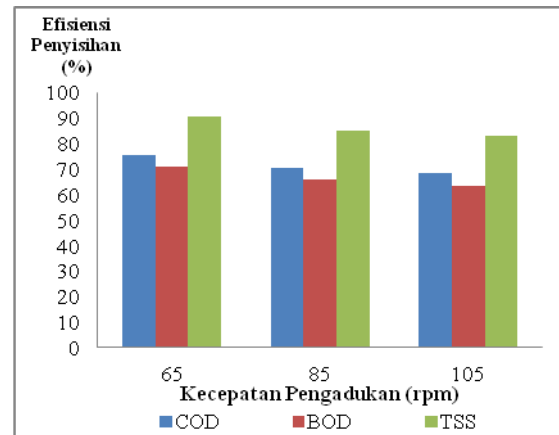
Gambar 2 menunjukkan bahwa penambahan dosis koagulan berpengaruh terhadap nilai persentase penyisihan. Penambahan dosis koagulan dapat meningkatkan nilai persentase penyisihan

BOD, COD, dan TSS. Persentase penyisihan tertinggi terjadi pada dosis koagulan 4500 mg/L dengan persentase penyisihan BOD sebesar 71.04%, COD sebesar 75.49%, dan TSS sebesar 90.43%.

Data ini sesuai dengan hasil penelitian yang dilakukan oleh Ahmad, dkk (2003) yang memaparkan bahwa hasil terbaik terjadi pada penambahan dosis koagulan aluminium sulfat 4000 mg/L dengan persentase penyisihan TSS yaitu 86%. Hasil yang diperoleh pada penelitian ini lebih tinggi dibandingkan penelitian sebelumnya dengan perolehan penyisihan TSS sebesar 90.43% pada dosis aluminium sulfat 4500 mg/L.

Penurunan konsentrasi BOD, COD, dan TSS limbah setelah penambahan koagulan disebabkan oleh pembentukan flok. Flok terbentuk akibat zat aktif koagulan yang mendestabilisasi partikel-partikel koloid dalam proses koagulasi-flokulasi. Muatan positif pada koagulan menetralkan muatan negatif dalam partikel-partikel koloid sehingga partikel-partikel yang tidak stabil tersebut saling bertumbukan dan berikatan membentuk flok. Flok menjadi parameter yang menunjukkan efisiensi proses koagulasi-flokulasi. Peningkatan dosis koagulan menyebabkan jumlah flok yang terbentuk semakin banyak artinya semakin banyak zat pencemar yang terdestabilisasikan oleh zat aktif koagulan. Hal ini menyebabkan persentase penyisihan zat pencemar mengalami peningkatan (Degremont, 1979).

Hasil penelitian menunjukkan penurunan nilai TSS lebih tinggi dibanding nilai COD dan BOD karena proses koagulasi-flokulasi sangat efektif dalam menyisihkan padatan terlarut. Sementara, penurunan nilai BOD dan COD masing-masing 71.04% dan 75.49% disebabkan oleh senyawa organik dan anorganik yang tereduksi pada proses koagulasi-flokulasi. Hal ini didukung dengan teori yang menyatakan bahwa proses koagulasi-flokulasi dapat memisahkan senyawa-senyawa organik dan anorganik berkisar antara 30% hingga 75%. Penurunan jumlah senyawa organik dan anorganik menyebabkan penurunan nilai BOD dan COD pada POME (Karamah dkk, 2007).



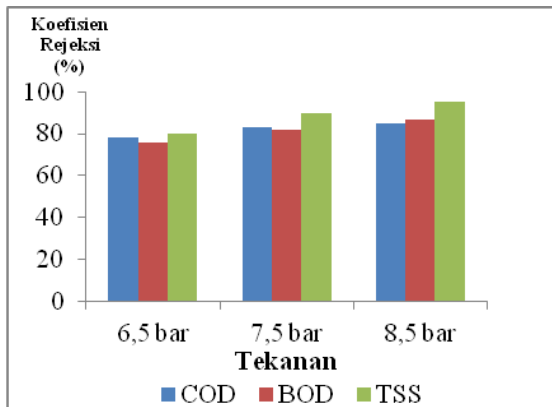
Gambar 3 Pengaruh Variasi Kecepatan Pengadukan Lambat terhadap Efektivitas Penyisihan BOD, COD, dan TSS.

