

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terdahulu

Penelitian tentang biodiesel dari Mikroalga telah dilakukan oleh beberapa penelitian. Penelitian yang dilakukan oleh Hanif (2022) dimana dilakukan metode optimasi dan investigasi pengaruh tekanan awal dan konsentrasi katalis pada mikroalga *Spirulina platensis* untuk produksi bahan bakar cair, menghasilkan nilai kalor sebesar 32,04 MJ/kg. Pembuatan biodiesel dari mikroalga juga dilakukan oleh Djamaludin *et al.*, (2021) dengan menganalisis komposisi kimia dan profil asam lemak ekstrak minyak mikroalga *Spirulina platensis* yang diekstraksi dengan metode *Mechanical Cell Disruption* yaitu metode MAE dan UAE. Hasil dari penelitian ini yaitu ekstraksi minyak *Spirulina platensis* metode MAE mengandung 12 jenis asam lemak dan ekstraksi minyak *Spirulina platensis* metode UAE mengandung 19 jenis asam lemak dimana hal tersebut dapat membuktikan bahwa mikroalga *Spirulina platensis* dapat digunakan sebagai bahan baku pembuatan biodiesel.

Penelitian tentang ekstraksi mikroalga ini juga dilakukan oleh Dyah *et al.*, (2019), dimana bahan baku yang digunakan yaitu mikroalga *Skeletonema costatum* dengan metode ekstraksi menggunakan bantuan gelombang ultrasonik. Ekstraksi dilakukan dengan variasi suhu 50°C, 60°C, 70°C, 80°C selama waktu 60, 120, dan 180 menit. Variasi dari waktu dan suhu ekstraksi untuk menghasilkan minyak atau lipid yang terkandung menunjukkan bahwa semakin lama waktu ekstraksi yang terjadi maka tumbukan dan difusi untuk menghasilkan lipid dan asam lemak bebas semakin banyak.

Ekstraksi mikroalga dengan menggunakan metode ultrasonik juga dilakukan pada penelitian Agustina *et al.*, (2018) dengan menggunakan mikroalga jenis *Spirulina platensis* menggunakan frekuensi 42 Hz untuk menghasilkan antioksidan yang terkandung dalam mikroalga. Sedangkan Kwangdinata *et al.*, (2014) melakukan penelitian menggunakan mikroalga jenis *Nannochloropsis sp* menggunakan metode ultrasonik untuk mengetahui kandungan lipid yang

dihasilkan sebagai bahan pembuatan biodiesel. Penelitian tersebut menunjukkan kandungan lipid yang dihasilkan dari lipid *Nannochloropsis sp* dengan metode ekstraksi menggunakan alat ultrasonik sebesar 20,6558 % BK biomassa.

Pada penelitian yang dilakukan Marnelisa *et al.*, (2022) mengekstraksi alga oil dari *Dunaliella Salina* untuk pembuatan biodiesel dilakukan dengan proses transesterifikasi tanpa proses esterifikasi menggunakan katalis KOH. Pada metode tersebut dapat menghasilkan nilai yield 74,36, densitas 0,815 gr/ml, viskositas 2,60 mm²/cSt dan kadar air 0,025%. Sedangkan pada penelitian yang dilakukan oleh Baqi *et al.*, (2022) menjelaskan pembuatan biodiesel menggunakan mikroalga *Nannochloropsis sp* dilakukan untuk mengetahui rasio molar antara minyak mikroalga *Nannochloropsis sp* dan pelarut metanol dengan rasio 1 : 6 menggunakan variasi katalis KOH melalui metode transesterifikasi in situ menunjukkan bahwa semakin banyak *yield crude* biodiesel maka kadar FFA yang dihasilkan semakin rendah.

Septianto *et al.*, (2020) juga melakukan penelitian menggunakan mikroalga *Nannochloropsis sp* untuk mengetahui pengaruh rasio molar terhadap kandungan asam lemak bebas dari *yield crude* biodiesel dari minyak alga *Nannochloropsis sp* menggunakan pelarut metanol. Penelitian ini menunjukkan bahwa semakin besar penambahan rasio molar, maka kadar FFA yang dihasilkan semakin turun.

Tabel 2.1 Ringkasan Penelitian Terdahulu

No	Penelitian Terdahulu	Tujuan	Hasil	Perbedaan
1	Hanif (2022)	Melakukan optimasi dan investigasi pengaruh dari tekanan awal dan konsentrasi katalis dalam metode likuifaksi	Bahan bakar cair dari <i>Spirulina platensis</i> yang diperoleh dari tekanan awal 2 Mpa dan konsentrasi	Tujuan, proses pembuatan.

No	Penelitian Terdahulu	Tujuan	Hasil	Perbedaan
		mikroalga <i>Spirulina platensis</i> untuk proses produksi bahan bakar cair	katalis 7% memiliki nilai kalor = 32,04 MJ/kg	
2	Marnelisa <i>et al.</i> , (2022)	Menggunakan minyak mikroalga jenis <i>Dunaliella Salina</i> sebagai bahan baku pembuatan biodiesel dengan proses transesterifikasi menggunakan katalis KOH	Biodiesel dari mikroalga jenis <i>Dunaliella Salina</i> memiliki hasil paling baik dengan rasio mol 1:7 dan persentase katalis 1% menghasilkan yield 74,36, densitas 0,815 gr/ml, viskositas 2,60 mm ² /cSt dan kadar air 0,025%.	Bahan baku pembuatan, Katalis
3	Baqi <i>et al.</i> , (2022)	Mengetahui rasio molar minyak mikroalga <i>Nannochloropsis sp</i> : metanol dengan rasio 1 : 6 variasi katalis	Hasil rasio molar yang besar dari minyak mikroalga: metanol dan %b/b	Bahan baku, Tujuan

No	Penelitian Terdahulu	Tujuan	Hasil	Perbedaan
		KOH yang memiliki tingkat kesetimbangan tinggi sehingga menghasilkan nilai %yield besar	konsentrasi katalis, maka semakin banyak %yield biodiesel dan kadar FFA yang dihasilkan semakin rendah	
4	Putri <i>et al.</i> , (2022)	Mengetahui pengaruh rasio mol mikroalga <i>Nannochloropsis sp</i> : metanol sebesar 1:12 dengan variasi konsentrasi katalis padat SO ₄ terhadap %yield dan kandungan FFA dari minyak yang dihasilkan.	Didapatkan kadar %yield biodiesel tertinggi sebesar 5,46% dan kandungan FFA sebesar 0,398 mg NaOH/gram pada konsentrasi katalis 6%.	Bahan baku, Tujuan Penelitian
5	Djamaludin <i>et al.</i> , (2021)	Menganalisis komposisi kimia dan profil asam lemak ekstrak minyak mikroalga <i>Spirulina platensis</i> yang diekstraksi	Hasil penelitian menunjukkan bahwa ekstrak minyak <i>Spirulina platensis</i> . metode MAE mengandung 12	Tujuan, proses pembuatan

No	Penelitian Terdahulu	Tujuan	Hasil	Perbedaan
		dengan metode <i>mechanical cell disruption</i> yaitu metode MEA dan UAE	jenis asam lemak dan ekstrak minyak <i>Spirulina platensis</i> . metode UAE mengandung 19 jenis asam lemak	
6	Septianto <i>et al.</i> , (2020)	Mengetahui pengaruh rasio molar terhadap kandungan asam lemak bebas dari %yield biodiesel dari minyak alga <i>Nannochloropsis sp</i> dan pelarut metanol	Semakin besar penambahan rasio molar, maka kadar FFA yang dihasilkan semakin turun.	Bahan baku pembuatan, metode ekstraksi
7	Dyah <i>et al.</i> , (2019)	Mengetahui pengaruh dari waktu dan suhu ekstraksi mikroalga <i>Skeletonema costatum</i> terhadap hasil rendemen	Jumlah minyak mikroalga <i>Skeletonema costatum</i> yang dihasilkan semakin meningkat dengan lama waktu ekstraksi	Bahan baku, tujuan.

No	Penelitian Terdahulu	Tujuan	Hasil	Perbedaan
		dengan bantuan alat sonikasi	yang sesuai dengan suhu heksana yang mendekati titik didih	
8	Agustina <i>et al.</i> , (2018)	Mengekstraksi <i>Spirulina platensis</i> untuk mendapatkan antioksidan dengan menggunakan metoda ultrasonikasi dan pengaplikasiannya pada krim kosmetik	Kandungan bahan aktif spirulina dapat diekstraksi dengan metode ultasonikasi dan pengeringan menggunakan <i>freeze dryer</i> serta menunjukkan adanya 3 jenis antioksidan yang terkandung dalam mikroalga sebagai bahan kosmetik	Tujuan Ekstraksi, metode ekstraksi
9	Kalsum <i>et al.</i> , (2017)	Mengetahui efek dari ultrasonik pada transesterifikasi	Penerapan ultrasonik untuk transesterifikasi langsung	Bahan baku, Pelarut, metode Ekstraksi

No	Penelitian Terdahulu	Tujuan	Hasil	Perbedaan
		dengan mikroalga <i>Nannochloropsis occulata</i> dan metanol sebagai pelarut dan pereaksi	mikroalga <i>Nannochloropsis occulata</i> secara efektif dapat mengurangi waktu reaksi	
10	Kwangdinata <i>et al.</i> , (2014)	Mengetahui lipid yang dihasilkan fitoplankton <i>Nannochloropsis sp</i> dengan metode ultrasonik untuk pembuatan biodiesel	Kandungan lipid yang dihasilkan dari Lipid <i>Nannochloropsis sp</i> dengan metode ekstraksi menggunakan alat ultrasonik sebesar 20,6558 % BK biomassa.	Bahan baku, metode esterifikasi-transesterifikasi

Penelitian-penelitian diatas menunjukkan bahwa ekstraksi bertingkat dengan metode maserasi dan *Ultrasound Assisted Extraction* (UAE) yang dapat menghasilkan kandungan lipid dalam mikroalga. Penelitian ini membuat biodiesel dari mikroalga menggunakan metode esterifikasi dan transesterifikasi yang didalamnya terdapat kandungan lipid.

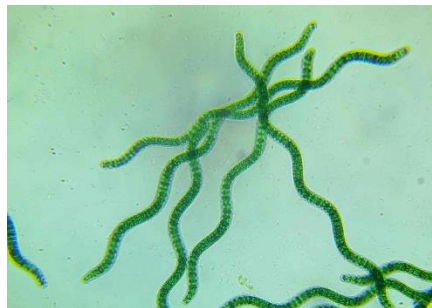
2.2 Teori-teori yang Relevan

2.2.1 Mikroalga *Spirulina Platensis*

Mikroalga *Spirulina platensis* merupakan jenis mikroalga yang memiliki sifat autotrof, tidak mempunyai inti sel atau prokariotik, berbentuk uniselular dan

memiliki filament berwarna hijau-biru berbentuk spiral. Mikroalga *Spirulina platensis* memiliki pigmen yang berfungsi sebagai klorofil, xantofil, karoten dan fikosianin (Agustina *et al.*, 2018).

Mikroalga *Spirulina platensis* dapat berkembangbiak di danau, air laut, air tawar dan media tanah. *Spirulina platensis* memiliki kemampuan tumbuh pada media yang memiliki alkalinitas tinggi dengan pH 8,5-11 dengan suhu terendah *Spirulina* agar dapat hidup yaitu pada suhu 15°C, dan pertumbuhan optimal pada rentang suhu 35 °- 40 °C (Hanif, 2022).



