Uji Kinerja Unit *Dissolved Air Flotation* (DAF) untuk Menurunkan Kadar Minyak dan Lemak serta *Total Suspended Solid* (TSS) Air Limbah Restoran

Endang Kusumawati[1], Mega Berliana Chrissanty[2], Regita Thory Pringgandini[3], Ahmad Fauzan[4,*]

[1,2,3,4]*Jurusan Teknik Kimia, Politeknik Negeri Bandung, Bandung 40559*
**E-mail : ahmad.fauzan@polban.ac.id*

ABSTRAK

Dissolved Air Flotation (DAF) merupakan suatu alat yang digunakan untuk proses pemisahan partikel yang cenderung sulit untuk diendapkan dalam air dengan bantuan gelembung udara. Salah satu sumber air limbah yang dapat diolah menggunakan proses DAF adalah air limbah restoran atau rumah makan. Air limbah restoran memiliki karakteristik minyak dan lemak sebesar 415-1.970 mg/liter dan *Total Suspended Solid* (TSS) sebebesar 124-1.320 mg/liter. Jika air limbah tersebut langsung dibuang tanpa dilakukan pengolahan terlebih dahulu, maka akan menyebabkan terjadinya pencemaran pada lingkungan. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menentukan kondisi operasi terbaik proses DAF dalam menurunkan kadar minyak lemak dan TSS pada air limbah restoran dengan melakukan variasi tekanan saturasi 3, 4, dan 5 bar serta laju alir umpan 1 dan 2 liter/menit. Hasil penelitian menunjukkan tekanan 5 bar merupakan tekanan paling baik untuk rentang 3-5 bar yang menghasilkan rata-rata efisiensi penurunan kadar minyak lemak dan TSS sebesar 73,21% dan 60,78%, sedangkan pada laju alir 1 liter/menit nilainya lebih baik daripada laju alir 2 liter/menit yang menghasilkan rata-rata efisiensi penurunan kadar minyak lemak dan TSS sebesar 77,68% dan 68,79%.

Kata Kunci
Dissolved air flotation, TSS, minyak dan lemak, air limbah restoran

1. PENDAHULUAN

Air limbah adalah air buangan yang berasal dari aktivitas sehari-hari, apabila tidak dilakukan pengolahan akan berdampak buruk terhadap lingkungan. Menurut sumber aktivitasnya terdapat dua jenis air limbah, yaitu air limbah hasil kegiatan industri serta air limbah domestik hasil kegiatan perumahan, perkantoran, dan perdagangan [1]. Salah satu sumber air limbah domestik adalah air limbah hasil dari kegiatan restoran atau rumah makan. Air limbah tersebut dihasilkan dari proses pengolahan makanan atau minuman serta proses pembersihan alat masak. Berdasarkan data dari Petunjuk Teknis Pengelolaan Limbah Cair Kegiatan Restoran tahun 2019, parameter pencemar minyak dan lemak serta TSS dalam air limbah restoran masing-masing sebesar 415-1.970 mg/liter dan 124-1.320 mg/liter [2].

Kandungan minyak dan lemak di dalam air limbah restoran tanpa dilakukan pengolahan terlebih dahulu sebelum dibuang akan mengakibatkan dampak yang negatif. Apabila dibuang ke badan air, minyak dan lemak akan mengapung menutupi permukaan air yang membuat difusi oksigen berkurang sehingga mikroorganisme yang berada di dalam air akan terganggu [3]. Parameter pencemar lain dalam air limbah restoran adalah *Total Suspended Solid* (TSS). Banyaknya kandungan TSS dalam perairan ketika air limbah tersebut dibuang dan belum dilakukan pengolahan terlebih dahulu dapat membuat berkurangnya ketersediaan oksigen terlarut sehingga organisme yang berada di dalamnya akan mati [4].

Salah satu proses yang dapat digunakan untuk mengolah air limbah restoran adalah proses *Dissolved Air Flotation* (DAF). DAF merupakan suatu proses pemisahan partikel tersuspensi dalam air dengan bantuan gelembung udara yang membawa partikel ke permukaan air [5]. Proses ini efektif untuk menyisihkan padatan yang mempunyai densitas rendah atau padatan yang cenderung melayang sehingga sulit untuk diendapkan.

