

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan negara tropis yang memiliki berbagai jenis tumbuhan. Kekayaan alamnya menjadikan Indonesia memiliki peluang untuk menciptakan energi terbarukan yang bersumber dari bahan alami demi mengurangi ketergantungan konsumsi bahan bakar fosil. Seiring waktu, meningkatnya kebutuhan bahan bakar fosil menyebabkan cadangan minyak bumi semakin menipis. Kondisi ini mendorong Indonesia untuk mengembangkan berbagai sumber energi alternatif salah satunya yaitu biodiesel (Wijastuti et al., 2021). Bahan bakar fosil telah menjadi sumber energi utama di seluruh dunia. Penggunaan bahan bakar fosil yang jumlahnya terbatas mendorong manusia untuk mencari sumber energi alternatif terbarukan untuk menopang kebutuhan bahan bakar yang terus meningkat. Salah satu sumber energi terbarukan yang telah ditemukan, yaitu biodiesel yang memiliki keunggulan seperti sifat bahan bakar yang mendekati minyak solar, mengurangi polusi udara dan emisi gas rumah kaca serta relatif aman bagi lingkungan dan dapat terurai secara alami (Neupane, 2023). Biodiesel umumnya diproduksi dari minyak nabati, lemak hewani, maupun limbah minyak goreng melalui proses kimia seperti transesterifikasi (Rashid dan Balkis 2022).

Biodiesel dianggap sebagai sumber energi bersih karena dapat membantu melindungi lingkungan dengan mengurangi emisi gas rumah kaca, baik secara langsung maupun tidak langsung, seperti CO_2 , CO , SO_2 , dan hidrokarbon (HC). Oleh karena itu, penggunaan biodiesel lebih mendukung keseimbangan ekologi jika dibandingkan dengan bahan bakar fosil (Mathew, 2021). Biodiesel (*fatty acid methyl esters*) memiliki karakteristik fisikokimia yang berbeda dari bahan bakar fosil, terutama dalam hal titik nyala yang lebih tinggi, kemampuan pelumasan yang lebih unggul, serta bilangan setana yang lebih besar (Freitas et al., 2022). Dalam konteks biodiesel, bilangan setana yang lebih tinggi dibandingkan solar fosil berarti bahan bakar lebih cepat terbakar setelah disemprotkan ke dalam silinder, sehingga mengurangi getaran mesin dan emisi gas buang yang berbahaya (Cherng-Yuan Lin dan Xin-En Wu, 2022).

Dalam proses transesterifikasi, trigliserida dari bahan baku direaksikan dengan alkohol rantai pendek (seperti metanol atau etanol) dengan bantuan katalis, menghasilkan senyawa ester monoalkil sebagai produk utama dan gliserol sebagai produk samping. Sumber minyak yang digunakan sangat berpengaruh terhadap

arena komposisi dan proporsi asam lemak dalam minyak. Ristik bahan bakar yang dihasilkan (AKTAŞ et al., 2020). n proses perubahan asam karboksilat atau turunannya menjadi caci melibatkan interaksi antara asam karboksilat dan alkohol ter, dengan katalis asam yang bersifat reversibel. Esterifikasi duksi biodiesel dari minyak dengan kadar asam lemak bebas dengan tahap transesterifikasi (Arita et al., 2020).



Proses esterifikasi terdiri dari dua tahap: (1) esterifikasi menggunakan katalis asam dan (2) transesterifikasi dengan katalis basa. Esterifikasi juga dikenal sebagai perlakuan awal, yang bertujuan untuk menurunkan kadar asam lemak bebas dalam minyak hingga kurang dari 1% (Suherman, 2022). Dalam proses produksi biodiesel, terdapat empat metode utama yang telah diidentifikasi, yaitu penggunaan langsung atau pencampuran minyak, pirolisis (pemecahan termal), mikroemulsi, dan transesterifikasi. Alkoholisis dengan katalis basa (transesterifikasi) dianggap sebagai pilihan paling ekonomis karena dapat beroperasi pada tekanan dan suhu rendah serta menghasilkan produk dengan tingkat konversi tinggi (Mathew, 2021).