Gambar 3 menunjukkan bahwa penambahan kecepatan pengadukan lambat pada proses flokulasi berpengaruh terhadap nilai persentase penyisihan. Berdasarkan *trend* data yang diperoleh, penambahan kecepatan pengadukan lambat dapat menurunkan nilai persentase penyisihan BOD, COD, dan TSS. Hasil menunjukkan kecepatan pengadukan 65 rpm lebih efektif menurunkan parameter pencemaran dibandingkan kecepatan pengadukan 85 rpm dan 105 rpm dengan persentase penyisihan BOD sebesar 71.04%, COD sebesar 75.49%, dan TSS sebesar 90.43%. Hal ini disebabkan karena kecepatan pengadukan 65 rpm menghasilkan tumbukan yang lebih optimal sehingga makroflok lebih banyak terbentuk pada kondisi ini. Pembentukan makroflok yang lebih banyak akan meningkatkan persentase penyisihan zat pencemar.

Hasil yang diperoleh sesuai dengan teori yang menyatakan bahwa kecepatan pengadukan yang berlebihan pada proses flokulasi dapat mengakibatkan mikroflok yang terbentuk pada proses koagulasi sulit untuk mengalami proses penggabungan menjadi makroflok pada proses flokulasi. Kecepatan pengadukan diturunkan secara bertahap agar flok yang terbentuk tidak pecah kembali dan berkesempatan bergabung dengan yang lain membentuk makroflok (Kawamura, 1991).

3.2 Pengaruh Tekanan Operasi Membran terhadap Kualitas Permeat

Gambar 4 menunjukkan bahwa tekanan operasi berpengaruh terhadap nilai koefisien rejeksi BOD, COD, dan TSS. Penambahan tekanan operasi dapat meningkatkan nilai koefisien rejeksi BOD, COD, dan TSS. Persentase rejeksi tertinggi terjadi pada tekanan operasi 8.5 bar yaitu BOD sebesar 86.76%, COD sebesar 84.66% dan TSS sebesar 94.95%. Hasil yang diperoleh sesuai dengan hasil penelitian yang dilakukan oleh Ahmad, dkk (2005) dan Wu, dkk (2007) yang menyatakan peningkatan tekanan operasi menyebabkan persentase penyisihan COD, warna, dan kekeruhan lebih tinggi.



Gambar 4 Pengaruh Tekanan Operasi terhadap Persentase Penyisihan BOD, COD, dan TSS setelah proses *pre-treatment*

Penurunan zat pencemar disebabkan oleh peristiwa *fouling*. Peningkatan tekanan dapat menyebabkan partikel-partikel koloid mudah terbentuk pada permukaan membran sehingga terjadi peristiwa *fouling* (Mikulasek dkk, 2004). Lapisan *fouling* yang terbentuk berperan sebagai lapisan *filter* lain yang dapat meningkatkan hambatan untuk senyawa organik dan partikel-partikel koloid melewati pori membran. Pembentukan senyawa organik dan partikel-partikel koloid pada lapisan *fouling* dapat menurunkan konsentrasi BOD, COD, dan TSS dalam aliran permeat dan menghasilkan persentase rejeksi yang

lebih tinggi. Berdasarkan penelitian ini, kualitas permeat terbaik diperoleh pada tekanan 8.5 bar yang dapat digunakan sebagai alternatif pengolahan POME.

4. Kesimpulan

Peningkatan konsentrasi koagulan aluminium sulfat meningkatkan persentase penyisihan zat pencemar. Persentase penyisihan tertinggi terjadi pada konsentrasi koagulan 4500 mg/L pada kecepatan pengadukan 65 rpm dengan persentase penyisihan BOD, COD, dan TSS masing-masing sebesar 75.49%; 71.04%; dan 90.43%. Semakin besar tekanan operasi yang digunakan dalam proses filtrasi membran akan menyebabkan terjadinya kenaikan selektivitas membran sehingga persentase penyisihan parameter pencemar semakin besar. Nilai tertinggi selektivitas membran NF terjadi pada tekanan 8.5 bar dengan persentase penyisihan BOD, COD, dan TSS masing-masing sebesar 84.66%; 86.76%; dan 94.95%.

Daftar Pustaka

- Ahmad, A.L., Ibrahim, N., Ismail, S., 2003. *Removal of suspended solids and residual oil from palm oil mill effluent*. Journal of Chemical Technology and Biotechnology 78, 971-978.
- Ahmad, A.L., Ismail, S., Bhatia, S., 2005. *Water Recycling from Palm Oil Mill Effluent (POME) using Membrane Technology*. Desalination 157, pp. 87-95.
- Balakrishnan, M., Dua, M., Bhagat, J.J., 2000. *Effect of Operating Parameters on Sugarcane Juice Ultrafiltration*. Separation and Purification Technology.
- Boisvert, J.P., T.C. To., A. Berrak and C. Jolicoeur, 1997. *Phosphates Absorption in flocculation processes of aluminium sulphate and polyaluminium silicate-sulfate*. Water Res. 31: 1939- 1946.

- Degremont (1979). *Water Treatment Handbook Fifth Edition*. New York: John Willey and Son
- Hasanuddin, U. 2015. *Palm Oil Mill Effluent Treatment and Utilization to Ensure The Sustainability of Palm Oil Industries*. *Water Science and Technology*, 72(7), pp.89-95.
- Indonesia Investments, 2017. *Minyak Kelapa Sawit*. [Online] Tersedia: <https://www.indonesia-investments.com/id/bisnis/komoditas/minyak-sawit/item166?> [Diakses 10 Maret 2018].
- Ismail, S., Idris, I., Ahmad, A.L., 2007. *Coagulation of Palm Oil Effluent (POME) at High Temperature*. *Journal of Applied Science*. Universiti Sains Malaysia, Malaysia.
- Karamah, E.F., dan Andrie O.L., 2007. *Pralakuan Koagulasi dalam Proses Pengolahan Air dengan Membran: Pengaruh Waktu Pengadukan Pelan Koagulan Aluminium Sulfat terhadap Kinerja Membran*. Laporan Penelitian. Depok: Universitas Indonesia.
- Kawamura, S. 1991. *Integrated Design of Water Treatment Facilities*. John Wiley and Sons, Inc.
- Ma. A.N. 2000. *Management of palm oil industrial effluent*. In. Basiron, Y., B.S. Jailani and k.w. Chan . *Advances in oil palm research*. Vol II. Malaysian palm oil board, Ministry of primary industry , Malaysia.
- Mikulasek, P., Dolocek, P., smidova, D., Pospisil, P., 2004. *Crossflow microfiltration of mineral dispersions using ceramic membranes*. *Desalination* 163 (1-3), 333-343.
- Munirat, A.I., Mohammed, S.J., Suleyman, S.J., 2010. *Tertiary Treatment of Biologically Treated Palm Oil Mill Effluent (POME) Using UF Membrane System: Effect of MWCO and Transmembrane Pressure*. *International Journal of Chemical and Enviromental Engineering*, International Islamic University, Malaysia.
- Mohammadi, T., Moghadam, M.K., Madaeni, S.S., 2003. *Hydrodynamic factors affecting flux and fouling during reverse osmosis of seawater*. *Desalination* 151 (3), 239-245.
- Permen LH, 2014. *Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No. 5 Tahun 2014 tentang Baku Mutu Air Limbah*. Jakarta: Republik Indonesia.
- Poh, P.E. dan M.F Chong. 2009. *Development of anaerobic digestion methods for palm oil mill effluent (POME) treatment*. *Bioresources Technology*, hal 100: 1–9.
- Said, M., Mohammad, A.W., Hasan, H.A., 2015. *Investigation of Three Pre-treatment Method Prior to Nanofiltrasi Membrane for Palm Oil Mill Effluent Treatment*. *Sains Malaysiana*, 3(44), pp.421-27.
- Sondhi, R., Lin, Y.S., Alvarez, F., 2000. *Crossflow filtration of chromium hydroxide suspension by ceramic membranes: fouling and its minimization by backpulsing*. *Journal of Membrane Science* 174 (1), 111-122.
- Wu, T.Y., Mohammad, A.W., Jahim, J.M. & Anuar, N. 2007. *Palm Oil Mill Effluent (POME) Treatment and Bioresources Recovery Using Ultrafiltration Membrane: Effect of Pressure on Membrane Fouling*. *Biochemical Engineering Journal*. Universiti Kebangsaan Malaysia, Malaysia.