

SKRIPSI

**ANALISIS KARAKTERISASI MINYAK KELAPA SAWIT KASAR
(*CRUDE PALM OIL*) HASIL PLASMA DENGAN VARIASI CAMPURAN
METANOL**

**Disusun Dan Diajukan oleh:
ANDI AHMAD KAMIL SAPARUDDIN
NIM. D021 19 1090**



**DEPARTEMEN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN
GOWA
2024**

SKRIPSI

**ANALISIS KARAKTERISASI MINYAK KELAPA SAWIT KASAR
(*CRUDE PALM OIL*) HASIL PLASMA DENGAN VARIASI CAMPURAN
METANOL**

Disusun Dan Diajukan Oleh:

ANDI AHMAD KAMIL SAPARUDDIN

NIM. D021 19 1090

**Merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik
Mesin pada Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin**

DEPARTEMEN TEKNIK MESIN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS HASANUDDIN

GOWA

2024

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

**ANALISIS KARAKTERISASI MINYAK KELAPA SAWIT
KASAR (CRUDE PALM OIL) HASIL PLASMA DENGAN
VARIASI CAMPURAN METANOL**

Disusun dan diajukan oleh

ANDI AHMAD KAMIL S

NIM D021 19 1090

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka
Penyelesaian Studi Program Sarjana Program Studi Teknik Mesin
Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin

Pada tanggal:
dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui,

Pembimbing Utama



Prof. Dr. Eng. Andi Erwin Eka Putra, S.T., M.T
NIP. 19711221 199802 1 001

Pembimbing Pendamping



Ir. Andi Mangkau, MT
NIP. 19611231 199002 1 003

Ketua Program Studi,



Prof. Dr. Eng. Ir. Jalaluddin, S.T., M.T
NIP. 19720825 200003 1 001

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Andi Ahmad Kamil S

NIM : D021191090

Program Studi : Teknik Mesin

Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul

**ANALISIS KARAKTERISASI MINYAK KELAPA SAWIT KASAR
(CRUDE PALM OIL) HASIL PLASMA DENGAN VARIASI CAMPURAN
METANOL**

Adalah karya tulisan saya sendiri dan bukan merupakan pengambilan alihan tulisan orang lain dan bahwa skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri.

Semua informasi yang ditulis dalam skripsi yang berasal dari penulis lain telah diberi penghargaan, yakni dengan mengutip sumber dan tahun penerbitannya. Oleh karena itu semua tulisan dalam skripsi ini sepenuhnya menjadi tanggung jawab penulis. Apabila ada pihak manapun yang merasa ada kesamaan judul dan atau hasil temuan dalam skripsi ini, maka penulis siap untuk diklarifikasi dan mempertanggungjawabkan segala resiko.

Segala data dan informasi yang diperoleh selama proses pembuatan skripsi, yang akan dipublikasi oleh Penulis di masa depan harus mendapat persetujuan dari Dosen Pembimbing.

Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan isi skripsi ini hasil karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Gowa, 13 Maret 2024

Yang Menyatakan


Andi Ahmad Kamil S

ABSTRAK

Persediaan bahan bakar minyak yang merupakan bahan bakar berbahan fosil menjadi suatu kebutuhan primer masyarakat luas. Seiring berganti tahun ketersediaan bahan bakar fosil kian menipis. Pada pembuatan biodiesel kali ini menggunakan metode teknologi plasma. Teknologi plasma merupakan metode alternatif yang digunakan menghasilkan bahan bakar terbarukan yang dimana divariasikan dengan campuran metanol sebagai katalis pada penelitian ini. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisa karakteristik minyak kelapa sawit kasar (*crude palm oil*) setelah divariasikan campuran metanol 0%, 20%, 30%, dan 40% khususnya pada uji massa jenis, viskositas, nilai kalor, titik nyala, FTIR dan GCMS. Pada prosesnya tersebut minyak sawit sebesar 150 ml mengalami lama penyalaan plasma selama 3 menit serta pada tegangan 200 volt. Hasil dari penelitian ini menunjukkan adanya peningkatan kualitas biodiesel dibandingkan bahan baku sebelum mengalami perlakuan serta memiliki kemiripan kandungan senyawa kimia dengan B30 pertamina. Untuk nilai massa jenis dan viskositas ditemukan pada B40 40% campuran metanol dengan sebesar 0.985561 lalu viskositas rata-rata memiliki nilai yang sama yaitu sebesar 19 cSt. Untuk pengujian titik nyala dan nilai kalor ditemukan B30 20% campuran metanol memiliki titik nyala terkecil yaitu 105⁰c lalu pada nilai kalor yang memiliki angka tertinggi yaitu B40 30% campuran metanol yaitu sebesar 35.765 kJ/kg. Pada pengujian FTIR ditemukan dari keseluruhan sampel memiliki peak-peak yang mengidentifikasi kemiripan yang terkandung pada biodiesel. Dan terakhir pada pengujian GCMS, senyawa kimia seperti *fatty acid metil ester* (FAME) yang terkandung pada rata-rata sampel memiliki kemiripan dengan B30 Pertamina.