Katalis adalah salah satu faktor krusial dalam proses produksi biodiesel, karena berperan dalam mempercepat laju reaksi tanpa mengalami perubahan permanen. Dalam industri kimia, katalis memiliki peran yang sangat vital, digunakan untuk meningkatkan efisiensi reaksi dengan menurunkan energi aktivasi sehingga reaksi berlangsung lebih cepat. Dalam produksi biodiesel, katalis yang umum digunakan adalah katalis basa homogen, seperti NaOH, KOH, CH_3ONa , dan CH_3OK , karena kemampuannya dalam mempercepat laju reaksi dengan efisiensi tinggi. Penggunaan katalis basa juga memiliki tantangan, seperti biaya bahan baku yang relatif tinggi dan keterbatasan dalam menangani bahan baku berkualitas rendah. Sebagai alternatif, katalis heterogen, termasuk katalis enzim dan katalis padat, mulai dikembangkan untuk mengatasi beberapa kendala yang dihadapi dalam sistem katalis homogen (Putra et al., 2023).

Penggunaan katalis yang tepat tidak hanya mempercepat produksi biodiesel tetapi juga dapat mempengaruhi hasil akhir, tingkat kemurnian, serta efisiensi proses secara keseluruhan. Meskipun katalis homogen dan heterogen memiliki kelebihan dan kekurangannya masing-masing, pemilihan katalis untuk proses yang tepat dan efisien bergantung pada berbagai faktor. Beberapa faktor yang perlu dipertimbangkan dalam pemilihan katalis, yaitu ketersediaan bahan baku, biaya produksi, serta skala produksi yang diterapkan (Wahyuningsih et al., 2022).

Kebijakan Biodiesel B20 adalah salah satu program yang pemerintah Indonesia implementasikan sebagai upaya mengurangi ketergantungan pada bahan bakar fosil dan meningkatkan ketahanan energi. Program ini mewajibkan pencampuran 20% biodiesel ke dalam solar, dengan manfaat utama seperti pengurangan impor solar, penghematan devisa, serta dukungan terhadap target bauran energi terbarukan 23% pada 2025. Selain itu, B20 juga membantu menekan emisi gas rumah kaca dan mendukung industri kelapa sawit domestik. Meski demikian, tantangan seperti kompatibilitas mesin dan biaya produksi biodiesel yang lebih tinggi tetap menjadi perhatian dalam implementasinya (Silitonga et al., 2020).



ia bertujuan untuk mengurangi ketergantungan pada bahan
an emisi gas rumah kaca, terutama di sektor transportasi. Pada
nang 3,85% dari total bauran energi primer nasional. Program
dengan mandatori B25, yang mewajibkan pencampuran 25%
ers (FAME) ke dalam solar. Seiring waktu, persentasenya terus
encapai B30 pada 2020. Pada tahun yang sama, produksi
pai 9,55 juta kiloliter, menyumbang 17% dari total produksi

biodiesel global, menjadikan Indonesia salah satu produsen utama biodiesel di dunia (Pratama et al., 2022).

Tanaman almond, yang termasuk dalam famili Rosaceae, tumbuh di berbagai wilayah seperti Afrika, Eropa, Amerika Utara, dan Timur Tengah, serta sering ditanam sebagai tanaman peneduh, tanaman kebun, atau untuk dekorasi. Kacang almond berpotensi sebagai sumber biodiesel karena tidak memerlukan tambahan antioksidan atau zat peningkat aliran dingin seperti minyak nabati lainnya (Akhiero dan Samuel 2020). Terdapat dua jenis utama kacang almond, yaitu almond manis (*Prunus amygdalus dulcis*) dan almond pahit (*Prunus amygdalus amara*), dengan setiap pohon mampu menghasilkan sekitar 75 kg buah per tahun. Biji almond, yang merupakan sumber utama minyaknya, memiliki tiga lapisan utama, dengan kernel sebagai bagian yang kaya nutrisi. Secara komposisi, kacang almond mengandung sekitar 51% lemak, 21% protein, 20% karbohidrat, dan 12% serat, sehingga menjadikan kacang almond sumber energi yang bernilai tinggi (Akinola, 2022).

