



## Sintesis Amil Asetat dengan Metode Refluks dan Sonikasi

Mia Baizura\*, Universitas Negeri Padang, Indonesia

Hesty Parbuntari, Universitas Negeri Padang, Indonesia

### ABSTRACT

This study aims to synthesize amyl acetate through the esterification reaction between amyl alcohol and glacial acetic acid using sulfuric acid as a catalyst, employing both reflux and sonication methods. The research was conducted to address the low efficiency and slow reaction rate of esterification, which often limits industrial-scale production. The experimental procedure involved refluxing the reactants at 100–120 °C for 60 minutes and applying sonication as an alternative technique to accelerate reaction time and improve yield. The product obtained was purified and characterized using thin-layer chromatography (TLC) to confirm the presence of amyl acetate. The results indicated that both methods successfully produced amyl acetate, with sonication showing potential to reduce reaction time compared to the conventional reflux method. These findings suggest that sonication can be an effective alternative method in ester synthesis, contributing to more efficient and environmentally friendly chemical processes.

### ARTICLE HISTORY

Submitted 15/04/2026

Revised 19/05/2026

Accepted 15/06/2026

### KEYWORDS

Amyl acetate; esterification; reflux; sonication; thin layer chromatography

### \*CORRESPONDENCE AUTHOR

✉ [miabaizura2003@email.com](mailto:miabaizura2003@email.com)

DOI: <https://doi.org/10.30743/cheds.v10i1.13354>

## 1. PENDAHULUAN

Esterifikasi merupakan reaksi penting dalam pembentukan senyawa ester, salah satunya amil asetat. Senyawa ini dihasilkan melalui reaksi antara amil alkohol dan asam asetat dengan rumus molekul  $\text{CH}_3\text{COOC}_5\text{H}_{11}$ . Amil asetat banyak dimanfaatkan dalam berbagai industri, baik sebagai bahan intermediet maupun bahan baku. Dalam industri kimia, senyawa ini digunakan sebagai pelarut pembuatan selulosa nitrat dan etil selulosa, sedangkan pada bidang farmasi dan makanan, amil asetat berperan sebagai pelarut dalam pemurnian antibiotik dan bahan pemberi flavor. Selain itu, senyawa ini juga digunakan pada industri cat, tekstil, sablon, parfum, obat-obatan, serta sebagai komponen aroma sintetis buah-buahan seperti pisang, nanas, dan raspberry (Ahmad Fuadi & Erawati, 2010; Ortega-Requena et al., 2024).

Reaksi esterifikasi dikenal sebagai reaksi yang berlangsung relatif lambat dan bersifat reversibel sehingga konversi produk yang dihasilkan sering kali dibatasi oleh kesetimbangan reaksi. Untuk meningkatkan laju reaksi, umumnya digunakan katalis asam homogen seperti asam sulfat yang mampu memprotonasi gugus karbonil pada asam karboksilat sehingga meningkatkan reaktivitasnya. Berbagai upaya telah dilakukan untuk meningkatkan konversi esterifikasi, antara lain melalui penggunaan reaktan berlebih, pengaturan suhu reaksi, dan penambahan kosolven (Fakhry & Rahayu, 2016). Namun demikian, metode konvensional yang umum digunakan, seperti refluks, masih memiliki beberapa keterbatasan, di antaranya waktu reaksi yang relatif lama, kebutuhan energi yang tinggi, serta perpindahan massa yang kurang optimal sehingga dapat membatasi pembentukan produk ester.