Kata kunci : Teknologi Plasma, Metanol, Crude Palm Oil, FTIR, GC-MS

ABSTRACT

The supply of oil fuel, which is a fossil fuel, is a primary need for the wider community. As the years pass, the availability of fossil fuels becomes increasingly scarce. In making biodiesel this time using the plasma technology method. Plasma technology is an alternative method used to produce renewable fuel which is varied with a mixture of methanol as a catalyst in this research. This research aims to analyze the characteristics of crude palm oil after varying the methanol mixture of 0%, 20%, 30%, and 40%, especially in the density, viscosity, heating value, flash point, FTIR, and GCMS tests. In this process, 150 ml of palm oil experiences a plasma ignition period of 3 minutes and a voltage of 200 volts. The results of this research show that there is an increase in the quality of biodiesel compared to raw materials before undergoing treatment and that it has a similar chemical compound content to Pertamina's B30. The density and viscosity values found in the B40 40% methanol mixture were 0.985561, then the average viscosity had the same value, namely 19 cSt. To test the flash point and heating value, it was found that B30 20% methanol mixture had the smallest flash point, namely 1050c, then the heating value had the highest figure, namely B40 30% methanol mixture, namely 35,765 kJ/kg. In FTIR testing, it was found that all samples had peaks that identified the similarities contained in biodiesel. Finally, in the GCMS test, chemical compounds such as fatty acid methyl ester (FAME) contained in the average sample were similar to Pertamina's B30.

Keywords: Plasma Technology, Methanol, Crude Palm Oil, FTIR, GC-MS

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur senantiasa kita panjatkan kehadirat Tuhan Yang Maha Esa karena atas rahmat dan berkat-Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul **“ANALISIS KARAKTERISASI MINYAK KELAPA SAWIT KASAR (CRUDE PALM OIL) HASIL PLASMA DENGAN VARIASI CAMPURAN METANOL”** yang mana merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana teknik pada Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin. Selama proses pengerjaan skripsi ini penuli menerima begitu banyak bantuan dari berbagai pihak. Untuk itu peneliti ingin mengucapkan terimakasih kepada:

1. Kepada Orang tua saya tercinta, Bapak Saparuddin dan Ibu Nurasriany serta kakak saya Syafii yang selalu mendampingi, memberi semangat dan mendoakan setiap langkah dan proses penulis dalam menyelesaikan studi.
2. Bapak Prof. Dr. Eng. Jalaluddin ST., MT selaku ketua Departemen Mesin Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin beserta seluruh staff Departemen Mesin Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin atas segala bantuan dan kemudahan yang diberikan.
3. Bapak Prof. Dr. Eng. Andi Erwin Eka Putra, ST., MT. selaku pembimbing I Tugas Akhir, yang telah memberikan waktu, arahan, dan saran selama proses pengerjaan skripsi.
4. Bapak Ir. Andi Mangkau, MT. selaku pembimbing II Tugas Akhir, yang telah memberikan waktu, arahan, dan saran selama proses pengerjaan skripsi.
5. Bapak Ir. Baharuddin Mire, MT. selaku penguji yang telah memberikan saran-saran selama proses pengerjaan skripsi.
6. Ibu Dr. Eng. Novriany Amaliyah, ST., MT selaku penguji yang telah memberikan saran-saran selama proses pengerjaan skripsi.
7. Segenap Dosen Departemen Mesin Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
8. Kanda Surahman selaku laboran di Laboratorium Motor Bakar yang senantiasa membantu dalam penelitian penulis.
9. Saudara-saudara seperjuangan BRUZHLEZZ 2019 yang sudah menjadi tim hore dan tim *support*.

10. Sahabat terdekat penulis Iyad, Fikar, