

Penentuan Kebutuhan Alkohol Lemak untuk Konversi Asam Lemak pada Section 110 di PT XYZ

Henric Dany Krithover Sihombing ¹, Darni Paranita ², Dimas Frananta Simatupang ³, Merta Simbolon ⁴

Program Studi Teknik Kimia, Politeknik Teknologi Kimia Industri, Medan, Indonesia ^{1,2,3}

Program Studi Pendidikan Fisika, Universitas Musamus, Merauke, Indonesia ⁴

Corresponding Author: difratas@ptki.ac.id

Info Artikel

Submitted: 05 Oktober 2025

Revised : 11 Oktober 2025

Accepted: 21 November 2025

Published: 09 Desember 2025

Keywords:

Fatty acid, Fatty Alcohol, Wax Ester, Acid Value

Kata Kunci: Asam lemak, Alkohol lemak, Ester lemak, Bilangan Asam

Abstract

PT XYZ is one of the companies engaged as an oleochemical producer that produces fatty alcohol. PT XYZ uses Crude Palm Kernel Oil (CPKO) as raw material in the splitting process into fatty acid. The next stage is fatty acid distilled and fractionated, then reacted with fatty alcohol to produce wax ester. Esterification reaction is a reaction between carboxylic acid and fatty alcohol to form wax ester. In the process of making fatty alcohol at PT XYZ starting in section 110 (Wax Ester Preparation), fatty acid must be reacted with excess fatty alcohol using four reactors to form an esterification reaction to produce wax esters, where the temperature of each reactor is 250oC and a pressure of 4 bar. This study aims to determine the amount of fatty alcohol needed to convert fatty acids into wax esters through esterification reactions. Factors that affect the success of the reaction are temperature, pressure, residence time and the number of reactants. By using the reactant in the form of fatty acid as the basis for calculation and the success factor of the reaction conversion in determining the amount of fatty alcohol, it is necessary to analyze with the stoichiometric method. Based on the results of this analysis, the amount of fatty alcohol needed to convert fatty acids is 21696.4379 kg/hour with a reaction conversion of 99.2169% and fatty alcohol excess of 27,8316%.

Abstrak

PT XYZ merupakan salah satu perusahaan yang bergerak sebagai produsen oleokimia yang memproduksi alkohol lemak. Di PT XYZ menggunakan bahan baku minyak inti kelapa sawit (CPKO) pada proses pemisahan menjadi asam lemak. Tahap selanjutnya adalah asam lemak didistilasi dan difraksinasi, lalu direaksikan dengan alkohol lemak untuk menghasilkan ester lemak. Reaksi esterifikasi adalah suatu reaksi antara asam karboksilat dan alkohol lemak untuk membentuk ester lemak. Dalam proses pembuatan alkohol lemak di PT XYZ dimulai pada bagian 110 (persiapan ester lemak), asam lemak harus direaksikan dengan alkohol lemak berlebih dengan menggunakan empat buah reaktor sehingga membentuk reaksi esterifikasi menghasilkan ester lemak, di mana temperatur setiap masing-masing reaktor sebesar 250°C dan tekanan sebesar 4 bar. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan jumlah kebutuhan alkohol lemak yang dibutuhkan untuk mengonversi asam lemak menjadi ester lemak melalui reaksi esterifikasi. Faktor yang mempengaruhi keberhasilan reaksi tersebut yaitu suhu, tekanan, waktu tinggal dan jumlah reaktan. Reaktan berupa asam lemak sebagai dasar perhitungan dan faktor keberhasilan dari konversi reaksi dalam menentukan jumlah alkohol lemak maka diperlukan analisa dengan metode stokiometri. Berdasarkan hasil

analisa tersebut, diperoleh jumlah alkohol lemak yang dibutuhkan untuk mengonversi asam lemak sebesar 21696,4379 kg/jam dengan konversi reaksi sebesar 99,2169% dan alkohol lemak berlebih sebesar 27,8316%.

