



Studi Kinetika Kimia Pada Reaksi Saponifikasi Etil Asetat Dengan Metode Titrasi dan Konduktometri

Chemical Kinetic Study on Saponification Reaction of Ethyl Acetate Using Titration and Conductometric Methods

Marvin Horale Pasaribu*

Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu pengetahuan Alam, Universitas Palangka Raya, Palangka Raya 73111, Indonesia

Kata kunci

kinetika kimia,
saponifikasi, etil
asetat, orde reaksi,
konstanta laju

Abstrak

Studi kinetika kimia pada reaksi saponifikasi etil asetat dengan perbandingan metode titrasi dan konduktometri telah dilakukan. Penelitian ini diawali dengan mereaksikan etil asetat dengan NaOH dengan perbandingan volume 2:3 dan dijaga pada suhu konstan 35°C. Proses penentuan orde reaksi dan harga tetapan laju reaksi penyabunan etil asetat oleh ion hidroksida dilakukan dengan membandingkan hasil analisa dengan metode titrasi dan konduktometri dengan variasi waktu 5, 10, 15, 25, 40, dan 60 menit. Hasil penelitian membuktikan bahwa reaksi saponifikasi mengikuti kinetika reaksi orde 2. Hal ini didukung dengan hasil analisa menggunakan kedua metode analisa tersebut pada variasi waktu dan diperoleh grafik garis linier dengan gradien positif dan nilai R^2 berturut-turut sebesar 0,9757 dan 0,9955, dimana kedua nilai tersebut mendekati 1. Dengan metode titrasi, tetapan laju reaksi (k) saponifikasi etil asetat diperoleh nilai sebesar $3,2375 M^{-1}.menit^{-1}$, sedangkan dengan metode konduktometri, nilai tetapan laju reaksi yang diperoleh sebesar $13,1973 M^{-1}.menit^{-1}$.

Keywords

chemical kinetics,
saponification,
ethyl acetate,
reaction order, rate
constant

Abstract

A chemical kinetics study on the saponification reaction of ethyl acetate by comparison of titration and conductometry methods has been conducted. First, though, this study started by reacting ethyl acetate with NaOH with a volume ratio of 2: 3 and was kept at a constant temperature of 35°C. The process of determining the order and rate constant of saponification reaction of ethyl acetate by hydroxide ions was carried out by comparing the analysis results with titration and conductometry methods with time variations of 5, 10, 15, 25, 40, and 60 minutes. The study's results proved that the saponification reaction follows the kinetics of the 2nd order reaction. It is supported by the analysis results using both analysis methods at time variations and obtaining a linear line graph with a positive gradient and an R^2 value of 0.9757 and 0.9955, respectively, where both values are close to 1. Based on the titration method, the reaction rate (k) rated ethyl acetate saponification obtained a yield of $3.2375 M^{-1}.min^{-1}$, while by the conductometry method, the rated value of the reaction rate obtained was $13.1973 M^{-1}.min^{-1}$.

© 2022 Jurnal Jejaring Matematika dan Sains. This work is licensed under a [CC BY-NC 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)

Corresponding Author:

Alamat e-mail: marvin.pasaribu@mipa.upr.ac.id

PENDAHULUAN

Penggunaan sabun dalam kehidupan sehari-hari sudah tidak asing lagi, terutama untuk membersihkan kotoran maupun kuman [1]. Berbagai jenis sabun yang diproduksi, mulai dari sabun cuci, sabun mandi, sabun tangan, hingga sabun pembersih peralatan rumah tangga dalam berbagai bentuk seperti cair, padat, krim hingga bubuk. Dalam perkembangannya, terdapat berbagai macam industri sabun di Indonesia baik dari industri rumahan [2] hingga perusahaan industri besar antara lain PT. P&G, PT. Unilever, PT, KAO Indonesia. Berdasarkan catatan dari Kementerian Perdagangan (Kemendag), Indonesia merupakan negara pengekspor produk sabun ketiga ke dunia, dengan jumlah ekspor produk sabun dan turunannya pada periode Jan-Apr 2020 sebesar USD 343,7 juta.

