

IDENTIFIKASI KOMPONEN METIL ESTER HASIL REAKSI INTERESTERIFIKASI MINYAK JELANTAH DENGAN BIOKATALIS EKSTRAK DAUN SALAM

¹Elvianto Dwi Daryono*, ¹Fitri Icha Oryza Sativa, ¹Tia Ardyah Wahyu Cahyani, ¹Rizky Nartika Nurfitri, ¹Eka Maretyaningsih Agung Purwanti, ²Ahmad Faizal Alfiniam

¹Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Nasional, Malang 65143, Indonesia

²Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Nasional, Malang 65143, Indonesia

*Penulis korespondensi: elviantodaryono@lecturer.itn.ac.id

Abstrak. Sintesa biodiesel terkendala dengan banyaknya tahapan proses yang harus dilakukan. Proses menjadi lebih efisien jika tahapan proses bisa dikurangi terutama pada tahap pemisahan produk samping dan katalis. Proses interesterifikasi minyak jelantah dengan biokatalis senyawa aromatik adalah solusi untuk mengatasi masalah tersebut. Ekstrak daun salam mengandung senyawa aromatik kuersetin yang berpotensi sebagai biokatalis pada pembuatan biodiesel tanpa pemisahan karena sebagai bioaditif. Penelitian bertujuan untuk mengetahui pengaruh waktu reaksi dan konsentrasi biokatalis ekstrak daun salam pada konsentrasi metil ester yang dihasilkan pada reaksi interesterifikasi minyak jelantah menjadi biodiesel. Berat minyak jelantah yang digunakan 250 g, rasio mol minyak:metil asetat = 1:6, suhu 60°C, *stirring speed* 300 rpm, konsentrasi biokatalis (1%, 2% dan 3%) dan waktu reaksi (15 – 75 menit). Minyak jelantah, metil asetat, dan biokatalis dimasukkan ke dalam labu berleher tiga, kemudian campuran direaksikan sesuai parameter operasi yang telah ditetapkan. Hasil terbaik diperoleh pada proses interesterifikasi minyak jelantah menggunakan biokatalis ekstrak daun salam sebesar 1% dengan durasi reaksi 30 menit, yang menghasilkan konsentrasi metil ester sebesar 4.781,5635 mg/L.

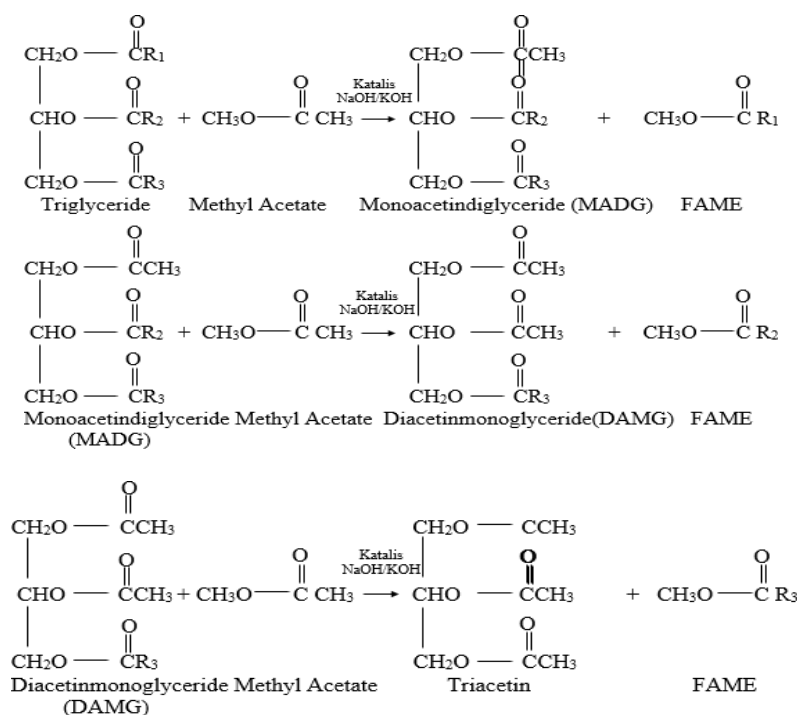
Kata kunci: biodiesel, interesterifikasi, biokatalis, daun salam, metil ester

Abstract. Biodiesel synthesis is often constrained by the numerous processing steps required. The process can be made more efficient by reducing these steps, particularly those involving the separation of by-products and catalysts. The interesterification of waste cooking oil using an aromatic compound-based biocatalyst offers a solution to this challenge. Bay leaf extract contains the aromatic compound quercetin, which has potential as a biocatalyst in biodiesel production without the need for catalyst separation, as it can function as a bioadditive. This study aimed to evaluate the effects of reaction time and bay leaf extract biocatalyst concentration on the methyl ester concentration produced from the interesterification of waste cooking oil into biodiesel. A total of 250 g of waste cooking oil was used, with an oil-to-methyl acetate molar ratio of 1:6, a reaction temperature of 60°C, and a stirring speed of 300 rpm. The biocatalyst concentrations were varied at 1%, 2%, and 3%, while reaction times ranged from 15 to 75 minutes. Waste cooking oil, methyl acetate, and the biocatalyst were introduced into a three-neck flask, and the mixture was reacted under the specified operating conditions. The optimum result was achieved using 1% bay leaf extract biocatalyst with a reaction time of 30 minutes, yielding a methyl ester concentration of 4,781.5635 mg/L.

Keywords: biodiesel, interesterification, biocatalyst, bay leaf, methyl ester

1. Pendahuluan

Biodiesel adalah bahan bakar terbarukan dengan banyak keunggulan dibandingkan solar (Ridwan et al., 2022). Substitusi energi fosil menjadi energi non fosil masih mengharapkan biodiesel untuk menggantikan solar yang akan habis pada waktunya. Penelitian-penelitian proses pembuatan biodiesel terus dilakukan untuk mendapatkan proses yang paling efisien, efektif dan ekonomis. Bahan baku biodiesel yang paling ekonomis adalah minyak jelantah sisa rumah tangga yang cukup berbahaya jika langsung dibuang ke lingkungan (Alamsyah, Kalla and Ifa, 2017; Al Qory, Ginting and Bahri, 2021). Proses interesterifikasi lebih efisien dibanding proses transesterifikasi karena produk samping yang dihasilkan yaitu triasetin tidak perlu dipisahkan dari produk utama metil ester (Casas et al., 2010; Casas, Ramos and Pérez, 2011; Kusumaningtyas, Pristiyan and Dewajani, 2016). Triasetin dapat digunakan sebagai bioaditif yang akan meningkatkan kualitas biodiesel (Casas et al., 2010; Calero et al., 2015). Proses interesterifikasi umumnya menggunakan katalis basa yang memerlukan proses pemisahan di akhir reaksi (Chuepeng and Komintarachat, 2018). Reaksi netralisasi perlu dilakukan untuk memisahkan katalis basa dari campuran hasil reaksi (Daryono et al., 2021; 2022). **Gambar 1.** merupakan persamaan reaksi interesterifikasi trigliserida dan metil asetat dengan katalis basa yang terdiri dari 3 tahap reaksi.

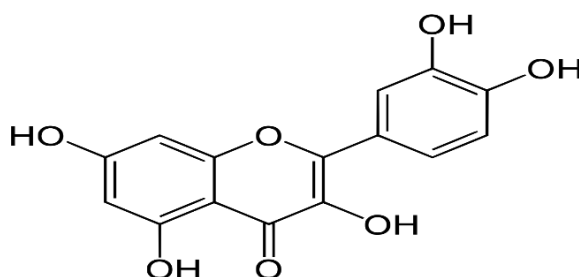


Gambar 1. Persamaan Reaksi Interesterifikasi dengan Katalis Basa (Daryono, 2020)

Proses interesterifikasi akan lebih efisien jika katalis yang digunakan tidak perlu proses pemisahan di akhir reaksi. Fungsi katalis selain mempercepat reaksi juga akan meningkatkan kualitas biodiesel. Biokatalis dari bahan-bahan alami seperti minyak atsiri atau senyawa aromatic sangat berpotensi untuk dikembangkan (Erli, Wardenaar and Muflihati, 2015; Wardoyo et al., 2020; 2021). Beberapa penelitian proses pembuatan biodiesel dengan menggunakan biokatalis senyawa aromatik telah dilakukan. Pada proses interesterifikasi minyak kelapa sawit dengan katalis minyak kayu putih mendapatkan *crude yield* 66% dan angka asam yang memenuhi standard serta komponen metil ester terbesar adalah metil heksanoat (Daryono and Dewi, 2022). Kandungan 1,8-cineole pada minyak kayu putih komersial berdasarkan analisis GC-MS adalah 29,60% (Daryono et al., 2025).

Pada pembuatan biodiesel dengan biokatalis eugenol mendapatkan *crude yield* 83%, metil ester yang memenuhi standard dan komponen metil ester terbesar adalah metil heksanoat (Daryono, Jimmy and Setyawati, 2024). Kandungan eugenol minyak atsiri cengkeh komersial dari hasil analisis GC adalah 25,26% (Daryono, 2015). Eugenol adalah senyawa aromatik organik yang mempunyai 1 gugus aril/aromatik. Proses interesterifikasi minyak jelantah dengan biokatalis kurkumin mendapatkan *crude yield* 91,74% dengan berat jenis dan angka asam yang memenuhi SNI 7182-2015 serta metil ester terbesar adalah metil palmitat (Daryono, Widi and Purnomo, 2025). Kurkumin merupakan senyawa aromatik organik dengan 2 gugus aril/aromatik berwarna kuning/oranye yang terkandung pada ekstrak kunyit atau temulawak. Dari hasil-hasil penelitian diatas membuktikan bahwa proses pembuatan biodiesel dengan biokatalis senyawa aromatik mendapatkan hasil yang cukup memuaskan. Biokatalis senyawa aromatik organik tidak perlu dipisahkan karena bersifat sebagai antioksidan yang mencegah reaksi oksidasi pada biodiesel (Daryono, 2015).

Daun salam (*Syzygium Polyanthum*) adalah rempah daun yang cukup banyak digunakan. Ekstrak daun salam dipercaya bisa menurunkan kadar trigliserida pada darah (Harismah and Chusniatun, 2016). Kandungan senyawa aromatik pada daun salam adalah kuersetin, eugenol dan metil kavikol (Sipahelut, 2019). Pengujian menunjukkan bahwa kuersetin memiliki aktivitas antioksidan yang sangat tinggi dengan nilai IC_{50} sebesar 7,585 ppm. Selain itu, total kandungan flavonoid yang dihitung sebagai kuersetin dalam ekstrak etanol daun salam 70% tercatat sebesar $350 \pm 1,76$ ppm (Islamiyati and Saputri, 2018). Penelitian lain mendapatkan kandungan flavonoid total sebagai kuersetin pada ekstrak etanol daun salam sebesar 0,04% (Hidayati, Rahayyu and Azzahra, 2023). Aktivitas antioksidan kuersetin dengan nilai IC_{50} sebesar 6,627 ppm serta kadar total flavonoid sebagai kuersetin pada ekstrak metanol daun salam sebesar 27,31 mgQE/g ekstrak (Anggitasari et al., 2023). Kuersetin adalah komponen utama pada ekstrak daun salam merupakan senyawa aromatik dengan dua gugus aril yang berpotensi digunakan sebagai biokatalis. Gugus aril pada senyawa aromatik dengan delokalisasi elektron menghasilkan medan magnet yang akan mempengaruhi kestabilan reaktan sehingga akan mudah bereaksi membentuk senyawa baru (Daryono, Jimmy and Setyawati, 2024; Daryono et al., 2025; Daryono, Widi and Purnomo, 2025). Penelitian bertujuan untuk mendapatkan kondisi optimum reaksi interesterifikasi antara minyak jelantah dan metil asetat yang memanfaatkan ekstrak daun salam sebagai biokatalis yang berhubungan dengan komponen metil ester yang dihasilkan. **Gambar 2.** adalah struktur kimia kuersetin yang terdapat pada ekstrak daun salam.



Gambar 2. Struktur Kimia Kuersetin

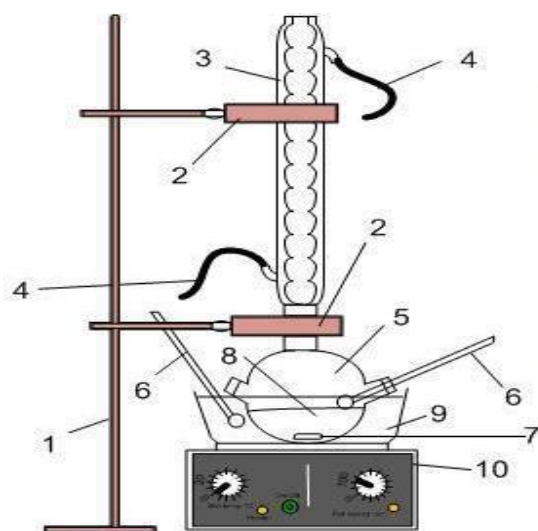
2. Bahan dan Metode

2.1. Bahan

Bahan-bahan adalah arang kayu, aseton (Sigma-Aldrich, 97%), daun salam, KOH (Merck, 90%), indikator PP, *aquadest*, metil asetat (Sigma-Aldrich, 99,9%) dan minyak jelantah sisa hasil penggorengan.

2.2. Alat

Peralatan yang digunakan meliputi labu Erlenmeyer, silinder ukur 500 mL, serta batang pengaduk, *beaker glass* 250 mL dan 500 mL, corong kaca, kertas saring, pipet volume, pipet tetes, labu leher tiga satu liter dengan *reflux*, *hot plate magnetic stirrer*, alat distilasi lengkap dengan kondensor, neraca analitik, statif dan klem. **Gambar 3.** adalah ilustrasi reaktor dan kelengkapannya yang digunakan untuk reaksi interesterifikasi minyak jelantah dengan biokatalis ekstrak daun salam.



Deskripsi Alat:

1. Statif
2. Klem
3. Kondensor refluk
4. *Cooling water*
5. Reaktor
6. Termometer
7. Pengaduk Magnet
8. Wadah media pemanas
10. *Hot plate*
11. Pengatur pengadukan
12. Pengatur suhu

Gambar 3. Rangkaian Reaktor Proses Interesterifikasi

2.3. Pembuatan Arang Aktif

Arang kayu dihaluskan dan diayak ukuran 70 mesh. Arang kayu dengan berat 500 g direndam dengan larutan KOH 30% sebanyak 500 mL selama \pm 24 jam. Arang kayu ditiriskan dan dioven suhu 150°C selama 1 jam (Prayogo, Lestari and Wicaksono, 2012).

2.4. Pemurnian Minyak Jelantah

Minyak jelantah sebanyak 900 g ditambahkan arang aktif 10% dari berat minyak dan dipanaskan hingga suhu 100°C. Setelah mencapai suhu yang diinginkan, lalu dilakukan pengadukan selama 20 menit dengan kecepatan pengadukan 300 rpm. Campuran minyak jelantah dan arang aktif dipisahkan dengan cara filtrasi menggunakan kertas saring dan corong kaca (Prayogo, Lestari and Wicaksono, 2012).

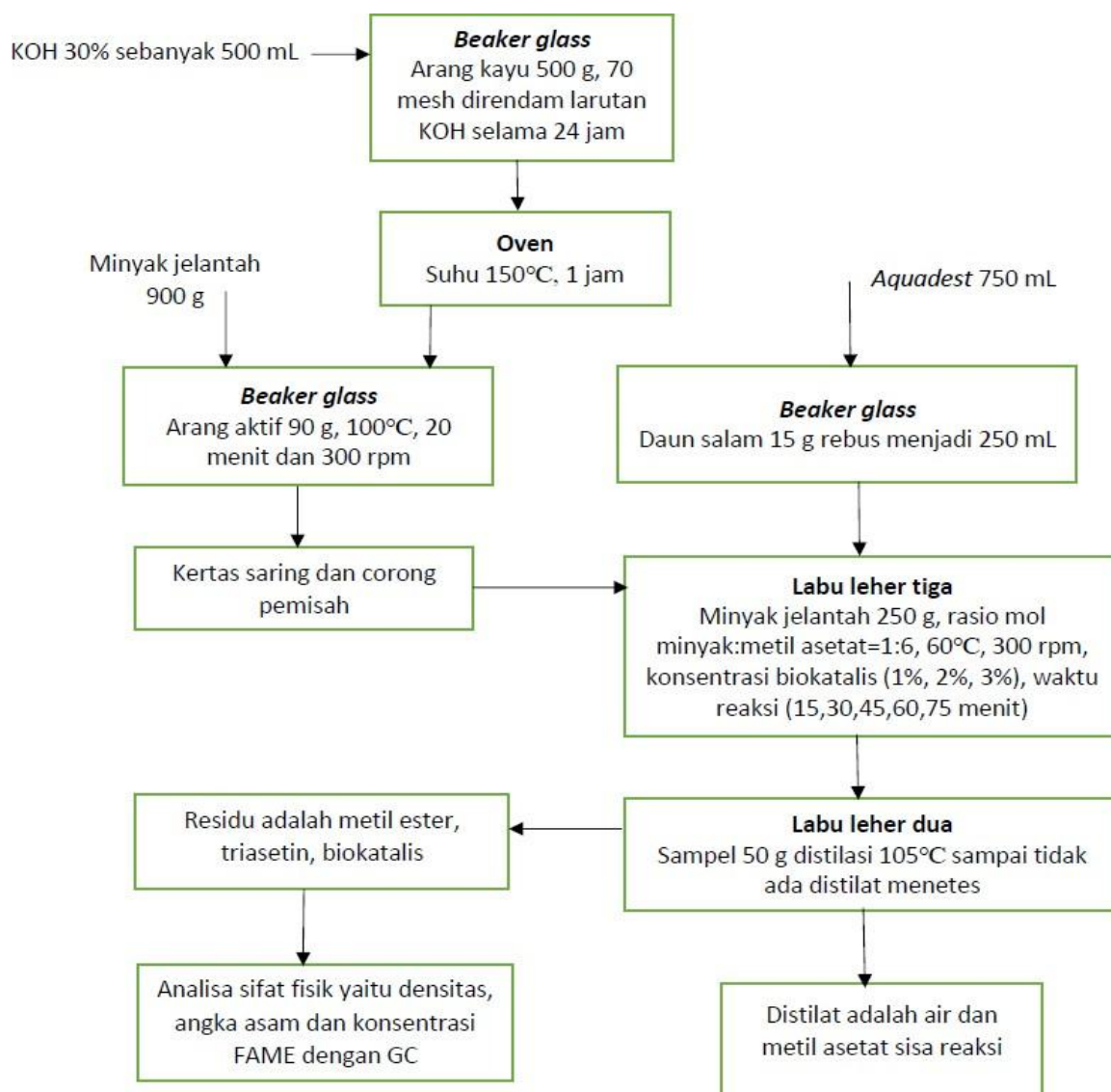
2.5. Ekstraksi Daun Salam

Daun salam dicuci bersih, dikeringkan dan ditimbang sebanyak 15 g. Daun salam direbus dengan *aquadest* sebanyak 750 mL hingga rebusan airnya berkurang menjadi 250 mL (Harismah and Chusniatun, 2016).

2.6. Reaksi Interesterifikasi dengan Biokatalis Ekstrak Daun Salam

Minyak jelantah sebanyak 250 g dan metil asetat dengan rasio mol 1:6 dipanaskan hingga suhu 60°C di dalam reaktor. Setelah suhu tercapai, biokatalis ekstrak daun salam

dengan konsentrasi 1%, 2% dan 3% dari berat minyak jelantah dicampurkan dan reaksi interesterifikasi dilakukan pada kecepatan pengadukan 300 rpm dengan waktu reaksi 15, 30, 45, 60 dan 75 menit. Selama reaksi suhu dijaga konstan 60°C dengan adanya *reflux* metil asetat. Setiap variabel waktu reaksi sampel sebanyak 50 g diambil untuk dilakukan proses pemisahan metil asetat sisa reaksi. Diagram alir penelitian ditampilkan pada **Gambar 4**.



Gambar 4. Diagram Alir Penelitian

2.7. Pemisahan Metil Asetat Sisa Reaksi Interesterifikasi

Sampel sebanyak 50 g didistilasi pada suhu 105°C sampai tidak ada distilat yang menetes dengan tujuan untuk memisahkan metil asetat dan air sisa reaksi. Residu hasil distilasi yaitu produk metil ester + triasetin + biokatalis (Daryono et al., 2022) dianalisis konsentrasi dan komposisi metil esternya dengan GC (*Gas Chromatography*). GC yang digunakan merk Shimadzu dengan kondisi:

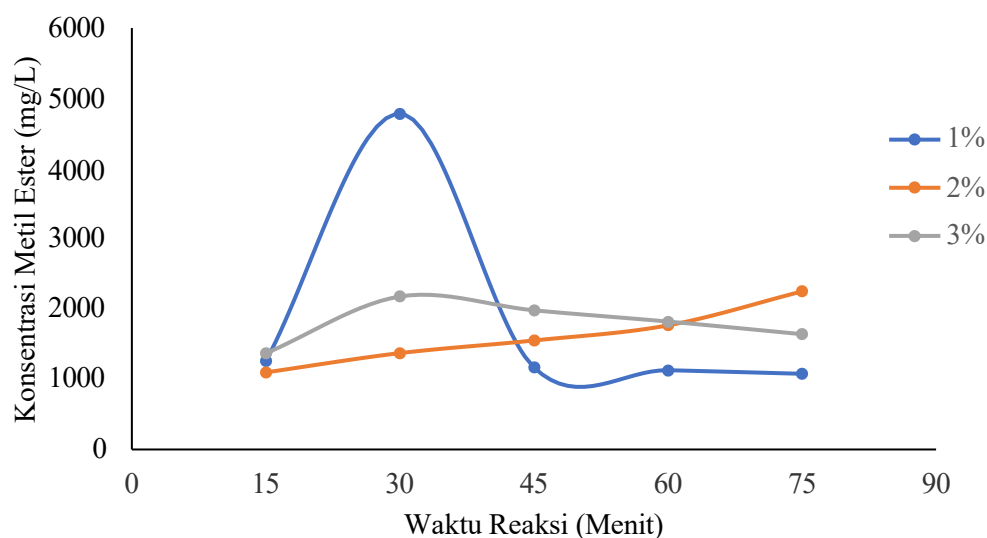
- Column : BPX5 0,25 μ m, 12 m x 0,53 mm ID
- Initial temp : 100°C; 0,5 min
- Rate 1 : 50°C/min
- Temp : 280°C
- Rate 2 : 10°C/min

- Final temp : 360°C, 5 min
- Carrier gas : He, 5 min
- Detector : FID
- Injection mode : on column (OCI-5)
- Injection volume : 1µl

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Analisis konsentrasi metil ester dengan GC

Hasil analisa GC pada sampel hasil reaksi disajikan pada **Gambar 5**.



Gambar 5. Hubungan Waktu Reaksi dan Konsentrasi Biokatalis Ekstrak Daun Salam terhadap Konsentrasi Metil Ester

Berdasarkan **Gambar 5**, secara umum dapat diamati bahwa peningkatan waktu reaksi dan konsentrasi biokatalis sejalan dengan kenaikan jumlah metil ester yang dihasilkan. Pada konsentrasi biokatalis ekstrak daun salam 1% kondisi optimum didapatkan pada 30 menit dengan konsentrasi metil ester terbesar yaitu 4.781,5635 mg/L. Setelah 30 menit konsentrasi metil ester semakin menurun. Hal tersebut terjadi karena pada durasi 30 menit sistem telah mencapai kondisi setimbang. Oleh karena itu, apabila waktu reaksi diperpanjang, posisi kesetimbangan dapat bergeser kembali ke arah pereaksi, mengingat reaksi interesterifikasi bersifat reversibel (Daryono, 2020). Pada konsentrasi biokatalis ekstrak daun salam 2% belum didapatkan kondisi optimum. Kadar metil ester meningkat seiring dengan perpanjangan waktu reaksi. Nilai maksimum diperoleh pada durasi 75 menit dengan konsentrasi sebesar 2.250,0570 mg/L. Pada penggunaan biokatalis ekstrak daun salam 3%, kondisi terbaik tercapai pada waktu reaksi 30 menit dengan perolehan metil ester sebesar 2.177,7912 mg/L. Setelah melewati 30 menit, jumlah metil ester yang terbentuk justru mengalami penurunan seiring bertambahnya waktu reaksi. Hal ini menunjukkan bahwa pada menit ke-30 sistem telah berada pada keadaan setimbang, sehingga jika reaksi terus berlangsung, kesetimbangan akan bergeser kembali ke arah reaktan (Daryono et al., 2020). Secara keseluruhan kondisi optimum penelitian didapatkan pada konsentrasi biokatalis ekstrak daun salam 1% dengan waktu reaksi 30 menit.

Konsentrasi maupun *yield* metil ester yang didapatkan pada proses interesterifikasi minyak jelantah dengan biokatalis ekstrak daun salam lebih kecil dibandingkan dengan

penelitian lain yang menggunakan biokatalis senyawa aromatik. Hal ini disebabkan karena ekstrak daun salam yang digunakan sebagai biokatalis masih mengandung banyak impuritis. Pada interesterifikasi minyak kelapa sawit dengan biokatalis eugenol komersial mendapatkan *crude yield* 83,16 % (Daryono, Jimmy and Setyawati, 2024). Interesterifikasi minyak kelapa sawit yang menggunakan minyak kayu putih komersial sebagai biokatalis menghasilkan tingkat konversi sebesar 14,02% (Daryono et al., 2025) dan *crude yield* 65,88% (Daryono and Dewi, 2022). Proses interesterifikasi minyak jelantah dengan biokatalis kurkumin p.a mendapatkan *crude yield* 91,74% (Daryono, Widi and Purnomo, 2025), lebih besar dibandingkan dengan biokatalis ekstrak daun salam yaitu 19,22% (Sativa et al., 2024).

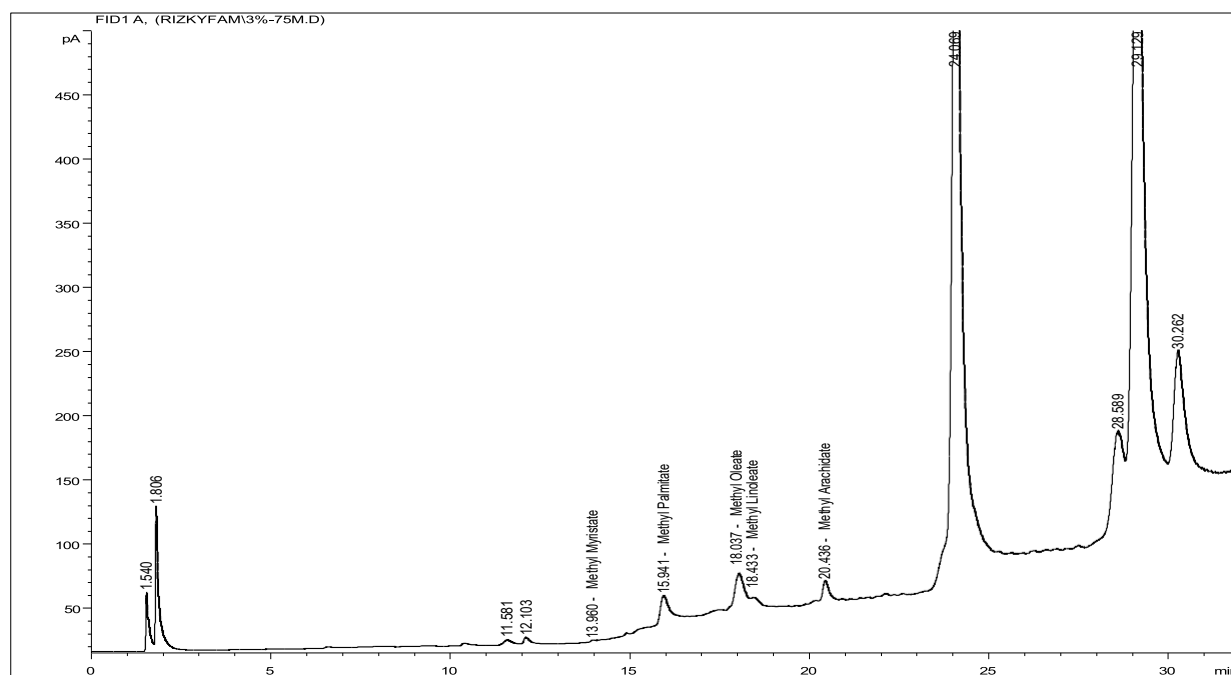
3.2. Komposisi metil ester dianalisis menggunakan GC

Hasil analisis komponen metil ester pada kondisi optimum proses dengan konsentrasi biokatalis ekstrak daun salam 1% dan waktu reaksi 30 menit ditampilkan pada **Tabel 1**.

Tabel 1. Hasil Analisa Komponen Metil Ester dengan GC

Retention Time (menit)	Konsentrasi (mg/L)	Komponen	Konsentrasi (%)
13,960	115,8253	Metil Miristat	2,42
15,941	1.532,0000	Metil Palmitat	32,04
18,037	1.584,0000	Metil Oleat	33,13
18,433	1.298,0000	Metil Linoleat	27,15
20,436	251,7382	Metil Arakidat	5,26
Total	4.781,5635		100

Berdasarkan **Tabel 1**, komponen metil ester yang dominan adalah metil oleat sebesar 1.584 mg/L yang muncul pada *retention time* 18,037 menit dan metil palmitat 1.532 mg/L terdeteksi pada *retention time* 15,941 menit. Dua fraksi metil ester dengan persentase tertinggi yang teridentifikasi sesuai dengan profil asam lemak utama minyak kelapa sawit, yaitu asam palmitat dan asam oleat (Marlina et al., 2020). **Gambar 6**, menampilkan kromatogram GC metil ester yang diperoleh pada kondisi operasi terbaik.