Publisher: UPPM Politeknik Teknologi Kimia Industri

Licensed: This work is licensed under a [Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License \(CC BY-SA 4.0\)](#)



PENDAHULUAN

Industri oleokimia merupakan produk yang dihasilkan dari minyak atau lemak, baik minyak nabati ataupun minyak hewani (Mustofa, 2003). Oleokimia ilmu yang sangat penting dalam prospek teknik kimia. Diketahui produk-produk oleokimia dasar yang terdiri dari *fatty acid*, *fatty methyl ester*, *fatty alcohol*, *fatty amine*, dan gliserol. Produk oleokimia dasar dapat diproses lebih lanjut sehingga menghasilkan produk turunan oleokimia berupa sabun batangan, deterjen, shampo, pelembut kosmetik, bahan tambahan untuk industri plastik, karet, dan pelumas (Muis, 2018).

Salah satu industri yang bergerak di bidang oleokimia adalah PT XYZ yang berlokasi di Lubuk Gaung, Kecamatan Sungai Sembilan, Kota Dumai, Riau. Di PT XYZ menggunakan bahan baku *Crude Palm Kernel Oil* (CPKO) pada proses *splitting* menjadi *fatty acid*. Tahap selanjutnya adalah *fatty acid* didistilasi dan difraksinasi, lalu direaksikan dengan *fatty alcohol* untuk menghasilkan *wax ester*. Pada PT XYZ terjadi pengolahan *wax ester* yang terdapat pada *alcohol plant*. Unit ini menghasilkan produk *wax ester*. *Wax ester* merupakan salah satu produk oleokimia melalui reaksi esterifikasi.

Pada proses pembuatan *wax ester* yang terdapat di Section 110 *Wax Ester Preparation*, di mana jika proses pengolahan berlangsung memerlukan reaktan berupa *fatty acid* dan *fatty alcohol* melalui reaksi esterifikasi. Esterifikasi merupakan suatu reaksi antara asam karboksilat dan alkohol untuk membentuk ester (Wibowo, 2021). Pada proses ini, *fatty acid* diharapkan dikonversi secara sempurna sehingga penggunaan *fatty alcohol* diatur sedemikian rupa untuk mencapai kondisi tersebut. Dengan demikian yang menjadi perhatian yang khusus adalah *fatty acid* dan *fatty alcohol*.

Kebutuhan *fatty alcohol* sangat diperhatikan dalam reaksi esterifikasi yang merupakan bagian

Penentuan Kebutuhan Alkohol Lemak untuk Konversi Asam Lemak pada Section...
*Henric Dany Krithover Sihombing¹, Darni Paranita², Dimas Frananta Simatupang³,
Merta Simbolon⁴*

penting dalam mencapai konversi reaksi. Untuk konversi reaksi *fatty acid* secara sempurna, *fatty alcohol* menjadi bagian yang cukup penting. Oleh karena itu, *fatty alcohol* yang digunakan sebagai reaktan berlebih untuk mencapai kondisi maksimum dalam konversi reaksi menjadi *wax ester*.

Faktor yang mempengaruhi pada proses pembentukan *wax ester* di antaranya yaitu suhu, tekanan, dan jumlah reaktan. Dalam pembentukan *wax ester* digunakan sebanyak 4 buah reaktor, di mana suhu pada masing-masing reaktor sebesar 250°C dan tekanan sebesar 3 bar. reaktan yang digunakan dalam pembentukan *wax ester* adalah *fatty acid* dan *fatty alcohol*. Berdasarkan sumber pabrik, konversi dari reaktan *fatty acid* dan *fatty alcohol* sebesar 99%.

METODE PENELITIAN

Penelitian dilakukan di PT XYZ yang berlokasi di Kota Dumai, Riau. Data sekunder diperoleh dari pabrik berupa data laju umpan masuk dan keluar yang masuk dan keluar, data komposisi umpan yang masuk dan keluar, data spesifikasi alat berupa reaktor.