Sabun merupakan senyawa kimia campuran garam natrium ataupun kalium yang diberasal dari asam lemak [3], [4] yang dihasilkan dari lemak maupun minyak yang direaksikan dengan senyawa alkali hidroksida. Proses pembentukan sabun disebut dengan saponifikasi, dimana lemak akan terhidrolisis oleh senyawa basa sehingga diperoleh gliserol dan garam ester yang disebut dengan sabun mentah [5], [6]. Molekul pada sabun mengandung suatu rantai hidrokarbon panjang dan ion. Bagian hidrokarbon dari molekul bersifat hidrofobik yang larut dalam unsur non polar, sedangkan bagian ion bersifat hidrofilik dan larut dalam unsur polar seperti air [7].

Kinetika kimia merupakan ilmu yang mempelajari tentang kecepatan reaksi kimia dan mekanisme reaksi yang menyertainya. Beberapa parameter kinetika kimia yang dapat dihitung secara eksperimen yaitu orde reaksi dan konstanta laju reaksi [8], [9], dimana orde reaksi adalah ukuran kontribusi pereaksi yang berperan dalam laju reaksi, sedangkan konstanta laju reaksi merupakan tetapan yang harganya bergantung pada jenis pereaksi, suhu, dan katalis, dimana nilainya adalah perbandingan laju reaksi dengan konsentrasi reaktan [10].

Seiring dengan perkembangan pengetahuan dan teknologi, penentuan parameter orde dan konstanta laju reaksi dalam reaksi kimia dapat dilakukan dengan berbagai metode, beberapa diantaranya yaitu metode seperti titrasi dan konduktometri. Dimana Widodo dkk (2019) melakukan penelitian studi penentuan umur simpan minyak sawit dengan metode *Accelerated Shelf Lifetesting*. Bilangan peroksida (PV) digunakan untuk analisa kinetika sehingga mendapatkan konstanta laju reaksi, dimana bilangan peroksida diamati dengan cara titrimetri [11]. Mukhtar dkk (2017) juga melakukan studi tentang kinetika hidrolisis etil asetat dengan natrium hidroksida pada temperatur dan pemodelan waktu reaksi yang berbeda menggunakan *batch reactor*, dimana perubahan konsentrasi (dalam bentuk konduktivitas listrik) diukur terhadap waktu [12].

Berdasarkan uraian diatas, maka penelitian ini bertujuan melakukan studi kinetika kimia yaitu penentuan orde dan konstanta laju reaksi pada reaksi saponifikasi etil asetat dengan senyawa natrium hidroksida dengan menggunakan perbandingan metode titrasi dan metode konduktometri.

METODE PENELITIAN

A. Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah *waterbath*, termometer, statif dan klem, buret, gelas beaker, hot plate magnetic stirrer, erlenmeyer, pipet volume, dan konduktometer digital.

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah aquades, larutan NaOH, larutan etil asetat ($\text{CH}_3\text{COOC}_2\text{H}_5$), larutan HCl, dan indikator pp.

B. Prosedur Kerja

Preparasi larutan etil asetat dan NaOH

Metode penelitian ini dilakukan dengan menyiapkan 40 mL larutan etil asetat 0,02 N dan 60 mL larutan NaOH 0,0232 N (yang sebelumnya sudah distandarisasi) dan kedua larutan dimasukkan masing-masing kedalam gelas beaker, kemudian diletakkan ke dalam *waterbath* yang temperaturnya sudah di *setting* hingga suhu kedua larutan stabil pada 35°C. Preparasi larutan ini dilakukan dua kali untuk analisa dengan metode titrasi dan konduktometri.

Penentuan kinetika reaksi saponifikasi dengan metode titrasi

Larutan etil asetat dan NaOH pada tahap sebelumnya kemudian dicampurkan dengan cepat, kemudian diaduk hingga kedua larutan bereaksi. Setelah 5 menit diambil 5 mL dari larutan tersebut dan dimasukkan ke dalam erlenmeyer yang berisi 10 ml larutan HCl 0,0203 N (yang sebelumnya sudah distandarisasi), kemudian diaduk dan ditambahkan indikator pp. setelah itu larutan tersebut dititrasi dengan larutan NaOH 0,0232 N dengan segera dan catat volume titran yang digunakan. Perlakuan tersebut diulang untuk variasi waktu 10, 15, 25, 40, dan 60 menit [13].