Tekanan saturasi merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi kinerja unit DAF. Besarnya tekanan saturasi yang diberikan akan berpengaruh pada bentuk gelembung udara yang dihasilkan untuk mengangkat partikel tersuspensi dalam air limbah. Selain tekanan saturasi, laju alir umpan juga berpengaruh terhadap kinerja unit DAF. Laju alir umpan yang digunakan akan menentukan seberapa

lamanya waktu tinggal air limbah berada di dalam unit DAF. Salah satu kajian penelitian menjelaskan bahwa proses DAF mampu menurunkan kadar minyak lemak dan TSS pada tekanan saturasi 2 atm masing-masing sebesar 19,10% dan 29,55%, pada tekanan saturasi 2,5 atm sebesar 23,66% dan 31,28%, serta pada tekanan saturasi 3 atm sebesar 23,75% dan 32,20% [6].

Tujuan penelitian ini adalah melakukan uji kinerja unit DAF untuk menentukan kondisi operasi terbaik dalam menurunkan kadar minyak lemak dan TSS pada air limbah restoran dengan melakukan variasi tekanan saturasi 3, 4, dan 5 bar serta laju alir umpan 1 dan 2 liter/menit.

2. METODE PENELITIAN

2.1 Persiapan Air Limbah

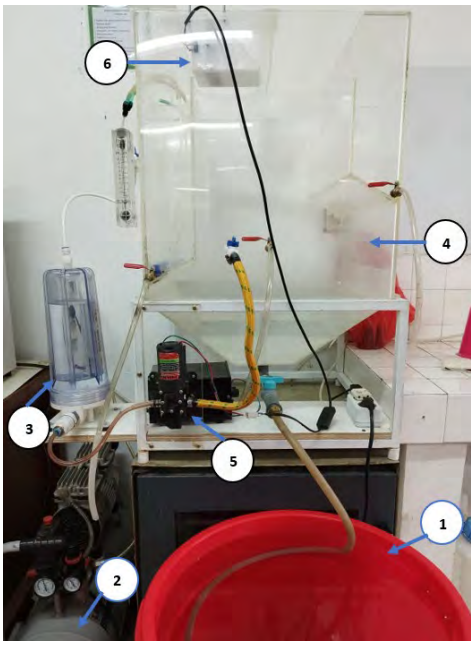
Air limbah yang digunakan pada penelitian ini adalah air limbah *artificial* berupa campuran dari minyak goreng bekas, tepung, dan air dengan karakteristik yang menyerupai air limbah restoran.

2.2 Pengujian Kinerja Unit DAF menggunakan Air Limbah *Artificial*

Pengujian kinerja unit DAF menggunakan air limbah *artificial* dilakukan dengan memvariasikan tekanan saturasi dan laju alir umpan. Variasi tekanan saturasi yang digunakan, yaitu 3, 4, dan 5 bar, sedangkan variasi laju alir umpan sebesar 1 dan 2 L/menit.

Air limbah *artificial* yang telah dibuat diumpankan terlebih dahulu menuju tangki DAF hingga mendekati batas keluaran minyak dan lemak, kemudian pompa *high pressure* dan kompresor dinyalakan agar terjadi proses pelarutan udara pada tangki saturasi sehingga membentuk gelembung udara pada zona kontak. Tekanan pada kompresor diatur sebesar 3, 4, lalu 5 bar dengan laju alir umpan 2 L/menit. Pengambilan sampel dilakukan setiap 10 menit selama 80 menit, kemudian sampel dianalisis untuk menentukan tekanan yang terbaik, selanjutnya dilakukan uji coba pada laju alir 1 L/menit menggunakan tekanan saturasi terbaik yang sudah didapatkan sebelumnya.

Unit DAF yang digunakan pada penelitian ini ditunjukan pada Gambar 1.



Gambar 1. Unit DAF

Keterangan:

1	=	Tangki umpan	4	=	Tangki DAF
2	=	Kompresor	5	=	Pompa *high pressure*
3	=	Tangki saturasi	6	=	*Skimmer*

2.3 Analisa Kadar Minyak dan Lemak serta TSS dalam Limbah *Artificial*

Sampel air limbah yang sudah diambil kemudian dilakukan analisis minyak lemak dengan metode gravimetri yang mengacu pada standar SNI 6989.10:2011 [7] dan TSS menggunakan metode gravimetri merujuk pada standar SNI 06-6989.3:2004 [8].

