

## PERHITUNGAN *REFLUX* PADA KOLOM III STASIUN DISTILASI DI PT X LUMAJANG

Dian Islamiati Artika<sup>1</sup>, Hadi Priya Sudarminto<sup>1</sup>, Fajar Wahyudi<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Jurusan Teknik Kimia, Politeknik Negeri Malang, Jl. Soekarno Hatta No. 9, Malang, Indonesia

<sup>2</sup>PT X Lumajang, Indonesia

dianartika20@gmail.com ; [hadi.priya@polinema.ac.id]

### ABSTRAK

Bahan yang digunakan berasal dari tetes tebu dari pabrik gula yang ada di Lumajang, proses pembuatan alkohol menggunakan metode distilasi sehingga menghasilkan produk alkohol yang diinginkan kadarnya (96,5%). Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui angka *reflux* dan untuk mengetahui nilai koreksi *reflux actual sesuai dengan* nilai *reflux* yang disarankan referensi. Nilai *reflux* harus diketahui agar dapat mengoptimalkan kinerja alat tersebut agar proses dapat berjalan dengan hasil akhir yang maksimal tanpa harus membuang energi dan produk yang berlebih. Kondisi proses *reflux* pada PT X Lumajang didapatkan dari produk atas kolom 3 stasiun distilasi dengan input etanol 795 kg/jam, air 4.505 kg/jam dan *steam* 830 kg/jam dengan keluaran atas yaitu etanol 511,66 kg/jam, air 8,34 kg/jam dan keluaran bawah 5.600 kg/jam dan *less* sebesar 10 kg/jam. R optimum berkisar 1,2 – 1,5 Rmin, berdasarkan penelitian yang dilakukan nilai *reflux* yang dihasilkan pada kolom 3 stasiun distilasi PT X Lumajang yaitu 4,29 didapatkan dari Ln/D dengan Ln sebesar 49,6 dan D sebesar 11,57. Rm sebesar 1,4 didapatkan dari  $x_D/R_{m+1}$  yang mana  $x_D$  sebesar 96% dan  $R_{m+1}$  sebesar 2,4. R optimum sebesar 1,68 didapatkan dari  $1,2 \times R_m$  yang mana  $R_m$  sebesar 1,4 dan didapatkan koreksi *reflux* aktual sebesar 1,55. Pengaruh *reflux* terhadap jumlah dan konsentrasi distilat yang dihasilkan pada stasiun distilasi adalah apabila nilai *reflux* semakin tinggi maka jumlah distilat yang dihasilkan semakin sedikit akan tetapi konsentrasinya tinggi begitu pula sebaliknya.

**Kata kunci:** Alkohol, Distilasi, Konsentrasi, Reflux.

### ABSTRACT

The material used from molasses from the sugar factory in Lumajang, the alcohol production process used the distillation method so as to produced the desirable alcohol product with a content (96.5%). This study aims to determine the reflux rate and to determine the actual reflux correction value according to the recommended reflux value reference. The reflux value has to know to optimize the tool performance so that the process can work with the maximum final results without wasting energy and excess product. The reflux process conditions at PT X Lumajang were obtained from the top product of column 3 distillation stations with ethanol input of 795 kg/hour, water 4,505 kg/hour and steam 830 kg/hour with the upper output of ethanol 511.66 kg/hour, water 8.34 kg/hour and a lower output of 5,600 kg/hour and less by 10 kg/hour. The optimum R ranges from 1.2 to 1.5 Rmin, based on the research conducted the reflux value produced in column 3 of the PT X Lumajang distillation station is 4.29, obtained from Ln/D with Ln of 49.6 and D of 11.57. Rm of 1.4 is obtained from  $x_D/R_{m+1}$  where  $x_D$  is 96% and  $R_{m+1}$  is 2.4. The optimum R of 1.68 is obtained from  $1.2 \times R_m$ , of which  $R_m$  is 1.4 and the actual reflux correction is 1.55. The effect of reflux on the amount and concentration of distillate produced at the distillation station is that if the reflux value is higher, the amount of distillate produced will be less, but the concentration will be high and oppositely.