Teknik analisis data dalam penelitian ini menggunakan analisis kuantitatif. Analisis kuantitatif merupakan suatu kegiatan yang dilakukan untuk mengubah data hasil dari sebuah penelitian yang diperoleh dari suatu gejala yang direkam melalui alat ukur kemudian diolah sesuai dengan fungsinya. Analisis ini dilakukan untuk mengetahui jumlah *fatty alcohol* yang dibutuhkan untuk mengkonversi *fatty acid* yang terkonversi menggunakan metode stokiometri.

Neraca massa adalah suatu perhitungan yang tepat dari semua bahan yang masuk, yang terakumulasi dan yang keluar dalam waktu tertentu. Pernyataan tersebut sesuai dengan hukum kekekalan massa yakni: massa tak dapat dijelmakan atau dimusnahkan (Wuryanti, 2016)

$$fatty\ acid + Fatty\ alcohol = Wax\ ester + air.....(1)$$

Neraca massa tersebut merupakan neraca massa bereaksi yang melibatkan penataan ulang atom dan molekul untuk membentuk berbagai senyawa molekul yang berbeda, maka *input* dan *output* senyawa dalam kimia dalam reaksi tidak seimbang. Dalam neraca massa bereaksi, ada beberapa senyawa kimia yang akan habis bereaksi sementara senyawa yang lain akan diproduksi. Akibatnya, dengan adanya reaksi kimia, laju persamaan keseimbangan senyawa dari setiap senyawa masuk dan

Penentuan Kebutuhan Alkohol Lemak untuk Konversi Asam Lemak pada Section...
*Henric Dany Krithover Sihombing¹, Darni Paranita², Dimas Frananta Simatupang³,
Merta Simbolon⁴*

keluar tidak sesuai. Neraca massa bereaksi melibatkan satu reaksi ataupun beberapa reaksi di dalamnya. Rumus yang digunakan untuk menghitung laju reaksi pada neraca massa bereaksi

$$R = \frac{N_s^{in} \times X_s}{\tau_s} \quad (2)$$

Keterangan:

r = Laju reaksi senyawa (kmol/jam)

N_s^{in} = Jumlah umpan senyawa S yang masuk (kmol/jam)

X_s = Persen konversi reaktan S menjadi produk

τ_s = Koefisien senyawa (Reklaitis, 1942)

Kemudian untuk mencari neraca massa bereaksi dapat digunakan rumus sebagai berikut:

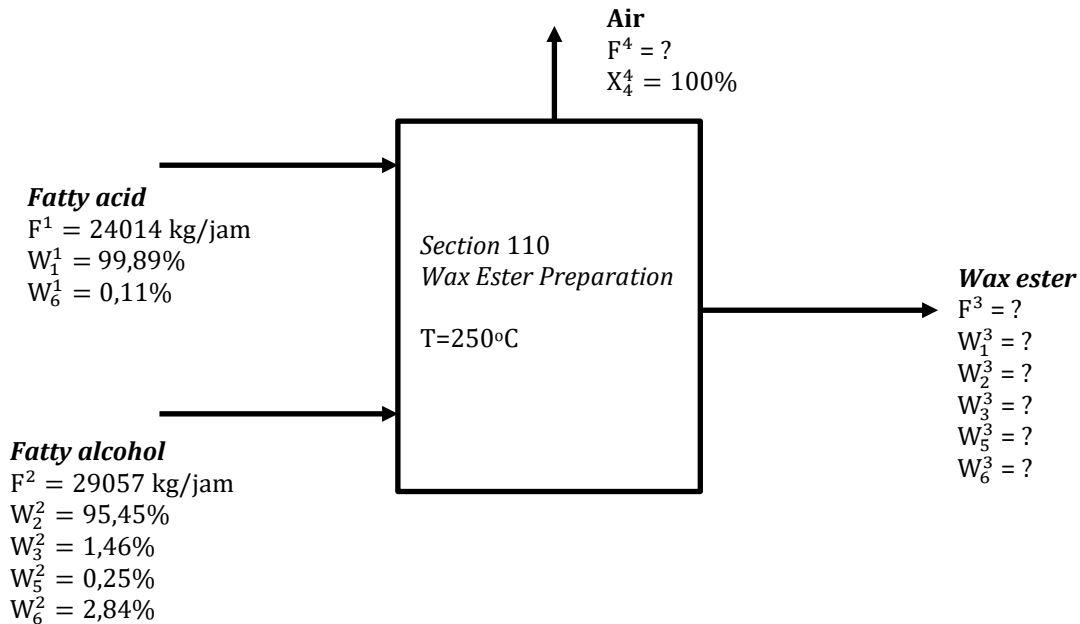
$$N_s^{out} = N_s^{in} + \tau_s \times r_s \quad (3)$$