Gambar 2.1 *Spirulina platensis* (Sumber : Hanif, 2022)

Mikroalga *Spirulina platensis* memiliki kandungan lipid atau lemak yang terdiri dari asam lemak tertinggi yaitu *Gamma Linoleic Acid* (GLA) sekitar 25-60% dari total lemak. Kandungan minyak dalam mikroalga *Spirulina platensis* sangat bervariasi tergantung dari kondisi lingkungan tempat tumbuhnya. Kandungan minyak dalam mikroalga *Spirulina platensis* biasanya berbentuk gliserol dan asam lemak dengan panjang rantai C14 sampai C22. Komposisi senyawa kimia penyusun dinding sel mikroalga berupa 24-74% gula-gula netral, 1-24% uronic acid, 2-16% protein dan 0-15% glukosamin. Lapisan tipis air pada permukaan biomassa basah mencegah pelarut untuk mencapai bagian sel yang mengandung minyak, maka perlu dilakukan penghancuran dinding sel mikroalga untuk membebaskan minyak yang terkandung di dalam sel agar terjadi kontak dengan pelarut. Proses perusakan dinding sel mikroalga tersebut tentunya melibatkan energi dan menghasilkan panas, dimana hal ini dapat memengaruhi kualitas minyak yang diperoleh. Mikroalga

Spirulina platensis juga mengandung 4-7% lipid atau lemak dan sebagian besar dalam bentuk asam lemak esensial (Djamaludin & Chamidah, 2021).

2.2.2 Metode Ekstraksi

Ekstraksi merupakan metode yang dilakukan dengan tujuan untuk menghancurkan dinding sel (*cell disruption*) pada mikroalga, yakni dengan cara mekanis dan kimia. Berdasarkan penelitian Putri *et al.*, (2023) jenis pelarut mempengaruhi perbandingan jumlah rasio pelarut serta sifat kepolaran dari jenis pelarut. Sedangkan, ditinjau dari segi volume pelarut semakin kecil volume pelarut yang digunakan maka ekstraksi berlangsung baik pada berbagai waktu ekstraksi.

Proses ekstraksi lipid mikroalga dapat dilakukan dengan menggunakan metode konvensional dan modern. Ekstraksi secara konvensional menggunakan katalis basa homogen seperti KOH, NaOH, CH₃OK dan CH₃ONa. Metode ekstraksi secara konvensional ini berdampak negatif karena adanya residu yang beracun, perubahan kimia senyawa ekstrak dan limbah yang sulit terdegradasi. Metode ekstraksi modern merupakan ekstraksi yang menggunakan alat-alat seperti ultrasonik (UAE), gelombang mikro (MAE), ekstraksi fluida superkritis (SFE) dan ekstraksi fluida bertekanan (Iba & Zaeni, 2023).

2.2.2.1 Maserasi

Metode ekstraksi dengan maserasi dilakukan untuk mengekstrak mikroalga sebelum dilakukan proses pemanasan dengan destilasi. Maserasi merupakan metode ekstraksi simpel dengan cara merendam sampel dalam pelarut tertentu tanpa dilakukan pemanasan, sehingga sampel tidak mudah rusak dan terurai (Susanty & Bachmid, 2016). Selama proses perendaman sampel, terdapat perbedaan konsentrasi antara suhu luar dan dalam ruangan yang berdampak pada kerentanan dinding dan membran sel untuk mengalami disrupsi dimana terjadi rusaknya dinding sel yang menyebabkan keluarnya senyawa biokimia didalamnya. Pemecahan dinding dan membran sel ini selanjutnya diikuti oleh larutnya senyawa aktif sesuai dengan sifat polaritas pelarut yang digunakan. Oleh karena itu, terjadi

peningkatan interaksi antara pelarut dan senyawa target yang pada akhirnya menghasilkan rendemen yang signifikan (Rini *et al.*, 2015)

Ekstraksi maserasi dilakukan menggunakan pelarut polar dengan temperatur titik didih selama waktu tertentu dengan jumlah pelarut terbatas yang relatif konstan. Keuntungan menggunakan cara ini ialah ekstraksi dapat berlangsung dengan cepat dan senyawa dalam sampel secara lebih efektif dapat ditarik oleh pelarut (Septianto *et al.*, 2020)