**Keywords:** Alcohol, Distillation, Concentration, Reflux.

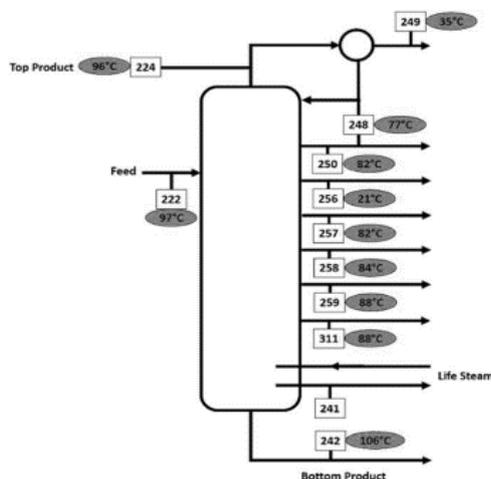
## 1. PENDAHULUAN

PT X Lumajang merupakan pabrik yang bergerak pada bidang bioetanol. Bioetanol merupakan salah satu energi alternatif yang memiliki nilai ekonomis dikarenakan proses produksinya relatif murah dan sederhana melalui metode fermentasi bahan baku nabati dengan bantuan mikroorganisme [1]. Bahan baku nabati yang dimaksud adalah bahan baku sumber pati, bahan baku sumber gula, dan bahan baku sumber serat. PT X Lumajang ini menggunakan bahan baku tetes tebu yang merupakan hasil samping yang berasal dari PG X Lumajang. *Reflux* memiliki teknik yang hampir sama dengan distilasi sederhana, yang mana *reflux* dilakukan untuk meningkatkan konsentrasi distilat dengan jalan pengembalian sebagian produk distilat ke dalam kolom distilasi yang dipanaskan ulang tanpa mengurangi jumlah zat yang ada [2]. *Reflux* merupakan salah satu alat yang dapat membuat etanol menghasilkan bioetanol [3]. Bioetanol sangat dibutuhkan sebagai pengganti bahan bakar minyak, hal tersebut mendorong industri untuk membuat bioetanol dengan kemurnian 96% [4]. Bioetanol sebagai energi baru dan terbarukan yang dapat digunakan untuk mengatasi kecenderungan impor bahan bakar minyak (BBM) dan meningkatkan produksi bahan bakar minyak (BBM) non fosil. Hal tersebut seharusnya menjadi solusi ketergantungan terhadap bahan bakar minyak (BBM) yang berasal dari fosil [5]. Rasio *reflux* optimum didefinisikan sebagai rasio dari jumlah tetesan kondensat yang kembali ke dalam kolom dengan jumlah tetesan yang dikumpulkan yang mana menjadi distilat. Rasio *reflux* optimum yang terlalu kecil dapat menyebabkan hasil fraksi yang tidak murni karena masih memiliki kandungan komponen lain yang tidak diinginkan dan apabila terlalu besar akan menghasilkan pemisahan yang berlangsung dengan lambat dan tidak efisien, walaupun menghasilkan kemurnian komponen yang tinggi [6]. *Reflux* optimal digunakan berdasarkan total biaya pertahun yang terendah antara *reflux* maksimum/total *reflux* dan *reflux* minimum. Biasanya *reflux* optimum berkisar berkisar antara 1,2 Rm -1,5 Rm [7].

*Reflux* pada stasiun distilasi di PT X Lumajang terdapat pada kolom 3 (*Rectifying Column*) yang digunakan sebagai pemurnian alkohol agar mendapatkan kadar atau konsentrasi yang diinginkan. *Reflux ratio* adalah elemen dasar untuk mengontrol kolom distilasi yang mewakili jumlah aliran *feed* dan konsentrasi *feed*, dapat disimpulkan bahwa ketika *reflux ratio* bertambah maka fraksi mol etanol pada distilat akan bertambah besar [8]. Hasil akhir dari proses distilasi seringkali tidak sesuai konsentrasi yang diinginkan atau sering kali terjadi penurunan kadar. Hal tersebut disebabkan karena operator tidak mengetahui pasti laju alir keluaran pada kolom 3 menuju kolom 4 dan laju alir aliran yang harus dikembalikan ke kolom 3. Hal lain yang menyebabkan konsentrasi produk berubah-ubah adalah tidak adanya perhitungan pasti terkait rasio *reflux* optimum dan tidak adanya alat ukur atau indikator laju alir yang memadai. Berdasarkan beberapa pernyataan diatas, perlu dilakukan pengkajian dan penanganan tentang studi dan penambahan indikator pada keluaran kolom 3 menuju kolom 4 dan yang harus dikembalikan ke kolom 3. Sebelumnya di PT X Lumajang juga tidak pernah melakukan identifikasi terhadap nilai *reflux* pada kolom 3 yang digunakan. Berdasarkan hal tersebut, maka dilakukan penelitian yang bertujuan untuk mengetahui dan menghitung nilai *reflux* pada kolom 3 stasiun distilasi menggunakan data yang ada.

## 2. METODOLOGI PENELITIAN

Metode penelitian yang dilakukan merupakan penelitian kuantitatif bertujuan untuk mengetahui nilai *reflux* pada kolom 3 stasiun distilasi. Adapun tahapan penelitian sebagai berikut. Pengumpulan data yang dilakukan dengan cara mencari dokumen tertulis baik jurnal, buku laporan praktik kerja industri terdahulu, buku "Vogelbusch" maupun menganalisis data dari pembimbing dan karyawan pabrik. Berdasarkan hal tersebut, dilakukan perhitungan *reflux* menggunakan data buku Vogelbusch. *Feed* pada kolom distilasi 3 merupakan produk bottom dari kolom distilasi 2 yang masuk melalui plate ke-13. Yang mana pada Gambar 1 terlihat apabila *feed reflux* didapatkan dari produk atas kolom 3 yang akan menuju kolom 4. *Reflux* bertujuan untuk meningkatkan konsentrasi larutan alkohol (etanol) dengan konsentrasi yang diinginkan yaitu 96%. *Reflux* juga memiliki fungsi untuk memisahkan air dengan alkohol, apabila pada *reflux* masih terdapat kandungan air maka dimasukkan kembali ke kolom 3, dan yang sudah memiliki konsentrasi 96% maka akan dialirkan ke kolom 4.



**Gambar 1.** Flowchart kolom 3 stasiun distilasi PT X Lumajang

Berikut data yang didapatkan dari beberapa referensi yang berada di PT X Lumajang, data tersebut digunakan untuk perhitungan *reflux*.

**Tabel 1.** Data dari Vogelbusch

Komponen	Jumlah	Satuan
<i>Feed</i>	5300	kg/jam
Fraksi mol <i>feed</i>	15%	(%v/v)
Distilat	520,00	kg/jam
<i>Steam</i>	830	kg/jam
<i>Bottom</i>	5600	kg/jam
Laju alir <i>feed</i>	267,53	kmol/jam
Tekanan Campuran	953	kg/m <sup>3</sup>
Laju alir etanol	17,256	kmol/jam
Laju alir air	250,27	kmol/jam
Suhu <i>Feed</i>	97	°C
Suhu Distilasi	82	°C

Suhu Bottom	106	°C
Suhu Reflux	77	°C

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1 Hasil

Pada stasiun distilasi PT X Lumajang, letak *reflux* terdapat pada kolom distilasi ke 3 yang memiliki fungsi memisahkan air dengan alkohol dan meningkatkan konsentrasi larutan alkohol (etanol) melalui beberapa tingkatan plate. *Feed* pada kolom distilasi 3 merupakan produk *bottom* dari kolom distilasi 2. Untuk menghitung neraca massa total :

$$\begin{aligned} \text{Feed} + \text{Steam} &= \text{Bottom} + \text{Distilat} + \text{Plate Product Streams} \\ 5300 \text{ kg/jam} + 830 \text{ kg/jam} &= 5600 \text{ kg/jam} + 520 \text{ kg/jam} + \text{Plate Product Streams} \\ \text{Plate Product Streams} &= 10 \text{ kg/jam} \end{aligned}$$

Perhitungan masing-masing komponen :