Gambar 6. Kromatogram GC Komponen Metil Ester dengan Biokatalis Ekstrak Daun Salam 1% dan Waktu Reaksi 30 Menit

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian, dapat disimpulkan bahwa peningkatan durasi reaksi interesterifikasi antara minyak jelantah dan metil asetat menggunakan biokatalis ekstrak daun salam menyebabkan kenaikan konsentrasi metil ester hingga mencapai titik optimum. Kondisi terbaik dicapai pada penggunaan biokatalis sebesar 1% dengan waktu reaksi 30 menit, yang menghasilkan konsentrasi metil ester sebesar 4.781,5635 mg/L. Saran untuk penelitian selanjutnya adalah dilakukan ekstraksi dan pemurnian ekstrak daun salam sebagai biokatalis lebih selektif sehingga impurities yang terkandung bisa diminimalisir. Perlu juga dilakukan variasi rasio molar minyak jelantah:metil asetat sehingga hasil lebih optimal bisa diperoleh.

5. Ucapan Terima Kasih

Kami berterima kasih kepada Belmawa yang telah memberikan dana PKM-RE untuk kelancaran penelitian.

References

- Alamsyah, M., Kalla, R. and Ifa, L., 2017. PEMURNIAN MINYAK JELANTAH DENGAN PROSES ADSORBSI. *Journal Of Chemical Process Engineering*, 02(02), pp.22–26.
- Anggitasari, W., Setyaningrum, L., Hidayati, S., Purwanti, A., Rahayu, R.I. and Sasmito, L., 2023. AKTIVITAS ANTIOKSIDAN DAN PENETAPAN KADAR FLAVONOID TOTAL EKSTRAK DAUN SALAM (*Syzygium polyanthum*). *Jurnal Katalisator*, [online] 8(2), pp.351–361. <https://doi.org/10.22216/jk.v5i2.5717>.
- Calero, J., Luna, D., Sancho, E.D., Luna, C., Bautista, F.M., Romero, A.A., Posadillo, A., Berbel, J. and Verdugo-Escamilla, C., 2015. An overview on glycerol-free processes for the production of renewable liquid biofuels, applicable in diesel engines. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, [online] 42, pp.1437–1452. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2014.11.007>.
- Casas, A., Ramos, M.J. and Pérez, Á., 2011. New trends in biodiesel production: Chemical interesterification of sunflower oil with methyl acetate. *Biomass and Bioenergy*, 35(5), pp.1702–1709. <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2011.01.003>.
- Casas, A., Ruiz, J.R., Ramos, M.J. and Pérez, Á., 2010. Effects of triacetin on biodiesel quality. *Energy and Fuels*, 24(8), pp.4481–4489. <https://doi.org/10.1021/ef100406b>.
- Chuepeng, S. and Komintarachat, C., 2018. Interesterification optimization of waste cooking oil and ethyl acetate over homogeneous catalyst for biofuel production with engine validation. *Applied Energy*, [online] 232(July), pp.728–739. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2018.09.085>.
- Daryono, E.D., 2015. Reactive extraction process in isolation of eugenol of clove essential oil (*Syzygium aromaticum*) based on temperature and time process. *International Journal of ChemTech Research*, 8(11), pp.564–569.
- Daryono, E.D., 2020. Proses Interesterifikasi Minyak Kelapa Sawit Menjadi Biodiesel Dengan Co-solvent Metil Ester. *Jurnal Rekayasa Bahan Alam dan Energi Berkelanjutan*, [online] 4(1), pp.1–8. Available at: <<https://rbaet.ub.ac.id/index.php/rbaet/article/downloadSuppFile/76/3>>.

Daryono, E.D. and Dewi, R.K., 2022. BIODIESEL FROM PALM OIL WITH INTERESTERIFICATION PROCESS USING BIO-CATALYST CAJUPUT OIL. *Konversi*, 11(2), pp.59–64. <https://doi.org/10.20527/k.v11i2.13982>.

Daryono, E.D., Jimmy, J. and Setyawati, H., 2024. Production of Biodiesel Without Catalyst Separation with Palm Oil Interesterification Process Using Essential Oil Biocatalyst. *Chemistry & Chemical Technology*, [online] 18(3), pp.356–362. <https://doi.org/10.23939/chcht18.03.356>.

Daryono, E.D., Puji Prasetyo, A., Bahri, S. and Maya Sista, E., 2020. Produksi Biodiesel tanpa Gliserol dari Minyak Kelapa Sawit dengan Variasi Massa Co-solvent dan Waktu Reaksi. *Jurnal Teknik Kimia USU*, 9(2), pp.51–56. <https://doi.org/10.32734/jtk.v9i2.4006>.

Daryono, E.D., Wardana, I.N.G., Cahyani, C. and Hamidi, N., 2021. Biodiesel production process without glycerol by-product with base catalyst: effect of reaction time and type of catalyst on kinetic energy and solubility. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 1053(012058), pp.1–7. <https://doi.org/10.1088/1757-899x/1053/1/012058>.

Daryono, E.D., Wardana, I.N.G., Cahyani, C. and Hamidi, N., 2022. Interesterification process of palm oil using base catalyst : the effect of stirring speed and type of catalyst on kinetic energy and dipole moment. *International Journal on Advanced Science, Engineering and Information Technology*, 12(4), pp.1580–1585.

Daryono, E.D., Wardana, I.N.G., Cahyani, C. and Hamidi, N., 2025. Study of the interesterification process of palm oil into methyl esters with biocatalysts of aromatic compounds. *Chemistry & Chemical Technology*, [online] 19(3), pp.473–481. <https://doi.org/10.23939/chcht19.03.473>.