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Karakteristik Umpan

Karakteristik air limbah *artificial* yang digunakan sebagai umpan ditunjukan pada Tabel 1.

Tabel 1. Karakteristik Umpan

Parameter	Karakteristik Air Limbah Restoran [2] (mg/L)	Hasil Analisis (mg/L)
Minyak lemak	415-1.970	448
TSS	124-1.320	417,5

Berdasarkan Tabel 1, ditunjukan bahwa hasil analisis kadar minyak dan lemak serta TSS masuk ke dalam *range* parameter air limbah restoran menurut Petunjuk Teknis Pengelolaan Limbah Cair Kegiatan Restoran Tahun 2019. Air limbah *artificial* ini dapat mewakili

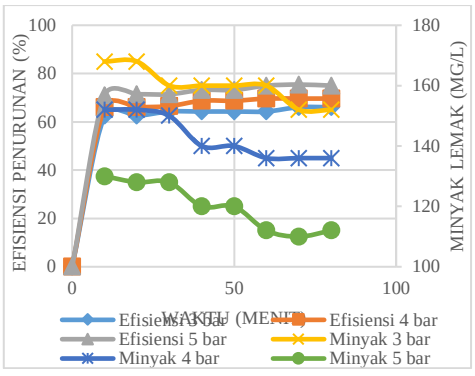
karakteristik air limbah restoran berdasarkan kedua parameter tersebut.

3.2 Pengaruh Variasi Tekanan Saturasi pada Penurunan Kadar Minyak Lemak dan TSS

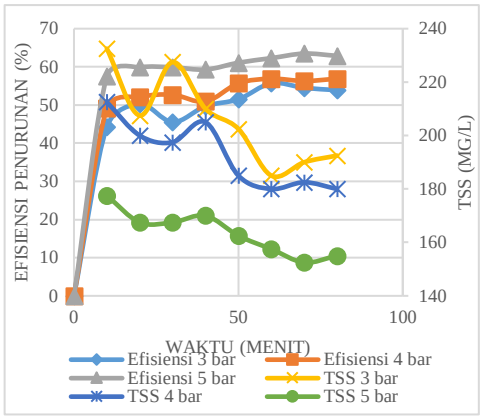
Berdasarkan hasil yang telah dianalisis untuk parameter minyak lemak, didapatkan nilai akhir pada tekanan saturasi 3 bar berkisar antara 152-168 mg/L (rata-rata 160 mg/L). Efisiensi penurunannya berkisar antara 62,50-66,07% (rata-rata 64,29%). Perlakuan tekanan saturasi 4 bar menunjukkan nilai minyak lemak akhir sebesar 136-152 mg/L (rata-rata 142,75 mg/L) dan efisiensi penurunannya sebesar 66,07-69,64% (rata-rata 68,14%). Kemudian pada tekanan saturasi 5 bar nilai minyak lemak akhir yang didapat sebesar 110-130 mg/L (rata-rata 120 mg/L) dengan penurunan sebesar 70,98-75,45% (rata-rata 73,21%).

Selanjutnya untuk parameter TSS, hasil analisis menunjukkan bahwa pada tekanan saturasi 3 bar, nilai TSS *effluent* air limbah berkisar antara 185 – 232,5 mg/L (rata-rata 205,94 mg/L) dan efisiensi penurunan TSS berkisar 44,31 – 55,69% (rata-rata 50,67%). Pada tekanan saturasi 4 bar, nilai TSS *effluent* air limbah berkisar 180 – 205 mg/L (rata-rata 192,81 mg/L) dan efisiensi penurunan TSS berkisar 49,10 – 56,89% (rata-rata 53,82%). Sementara pada tekanan saturasi 5 bar, nilai TSS *effluent* air limbah berkisar 152,5 – 177,5 mg/L (rata-rata 163,75 mg/L) dan efisiensi penurunan nilai TSS berkisar antara 57,49 – 63,47% (rata-rata 60,78%).

Grafik nilai *effluent* serta efisiensi penurunannya untuk parameter minyak lemak dan TSS pada setiap perlakuan variasi tekanan saturasi ditunjukan masing-masing oleh Gambar 2 dan Gambar 3.