#### 1. Komponen pada *feed*

Diketahui dari data bahwa massa etanol pada *feed* sejumlah 15% dari massa *feed* total. *Feed* terdiri dari campuran etanol-air. Sehingga:

$$\begin{aligned} \text{Massa Feed etanol} &= 15\% \times 5.300 \text{ kg/jam} &&= 795 \text{ kg/jam} \\ \text{Laju alir etanol} &= \text{Feed etanol} : \text{Berat molekul etanol} = 17,26 \text{ kmol/jam} \\ \text{Feed H}_2\text{O} &= 85\% \times 5.300 \text{ kg/jam} &&= 4.505 \text{ kg/jam} \\ \text{Laju alir H}_2\text{O} &= \text{Feed H}_2\text{O} : \text{Berat molekul H}_2\text{O} &&= 250,2778 \text{ kmol/jam} \end{aligned}$$

#### 2. Komponen pada *steam*

Diketahui dari data bahwa konsentrasi etanol pada *steam* sejumlah 0% dari konsentrasi *steam* total. Sehingga:

$$\begin{aligned} \text{Aliran H}_2\text{O pada steam} &= 100\% \times 830 \text{ kg/jam} &&= 830 \text{ kg/jam} \\ \text{Laju alir H}_2\text{O pada steam} &= \text{Aliran H}_2\text{O pada steam} : \text{Berat molekul H}_2\text{O} = 46,11 \text{ kmol/jam} \end{aligned}$$

**Tabel 2.** Komponen yang Masuk ke Kolom 3 di Stasiun Distilasi PT X Lumajang

Komponen	Berat Molekul (g/mol)	Aliran yang masuk					
		Feed (f)			Steam		
		Massa (kg/jam)	Laju alir (kmol/jam)	Fraksi mol	Massa (kg/jam)	Laju alir (kmol/jam)	Fraksi mol
Ethanol	46,07	795	17,2563	0,0645	0	0	0
H <sub>2</sub> O	18	4505	250,2777	0,9354	830	46,111	1
Total		5300	267,5341	1	830	46,111	1
Total massa yang masuk (kg/jam)					6130		

#### 3. Komponen pada distilat

Diketahui dari data bahwa konsentrasi etanol pada distilat sejumlah 96% dari konsentrasi distilat total. Fraksi massa dan massa setiap komponen pada distilat belum diketahui, sehingga tidak dapat dilakukan perhitungan konsentrasi etanol secara langsung berdasarkan massa tiap komponen. Sehingga perhitungan dilakukan menggunakan metode *goal seek* pada *M.S. Excell*. Dilakukan *goal seek* dengan *set value* 96%, dengan menetapkan fraksi massa etanol pada distilat sebagai *changing cell* nya.

$$\text{Aliran distilat (etanol)} = 511,66 \text{ kg/jam.}$$

Aliran distilat (H<sub>2</sub>O) = 8,34 kg/jam.  
 Fraksi massa etanol pada distilat = 98% (%m/v)  
 Fraksi massa H<sub>2</sub>O pada distilat = 2% (%m/v)  
 Laju alir etanol pada distilat = 11,11 kmol/jam.  
 Laju alir H<sub>2</sub>O pada distilat = 0,46 kmol/jam.  
 Fraksi mol etanol pada distilat = 96% (%m/v)  
 Fraksi mol H<sub>2</sub>O pada distilat = 4% (%m/v)

4. Komponen pada bottom

Diketahui dari data bahwa konsentrasi etanol pada *bottom* sejumlah 0% dari konsentrasi *bottom* total. Sehingga;

Aliran H<sub>2</sub>O pada *bottom* = 100% x 5.600 kg/jam = 5.600 kg/jam.  
 Berat Molekul H<sub>2</sub>O = 18 kg/kmol.  
 Aliran H<sub>2</sub>O pada *bottom* = S H<sub>2</sub>O : BM H<sub>2</sub>O = 311,11 kmol/jam.

**Tabel 3.** Komponen Keluar dari Kolom 3

Komponen	Aliran yang Keluar				
	Aliran Atas ( <i>Distilat</i> )		Aliran Bawah ( <i>Bottom</i> )		<i>Loss</i>
	Massa (kg/jam)	Laju alir (kmol/jam)	Massa (kg/jam)	Laju alir (kmol/jam)	Massa (kg/jam)
Ethanol	511,6	11,11	0	0	
H <sub>2</sub> O	8,34	0,46	5600	311,11	10
Total	520	11,57	5600	311,11	
Total massa yang keluar (kg/jam)			6.130,00		

Keterangan:

V<sub>n</sub> (uap masuk ke kondensor) = 2.750 kg/jam  
 L<sub>n</sub> (aliran cairan dari kolom bagian *enriching*) = V<sub>n</sub> – Distilat = 2.230 kg/jam  
 Reflux = L<sub>n</sub> / Distilat = 4,29

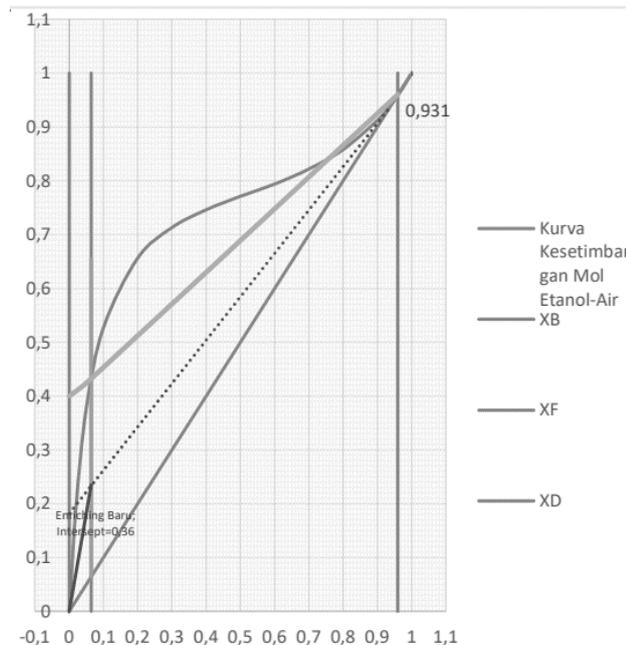
**Tabel 4.** Aliran *Reflux* yang Kembali ke Kolom 3 di Stasiun Distilasi PT X Lumajang

Komponen	Berat Molekul (g/mol)	Aliran <i>Reflux</i> yang Kembali ke Kolom 3			
		Fraksi massa	Massa (kg/jam)	Aliran Masuk (kmol/jam)	Fraksi Mol
Ethanol	46,07	0,98	2.194,20	47,6275	0,96
H <sub>2</sub> O	18	0,02	35,80	1,9889	0,04
Total		1	2.230,00	49,6164	1

Fraksi massa etanol yang kembali = 98% (%m/v)  
 Fraksi massa H<sub>2</sub>O yang kembali = 2% (%m/v)  
 Total yang kembali ke kolom = 2.230 kg/jam  
 Massa etanol = 98% x 2.230 kg/jam = 2.194 kg/jam  
 Massa H<sub>2</sub>O = 2% x 2.230 kg/jam = 35,8 kg/jam

Laju alir etanol	= 2.194 kg/jam : 46,07 kg/kmol	= 47,63 kmol/jam
Laju alir H <sub>2</sub> O	= 35,8 kg/jam : 18 kg/kmol	= 1,989 kmol/jam

Grafik kesetimbangan etanol air ini dapat digunakan untuk memudahkan mencari titik kesetimbangan dengan bantuan garis *enriching*, garis line serta garis *stripping line*. Pada titik kesetimbangan digunakan fraksi dari *feed* serta distilasi untuk mendapatkan garis yang diinginkan.



**Gambar 2.** Kurva kesetimbangan mol etanol-air pada PT X Lumajang

Perhitungan *Rm Intercept* lama

Umpan masuk dalam kondisi titik didih, maka  $q = 1$  [9]

$$\frac{\text{fraksi mol distilat}}{\text{Reflux minimum}+q} = \frac{96\%}{\text{Reflux minimum}+1}$$

$$0,4 = \frac{96\%}{\text{Reflux minimum}+1}$$

$$\text{Reflux minimum} = \frac{96\%}{0,4}$$

$$\text{Reflux minimum} + 1 = 2,4$$

$$\text{Reflux minimum} = 1,4$$

*Intercept* Baru

$$\frac{\text{fraksi mol distilat}}{\text{Reflux minimum} + q} = \frac{96\%}{4,29+1}$$

$$= 0,1815$$

*Reflux* optimum didapatkan  $1,2 \times \text{Reflux minimum}$  sehingga dari grafik diatas maka menghasilkan nilai *Reflux* minimum, *Reflux* optimum serta koreksi *reflux* sebagai berikut:

$$\text{Reflux optimum} = 1,2 \times \text{Reflux minimum}$$

$$\text{Reflux optimum} = 1,2 \times 1,4$$

$$\text{Reflux optimum} = 1,68$$

$$\begin{aligned}
 \text{Koreksi } \textit{reflux} \text{ berdasarkan nilai yang disarankan} &= \textit{Reflux} / \textit{Reflux optimum} \\
 &= 4,29 - 1,68 / 1,68 \\
 &= 1,55
 \end{aligned}$$