Penentuan kinetika reaksi saponifikasi dengan metode konduktometri

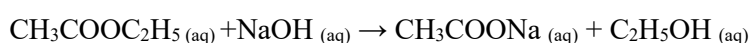
Larutan NaOH 0,0232 N dan aquades disiapkan dalam gelas beaker dan dimasukkan dalam *waterbath* hingga suhu 35°C kemudian diukur nilai hantarnya dengan alat konduktometer. Larutan etil asetat dan

NaOH pada tahap sebelumnya kemudian dicampurkan dengan cepat, kemudian diaduk hingga kedua larutan bereaksi dan dijaga suhunya dalam *waterbath* pada 35°C. Setelah 5 menit lakukan uji konduktivitas larutan dengan konduktometer dan catat nilai hantarannya. Perlakuan tersebut diulang untuk variasi waktu 10, 15, 25, 40, dan 60 menit. Serta dilakukan uji konduktivitas untuk larutan campuran yang suhunya terlebih dahulu dinaikkan hingga 70°C kemudian diturunkan kembali ke suhu 30°C.

HASIL DAN PEMBAHASAN

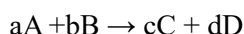
A. Kinetika reaksi saponifikasi etil asetat

Pada penelitian ini dilakukan studi kinetika kimia pada reaksi antara senyawa etil asetat dengan NaOH atau yang disebut dengan reaksi saponifikasi (penyabunan). Reaksi saponifikasi merupakan reaksi hidrolisis minyak atau asam lemak (ester) dengan larutan basa seperti alkali hidroksida pada suhu tertentu [14], dimana pada penelitian ini yang menghasilkan senyawa garam natrium asetat dan etanol (alkohol). Persamaan reaksinya dapat ditulis sebagai berikut:



Sebelum larutan NaOH dan etil asetat dicampurkan, terlebih dahulu dilakukan penghomogenan suhu. Suhu yang digunakan pada penelitian ini yaitu 35°C. Hal ini dilakukan agar laju reaksi yang dihasilkan tidak mengalami perubahan yang besar, karena laju reaksi dipengaruhi oleh suhu [15]. Kenaikan suhu akan menyebabkan tumbukan antarpartikel berlangsung lebih cepat dikarenakan energi kinetiknya meningkat.

Kinetika kimia adalah salah satu ilmu yang membahas tentang laju atau kecepatan dan mekanisme reaksi. Secara kuantitatif kecepatan reaksi kimia ditentukan oleh orde reaksi, yaitu jumlah dari eksponen konsentrasi pada persamaan laju reaksi [16]. Penentuan orde reaksi tidak dapat diturunkan dari persamaan reaksi tetapi hanya dapat ditentukan berdasarkan hasil percobaan [17]. Bila laju reaksi dengan persamaan:



Persamaan laju reaksinya:

$$v = k \cdot C_A \cdot C_B \quad , \quad (1)$$

$$v = \frac{dx}{dt} = k(a-x)(b-x) \quad , \quad (2)$$

dimana :

- a = konsentrasi awal senyawa A (N)
- b = konsentrasi awal senyawa B (N)
- x = konsentrasi senyawa A atau B yang telah bereaksi
- k = tetapan laju reaksi

Persamaan diatas kemudian diintegrasikan sehingga diperoleh nilai konstanta laju terhadap waktu:

$$kt = \frac{1}{(a-b)} \ln \frac{b(a-x)}{a(b-x)} \quad , \quad (3)$$

Untuk dapat menentukan apakah suatu reaksi ber-orde dua atau bukan dapat diselidiki dengan cara memasukkan nilai a, b, dan t pada persamaan diatas, dimana bila nilai k yang diperoleh tetap, maka reaksi orde 2. Selain itu, dapat menggunakan metode grafik, yaitu dengan memplot grafik t terhadap $1/(a-b) \ln [(b(a-x))/a(b-x)]$, dimana jika diperoleh garis lurus dengan nilai k bernilai positif maka termasuk reaksi orde 2. Nilai k (konstanta laju) dapat dihitung dari nilai *slope* persamaan kurva regresi.