Beberapa penelitian sebelumnya melaporkan bahwa sintesis amil asetat melalui metode konvensional menghasilkan konversi yang masih relatif rendah, yaitu berkisar antara 40–67% tergantung kondisi operasi yang digunakan (Sánchez-Correa et al., 2023; Tan et al., 2022). Hasil tersebut menunjukkan bahwa masih diperlukan pendekatan alternatif yang mampu meningkatkan efisiensi proses esterifikasi. Salah satu metode yang berpotensi digunakan adalah sonikasi, yaitu pemanfaatan gelombang ultrasonik untuk mempercepat proses reaksi kimia. Berbeda dengan metode refluks yang hanya mengandalkan pemanasan, sonikasi menghasilkan fenomena kavitasi akustik berupa pembentukan, pertumbuhan, dan kolaps gelembung mikro di dalam medium cair. Kolaps gelembung tersebut menghasilkan kondisi lokal dengan temperatur dan tekanan tinggi dalam waktu yang sangat singkat sehingga meningkatkan turbulensi, perpindahan massa, dan frekuensi tumbukan antar molekul reaktan. Akibatnya, laju reaksi dapat meningkat dan pembentukan produk menjadi lebih efisien. (Chemat et al., 2021; Chen et al., 2020; Dorado et al., 2004)

Metode sonikasi telah banyak diterapkan pada berbagai proses kimia, termasuk ekstraksi senyawa bahan alam dan sintesis organik, karena mampu meningkatkan efisiensi proses serta mengurangi waktu reaksi dibandingkan metode konvensional (Rajasekhar et al., 2012). Meskipun demikian, kajian yang secara khusus membandingkan efektivitas



metode refluks dan sonikasi pada sintesis amil asetat masih relatif terbatas. Oleh karena itu, penelitian ini penting dilakukan untuk memperoleh informasi mengenai pengaruh metode reaksi terhadap hasil sintesis amil asetat.

Dalam penelitian ini, sintesis amil asetat dilakukan menggunakan metode refluks dan sonikasi dengan kondisi reaksi yang sama. Produk yang dihasilkan kemudian dianalisis untuk mengevaluasi keberhasilan sintesis dan membandingkan efektivitas kedua metode. Tujuan penelitian ini adalah membandingkan efektivitas metode refluks dan sonikasi dalam sintesis amil asetat berdasarkan rendemen dan karakteristik produk yang dihasilkan, serta mengkaji potensi sonikasi sebagai metode alternatif yang lebih efisien dibandingkan metode refluks konvensional.

## 2. METODE PENELITIAN

### 2.1 Jenis Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimen laboratorium dengan pendekatan komparatif eksperimental yang bertujuan untuk mensintesis amil asetat dari amil alkohol dan asam asetat glasial serta membandingkan hasil sintesis yang diperoleh menggunakan metode refluks dan metode sonikasi. Variabel bebas dalam penelitian ini adalah metode sintesis yang digunakan, yaitu metode refluks dan metode sonikasi. Variabel terikat berupa karakteristik produk amil asetat yang dihasilkan berdasarkan nilai faktor retensi ( $R_f$ ) dari hasil analisis kromatografi lapis tipis (KLT). Adapun variabel kontrol meliputi rasio molar reaktan, volume reaktan, jenis dan jumlah katalis, suhu reaksi, waktu reaksi, prosedur ekstraksi, serta kondisi analisis KLT yang dijaga tetap sama pada kedua metode sintesis.

### 2.2 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Agustus-Desember 2023 di Laboratorium Kimia Organik, Program Studi Pendidikan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Padang.

### 2.3 Target/Subjek Penelitian

Subjek penelitian adalah proses sintesis amil asetat melalui reaksi esterifikasi antara amil alkohol dan asam asetat glasial menggunakan katalis asam sulfat pekat. Target penelitian adalah memperoleh data perbandingan hasil sintesis amil asetat menggunakan metode refluks dan metode sonikasi.

Peralatan yang digunakan meliputi seperangkat alat refluks, ultrasonic bath, labu alas bulat, hotplate magnetic stirrer, corong pisah, peralatan gelas laboratorium, termometer, kertas lakmus, serta seperangkat alat kromatografi lapis tipis (KLT).

Bahan yang digunakan meliputi asam asetat glasial ( $\text{CH}_3\text{COOH}$ ), amil alkohol ( $\text{C}_5\text{H}_{11}\text{OH}$ ), asam sulfat pekat ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ), akuades, natrium bikarbonat ( $\text{NaHCO}_3$ ), natrium klorida ( $\text{NaCl}$ ), magnesium sulfat anhidrat ( $\text{MgSO}_4$ ), plat KLT silika gel, kloroform ( $\text{CHCl}_3$ ), dan metanol ( $\text{CH}_3\text{OH}$ ).

### 2.4 Prosedur

Prosedur penelitian dibagi menjadi empat tahap, yaitu sintesis amil asetat dengan refluks, sintesis dengan sonikasi, proses ekstraksi, serta karakterisasi hasil dengan kromatografi lapis tipis.

#### 2.4.1 Sintesis Amil Asetat Metode Refluks

Asam asetat glasial sebanyak 18,8751 mL dicampurkan dengan amil alkohol sebanyak 35,2427 mL dengan rasio molar 1:2. Selanjutnya ditambahkan asam sulfat pekat sebanyak 2 mL sebagai katalis. Campuran dimasukkan ke dalam labu leher tiga yang dilengkapi kondensor refluks dan diaduk menggunakan magnetic stirrer dalam sistem tertutup. Reaksi dilakukan pada suhu  $60^\circ\text{C}$  selama 2 jam. Setelah proses refluks selesai, campuran didinginkan hingga mencapai suhu ruang untuk memperoleh produk hasil sintesis (Fakhry & Rahayu, 2016; Sánchez-Correa et al., 2023).

#### 2.4.2 Sintesis Amil Asetat Metode Sonikasi

Asam asetat glasial sebanyak 18,8751 mL dicampurkan dengan amil alkohol sebanyak 35,2427 mL dengan rasio molar 1:2. Selanjutnya ditambahkan asam sulfat pekat sebanyak 2 mL sebagai katalis. Campuran dimasukkan ke dalam labu alas bulat dan disonikasi menggunakan ultrasonic bath dengan frekuensi 40 kHz pada suhu  $60^\circ\text{C}$  selama 2 jam. Setelah proses sonikasi selesai, campuran didinginkan hingga mencapai suhu ruang untuk memperoleh produk hasil sintesis (Chemat et al., 2021; Mason & Lorimer, 2002).

#### 2.4.3 Proses Ekstraksi

Produk hasil reaksi dimasukkan ke dalam corong pisah, kemudian ditambahkan 50 mL akuades dan dikocok perlahan hingga terbentuk dua lapisan. Fase organik dicuci menggunakan 25 mL larutan  $\text{NaHCO}_3$  5% untuk menetralkan sisa asam. Apabila pH masih bersifat asam, ditambahkan kembali 25 mL larutan  $\text{NaHCO}_3$  5%. Selanjutnya campuran

dicuci menggunakan larutan NaCl 1 M sebanyak  $2 \times 5$  mL. Fase organik kemudian dikeringkan menggunakan 1 g  $MgSO_4$  anhidrat hingga diperoleh produk amil asetat (Sudarmadji et al., 1997; Widyarningsih et al., 2014).

#### 2.4.4 Karakterisasi dengan Kromatografi Lapis Tipis

Karakterisasi hasil sintesis dilakukan menggunakan metode kromatografi lapis tipis (KLT) dengan plat silika gel berukuran  $5 \times 10$  cm. Sampel ditotolkan pada garis awal plat, kemudian dielusi menggunakan campuran kloroform dan metanol sebagai fase gerak dengan variasi perbandingan 0:10, 3:7, 7:3, dan 10:0 (v/v). Setelah eluen mencapai batas migrasi yang ditentukan, plat dikeluarkan dari chamber dan dikeringkan pada suhu ruang. Bercak yang terbentuk kemudian diamati dan nilai faktor retensi ( $R_f$ ) dihitung berdasarkan perbandingan jarak migrasi bercak terhadap jarak migrasi eluen (Bele & Khale, 2011; Silver, 2020).

#### 2.5 Data, Instrumen, dan Teknik Pengumpulan Data

Data yang diperoleh dalam penelitian ini berupa data hasil sintesis amil asetat menggunakan metode refluks dan metode sonikasi serta nilai faktor retensi ( $R_f$ ) hasil analisis kromatografi lapis tipis (KLT). Instrumen yang digunakan untuk pengumpulan data meliputi seperangkat alat sintesis dan seperangkat alat KLT. Data dikumpulkan melalui pengamatan langsung terhadap produk hasil sintesis dan pengukuran jarak migrasi bercak serta jarak migrasi eluen pada plat KLT untuk menentukan nilai  $R_f$ .

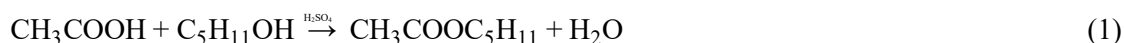
#### 2.6 Teknik Analisis Data

Data dianalisis secara deskriptif-komparatif untuk membandingkan hasil sintesis amil asetat yang diperoleh melalui metode refluks dan metode sonikasi. Analisis dilakukan berdasarkan karakteristik produk yang dihasilkan dan nilai faktor retensi ( $R_f$ ) yang diperoleh dari hasil kromatografi lapis tipis (KLT). Nilai  $R_f$  dihitung dengan membandingkan jarak migrasi bercak sampel terhadap jarak migrasi eluen, kemudian dibandingkan dengan nilai  $R_f$  yang dilaporkan dalam literatur untuk mengidentifikasi terbentuknya amil asetat. Selanjutnya, hasil yang diperoleh dari kedua metode dibandingkan untuk mengevaluasi efektivitas metode sintesis yang digunakan.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1 Hasil Sintesis Amil Asetat Menggunakan Metode Refluks dan Sonikasi

Sintesis amil asetat dilakukan melalui reaksi esterifikasi antara amil alkohol dan asam asetat dengan katalis asam sulfat. Katalis asam sulfat berfungsi mempercepat reaksi melalui protonasi gugus karbonil asam asetat sehingga lebih mudah bereaksi dengan amil alkohol. Selain itu, asam sulfat juga berperan sebagai dehydrating agent yang membantu menggeser kesetimbangan reaksi ke arah pembentukan ester dengan mengurangi jumlah air yang terbentuk selama reaksi (Fakhry & Rahayu, 2016; Fessenden, 1982).



(a) Refluks

(b) Sonikasi

Gambar 1: Pemisahan fase organik dan fase akuatik pada hasil sintesis amil asetat

Setelah proses sintesis dan pemurnian, diperoleh produk berupa cairan bening dengan aroma khas pisang yang merupakan karakteristik amil asetat. Aroma tersebut sesuai dengan sifat isoamil asetat yang dikenal sebagai senyawa penyusun aroma pisang alami (Rentería-Martínez et al., 2021; Sudarmadji et al., 1997; Zare et al., 2020). Hasil sintesis amil asetat menggunakan metode refluks dan sonikasi disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1: Perbandingan volume produk dan rendemen amil asetat hasil sintesis dengan metode refluks dan sonikasi

Metode Sintesis	Suhu (°C)	Waktu Reaksi (jam)	Volume Produk (mL)	Rendemen (%)
Refluks	60	2	42	77,62
Sonikasi	60	2	44	81,32

Peningkatan rendemen tersebut menunjukkan bahwa energi ultrasonik mampu meningkatkan efisiensi proses esterifikasi. Efek ini berkaitan dengan fenomena kavitasi akustik yang terjadi selama proses sonikasi. Gelombang ultrasonik menghasilkan gelembung-gelembung mikroskopis yang tumbuh dan kemudian mengalami implosi. Peristiwa tersebut menghasilkan daerah dengan tekanan dan temperatur lokal yang tinggi sehingga meningkatkan perpindahan massa, memperbesar kontak antarreaktan, dan meningkatkan frekuensi tumbukan efektif antar molekul reaktan (Mason & Lorimer, 2002; Pili et al., 2011).

Meningkatnya perpindahan massa menyebabkan reaktan lebih cepat berinteraksi dan membentuk produk ester. Kondisi ini menjadikan proses esterifikasi berlangsung lebih efisien dibandingkan metode refluks yang hanya mengandalkan pemanasan konvensional. Oleh karena itu, pada kondisi reaksi yang sama, metode sonikasi mampu menghasilkan konversi reaktan yang lebih tinggi yang ditunjukkan oleh peningkatan rendemen produk.

Selain dipengaruhi oleh metode sintesis, kualitas produk juga dipengaruhi oleh tahap pemurnian. Pencucian menggunakan larutan  $\text{NaHCO}_3$  berfungsi menghilangkan sisa asam yang tidak bereaksi, sedangkan penambahan  $\text{NaCl}$  dan  $\text{MgSO}_4$  anhidrat membantu mengurangi kandungan air pada fase organik. Tahapan ini menghasilkan produk yang lebih jernih dan meminimalkan keberadaan pengotor yang dapat memengaruhi hasil karakterisasi.

Berdasarkan parameter rendemen, metode sonikasi menunjukkan kinerja yang lebih baik dibandingkan metode refluks. Meskipun selisih rendemen yang diperoleh tidak terlalu besar, peningkatan sebesar 3,70% menunjukkan bahwa pemanfaatan gelombang ultrasonik berpotensi meningkatkan efisiensi sintesis amil asetat melalui mekanisme kavitasi yang mempercepat proses reaksi.

### 3.2 Karakterisasi Menggunakan Kromatografi Lapis Tipis (KLT)

Karakterisasi produk hasil sintesis dilakukan menggunakan kromatografi lapis tipis (KLT) untuk mengevaluasi karakteristik migrasi senyawa hasil reaksi dibandingkan dengan pereaksi awal. Sebelum proses elusi, chamber dijenuhkan menggunakan campuran kloroform dan metanol sebagai fase gerak. Penjenuhan chamber bertujuan menyamaratakan tekanan uap fase gerak sehingga proses pemisahan berlangsung lebih stabil dan menghasilkan resolusi bercak yang lebih baik (Spangenberg et al., 2022; Syafi'i et al., 2018).

Sementara proses penjenuhan berlangsung, amil asetat, asam asetat dan amil alkohol ditotolkan pada lempeng KLT dengan menggunakan pipa kapiler. Tujuan digunakan pipa kapiler adalah untuk memperkecil luas permukaan penotolan, sehingga elusi yang terjadi dapat lebih sempurna. Setelah proses penjenuhan selesai, lempeng KLT yang telah diberi totolan dimasukkan ke dalam fase gerak (Widyaningsih et al., 2014; Wilson & Poole, 2023). Ditunggu sampai larutan fase gerak naik sampai batas yang diinginkan. Kemudian bercak diamati di bawah sinar UV. Nilai Rf yang dihasilkan dengan 4 variasi eluen adalah sebagai berikut.

Tabel 2: Hasil Analisis KLT Amil Asetat pada Berbagai Komposisi Eluen Kloroform–Metanol

No	Eluent (Chloroform : Methanol)	Rf (Sonication)	Rf (Reflux)
1	0 : 10	0,9	0
2	3 : 7	0,88	0
3	7 : 3	0,86	0
4	10 : 0	0,73	0,88

Hasil analisis menunjukkan bahwa nilai Rf amil asetat hasil sonikasi berada pada rentang 0,73–0,90, sedangkan pada metode refluks bercak amil asetat hanya teramati pada eluen kloroform:metanol (10:0) dengan nilai Rf sebesar 0,88. Nilai Rf tersebut relatif mendekati nilai Rf isoamil asetat yang dilaporkan dalam literatur, yaitu 0,54 pada eluen benzena dan 0,31 pada campuran trifluorotrikloroetana–metilen klorida (Bele & Khale, 2011), serta 0,78 pada fase gerak petroleum eter:benzena (1:1) (Oellig et al., 2020). Perbedaan nilai Rf antara penelitian ini dan literatur dapat disebabkan oleh perbedaan komposisi fase gerak, jenis fase diam, kondisi pengembangan kromatogram, dan kondisi lingkungan selama analisis.

Perbedaan nilai Rf pada berbagai komposisi eluen menunjukkan bahwa polaritas fase gerak memengaruhi migrasi senyawa pada plat KLT. Metanol merupakan pelarut yang lebih polar dibandingkan kloroform. Oleh karena itu, peningkatan proporsi metanol dalam fase gerak meningkatkan polaritas eluen sehingga senyawa lebih mudah terbawa oleh fase gerak dan bergerak lebih jauh pada permukaan silika gel, yang menyebabkan nilai Rf cenderung lebih tinggi (Guan et al., 2025; Silver, 2020). Hal ini terlihat pada hasil sonikasi, di mana nilai Rf amil asetat tertinggi diperoleh

pada eluen metanol murni (0:10) sebesar 0,90 dan menurun menjadi 0,73 pada eluen kloroform murni (10:0). Sebaliknya, peningkatan proporsi kloroform menurunkan polaritas fase gerak sehingga interaksi senyawa dengan fase diam menjadi lebih dominan dan migrasi senyawa berlangsung lebih lambat.

Tabel 3: Hasil Analisis KLT Asam Asetat pada Berbagai Komposisi Eluen Kloroform–Metanol

No	Eluent (Chloroform : Methanol)	Rf (Sonication)	Rf (Reflux)
1	0 : 10	0,13	0,13
2	3 : 7	0,05	0,1
3	7 : 3	0,05	0,1
4	10 : 0	0,51	0,81

Pada analisis asam asetat diperoleh nilai Rf yang relatif rendah pada sebagian besar variasi eluen, yaitu berkisar antara 0,05–0,13, kecuali pada eluen kloroform murni (10:0) yang menunjukkan nilai Rf lebih tinggi. Hasil ini menunjukkan bahwa asam asetat masih memiliki interaksi yang cukup kuat dengan fase diam silika gel yang bersifat polar dan bahwa sistem pemisahan sangat dipengaruhi oleh komposisi fase gerak yang digunakan.

Tabel 4: Hasil Analisis KLT Amil Alkohol pada Berbagai Komposisi Eluen Kloroform–Metanol

No	Eluent (Chloroform : Methanol)	Rf (Sonication)	Rf (Reflux)
1	0 : 10	0	0
2	3 : 7	0	0
3	7 : 3	0	0
4	10 : 0	0	0

Bercak amil alkohol tidak teramati pada seluruh variasi eluen yang digunakan. Kondisi ini tidak dapat langsung diartikan bahwa amil alkohol tidak ada dalam sampel atau telah bereaksi sempurna. Tidak terdeteksinya bercak dapat dipengaruhi oleh konsentrasi sampel, sensitivitas deteksi di bawah sinar UV, atau interaksi senyawa dengan fase diam yang menyebabkan migrasi tidak teramati secara jelas pada kondisi pengujian yang digunakan.