Minyak kacang almond memiliki potensi besar sebagai bahan baku biodiesel karena kandungan minyaknya yang tinggi (50%), sifat kimia yang mendukung, serta efisiensi konversi biodiesel yang tinggi. Biodiesel yang dihasilkan dari minyak kacang almond memenuhi standar internasional dan dapat menjadi alternatif untuk mengurangi ketergantungan pada minyak nabati yang lebih umum digunakan (Karimi et al., 2020). Menurut penelitian yang dilakukan oleh Oluwaniyi et al. (2023) biodiesel yang diperoleh dari minyak almond melalui proses transesterifikasi menggunakan katalis HCl memiliki tingkat konversi sebesar 83%, membuktikan konversi minyak biji kacang almond lebih tinggi dibandingkan beberapa jenis minyak nabati lainnya.

Berdasarkan data dari Badan Pusat Statistik (BPS) tahun 2024–2025, Indonesia masih berperan sebagai negara pengimpor untuk komoditas kacang almond. Total ekspor kacang almond tercatat sebesar 3.474,43 ton, sedangkan total impornya mencapai 9.890,59 ton. Perbedaan yang cukup signifikan ini menunjukkan tingkat konsumsi dan kebutuhan industri dalam negeri terhadap almond belum dapat dipenuhi oleh produksi lokal. Dengan demikian, ketergantungan Indonesia terhadap pasokan almond dari luar negeri saat ini masih tergolong tinggi. Berdasarkan pengujian kinerja pada mesin diesel, biodiesel almond dicampurkan dengan solar dalam berbagai rasio, yaitu B10, B30, dan B50, masing-masing menunjukkan campuran biodiesel sebesar 10%, 30%, dan 50% dengan sisanya merupakan solar (petro-diesel). Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan biodiesel almond mampu meningkatkan performa mesin jika dibandingkan dengan biodiesel dari minyak sawit. Selain itu, campuran biodiesel almond juga terbukti menghasilkan emisi yang lebih rendah, termasuk karbon monoksida (CO), nitrogen oksida (NOx),

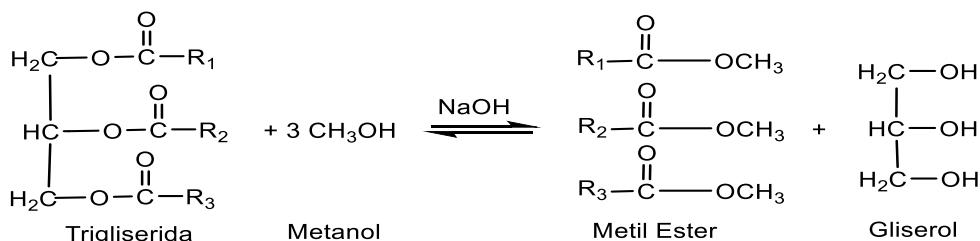


residu bahan bakar yang tidak terbakar dalam gas buang. Almond merupakan bahan pangan, minyak yang diekstrak melalui menghasilkan oil cake yang masih bernilai gizi dan dapat dimanfaatkan dalam industri pangan. Dengan demikian, penggunaan biodiesel ini berpotensi mendukung pendekatan zero waste dengan memanfaatkan sumber daya secara maksimal dan meminimalkan limbah yang dihasilkan (Krishnan dan Dhanya, 2009).

Dari perspektif ekonomi, produksi biodiesel berbasis minyak almond belum layak diimplementasikan di Indonesia. Faktor utamanya adalah tingginya biaya bahan baku, mengingat Indonesia masih bergantung pada impor, sehingga harga minyak almond cenderung tinggi serta berfluktuasi. Kondisi ini menyebabkan biaya produksi biodiesel almond berada jauh di atas harga bahan bakar diesel konvensional maupun biodiesel dari komoditas domestik seperti minyak sawit atau minyak jelantah.

Produksi biodiesel almond dapat menjadi lebih prospektif di negara-negara dengan kapasitas produksi almond yang besar, seperti Amerika Serikat dan Nigeria. Ketersediaan bahan baku lokal yang melimpah dan biaya produksi yang lebih rendah di negara tersebut berpotensi menurunkan total biaya proses transesterifikasi, sehingga menjadikan produksi biodiesel almond lebih memungkinkan secara ekonomi. Oleh karena itu, meskipun tidak ekonomis untuk dikembangkan di Indonesia, biodiesel berbasis almond tetap memiliki potensi aplikasi pada wilayah dengan kondisi agroindustri yang mendukung.

Pembuatan biodiesel dilakukan melalui proses transesterifikasi yang mengubah trigliserida dalam minyak menjadi ester (Permana et al., 2020). Transesterifikasi merupakan proses yang mereaksikan trigliserida dalam minyak nabati atau lemak hewani dengan alkohol rantai pendek seperti metanol menghasilkan metil ester asam lemak (FAME) atau biodiesel dan gliserol sebagai produk samping (Zhang et al., 2003). Biodiesel kacang almond diperoleh melalui proses transesterifikasi dengan menggunakan katalis basa NaOH lalu dipanaskan pada suhu, waktu dan konsentrasi katalis sesuai variasi sampel. Produk berupa *Fatty Acid Methyl Ester* (FAME) atau biodiesel dan gliserol diambil ketika proses transesterifikasi telah selesai. Produk kemudian dipisahkan menggunakan corong pisah, sehingga diperoleh biodiesel.



Gambar 1. Reaksi Transesterifikasi

Biodiesel yang berhasil diperoleh dan telah dimurnikan kemudian dianalisa sifat fisika dan kimianya sesuai dengan standar biodiesel (SNI). Sampel yang dihasilkan dianalisis dengan Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR) untuk mengetahui



ester (C-O) dan (C=O) yang merupakan karakteristik khas dari (Clement, 2014). Senyawa komponen penyusun biodiesel dari almond dapat diketahui dengan analisis kualitatif menggunakan spektroskopi Massa (GC-MS) yang bertujuan untuk mengetahui asam karboksilat yang terbentuk menjadi fatty acid methyl ester. Analisis yang didapatkan dengan melakukan uji GC-MS untuk hasil biodiesel yang telah dibuat memperoleh metil ester.

Berdasarkan informasi latar belakang, penelitian ini dilakukan untuk mengoptimalkan proses transesterifikasi serta mengevaluasi kualitas biodiesel yang dihasilkan dari minyak kacang almond (*Prunus amygdalus*) dengan menggunakan katalis NaOH.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dari penelitian ini yaitu:

1. bagaimana kondisi optimal proses transesterifikasi (suhu, waktu dan konsentrasi katalis) dari biodiesel minyak biji kacang almond (*Prunus amygdalus*)?
2. berapa persen rendamen biodiesel yang dihasilkan pada kondisi optimum proses transesterifikasi biodiesel dari minyak biji kacang almond (*Prunus amygdalus*)?
3. bagaimanakah karakteristik fisika dan kimia biodiesel dari minyak biji kacang almond (*Prunus amygdalus*)?
4. apa jenis metil ester dominan penyusun biodiesel dari minyak biji kacang almond (*Prunus amygdalus*) menurut hasil analisis GC–MS?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini yaitu:

1. menentukan kondisi optimal proses transesterifikasi (suhu, waktu, dan konsentrasi katalis) dari biodiesel minyak biji kacang almond (*Prunus amygdalus*).
2. membuat biodiesel pada kondisi optimum dan menentukan % rendemen biodiesel dari minyak biji kacang almond (*Prunus amygdalus*).
3. menganalisis karakteristik fisika dan kimia sampel biodiesel dari minyak biji kacang almond (*Prunus amygdalus*).
4. menentukan metil ester dominan penyusun biodiesel dari minyak biji kacang almond (*Prunus amygdalus*) berdasarkan hasil analisis GC-MS.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini memberikan informasi terkait optimasi proses transesterifikasi biodiesel dari minyak kacang almond (*Prunus amygdalus*) dengan menggunakan katalis basa NaOH, pembuatan biodiesel tersebut dapat menjadi alternatif bahan bakar yang ekologis dan ramah lingkungan dengan metode yang sederhana.



BAB II

METODE PENELITIAN

2.1 Bahan Penelitian

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu minyak biji kacang almond (*Prunus amygdalus*), metanol P.a (Merck), etanol P.a (Merck), KOH (Merck), NaOH P.a (Merck), KI 10% (Merck), KIO₃ (Merck), I₂ (Merck), indikator fenoltalein (Merck), amilum 1% (Merck), HCL 37% (Merck), Na₂S₂O₃·5H₂O (Merck), Na₂CO₃ (Merck), dan akuades (Onelab).

2.2 Alat Penelitian

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah alat gelas yang umum digunakan dalam laboratorium, corong pisah, *hot plate stirer*, labu alas datar, set alat reflux neraca analitik (Ohaus), neraca digital, termometer, spektrofotometer FTIR (Shimadzu), dan instrument *Gas Chromatography-Mass Spectrometry* (GC-MS) (Shimadzu).

2.3 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada 28 Mei - 17 Juli 2025 di Laboratorium Kimia Analitik Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin, Laboratorium Kimia Terpadu, Departemen Kimia, Fakultas MIPA, Universitas Hasanuddin, Laboratorium Kimia Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin, dan Laboratorium Riset, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar.

2.4 Prosedur Penelitian

2.4.1 Optimasi Proses Transesterifikasi Biodiesel dari MBKA

Pengaruh Suhu Terhadap Proses Transesterifikasi. MBKA dimasukkan sebanyak 100 mL ke dalam labu alas datar, ditambahkan NaOH 1% sebagai katalis yang bertujuan untuk mempercepat reaksi transesterifikasi. Kemudian dimasukkan metanol sebanyak 25 mL lalu dihomogenkan dan dipanaskan dengan variasi suhu 40, 60, dan 80 °C. Reaksi dibiarkan berlangsung selama 60 menit. Setelah reaksi selesai sampel dimasukkan ke dalam corong pisah dan diamkan hingga terjadi dua fase. Fase bawah merupakan gliserol dan fase atas merupakan biodiesel. Fase



fasa atas dicuci dengan akuades panas sebanyak 3 kali dan corong pisah, fasa atas dipanaskan hingga suhu 130 °C selama s pemurnian (Oni-Adimabua et al., 2024).

Terhadap Proses Transesterifikasi. MBKA dimasukkan dalam labu alas datar, ditambahkan NaOH 1% sebagai katalis

untuk mempercepat Reaksi. Kemudian dimasukkan metanol sebanyak 25 mL lalu dihomogenkan dan dipanaskan dengan variasi waktu 30, 60, dan 90 menit. Setelah reaksi selesai sampel dimasukkan ke dalam corong pisah dan diamkan hingga terjadi dua fasa. Fasa bawah merupakan gliserol dan fasa atas merupakan biodiesel. Fasa bawah dibuang, dan fasa atas dicuci dengan akuades panas sebanyak 3 kali kemudian dimasukkan ke dalam corong pisah, fasa atas dipanaskan hingga suhu 130 °C selama 10 menit untuk proses pemurnian.