B. Kinetika reaksi saponifikasi dengan metode titrasi

Laju biasanya diukur dengan melihat seberapa cepat konsentrasi suatu reaktan berkurang pada waktu tertentu. Dalam penelitian ini, pada metode titrasi, laju reaksi ditentukan dari perubahan banyaknya jumlah basa yang bereaksi dengan etil asetat untuk menghasilkan produk. Setelah Larutan NaOH dan etil asetat bercampur, dimasukkan larutan HCl sebelum dititrasi dengan NaOH. Pencampuran dengan HCl bertujuan untuk menetralkan campuran hasil reaksi yang bersifat basa. Maka, kelebihan HCl yang tidak digunakan untuk menetralkan basa ini kemudian yang dititrasi kembali dengan NaOH.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin lama waktu reaksi saponifikasi berlangsung, maka volume titran NaOH yang dibutuhkan semakin besar seperti yang tunjukkan pada tabel 1. Hal ini

menunjukkan bahwa jumlah HCl yang tidak digunakan untuk menetralkan larutan basa semakin banyak, artinya jumlah ion OH⁻ yang digunakan untuk membentuk produk larutan basa semakin sedikit. Berdasarkan data hasil penelitian kemudian dimasukkan ke dalam persamaan:

$$V_x = V_b - \left[\left(\frac{20[H^+]}{[OH^-]} - V_{titran} \right) x \frac{V_{campuran}}{10} \right], \quad (4)$$

$$x = \frac{[NaOH] V_x}{V_{total}}, \quad (5)$$

$$a = \frac{[etil\ asetat] V_a}{V_{total}}, \quad (6)$$

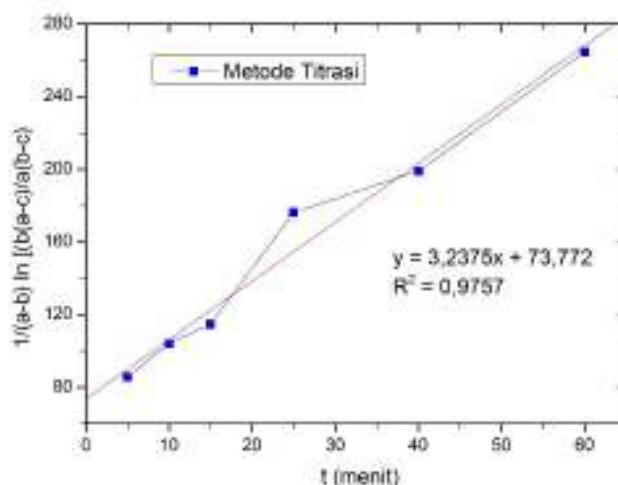
$$b = \frac{[NaOH] V_b}{V_{total}}, \quad (7)$$

nilai a, b dan t kemudian dimasukkan kedalam persamaan (3), kemudian dibuat grafik antara $1/(a-b) \ln [(b(a-x)/a(b-x))]$ vs t, sehingga diperoleh nilai *slope* sebagai nilai konstanta laju (k), perbandingan nilai $1/(a-b) \ln [(b(a-x)/a(b-x))]$ pada variasi waktu saponifikasi secara berurutan ditunjukkan pada tabel 1.

Tabel 1. Nilai $1/(a-b) \ln [(b(a-x)/a(b-x))]$ untuk variasi waktu dengan metode titrasi

t (menit)	Volume NaOH (mL)	a	b	V _x	x	$1/(a-b) \ln [(b(a-x)/a(b-x))]$
5	13,6	0,008	0,01392	21	0,0049	85,8555
10	13,8	0,008	0,01392	23	0,0053	104,0855
15	13,9	0,008	0,01392	24	0,0056	114,8483
25	14,3	0,008	0,01392	28	0,0065	176,1325
40	14,4	0,008	0,01392	29	0,0067	199,0699
60	14,6	0,008	0,01392	31	0,0072	264,4571

Hasil pengamatan pengaruh variasi waktu reaksi saponifikasi etil asetat dengan NaOH disajikan pada gambar 1. Berdasarkan gambar 1 diperoleh grafik yang menunjukkan nilai R² sebesar 0,9757, dan persamaan garis linier $y = 3,2375x + 73,772$ yang sesuai dengan persamaan $y = mx + c$. Nilai *slope* (m) pada grafik diatas menunjukkan konstanta laju reaksi, sehingga nilai konstanta laju reaksi saponifikasi dengan metode titrasi yaitu sebesar 3,2375. Selain itu, karena kurva yang dihasilkan linier dengan nilai gradien positif maka terbukti bahwa reaksi tersebut adalah reaksi orde 2.