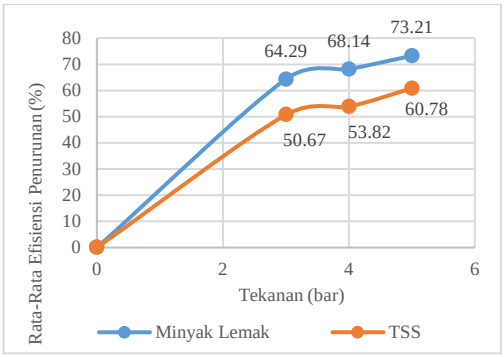
Gambar 2. Kadar Minyak Lemak pada *Effluent* serta Efisiensi Penurunannya pada Setiap Variasi Tekanan Saturasi



Gambar 3. TSS pada *Effluent* serta Efisiensi Penurunannya pada Setiap Variasi Tekanan Saturasi

Berdasarkan Gambar 2 serta Gambar 3, terlihat bahwa peningkatan tekanan saturasi dapat menurunkan nilai *effluent* minyak lemak dan TSS, sedangkan efisiensi penurunannya semakin meningkat. Hal ini disebabkan oleh semakin besarnya tekanan saturasi yang digunakan maka molekul udara yang terlarut dalam air akan semakin banyak. Oleh karena itu, konsentrasi udara dalam air akan semakin meningkat. Jika tekanan saturasi yang diberikan semakin besar maka nilai rasio udara-padatan (A/S) juga akan semakin besar [9]. Nilai rasio A/S yang semakin besar mengakibatkan gelembung yang dihasilkan semakin banyak dan kecil sehingga saat mengikat partikel minyak lemak maupun TSS, persebaran gelembung untuk mengangkat flok tersebut akan merata.

Selanjutnya pengaruh dari tekanan saturasi terhadap efisiensi penurunan kadar minyak lemak dan TSS dapat dilihat pada Gambar 4 berikut.



Gambar 4. Pengaruh Tekanan Saturasi terhadap Rata-Rata Efisiensi Penurunan Minyak Lemak dan TSS

Berdasarkan Gambar 4, rata-rata efisiensi penurunan kadar minyak lemak dan TSS tertinggi yang dihasilkan sama-sama terjadi pada saat perlakuan tekanan saturasi 5 bar yang

masing-masing bernilai 73,21% dan 60,78% sehingga dapat dikatakan tekanan tersebut merupakan tekanan yang paling baik pada rentang 3-5 bar. Pada tekanan 3 bar rata-rata efisiensi penurunannya memiliki nilai yang paling rendah di antara variasi tekanan yang lain, yakni masing-masing sebesar 64,29% dan 50,67%. Hal ini terjadi karena pada tekanan yang diberikan tersebut belum mampu untuk memaksa udara larut ke dalam air secara maksimal sehingga saat udara dilepaskan pada tekanan atmosfer, gelembung yang dihasilkan lebih sedikit dan berukuran besar [10]. Ukuran yang besar pada gelembung udara akan meningkatkan kecepatan mengapung serta gaya gesek antara gelembung dan flok minyak lemak maupun padatan tersuspensi yang telah terbentuk, akibatnya gelembung menjadi lebih rentan pecah [11].

Hasil pengamatan gelembung udara pada tekanan 3 bar dan tekanan 5 bar ditunjukan pada Gambar 5 (a) dan (b).

(a) (b)

Gambar 5. Hasil Gelembung Udara Tekanan 3 bar (a) dan Tekanan 5 bar (b)

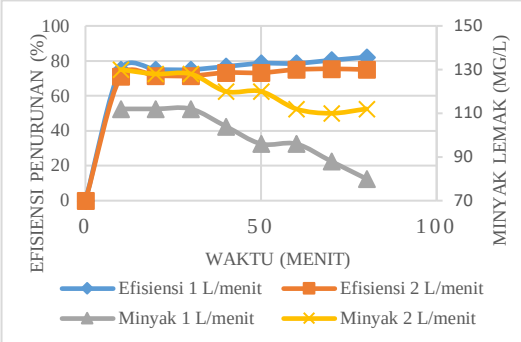
Berdasarkan hasil pengamatan secara visual yang ditunjukan pada Gambar 5, terlihat bahwa untuk tekanan 3 bar, gelembung yang dihasilkan ukurannya lebih besar dan jumlahnya lebih sedikit daripada saat perlakuan tekanan 5 bar. Gelembung yang berukuran besar dan jumlahnya sedikit membuat persebarannya tidak merata sehingga kurang efektif dalam mengikat flok minyak lemak dan TSS yang menyebabkan efisiensi penurunannya kecil. Pada perlakuan tekanan 5 bar, gelembung udara yang dihasilkan lebih banyak dan berukuran kecil sehingga lebih efektif dalam mengikat flok minyak lemak dan TSS. Oleh karena itu, nilai efisiensi penurunannya akan lebih tinggi.