Pengaruh Konsentrasi Katalis terhadap Proses Transesterifikasi. MBKA dimasukkan sebanyak 100 mL ke dalam labu alas datar, ditambahkan NaOH pada metanol dengan variasi konsentrasi 0,5, 1, dan 1,5%wt. Kemudian dimasukkan metanol sebanyak 25 mL lalu dihomogenkan dan selama dipanaskan 60 menit. Setelah reaksi selesai sampel dimasukkan ke dalam corong pisah dan diamkan hingga terjadi dua fasa. Fasa bawah merupakan gliserol dan fasa atas merupakan biodiesel. Fasa bawah dibuang, dan fasa atas dicuci dengan akuades panas sebanyak 3 kali kemudian dimasukkan dalam corong pisah, fasa atas dipanaskan hingga suhu 130 °C selama 10 menit untuk proses pemurnian.

2.4.2 Perhitungan Rendemen Biodiesel Hasil Transesterifikasi

Biodiesel yang dihasilkan dari proses transesterifikasi dan telah dimurnikan dapat dihitung rendemennya menggunakan rumus pada persamaan 1 (Lani, et al., 2017).

$$\text{Rendamen} = \frac{\text{Massa Biodiesel}}{\text{Massa Minyak Kacang Almond}} \times 100 \quad (1)$$

2.4.3 Karakterisasi Biodiesel dari Minyak Biji Kacang Almond

Analisis Densitas pada Biodiesel Pengujian densitas dilakukan berdasarkan SNI 7182-2015. Pengujian dilakukan menggunakan piknometer yang telah dibersihkan dan dikeringkan kemudian ditimbang piknometer kosong dan dicatat hasilnya. Sampel biodiesel dipanaskan terlebih dahulu hingga 40 °C lalu dimasukkan ke dalam piknometer dan ditutup. Diperhatikan tidak ada gelembung dalam piknometer. Kemudian ditimbang dan dihitung densitas dengan rumus pada persamaan 2 (Permana et al., 2020).



$$= \rho_1 \times \frac{(m_2 - m_0)}{(m_1 - m_0)} \quad (2)$$

ades pada suhu 40 °C = 993 kg/m³

diesel pada suhu 40 °C (kg/m³)

ter kosong (kg)

m1 = Massa piknometer berisi akuades 40 °C (kg)

m2 = Massa piknometer berisi biodiesel 40 °C (kg)

Analisis Viskositas pada Biodiesel Pengujian viskositas dilakukan berdasarkan SNI 7182-2015. Pengujian dilakukan dengan mengukur waktu yang diperlukan untuk mengalirkan cair dan dalam pipa kapiler. Sampel dimasukkan sebanyak 5 mL ke dalam tabung viskometer, lalu dihitung waktu yang dibutuhkan cairan untuk mengalir dari batas atas sampai batas bawah viskometer. Kemudian dilakukan perhitungan (hasil waktu dikonversi dalam detik). Penentuan nilai viskositas biodiesel dapat diukur dengan rumus pada persamaan 3.

$$\text{Viskositas} = \eta \frac{\rho_1 x t_1}{\rho_2 x t_2} \quad (3)$$

Diketahui:

η = viskositas akuades pada suhu 40 °C (0.656 mm²/s)

ρ_1 = densitas akuades pada suhu 40 °C (0.9922 mm²/s)

ρ_2 = densitas biodiesel pada suhu 40 °C (gr/mL)

t1 = waktu yang diperlukan akuades mengalir (s)

t2 = waktu yang diperlukan biodiesel mengalir (s)