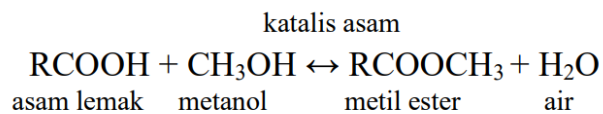
2.2.2.2 *Ultrasound-Assisted Extraction (UAE)*

Pada metode modern, salah satu cara untuk memecah dinding sel *Spirulina platensis* dapat dilakukan dengan metode Ultrasonik. *Ultrasound-Assisted Extraction (UAE)* adalah metode alternatif ekstraksi yang tidak menggunakan pemanasan dan diketahui waktu lebih efisien, proses lebih cepat, serta memungkinkan adanya pengurangan pelarut organik yang digunakan, sehingga menghasilkan ekstrak murni dengan yield yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan ekstraksi konvensional. Metode ultrasonik telah diterapkan antara lain untuk mengekstrak komponen bahan pangan seperti komponen aroma, pigmen, dan antibakteri. Parameter – parameter yang mempengaruhi metode ekstraksi diantaranya pengecilan ukuran sampel, jenis dan rasio penggunaan pelarut, serta waktu ekstraksi (Sani *et al.*, 2014)

2.2.3 Esterifikasi

Esterifikasi merupakan salah satu metode yang dilakukan untuk mengubah asam-asam organik yaitu asam-asam karboksilat menjadi senyawa turunan esternya. Esterifikasi dilakukan dengan menggunakan katalis asam untuk membuat ester (Mutiara *et al.*, 2022). Katalis yang baik adalah zat yang memiliki asam kuat seperti asam sulfat, asam sulfonat organik atau resin penukar kation asam kuat yang merupakan katalis-katalis yang biasa digunakan dalam praktek industri. Proses esterifikasi adalah reaksi reversibel dimana asam lemak bebas atau *Free Fatty Acid (FFA)* dikonversi menjadi alkil ester melalui katalis asam (HCl atau H₂SO₄). Asam lemak bebas dalam minyak tinggi seperti dalam minyak goreng

bekas, esterifikasi simultan dan reaksi transesterifikasi melalui katalis asam dapat berpotensi untuk mendapatkan konversi biodiesel yang hampir lengkap. Proses esterifikasi mengikuti mekanisme reaksi yang sama seperti transesterifikasi katalis asam (Wibowo, 2017). Berikut gambar 2.2 yang menunjukkan reaksi esterifikasi pada proses pembuatan biodiesel.



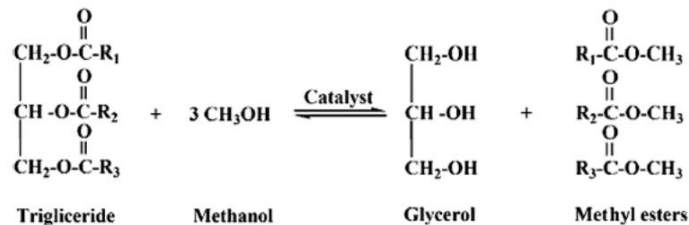
Gambar 2.2 Reaksi Esterifikasi Biodiesel

Katalisator merupakan senyawa yang dapat meningkatkan laju reaksi tanpa mengubah senyawa secara kimia pada akhir reaksi. Katalisator meningkatkan laju reaksi dengan cara mempengaruhi energi pengaktifan suatu reaksi kimia. Keberadaan katalisator akan menurunkan energi pengaktifan, sehingga reaksi dapat berjalan dengan cepat. Katalisator asam dipilih untuk memproduksi metil ester dengan kadar asam lemak bebas tinggi melalui reaksi esterifikasi. Katalisator asam seperti H₂SO₄, HPO₄, dan HCl merupakan katalis yang efektif untuk reaksi esterifikasi (Agustina *et al*, 2020).

2.2.4 Transesterifikasi

Transesterifikasi atau bisa disebut dengan alkoholisis merupakan reaksi antara minyak atau lemak dengan alkohol untuk membentuk ester dan gliserol. Reaksi transesterifikasi memerlukan katalis yang sesuai. Terdapat dua macam katalis, yaitu katalis homogen yang mempunyai fasa yang sama dengan reaktan dan katalis heterogen yang mempunyai fasa yang berbeda dari reaktan. Reaksi transesterifikasi bertujuan menurunkan viskositas minyak, sehingga mendekati nilai viskositas solar. Nilai viskositas tinggi akan menyulitkan pemasukkan bahan bakar dari tangki ke ruang bahan bakar mesin dan menyebabkan atomisasi lebih sukar terjadi. Hal ini mengakibatkan pembakaran kurang sempurna dan

menimbulkan endapan pada nozel (Ghifari & Samik, 2023). Berikut gambar 2.3 merupakan reaksi transesterifikasi pada proses pembuatan biodiesel.



Gambar 2.3 Reaksi Transesterifikasi Biodiesel

Pada proses transesterifikasi akan berlangsung lambat dan membutuhkan suhu serta tekanan tinggi tanpa digunakannya katalis. Katalis basa biasanya banyak digunakan secara komersial karena proses transesterifikasi dengan katalis basa lebih cepat dibandingkan katalis asam. Katalis yang sering digunakan untuk reaksi transesterifikasi yakni antara lain natrium hidroksida (NaOH), kalium hidroksida (KOH), natrium metoksida (NaOCH₃) dan kalium metoksida (KOCH₃).

2.2.5 Biodiesel

Bahan bakar untuk kendaraan atau transportasi dapat berasal dari Bahan Bakar Nabati (BBN) atau yang biasa digunakan untuk bahan makanan yang bisa disebut dengan biodiesel. Biodiesel memiliki sifat yang ramah lingkungan karena dapat menurunkan emisi bila dibandingkan dengan bahan bakar diesel. Biodiesel dapat digunakan secara murni maupun dicampur, dan dikhususkan untuk mesin jenis diesel. Biodiesel dapat terbuat dari minyak nabati yang berasal dari sumber daya alam yang dapat diperbaharui. Bahan baku pembuatan biodiesel dapat berasal dari kelapa sawit, kedelai, bunga matahari, jarak pagar, tebu dan alpukat. Bahan baku biodiesel juga dapat berasal dari lemak hewani, lemak bekas atau lemak daur ulang. Bahan baku untuk pembuatan biodiesel ini mengandung trigliserida, asam lemak bebas (ALB), dan pencemar. Secara kimia biodiesel termasuk dalam golongan mono alkil ester atau metil ester dengan panjang rantai karbon antara 12-20. Hal ini yang membedakannya dengan petroleum diesel (solar) yang komponen

utamanya adalah hidrokarbon (Devita, 2015). Biodiesel memiliki sembilan standar mutu kualitas sebagai bahan bakar pengganti solar berdasarkan SNI-7182-2015, sebagai berikut:

Tabel 2.2 Syarat Mutu Biodiesel

Parameter uji	Satuan	Nilai
Densitas pada 40°C	kg/m ³	850-890
Viskositas	mm ² /cSt	2,3-6,0
Kadar air	%	0,5
Bilangan asam	mgNaOH/g	0,39-1,84
Gliserol bebas	%	0,01-0,02
Kadar ester alkil	%	96,5-101,2
Bilangan iod	ppm	39-115
Kalor pembakaran	MJ/kg	36.744-38.500
Bilangan cetana	min	51

(Sumber: SNI 04-7182-2015)

2.2.5.1 Densitas

Densitas merupakan sifat dasar materi yang didefinisikan sebagai massa per satuan volume dari suatu material. Densitas dipengaruhi oleh beberapa faktor, termasuk jumlah dan susunan atom atau molekul dalam material, serta suhu dan tekanan di mana material tersebut. Analisis densitas adalah prosedur yang digunakan untuk menentukan massa jenis suatu material. Dalam analisis densitas dapat menggunakan metode piknometer. Piknometer adalah alat yang digunakan untuk mengukur volume dan massa suatu material, sehingga dapat dihitung densitasnya. Densitas suatu material dapat dihitung dengan akurasi yang tinggi dengan menggunakan piknometer, sehingga sangat berguna pada bidang industri manufaktur, lingkungan, dan teknik (Saputri *et al*, 2023). Berikut merupakan gambar 2.4 piknometer yang digunakan dalam analisis densitas.