Keterangan:

N_s^{out} = Jumlah umpan senyawa S yang keluar (kmol/jam)

N_s^{in} = Jumlah umpan senyawa S yang masuk (kmol/jam)

τ_s = Koefisien komponen S



Penentuan Kebutuhan Alkohol Lemak untuk Konversi Asam Lemak pada Section...
*Henric Dany Krithover Sihombing*¹, *Darni Paranita*², *Dimas Frananta Simatupang*³,
*Merta Simbolon*⁴

r_s = Laju reaksi S berdasarkan reaksi yang terjadi (Reaklitis, 1942).

Gambar 1. Neraca Massa *Section* 110 pada Masukan 110R01 sampai Keluaran 110R04

Keterangan komponen:

F^1 = Laju umpan 1

F^2 = Laju umpan 2

F^3 = Laju umpan 3

F^4 = Laju umpan 4

W_1^1 = Komposisi komponen *fatty acid* pada F^1

W_6^1 = Komposisi komponen *unknown* pada F^1

W_2^2 = Komposisi komponen *fatty alcohol* pada F^2

W_3^2 = Komposisi komponen *wax ester* pada F^2

W_5^2 = Komposisi komponen *Total Hydrocarbon Content* (THC) pada F^2

W_6^2 = Komposisi komponen *unknown* pada F^2

W_1^3 = Komposisi komponen *fatty acid* pada F^3

W_2^3 = Komposisi komponen *fatty alcohol* pada F^3

W_3^3 = Komposisi komponen *wax ester* pada F^3

W_5^3 = Komposisi komponen *Total Hydrocarbon Content* (THC) pada F^3

W_6^3 = Komposisi komponen *unknown* pada F^3

W_4^4 = Komposisi komponen air pada F^4

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

Data Pengamatan berupa data umpan masuk, data komposisi bahan masuk berupa komposisi bahan *fatty acid* dan *fatty alcohol* dan data bilangan asam (*acid value*).

Tabel 1. Data Umpan Masuk di *Section* 110

Penentuan Kebutuhan Alkohol Lemak untuk Konversi Asam Lemak pada Section...
*Henric Dany Krithover Sihombing*¹, *Darni Paranita*², *Dimas Frananta Simatupang*³,
*Merta Simbolon*⁴

No.	Laju Alir Umpan Masuk (kg/jam)	
	<i>Fatty Acid</i>	<i>Fatty Alcohol</i>
1.	24014	29057

Tabel 2. Data Komposisi Bahan Asam Lemak

No	Komponen	Rumus Molekul	Berat Molekul (Kg/Kmol)	Persen (%)
1	Asam Kaproat	C ₆ H ₁₂ O ₂	116,16	0,05
2	Asam Kaprilat	C ₈ H ₁₆ O ₂	144,21	0,08
3	Asam Kaprat	C ₁₀ H ₂₀ O ₂	172,27	0,7
4	Asam Laurat	C ₁₂ H ₂₄ O ₂	200,32	59,24
5	Asam Miristat	C ₁₄ H ₂₈ O ₂	228,38	19,22
6	Asam Palmitat	C ₁₆ H ₃₂ O ₂	256,38	10,57
7	Asam Stearat	C ₁₈ H ₃₆ O ₂	284,48	9,92
8	Asam Arakhidat	C ₂₀ H ₄₀ O ₂	312,54	0,11
9	<i>Unknown</i>	-	-	0,11