Gambar 1. Grafik variasi waktu reaksi saponifikasi dengan metode titrasi

C. Kinetika reaksi saponifikasi dengan metode konduktometri

Konduktometri adalah suatu metode analisis kimia yang digunakan untuk mempelajari reaksi yang melibatkan ion-ion yang memiliki daya hantar listrik cukup tinggi, seperti ion H⁺ dan OH⁻. Daya hantar listrik

suatu larutan bergantung pada jenis dan konsentrasi ion dalam larutan tersebut. Daya hantar listrik berhubungan dengan pergerakan suatu ion dalam larutan yang mudah bergerak [18].

Pada penelitian ini, larutan NaOH direaksikan dengan larutan etil asetat ($\text{CH}_3\text{COOC}_2\text{H}_5$), dimana terjadi reaksi saponifikasi melalui reaksi perturan ion, yaitu ion Na^+ akan berikatan dengan ion CH_3COO^- dan ion OH^- berikatan dengan ion CH_3^+ membentuk garam dan alkohol. Larutan hasil reaksi kemudian diukur nilai konduktivitas (hantarannya) dengan variasi waktu 5, 10, 15, 25, 40 dan 60 menit dengan menggunakan konduktometer digital. Hasil analisa konduktometri terhadap variasi reaksi disajikan pada tabel 2.

Tabel 2. Hantaran listrik reaksi saponifikasi dengan variasi waktu

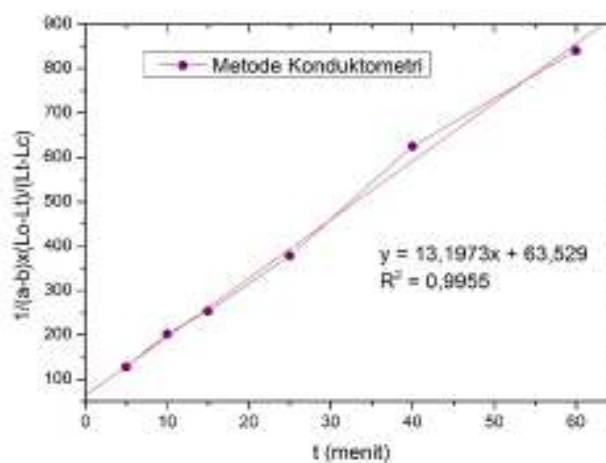
t (menit)	Larutan	Hantaran (mS/cm)
	H_2O	0,252
	NaOH Encer	3,19
5	Campuran (NaOH + etil asetat)	2,51
10	Campuran (NaOH + etil asetat)	2,36
15	Campuran (NaOH + etil asetat)	2,29
25	Campuran (NaOH + etil asetat)	2,18
40	Campuran (NaOH + etil asetat)	2,07
60	Campuran (NaOH + etil asetat)	2,02
Suhu naik 70°C , turun kembali ke 30°C		Campuran (NaOH + etil asetat) 1,85

Hasil penelitian menunjukkan bahwa daya hantar listrik (hantaran) larutan campuran menurun seiring dengan bertambahnya waktu reaksi. Hal ini terjadi dikarenakan semakin bertambahnya waktu reaksi maka semakin banyak reaksi penggantian ion OH^- dari larutan dengan ion CH_3COO^- . Ion OH^- yang awalnya memiliki nilai hantaran yang besar jumlahnya kemudian berkurang, sedangkan jumlah ion CH_3COO^- menjadi lebih banyak sehingga nilai hantaran larutan menjadi lebih kecil karena ion CH_3COO^- memiliki nilai hantaran yang lebih kecil. Data hantaran hasil penelitian kemudian dimasukkan ke dalam persamaan:

$$a = \frac{[\text{etil asetat}] \times V_a}{V_{\text{total}}} \quad (8)$$

$$y = \frac{1}{a} \times \frac{L_0 - L_t}{L_t - L_c} \quad (9)$$

Berdasarkan hasil perhitungan diperoleh nilai $1/(a-b) \times (L_0 - L_t)/(L_t - L_c)$ pada variasi waktu 5, 10, 15, 25, 40 dan 60 menit berturut-turut yaitu sebesar 128,012; 201,848; 253,378; 377,994; 625,0; dan 840,517. Kemudian dibuat grafik antara $1/(a-b) \times (L_0 - L_t)/(L_t - L_c)$ vs t, sehingga diperoleh nilai *slope* sebagai nilai konstanta laju (k). Grafik reaksi saponifikasi dengan variasi waktu ditunjukkan pada gambar 2.