Gambar 2.4 Piknometer

2.2.5.2 Viskositas

Analisis viskositas adalah prosedur yang digunakan untuk mengukur sifat fisik suatu cairan yang menunjukkan kekentalan atau pergesekan internalnya. Viskositas suatu cairan dapat diukur dengan menggunakan alat viskometer Ostwald, yang prinsip kerjanya cairan akan mengalir melalui sebuah pipa yang memiliki diameter tertentu dengan kecepatan berbeda-beda tergantung viskositasnya. Pipa tersebut memiliki dua tanda yang berbeda, yaitu tanda awal dan tanda akhir. Fluida tersebut dibiarkan mengalir melalui pipa hingga mencapai tanda akhir, dan waktu yang dibutuhkan untuk mencapai tanda akhir tersebut diukur (Saputri *et al*, 2023). Berikut merupakan gambar 2.5 *Viscometer Ostwald* yang digunakan untuk analisis viskositas.



Gambar 2.5 *Viscometer Ostwald*

2.2.5.3 Angka Asam atau *Free Fatty Acid* (FFA)

Analisis angka asam pada biodiesel adalah prosedur yang digunakan untuk mengukur kualitas biodiesel berdasarkan tingkat keberadaan asam lemak bebas (FFA) yang terkandung dalam biodiesel. Angka asam yang tinggi dapat menunjukkan bahwa biodiesel masih mengandung asam lemak bebas, yang dapat

menyebabkan biodiesel bersifat korosif dan dapat menimbulkan kerak pada mesin. Angka asam dan kadar *Free Fatty Acid* (FFA) pada biodiesel adalah dua parameter yang terkait dengan kualitas dan sifat fisik biodiesel. Angka asam merupakan jumlah miligram KOH yang diperlukan untuk menetralkan asam dalam satu gram sampel bahan. Angka asam menunjukkan jumlah asam lemak bebas (ALB) yang ada pada bahan baku yang akan dijadikan bahan pembuatan biodiesel. Kadar FFA merupakan jumlah persentase asam lemak bebas yang terkandung dalam biodiesel. Kadar FFA menunjukkan tingkat keberadaan asam lemak bebas yang dapat bereaksi dengan katalis dan menghasilkan sabun, yang mengakibatkan turunnya nilai rendemen dalam proses transesterifikasi (Sanjiwani *et al*, 2015)

2.2.5.4 Kadar Air

Analisis kadar air adalah prosedur yang digunakan untuk menentukan tingkat keberadaan air. Kadar air yang terdapat pada alga oil dapat mempengaruhi kualitas dan sifat fisiknya. Kadar air yang tinggi dapat menyebabkan alga oil tidak memenuhi standar yang telah ditentukan. Kadar air yang terdapat pada alga oil dapat mempengaruhi sifat fisik alga oil seperti viskositas, densitas, dan titik nyala. Kadar air yang tinggi dapat menyebabkan alga oil memiliki viskositas yang lebih tinggi dan densitas yang lebih rendah, yang dapat mempengaruhi kualitas alga oil. Kadar air yang tinggi dapat menyebabkan alga oil tidak dapat awet karena dapat menyebabkan pertumbuhan bakteri dan jamur yang dapat menyebabkan kerusakan alga oil (Pakidi & Suwoyo, 2017)