### 3.2 Pembahasan

Perhitungan nilai *reflux* menggunakan data berdasarkan SOP distilasi di PT X Lumajang. Mulanya, data yang ingin digunakan adalah data real yang ada di lapangan. Akan tetapi, karena keterbatasan alat ukur pada stasiun distilasi, data lapangan tidak dapat digunakan. *Reflux* pada distilasi merujuk pada produk cairan bagian atas pada kolom distilasi yang berbalik kembali ke bagian atas kolom, di dalam kolom cairan *reflux* mengalir kebawah memberikan pendinginan dan kondensasi uap yang mengalir ke atas sehingga meningkatkan efisiensi kolom distilasi [10]. Nilai *reflux* actual dihitung berdasarkan perbandingan jumlah produk atas yang keluar melalui aliran distilat dengan aliran keluar kondensor yang dikembalikan lagi ke dalam kolom distilasi. Berdasarkan perhitungan menggunakan data neraca massa yang telah tersedia, diperoleh nilai R sebesar 4,29 dengan nilai Rm didapatkan berdasarkan perhitungan menggunakan metode McCabe Thiele dengan grafik sebesar 1,4. Sedangkan berdasarkan hitungan nilai R optimum, nilai R optimum sebesar 1,68. Dengan asumsi R optimum 1,2 x R minimum. Sehingga, dapat dikatakan bahwa *reflux* yang ada pada stasiun distilasi kolom 3 ini memiliki nilai koreksi sebesar 1,55. Lebih besar dari nilai *reflux* yang telah disarankan pada referensi. Nilai *reflux* yang lebih besar dibanding dengan nilai yang disarankan referensi, dapat mempengaruhi konsentrasi produk dan kebutuhan energi pada *steam* dan kondensor. Dengan nilai *reflux* yang semakin besar, kemurnian atau konsentrasi produk akhir memang akan semakin tinggi. Menurut Amrullah, dkk (2017) menyatakan bahwa rasio *reflux* akan mempengaruhi kemurnian suatu distilat yang akan dihasilkan akan mempunyai karakteristik berbeda sesuai dengan jenis dan kemurnian komponen yang terdapat pada distilat tersebut [11]. Akan tetapi, energi yang dibutuhkan pada *steam* dan condenser akan semakin besar dikarenakan alat *reflux* dan distilasi sangat berbeda sehingga pada proses *reflux* dan distilasi perlu dua alat yang berbeda, dengan begitu pula perlu waktu dan energi (proses pemanasan) yang lebih banyak dari dua proses tersebut [12]. Dengan kebutuhan *steam* yang semakin banyak, dan *supply steam* dari Pabrik Gula X Lumajang yang tidak menentu (cenderung kurang dari kebutuhan) sehingga proses distilasi tidak dapat berjalan dengan maksimal. Salah satu contohnya adalah penurunan kadar produk akhir seperti yang sering terjadi di lapangan. Hal lain yang dapat terjadi jika beban condenser dan dan *steam* terlalu berat, adalah kerusakan pada alat.

## 4. KESIMPULAN DAN SARAN

### 4.1. Kesimpulan

PT X Lumajang memproduksi alkohol dengan bahan baku berupa tetes tebu, dengan bahan penunjang berupa asam sulfat, asam fosfat, pupuk urea, dengan bahan pembantu anti buih dan anti kerak distilasi. Angka *reflux* yang didapatkan di kolom 3 stasiun distilasi adalah 4,29, Rm = 1,4, R opt = 1,68 dengan koreksi *reflux* = 1,55. Pengaruh *reflux* terhadap jumlah dan konsentrasi distilat yang dihasilkan adalah apabila nilai *reflux* semakin tinggi maka jumlah distilat yang dihasilkan semakin sedikit akan tetapi konsentrasinya tinggi, begitu pula sebaliknya.