Gambar 2. Grafik variasi waktu reaksi saponifikasi dengan metode konduktometri

Grafik pada gambar 2 menunjukkan nilai R^2 sebesar 0,9955 dengan persamaan garis linier $y = 13,1973x + 63,659$ yang sesuai dengan persamaan $y = mx + c$. Nilai *slope* (m) pada grafik diatas menunjukkan nilai konstanta laju reaksi saponifikasi dengan metode konduktometri yaitu sebesar 13,1973. Selain itu, karena

kurva yang dihasilkan linier dengan nilai gradien positif maka terbukti bahwa reaksi tersebut adalah reaksi orde 2.

Berdasarkan hasil analisa, nilai konstanta laju reaksi (k) yang diperoleh dari metode titrasi dan metode konduktometri memberikan hasil yang berbeda. Hal ini disebabkan karena perbedaan prinsip kedua metode tersebut. Metode konduktometri memberikan hasil yang lebih baik dibandingkan metode titrasi, dimana metode konduktometri didasarkan pada adanya ion-ion dalam larutan yang dapat menghantarkan listrik sehingga hanya dilakukan pengukuran nilai hantaran, dan tidak menggunakan indikator. Sedangkan metode titrasi berdasarkan pada titik akhir titrasi yang ditunjukkan oleh perubahan warna larutan. Metode titrasi ini kurang akurat dikarenakan penentuan titik akhir titrasi yang tidak jelas. Hal ini dipertegas dengan nilai R^2 pada grafik dengan metode konduktometri yang lebih mendekati nilai 1.

KESIMPULAN

Reaksi saponifikasi etil asetat dengan natrium hidroksida pada suhu 35°C membuktikan bahwa reaksi tersebut mengikuti kinetika reaksi orde 2. Hal ini didukung dengan hasil analisa menggunakan metode titimetri dan konduktometri pada variasi waktu dan diperoleh kurva garis linier dengan gradien positif dan nilai R^2 berturut-turut sebesar 0,9757 dan 0,9955, dimana kedua nilai tersebut mendekati 1. Dengan metode titrasi, tetapan laju (k) reaksi saponifikasi etil asetat dengan perbandingan volume etil asetat dengan NaOH yaitu 2:3 diperoleh nilai sebesar $3,2375 \text{ M}^{-1}.\text{menit}^{-1}$, sedangkan dengan metode konduktometri, nilai tetapan laju reaksi yang diperoleh sebesar $13,1973 \text{ M}^{-1}.\text{menit}^{-1}$.

DAFTAR NOTASI

a: konsentrasi awal etil asetat; b: konsentrasi awal NaOH; x: konsentrasi etil asetat yang bereaksi; V_x : volume etil asetat yang bereaksi; L_o : hantaran listrik NaOH encer; L_t : hantaran listrik campuran NaOH + etil asetat pada waktu tertentu; L_c : hantaran listrik campuran NaOH + etil asetat pada suhu 30°C .