## 4. SIMPULAN DAN SARAN

### 4.1 Simpulan

1. Sintesis amil asetat berhasil dilakukan melalui reaksi esterifikasi antara amil alkohol dan asam asetat menggunakan katalis asam sulfat ( $H_2SO_4$ ) dengan metode refluks dan sonikasi.
2. Metode sonikasi menghasilkan rendemen amil asetat sebesar 81,32%, lebih tinggi dibandingkan metode refluks sebesar 77,62%. Hasil tersebut menunjukkan bahwa penggunaan gelombang ultrasonik berpotensi meningkatkan efisiensi sintesis amil asetat melalui fenomena kavitasi yang mempercepat perpindahan massa dan meningkatkan kontak antarreaktan.
3. Karakterisasi menggunakan kromatografi lapis tipis (KLT) menunjukkan nilai Rf amil asetat hasil sonikasi sebesar 0,73; 0,86; 0,88; dan 0,90 pada berbagai komposisi eluen, sedangkan hasil refluks menunjukkan nilai Rf sebesar 0,88 pada eluen kloroform:metanol (10:0). Variasi nilai Rf pada metode sonikasi dipengaruhi oleh perbedaan komposisi fase gerak yang digunakan. Nilai Rf yang diperoleh mendekati nilai yang dilaporkan dalam literatur sehingga mendukung terbentuknya amil asetat sebagai produk hasil sintesis.

### 4.2 Saran

1. Perlu dilakukan optimasi kondisi sintesis, meliputi waktu reaksi, suhu, rasio molar pereaksi, dan frekuensi ultrasonik untuk meningkatkan rendemen amil asetat.
2. Perlu dikembangkan penggunaan katalis alternatif yang lebih ramah lingkungan dan memiliki efisiensi katalitik yang baik.
3. Karakterisasi produk sebaiknya dilengkapi dengan teknik spektroskopi atau kromatografi, seperti FTIR, GC-MS, atau NMR, untuk meningkatkan validitas identifikasi senyawa.
4. Penelitian lanjutan dapat diarahkan pada kajian potensi aplikasi amil asetat hasil sintesis dalam berbagai bidang industri.
5. Perlu dilakukan penelitian pada skala yang lebih besar untuk mengevaluasi kelayakan penerapan metode sonikasi dalam produksi amil asetat.