3.3 Pengaruh Variasi Laju Alir Umpan pada Penurunan Kadar Minyak Lemak dan TSS

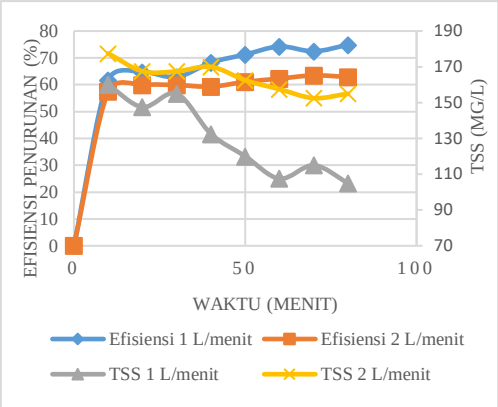
Berdasarkan hasil analisis, pada laju 1 L/menit untuk parameter minyak dan lemak diperoleh nilai kadar minyak dan lemak setelah proses DAF berkisar antara 80-112 mg/L dengan rata-rata sebesar 100 mg/L. Nilai efisiensi penurunan kadarnya berada pada rentang 75,00-82,14% dengan perolehan rata-rata sebesar 77,68%. Untuk perlakuan laju alir umpan 2 L/menit memperoleh nilai kadar minyak dan lemak akhir berkisar antara 110-130 mg/L dengan nilai rata-rata sebesar 120 mg/L. Besar efisiensi penurunan kadar minyak dan lemaknya berkisar 70,98-75,45% dengan rata-rata sebesar 73,21%.

Selanjutnya untuk parameter TSS, hasil analisis menunjukkan bahwa pada laju alir 1 L/menit, nilai TSS *effluent* air limbah berkisar antara 105 – 160 mg/L dengan rata-rata 130,31 mg/L dan efisiensi penurunan TSS berkisar antara 61,68 – 74,85%, dengan rata-rata 68,79%. Sementara pada laju alir 2 L/menit, nilai TSS *effluent* air limbah berkisar antara 152,5 – 177,5 mg/L, dengan rata-rata 163,75 mg/L dan efisiensi penurunan nilai TSS berkisar antara 57,49 – 63,47%, dengan rata-rata 60,78%.

Grafik besarnya *effluent* serta efisiensi penurunannya untuk parameter minyak lemak dan TSS pada perlakuan variasi laju alir ditunjukan masing-masing oleh Gambar 6 dan Gambar 7.



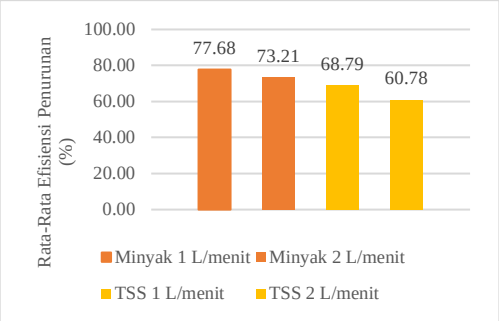
Gambar 6. Kadar Minyak Lemak pada *Effluent* serta Efisiensi Penurunannya pada Variasi Laju Alir



Gambar 7. TSS pada *Effluent* serta Efisiensi Penurunannya pada Variasi Laju Alir