REFERENSI

- [1] R. A. Sinanto and S. N. Djannah, "EFEKTIVITAS CUCI TANGAN MENGGUNAKAN SABUN SEBAGAI UPAYA PENCEGAHAN INFEKSI: TINJAUAN LITERATUR," *J. Kesehat. Karya Husada*, vol. 8, no. 2, pp. 19–33, Oct. 2020.
- [2] A. Widyasanti, P. S.H., and D. S. N. P., "Upaya Pemberdayaan Masyarakat Melalui Pelatihan Pembuatan Produk Sabun Berbasis Komoditas Lokal Di Kecamatan Sukamantri Ciamis," *J. Apl. Ipteks untuk Masy.*, vol. 5, no. 1, pp. 29–33, 2016.
- [3] S. T. Mabrouk, "Making Usable, Quality Opaque or Transparent Soap," *J. Chem. Educ.*, vol. 82, no. 10, p. 1534, Oct. 2005.
- [4] A. Kuntom, H. Kifli, and P. K. Lim, "Chemical and physical characteristics of soap made from distilled fatty acids of palm oil and palm kernel oil," *JAOCS, J. Am. Oil Chem. Soc.*, vol. 73, no. 1, pp. 105–108, 1996.
- [5] D. S. Retnowati, A. C. Kumoro, and C. S. Budiayati, "Pembuatan dan Karakterisasi Sabun Susu dengan Proses Dingin," *J. Rekayasa Proses*, vol. 7, no. 2, p. 46, 2013.
- [6] V. I. Sari, "PEMANFAATAN STEARIN DALAM PROSES PEMBUATAN SABUN MANDI PADAT Vonny Indah Sari* Program Studi Teknik Pengolahan Sawit, Politeknik Kampar," *Agric. Sci. Technol. J.*, vol. 11, no. 1, pp. 1–10, 2012.
- [7] A. Sorrenti, O. Illa, and R. M. Ortuño, "Amphiphiles in aqueous solution: well beyond a soap bubble," *Chem. Soc. Rev.*, vol. 42, no. 21, p. 8200, 2013.
- [8] P. Naomi and A. M. L. Gaol, "PEMBUATAN SABUN LUNAK DARI MINYAK GORENG BEKAS DITINJAU DARI KINETIKA REAKSI KIMIA," *J. Tek. Kim.*, vol. 19, no. 2, pp. 42–48, 2013.
- [9] P. Prayitno, "Kajian Kinetika Kimia Model Matematik Reduksi Kadmium Melalui Laju Reaksi, Konstante Dan Orde Reaksi Dalam Proses Elektrokimia," *GANENDRA Maj. IPTEK Nukl.*, vol. 10, no. 1, pp. 27–34, 2007.
- [10] D. Fathmawati, M. R. P. Abidin, and A. Roesyadi, "Studi kinetika pembentukan karaginan dari rumput laut," *J. Tek. Pomits*, vol. 3, no. 1, pp. 27–32, 2014.
- [11] H. Widodo, E. Kustiyah, Y. Trihusodo, and A. Annisa, "STUDI PENENTUAN UMUR SIMPAN MINYAK SAWIT DENGAN METODE ACCELERATED SHELF LIFETESTING," *Barometer*, vol. 4, no. 2, Jul. 2019.
- [12] A. Mukhtar, U. Shaiq, Q. Mo, H. A. Qad, M. Qizilbash, and B. Awan, "Kinetics of Alkaline Hydrolysis of Ethyl Acetate by Conductometric Measurement Approach Over Temperature Ranges (298.15-343.15K)," *Austin Chem Eng*, vol. 4, no. 1, pp. 1–11, 2017.

-
- [13] A. Salendra, A. A.-J. K. Khatulistiwa, and U. 2018, "Saponifikasi asam lemak dari lumpur minyak kelapa sawit (sludge oil) menggunakan basa abu sabut kelapa," *J. Kim. Khatulistiwa*, vol. 10, no. 1, pp. 2685–1229, 2019.
- [14] M. Hájek and F. Skopal, "Treatment of glycerol phase formed by biodiesel production," *Bioresour. Technol.*, vol. 101, no. 9, pp. 3242–3245, May 2010.
- [15] M. Zan, X. Wang, A. Amuti, Z. Wang, and L. Dang, "Saponification of peony seed oil using response surface methodology," *Ind. Crops Prod.*, vol. 173, pp. 114–134, Dec. 2021.
- [16] R. Justi, "Teaching and Learning Chemical Kinetics," in *Chemical Education: Towards Research-based Practice*, Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 2002, pp. 293–315.
- [17] O. A. El Seoud, W. J. Baader, and E. L. Bastos, "Practical Chemical Kinetics in Solution," in *Encyclopedia of Physical Organic Chemistry, 5 Volume Set*, Hoboken, NJ, USA: John Wiley & Sons, Inc., 2016, pp. 1–68.
- [18] H. Shekaari, M. T. Zafarani-Moattar, and S. N. Mirheydari, "Conductometric analysis of 1-butyl-3-methylimidazolium ibuprofenate as an active pharmaceutical ingredient ionic liquid (API-IL) in the aqueous amino acids solutions," *J. Chem. Thermodyn.*, vol. 103, pp. 165–175, Dec. 2016.