Daryono, E.D., Widi, I.K.A. and Purnomo, Y., 2025. THE EFFECTIVE PROCESS OF WASTE COOKING OIL BIODIESEL PRODUCTION BY INTERESTERIFICATION WITH REACTION USING CURCUMIN BIOCATALYST. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 4(6–136), pp.14–22. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2025.333086>.

Erli, Wardenaar, E. and Muflihati, 2015. UJI AKTIVITAS MINYAK ATSIRI DAUN SALAM (SYZYGIUM POLYANTHUM WALP) TERHADAP RAYAP TANAH (COPTOTERMES CURVIGNATHUS HOLMGREN). *Jurnal Hutan Lestari*, 3(2), pp.286–292.

Harismah, K. and Chusniatun, 2016. Pemanfaatan Daun Salam (*Eugenia polyantha*) sebagai Obat Herbal dan Rempah Penyedap Makanan. *Warta LPM*, 19(2), pp.110–118.

Hidayati, E.N., Rahayyu, A.M. and Azzahra, F., 2023. Karakterisasi Fisik Nanopartikel Kitosan Ekstrak Daun Salam (*Syzygium polyanthum*). *Pharmacon: Jurnal Farmasi Indonesia*, [online] 20(2), pp.120–128. Available at: <<http://journals.ums.ac.id/index.php/pharmacon>>.

Islamiyati, R. and Saputri, I.N., 2018. Uji Perbedaan Aktivitas Antioksidan dengan Variasi Konsentrasi Pelarut Etanol 70% dan 96% pada Ekstrak Etanol Daun Salam Menggunakan Metode Peredaman Radikal Bebas DPPH. *Cendekia Journal of Pharmacy*, 2(2), pp.134–142.

Kusumaningtyas, R.D., Pristiyani, R. and Dewajani, H., 2016. A new route of biodiesel production through chemical interesterification of jatropha oil using ethyl acetate. *International Journal of ChemTech Research*, 9(6), pp.627–634.

- Fitri Icha Oryza Sativa, Tia Ardyah Wahyu Cahyani, Rizky Nartika Nurfitri, ¹Eka Maretyaningsih Agung Purwanti, Ahmad Faizal Alfiniam
Elvianto Dwi Daryono : Identifikasi Komponen Metil Ester Hasil Reaksi Interesterifikasi Minyak Jelantah Dengan Biokatalis Ekstrak Daun Salam
- Marlina, E., Basjir, M., Ichyanagi, M., Suzuki, T., Gotama, G.J. and Anggono, W., 2020. The Role of Eucalyptus Oil in Crude Palm Oil As Biodiesel Fuel. *Automotive Experiences*, 3(1), pp.33–38. <https://doi.org/10.31603/ae.v3i1.3257>.
- Prayogo, C., Lestari, N.D. and Wicaksono, K.S., 2012. KARAKTERISTIK DAN KUALITAS BIOCHAR DARI PYROLYSIS BIOMASSA TANAMAN BIO-ENERGI WILLOW (SALIX SP). *Buana Sains*, 12(2), pp.9–18.
- Al Qory, D.R., Ginting, Z. and Bahri, S., 2021. Pemurnian Minyak Jelantah Menggunakan Karbon Aktif dari Biji Salak [Salacca Zalacca] sebagai Adsorben Alami dengan Aktivator H₂SO₄. *Jurnal Teknologi Kimia Unimal*, 10(2), pp.26–6.
- Ridwan, Elfiana, Mukhsin and Aulia, F., 2022. Green Teknologi Sintesis Biodisel Dengan Menggunakan Metode Route Non-Alcohol Dengan Katalis Heterogen. *Jurnal Reaksi (Journal of Science and Technology)*, 20(02), pp.1–8.
- Sativa, F.I.O., Cahyani, T.A.W., Nurfitri, R.N., Purwanti, E.M.A., Alfiniam, A.F. and Daryono, E.D., 2024. Proses interesterifikasi minyak jelantah menjadi metil ester dengan biokatalis ekstrak daun salam (*Syzygium polyanthum*). *Jurnal Integrasi Proses*, [online] 13(1), pp.29–33. Available at: <<http://jurnal.untirta.ac.id/index.php/jip>>.
- Sipahelut, S.G., 2019. Perbandingan Komponen Aktif Minyak Atsiri dari Daging Buah Pala Kering Cabinet Dryer Melalui Metode Distilasi Air dan Air-Uap. *AGRITEKNO, Jurnal Teknologi Pertanian*, 8(1), pp.8–13. <https://doi.org/10.30598/jagritekno.2019.8.1.8>.
- Wardoyo, W., Widodo, A.S., Wijayanti, W. and Wardana, I.N.G., 2020. Experimental Investigation on Combustion Characteristics of Refine Corn Oil with Areca Catechu Extract as Additive. *Journal of Energy, Mechanical, Material, and Manufacturing Engineering*, 5(1), p.33. <https://doi.org/10.22219/jemmmme.v5i1.11990>.
- Wardoyo, Widodo, A.S., Wijayanti, W. and Wardana, I.N.G., 2021. The Role of Areca catechu Extract on Decreasing Viscosity of Vegetable Oils. *The Scientific World Journal*, 2021, pp.1–8. <https://doi.org/10.1155/2021/8827427>.