Analisis Angkas Asam Biodiesel Pengujian angka asam dilakukan berdasarkan SNI 7182-2015. Pengujian dimulai dengan menimbang sampel sebanyak 2 g, lalu menuangkannya ke dalam erlenmeyer. Pada analisis dilakukan secara duplo. Etanol disiapkan sebanyak 50 mL, dicampurkan ke setiap sampel masing-masing 25 mL lalu dipanaskan 5 menit kemudian ditambahkan indikator PP sebanyak 2-3 tetes lalu dititrasi dengan larutan KOH 0,1 N. Berdasarkan Megawati et al. (2022). Angka asam dapat dihitung menggunakan rumus pada persamaan 4.

$$\text{Angka Asam} = \frac{(V_{\text{blanko}} - V_{\text{KOH}}) \times \text{Mr KOH} \times N_{\text{KOH}}}{\text{Bobot Sampel (g)}} \quad (4)$$

Analisis Bilangan Penyabunan pada Biodiesel Pengujian bilangan penyabunan dilakukan berdasarkan SNI 7182-2015. Sampel sebanyak 1 gram dimasukkan ke dalam labu erlenmeyer 250 mL, lalu dimasukkan KOH alkoholis 0.5 N sebanyak 25 mL, kemudian direfluks selama 30 menit. Biarkan pada suhu ruang hingga suhu larutan cukup hangat (30-40 °C) lalu tambahkan indikator PP sebanyak 2-3 tetes lalu dititrasi dengan HCl 0.5 N. Total akhir titrasi ditandai dengan warna kuning pucat.

n penyabunan dapat dilakukan menggunakan rumus pada

$$B_s = \frac{56,1 \times (V_b - V_c) \times N}{m} \quad (5)$$

mg KOH/g biodiesel)



Vb : volume HCl untuk titrasi blanko (mL)

Vc : volume HCl untuk titrasi sampel (mL)

N : normalitas larutan HCl 0,5 N

m : berat sampel biodiesel (g)

Analisis Bilangan Iodium pada Biodiesel Sampel dimasukkan sebanyak 0,2 gram dalam labu erlenmeyer 250 mL, ditambahkan HCl 5% sebanyak 5 mL sambil diaduk lalu tutup menggunakan *aluminium foil*. Panaskan sampel selama 10 menit lalu kemudian tambahkan larutan iodium 0,5 M sebanyak 15 mL dan segera tutup menggunakan *aluminium foil* lalu dihomogenkan. Setelah itu dilakukan titrasi dengan $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ hingga berwarna kekuningan lalu ditetesi amilum 1% kemudian dititrasi kembali hingga tidak berwarna. Kemudian dicatat perhitungan volumenya. Perhitungan bilangan iodium dapat dilakukan menggunakan rumus pada persamaan 6.

$$\text{Bilangan Iodium} = \frac{(V_{\text{blanko}} - V_{\text{sampel}}) \times N \text{ Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \times \text{BE Iod}}{\text{Berat Sampel (g)}} \quad (6)$$

Analisis Komponen Gugus Fungsi dengan FTIR Pengujian FTIR dilakukan untuk mengidentifikasi komponen gugus fungsi yang terdapat dalam biodiesel. Gugus fungsi utama yang terdapat pada biodiesel adalah ester (C-O dan C=O). Selain itu metode FTIR juga merupakan metode yang cepat dan tepat untuk mengidentifikasi gugus fungsi yang terdapat pada biodiesel (Aisyah et al., 2018).

Analisis Kandungan Asam Lemak Biodiesel dengan GC-MS Analisis asam lemak dalam sampel dapat dilakukan secara efektif menggunakan metode kromatografi gas-spektrometri massa (GC-MS). Teknik ini tidak hanya memungkinkan pemisahan senyawa asam lemak secara kualitatif, tetapi juga memberikan informasi struktur, seperti panjang rantai karbon, jumlah dan posisi ikatan rangkap, serta jenis isomer (Huai-Hsuan dan Ching-Hua, 2019).