## 5. DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad Fuadi, A., & Erawati, E. (2010). *Kimia organik: Ester dan aplikasinya*. Prenada Media Group.
- Bele, A. A., & Khale, A. (2011). An overview on thin layer chromatography. *International Journal of Pharmaceutical Sciences and Research*, 2(2), 256–267. [https://doi.org/10.13040/IJPSR.0975-8232.2\(2\).256-67](https://doi.org/10.13040/IJPSR.0975-8232.2(2).256-67)
- Chemat, F., Vian, M. A., & Ravi, H. K. (2021). Green extraction of natural products using ultrasound-assisted technologies. *Ultrasonics Sonochemistry*, 70, 105311. <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2020.105311>
- Chen, L., Liu, Y., Cao, Z., Yang, G., Zhou, A., & Zhou, Z. (2020). Thermodynamic and kinetic study on the catalysis of isoamyl acetate by a cation-exchange resin in an intensified fixed-bed reactor. *ACS Omega*, 5(40), 25810–25818. <https://doi.org/10.1021/acsomega.0c03116>
- Dorado, M. P., Ballesteros, E., Mittelbach, M., & López, F. J. (2004). Kinetic parameters affecting the alkali-catalyzed transesterification process of used olive oil. *Energy & Fuels*, 18(5), 1457–1462. <https://doi.org/10.1021/ef034088o>
- Fakhry, M. N., & Rahayu, S. S. (2016). Pengaruh suhu pada esterifikasi amil alkohol dengan asam asetat menggunakan asam sulfat sebagai katalisator. *Jurnal Rekayasa Proses*, 10(2), 64–69. <https://doi.org/10.22146/jrekpro.33339>
- Fessenden, R. J. (1982). *Kimia organik* (Edisi ke-3). Erlangga.
- Guan, G., Zhang, Y., Qian, J., Wang, F., Qu, L., & Zou, B. (2025). Advancements in the research on the preparation of isoamyl acetate catalyzed by immobilized lipase. *Materials*, 18(11), 2476. <https://doi.org/10.3390/ma18112476>
- Mason, T. J., & Lorimer, J. P. (2002). *Applied sonochemistry: The uses of power ultrasound in chemistry and processing*. Wiley-Blackwell. <https://doi.org/10.1002/352760054X>
- Oellig, C., Link, K., & Schwack, W. (2020). Characterization of E 472 food emulsifiers by high-performance thin-layer chromatography with fluorescence detection and mass spectrometry. *Journal of Chromatography A*, 1618, 460874. <https://doi.org/10.1016/j.chroma.2020.460874>
- Ortega-Requena, S., Rebouillat, S., Pla, F., & Garrigós, M. C. (2024). Esters in the food and cosmetic industries. *Molecules*, 29(1), 168. <https://doi.org/10.3390/molecules29010168>
- Pilli, S., Bhunia, P., Yan, S., LeBlanc, R. J., Tyagi, R. D., & Surampalli, R. Y. (2011). Ultrasonic pretreatment of sludge: A review. *Ultrasonics Sonochemistry*, 18(1), 1–18. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2010.02.014>
- Rajasekhar, P., Fan, L., Nguyen, T., & Roddick, F. A. (2012). A review of the use of sonication to control cyanobacterial blooms. *Water Research*, 46(14), 4319–4329. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2012.05.054>
- Rentería-Martínez, O., Páez-Lerma, J. B., Rojas-Contreras, J. A., López-Miranda, J., Martell-Nevárez, M. A., & Soto-Cruz, N. O. (2021). Enhancing isoamyl acetate biosynthesis by *Pichia* fermentans. *Revista Mexicana de Ingeniería Química*, 20(2), 621–633. <https://doi.org/10.24275/rmiq/Bio2125>
- Sánchez-Correa, C. A., Gil-Chaves, I. D., & Rodríguez-Niño, G. (2023). Kinetics of acetic acid and isoamyl alcohol liquid esterification over Amberlyst-70. *Chemical Engineering Research and Design*, 196, 642–655. <https://doi.org/10.1016/j.cherd.2023.07.004>
- Silver, J. (2020). Let us teach proper thin layer chromatography technique! *Journal of Chemical Education*, 97(12), 4217–4219. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.0c00437>
- Spangenberg, B., Seigel, A., & Brämer, R. (2022). Screening of orange peel waste on valuable compounds by gradient multiple development diode-array high-performance thin-layer chromatography. *JPC: Journal of Planar Chromatography: Modern TLC*, 35, 313–330. <https://doi.org/10.1007/s00764-022-00176-2>
- Sudarmadji, S., Haryono, B., & Suhardi. (1997). *Prosedur analisa untuk bahan makanan dan pertanian*. Liberty.
- Syafi'i, M., Rohaeti, E., Wahyuni, W. T., Rafi, M., & Septaningsih, D. A. (2018). Analisis sidik jari kromatografi lapis tipis rimpang temu mangga (*Curcuma mangga*). *Jurnal Jamu Indonesia*, 3(3), 109–115. <https://doi.org/10.29244/jji.v3i3.68>
- Tan, D., Fan, W., Wu, S.-W., Zhang, D., & Mau, Y. (2022). Transesterification of isoamyl acetate: An experiment in green chemistry. *Journal of Chemical Education*. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.1c01027>
- Widyaningsih, W., Budiasih, I. N., Kurniawan, W. A., Chasani, M., & Nursalim, V. H. (2014). Sintesis, pemurnian dan karakterisasi metil ester sulfonat (MES) sebagai bahan inti detergen dari minyak biji nyamplung (*Calophyllum inophyllum* L.). *Molekul*, 9(1). <https://doi.org/10.20884/1.jm.2014.9.1.151>
- Wilson, I. D., & Poole, C. F. (2023). Planar chromatography: Current practice and future prospects. *Journal of Chromatography B*, 1214, 123553. <https://doi.org/10.1016/j.jchromb.2022.123553>
- Zare, M., Golmakani, M. T., & Sardarian, A. (2020). Green synthesis of banana flavor using different catalysts: A comparative study of different methods. *Green Chemistry Letters and Reviews*, 13(2), 82–91. <https://doi.org/10.1080/17518253.2020.1737739>