2.2.5.5 Laju Korosi

Analisis laju korosi pada biodiesel adalah prosedur yang digunakan untuk menentukan tingkat korosi yang terjadi pada logam yang berinteraksi dengan biodiesel. Hasil analisis ini dapat digunakan untuk mengoptimalkan sintesis biodiesel dan mengurangi korosi pada logam. Faktor-faktor yang mempengaruhi laju korosi pada biodiesel antara lain kandungan air dimana air dapat bereaksi dengan logam dan menghasilkan senyawa korosif. Selain itu, kandungan asam lemak bebas pada biodiesel dapat meningkatkan laju korosi karena asam lemak

bebas dapat bereaksi dengan logam dan menghasilkan senyawa korosif. Suhu juga dapat mempengaruhi laju korosi pada biodiesel dimana laju korosi meningkat dengan meningkatnya suhu. (Irwan *et al*, 2022)

2.2.5.6 Gugus Fungsi

Analisis gugus fungsi pada biodiesel adalah prosedur yang digunakan untuk mengetahui gugus fungsi yang terdapat di dalam biodiesel. Gugus fungsi adalah grup atom yang terbentuk dalam molekul suatu senyawa dan mempengaruhi sifat fisik dan kimia senyawa tersebut. Analisis gugus fungsi pada biodiesel dilakukan dengan menggunakan spektroskopi Infra Red yaitu *Fourier Transform Infra Red* (FTIR) dengan spesifikasi *Bruker Alpha II Platinum-ATR*. FTIR bekerja berdasarkan prinsip bahwa setiap gugus fungsi memiliki frekuensi gelombang yang unik dan dapat diidentifikasi dengan menggunakan spektrometer FTIR. Spektroskopi FTIR bekerja dengan cara mengukur absorbansi radiasi inframerah oleh molekul-molekul dalam sampel. Spektrum FTIR menunjukkan berbagai nilai pita karakteristik dengan berbagai gugus fungsi dalam biodiesel. Pita-pita ini dapat diidentifikasi berdasarkan frekuensi gelombang yang terkait dengan gugus fungsi tertentu (Aziz *et al*, 2016). Berikut gambar 2.6 instrumentasi FTIR yang digunakan dalam analisis gugus fungsi



Gambar 2.6 Instrumentasi *Fourier Transform Infra Red* (FTIR) spesifikasi *Bruker Alpha II Platinum-ATR*

Analisis spektrum gugus fungsi alga oil dan biodiesel terdiri dari beberapa rantai yang mengacu pada tabel 2.3 berikut

Tabel 2.3 Analisis spektrum gugus fungsi alga oil dan biodiesel

Gugus Fungsi	Rentang (cm ⁻¹)	Sumber
O - H	3300 - 3700	Salawali <i>et al.</i> , (2023)
C - H alifatik	2850 - 2950	Mostafa & El-Gendy (2017)
C = C alkena	1600 - 1650	Ginting <i>et al.</i> , (2017)
C = O ester	1740 - 1760	Salawali <i>et al.</i> , (2023)
C - H alkuna	1400 - 1450	Made <i>et al.</i> , (2020)
C - O ester	1000 - 1300	Salawali <i>et al.</i> , (2023)
C - H tekukan	600 - 1000	Ginting <i>et al.</i> , (2017)

2.3 Hipotesis

Hipotesis atau dugaan sementara pada rumusan masalah penelitian biodiesel menggunakan metode ekstraksi bertingkat (maserasi dan ultrasonik), esterifikasi (H₂SO₄) dan transesterifikasi (KOH) berupa:

- Alga oil *Spirulina platensis* dengan metode ekstraksi bertingkat (maserasi dan ultrasonik) yang optimal memiliki densitas 980 - 1200 kg/m³, viskositas 6 - 11 mm²/s (cSt), kadar air 0,5%, %FFA 5 %, dan gugus fungsi O - H, C = O, C = C, dan C - N.
- Biodiesel pada proses esterifikasi (dengan katalis H₂SO₄) dan transesterifikasi (dengan katalis KOH) yang optimal memiliki densitas 850 - 890 kg/m³, angka asam 0,5 mgNaOH/g, viskositas 2,3-6,0 mm²/s (cSt) , dan korosi lempeng tembaga nomor 1 (terdapat lapisan dengan sedikit noda) serta gugus fungsi O - H, C = O, C = C, dan C - N