Tabel 3. Data Komposisi Bahan Alkohol Lemak

No.	Komponen	Rumus Molekul	Berat Molekul (Kg/Kmol)	Persen (%)
1.	Alkohol Kaprilik	CH ₃ (CH ₂) ₇ OH	130,23	0,06
2.	Alkohol <i>Decyl</i>	CH ₃ (CH ₂) ₉ OH	158,28	0,66
3.	Alkohol Lauril	CH ₃ (CH ₂) ₁₁ OH	186,34	52,29
4.	Alkohol Miristil	CH ₃ (CH ₂) ₁₃ OH	214,39	17,38
5.	Alkohol Palmitil	CH ₃ (CH ₂) ₁₅ OH	242,44	12,85
6.	Alkohol Stearil	CH ₃ (CH ₂) ₁₇ OH	270,49	11,18
7.	Alkohol Arakhidil	CH ₃ (CH ₂) ₁₉ OH	297,54	1,03

Penentuan Kebutuhan Alkohol Lemak untuk Konversi Asam Lemak pada Section...
*Henric Dany Krithover Sihombing¹, Darni Paranita², Dimas Frananta Simatupang³,
Merta Simbolon⁴*

8.	<i>Total Hydrogen Content (THC)</i>	-	-	0,25
9.	<i>Total Wax Ester (TWE)</i>	-	-	1,46
10.	<i>Unknown</i>	-	-	2,84

Pada pembuatan *fatty alcohol*, *fatty acid* harus direaksikan dengan *fatty alcohol* agar menghasilkan *wax ester* (Syafrinal, dkk, 2020). Hal ini didukung dengan proses pembuatan *fatty alcohol* dengan metode hidrogenasi langsung dari asam lemak dan minyak (Kreutzer dkk, 1984). Pada proses pembuatan *fatty alcohol* menggunakan reaksi esterifikasi. Esterifikasi merupakan suatu reaksi antara asam karboksilat dan alkohol untuk membentuk ester (Wibowo, 2021).

Tabel 4. Perhitungan Konversi Reaksi

No.	Reaktor	AV (mgKOH/gr)	Besar <i>Fatty Acid</i> yang belum Terkonversi (%)	Besar Konversi <i>Fatty Acid</i> (%)
1	110R01	20.0	7,8305	92,1695
2	110R02	6.9	2,7015	97,2985
3	110R03	3.3	1,2920	98,7080
4	110R04	2.0	0,7831	99,2169

Tabel 5. Perhitungan Neraca Massa pada Reaksi Esterifikasi *Section 110*

No	Komponen	Jumlah yang Masuk				Jumlah yang Keluar	
		Aliran (kg/jam)	% berat	Aliran (kg/jam)	% berat	Aliran (kg/jam)	% berat
		F1		F2		F3	
1	<i>Fatty acid</i>	23987,5846	99,89	0	0	188,1373	0,3545
2	<i>Fatty alcohol</i>	0	0	27734,906 5	95,4 5	6038,4686	11,3781

Penentuan Kebutuhan Alkohol Lemak untuk Konversi Asam Lemak pada Section...
 Henric Dany Krithover Sihombing ¹, Darni Paranita ², Dimas Frananta Simatupang ³,
 Merta Simbolon ⁴