#### 4.2. Saran

Dengan melihat yang ada pada PT X Lumajang, maka penulis menyarankan untuk mengawasi dan mengontrol pelaksanaan K3L bagi para pekerja yang terlibat langsung di lapangan, menjaga dan melakukan perawatan rutin peralatan agar alat dapat bekerja dengan optimal, mengadakan alat instrumentasi (*flow meter, steam flow, pressure indicator, dan temperature indicator*).

#### REFERENSI

- [1] L. Arlianti, I. Nurlatifah, D.J. Wulandari, H. Kamilah, dan T. Riszki, "Pemanfaatan Limbah Kulit Talas Bogor (*Colocasia Esculenta*) Sebagai Sumber Energi Alternatif Bioetanol.," 2019.
- [2] I. Safitri, M.C. Nuria, dan A. D. Puspitasari, "Perbandingan kadar flavonoid dan fenolik total ekstrak metanol daun beluntas (*Pluchea indica* L.) pada berbagai metode ekstraksi," *J. Inov. Tek. Kim.*, vol. 3, no. 1, 2018.
- [3] S. N. Wakhidah, A. U., dan Aini, "Pra Rancangan Pabrik Asam Akrilat Berbahan Baku Gliserol dengan Kapasitas 10.000 Ton/Tahun (Doctoral dissertation, Institut Teknologi Kalimantan).," 2021.
- [4] Y. Sumampouw, H. S. Kolibu, dan S. H. J. Tongkukut, "Pembuatan Bioetanol Dengan Teknik Destilasi Refluks Satu Kolom." *Jurnal Ilmiah Sains.*, vol 15, no.2, 2015.
- [5] Y. Srinatriyo, "Analisa Hasil Bioetanol melalui Destilasi Refluk pada Bahan Baku Ketela Pohon dan Umbi Jalar," *World Dev.*, vol. 1, no. 1, hal. 1–15, 2018. [Daring].
- [6] I. J. Sidabutar, A. Widyasanti, S. Nurjanah, B. Nurhadi, T. Rialita, dan E. Lembong, "Kajian Rasio Refluks Pada Isolasi Beberapa Senyawa Minyak Nilam (*Pogostemon cablin Benth*) Dengan Metode Distilasi Fraksinasi" *J. Ilm. Rekayasa Pertan. dan Biosist.*, vol. 8, no. 1, pp. 71–78, 2020, doi: 10.29303/jrpb.v8i1.160.
- [7] C. J. Geankoplis, "Transport Processes and Unit Separations, Third Edit". P T R Prentice-Hall, Inc, 1983.
- [8] A. A. Rahima dan E. N. Dewi, "Simulasi Pengaruh Reflux Ratio Pada Proses Ekstraktif Menggunakan Chemcad Simulation Effect of Reflux Ratio on Ethyl Acetate Purification Process With Extractive Distillation Using Chemcad," *J. Chemurg.*, vol. 04, no. 1, hal. 6–11, 2020.
- [9] M. Cabe, "Unit Operation," *Mc Graw Hill*, 1983
- [10] K. Haryani, "Optimasi Kolom Pemisahan di Kilang Propylene Pertamina RU IV Cilacap," *Jurnal Rekayasa Mesin.*, vol. 15, no. 2, pp. 126–136, 2020.
- [11] R. Amrullah, S. Nurjanah, A. Widyasanti, M. Muhaemin, J. Raya, dan B. Sumedang, "Kajian Pengaruh Rasio *Reflux* Terhadap Karakteristik Minyak Nilam Hasil Distilasi Fraksinasi," vol. 11, no. 2, 2017.
- [12] Supaya, "Refdes Kombinasi Alat Refluks dan Distilasi, Upaya Efisiensi Proses Refluks dan Distilasi untuk Praktikum Kimia Organik ISSN 2655 4887 ( Print ), ISSN 2655 1624 ( Online ) ISSN 2655 4887 ( Print ), ISSN 2655 1624 ( Online )," vol. 2, no. 1, pp. 41–46, 2019.