Berdasarkan Gambar 6 serta Gambar 7 menunjukkan bahwa penurunan laju alir dapat menyebabkan terjadinya peningkatan efisiensi penurunan minyak lemak dan TSS, serta menurunkan nilai kadar minyak lemak dan TSS dalam air limbah. Hal ini terjadi karena variasi laju alir umpan berpengaruh terhadap waktu kontak serta waktu tinggal air limbah di dalam tangki flotasi [12]. Waktu kontak pada laju alir 1 L/menit nilainya lebih besar daripada laju alir 2 L/menit. Hal ini menyebabkan pengontakan antara minyak lemak dan TSS dengan gelembung yang terbentuk semakin lama sehingga flok-flok minyak lemak dan TSS yang dapat dipisahkan akan naik ke permukaan dengan lebih baik dan banyak. Oleh karena itu, nilai akhir kadar minyak lemak dan TSS dalam air limbah akan lebih rendah, sedangkan efisiensi penurunannya akan lebih tinggi pada laju alir umpan yang rendah. Pada laju alir umpan yang tinggi gelembung udara memiliki waktu yang singkat untuk berinteraksi dengan partikel minyak lemak dan TSS sehingga pengangkatan flok-flok minyak lemak dan TSS ke permukaan menjadi kurang efektif dan menghasilkan efisiensi penurunan kadar minyak lemak dan TSS yang lebih rendah.

Selanjutnya perbandingan nilai rata-rata efisiensi penurunan minyak lemak dan TSS untuk kedua variasi laju alir dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Perbandingan Milai Rata-Rata Efisiensi Penurunan Minyak Lemak dan TSS pada Variasi Laju Alir

Berdasarkan Gambar 8 terlihat bahwa laju alir 1 L/menit adalah laju alir paling baik daripada laju alir 2 L/menit karena menghasilkan nilai rata-rata efisiensi penurunan yang lebih tinggi baik untuk parameter minyak lemak maupun TSS, yaitu sebesar 77,68% dan 68,79.

4. KESIMPULAN

Kesimpulan dari penelitian yang telah dilakukan adalah tekanan 5 bar merupakan tekanan paling baik untuk rentang 3-5 bar dengan rata-rata efisiensi penurunan kadar minyak lemak dan TSS sebesar 73,21% dan 60,78%, sedangkan pada laju alir 1 liter/menit nilainya lebih baik daripada laju alir 2 liter/menit yang menghasilkan rata-rata efisiensi penurunan kadar minyak lemak dan TSS sebesar 77,68% dan 68,79%.

5. DAFTAR PUSTAKA

[1] Sugiharto. 2008. Dasar-dasar Pengolahan Air Limbah. UI-Press. Jakarta.

[2] Dinas Lingkungan Hidup. (2019). Petunjuk Teknis: Pengelolaan Limbah Cair Kegiatan Restoran/Rumah Makan. Pemerintahan Kota Surabaya.

[3] Maharani, S.V. (2017). Studi Literatur Pengolahan Minyak Dan Lemak Limbah Industri. Skripsi. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

[4] Rinawati, Hidayat, D., Supriyanto, R., dan Dewi S.P. (2016). Penentuan Kandungan Zat Padat (*Total Dissolve Solid* Dan *Total Suspended Solid*) Di Perairan Teluk Lampung. *Jurnal Analit*. 1, 26-46.

[5] Srinivasan, A., dan Viraraghavan, T. (2008). *Dissolved Air Flotation In Industrial Wastewater Treatment*. Canada: Faculty of Engineering University of Regina.

[6] Sinaga, A., Lubis, T., dan Husin A. (2022). Reduction of TSS, COD, Oil and Fat in Palm Oil Mill Waste Using Dissolved Air Flotation Method. Jurnal Serambi Engineering. 8(4), 4179 – 4185.

[7] SNI 6989.10:2011. Cara Uji Minyak Nabati dan Minyak Mineral secara Gravimetri. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.

[8] SNI 06-6989.3-2004. Cara Uji Padatan Tersuspensi Total Secara Gravimetri. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.

[9] Metcalf and Eddy. (2003). Wastewater Engineering: Treatment, Disposal, and Reuse (4th ed.). New York: McGraw-Hill.

[10] Satriananda. (2012). Pengolahan Air Limbah Domestik Dengan Proses Flotasi Udara

Terlarut. Jurnal Sains, Teknologi, dan Kesehatan. Vol 3, Hal 241- 250.

[11] Maulinda, L. (2013). Pengolahan Awal Limbah Cair Pabrik Minyak Kelapa Sawit Secara Fisika. Jurnal Teknologi Kimia Unimal. 2, 31-41.

[12] Karina, Ekky., Karlina N. (2011). Kombinasi Flotasi Udara Terlarut dengan Ultrafiltrasi pada Separasi Air Mossy. Semarang : Universitas Diponegoro.