3	<i>Wax ester</i>	0	0	424,2322	1,46	43967,8240	82,8472
4	Air	0	0	0	0	1952,2934	3,6786
5	<i>Total Hydrocarbon Content (THC)</i>	0	0	72,6425	0,25	72,6425	0,1369
6	<i>Unknown</i>	26,4154	0,11	825,2188	2,84	851,6342	1,6047
Total		24014,0000	100	29057	100	53071,0000	100
		53071,0000				53071,0000	

$$\begin{aligned}
 \text{Fatty alcohol}_{\text{Excess}} &= \frac{\text{Kebutuhan Fatty Alcohol}_{\text{Supply}} - \text{Fatty Alcohol}_{\text{Needs}}}{\text{Fatty Alcohol}_{\text{Needs}}} \times 100\% \\
 &= \frac{(27734,9065 - (27734,9065 - 6038,4686)) \text{ kg/jam}}{21696,4379 \text{ kg/jam}} \times 100\% \\
 &= \frac{(27734,9065 - 21696,4379) \text{ kg/jam}}{21696,4379 \text{ kg/jam}} \times 100\% \\
 &= 27,8316\%
 \end{aligned}$$

Pembahasan

Pada penelitian ini, dilakukan reaksi antara *fatty acid* dan *fatty alcohol* untuk menghasilkan *wax ester* melalui reaksi esterifikasi pada kondisi suhu proses 250°C (kondisi optimal alat). Berdasarkan hasil perhitungan dan data penelitian, diperoleh bahwa konversi reaksi mencapai 99,2169% dengan kebutuhan *fatty alcohol* sebagai umpan berlebih sebanyak 27,8316% dari jumlah stokiometris. Reaksi esterifikasi bersifat *reversible*, di mana satu mol *fatty acid* bereaksi dengan satu mol *fatty alcohol* menghasilkan satu mol *wax ester* dan satu mol air. Untuk mendorong reaksi ke arah produk, digunakan *fatty alcohol* dalam jumlah berlebih, sesuai dengan prinsip Le Chatelier, agar kesetimbangan bergeser ke arah pembentukan *wax ester*.

Penggunaan *fatty alcohol* berlebih sebesar 27,8316% berarti bahwa untuk setiap satu mol *fatty acid*, digunakan sekitar 1,2762 mol *fatty alcohol*. Hal ini membuktikan terbukti efektif karena menghasilkan konversi yang sangat tinggi, menunjukkan bahwa hampir semua *fatty acid* berhasil diubah menjadi *wax ester*. Konversi tinggi ini membuktikan bahwa kondisi operasi yang optimal, baik dari segi komposisi reaktan maupun pengendalian suhu. Namun, penggunaan reaktan berlebih harus dianalisis secara kritis, terutama dari segi efisiensi proses.

Penentuan Kebutuhan Alkohol Lemak untuk Konversi Asam Lemak pada Section...
*Henric Dany Krithover Sihombing¹, Darni Paranita², Dimas Frananta Simatupang³,
Merta Simbolon⁴*

Hasil penelitian ini menunjukkan penerapan prinsip-prinsip dasar kesetimbangan reaksi dengan baik. Kelebihan reaktan tidak hanya menggeser kesetimbangan tetapi juga memperbesar laju reaksi awal karena meningkatnya frekuensi tumbukan antar molekul. Kombinasi antara stokiometri dan kondisi operasi yang mendukung menjadikan reaksi berjalan hampir sempurna. Hasil ini juga selaras dengan beberapa penelitian sebelumnya (Zahara, 2023) dengan penggunaan *fatty alcohol* sebagai umpan berlebih sebesar 34,4111% konversi reaksi sebesar 100% dengan mengasumsikan bahwa proses bereaksi secara sempurna yang dapat dilihat dari umpan keluaran dari komponen *fatty acid* yang habis bereaksi. Studi serupa dengan penurunan nilai *acid value* hingga 0,92 ppm menunjukkan bahwa nilai *acid value* telah sesuai dengan standar yang ditetapkan selaras dengan konversi *fatty acid* yang dibutuhkan.

Dalam proses produksi *wax ester* melalui reaksi antara *fatty acid* dan *fatty alcohol*, penggunaan alkohol secara berlebih menjadi strategi penting untuk menggeser kesetimbangan reaksi menuju pembentukan produk secara maksimal. Meskipun dalam desain awal pabrik ditetapkan rasio umpan sebesar 1:1,17 antara *fatty acid* dan *fatty alcohol*, praktik operasional menunjukkan bahwa penggunaan *fatty alcohol* yang lebih tinggi, yaitu berlebih sebesar 27,8316% dari kebutuhan stoikiometris, justru menghasilkan konversi reaksi yang sangat tinggi, mencapai 99,2169%. Kondisi ini menunjukkan bahwa kelebihan *fatty alcohol* dalam jumlah tersebut bukan sekadar penyimpangan dari desain, melainkan merupakan bentuk optimasi yang didasarkan pada kondisi aktual reaksi. *Fatty alcohol* berlebih berperan dalam menekan reaksi balik serta mempercepat laju reaksi, sehingga hampir seluruh asam lemak dapat terkonversi menjadi *wax ester*. Selain itu, *fatty alcohol* yang tidak bereaksi dapat dengan mudah di-*recovery* dan digunakan kembali dalam proses, sehingga efisiensi ekonomi tetap terjaga. Dengan demikian, penggunaan *fatty alcohol* berlebih hingga 27,8316% dapat dikatakan sebagai kondisi operasi yang optimal, karena tidak hanya meningkatkan konversi reaksi secara signifikan, tetapi juga mendukung stabilitas dan keberlanjutan proses secara keseluruhan.

SIMPULAN

Penentuan Kebutuhan Alkohol Lemak untuk Konversi Asam Lemak pada Section...
*Henric Dany Krithover Sihombing¹, Darni Paranita², Dimas Frananta Simatupang³,
Merta Simbolon⁴*

Berdasarkan hasil analisis dan perhitungan maka dapat disimpulkan bahwa jumlah kebutuhan *fatty alcohol* untuk menghasilkan *wax ester* di *fatty alcohol* plant PT XYZ adalah 21696,4379 kg/jam dengan besar konversi *fatty acid* yang terjadi melalui reaksi esterifikasi adalah 99,2169% dan besar *fatty alcohol excess* sebesar 27,8316%.

DAFTAR PUSTAKA

- Kreutzer, U.R., (1984). Manufacture of Fatty Alcohols Based on Natural Fats and Oils. *Journal of the American Oil Chemists' Society*. 61(2): 343-384
- Muis, A. (2018). Pembuatan Oleokimia dari Virgin Coconut Oil (VCO) melalui Proses Fraksinasi dan Esterifikasi. *Jurnal Penelitian Teknologi Industri*. 10(2): 75-86.
- Mustafa, A. (2016). Analisis Proses Pembuatan Pati Ubi Kayu (Tapioka) Berbasis Neraca Massa. *Agrointek*. 9(2): 127-133
- Reaklitis, G., V. (1983). Introduction to Material and Energi Ballances. John Wiley & Sons, Inc, Canada
- Syafrinal dan Muhammad Luthfian Chandra. (2020). Penentuan Acid Value Dan Saponification Value Wax Ester Pada Section 110 Di PT X. *Journal of Research on Applied Chemistry and Engineering*. 1(1): 19-21
- Wibowo, A., D., G. (2021). Karakterisasi Surfaktan Polymeric Methyl Ester Sulfonate Berbasis Minyak Sawit dengan Etil Akrilat untuk Pengambilan Minyak Tahap Lanjut. *Laporan Penelitian*. Tangerang Selatan: Institut Teknologi Indonesia
- Zahara, F. (2023). Perhitungan Kebutuhan Fatty Alcohol untuk Menghasilkan Wax Ester pada Section 110 di Alcohol Plant PT. Domas Agointi Prima. *Karya Akhir*. Medan: Politeknik Teknologi Kimia Industri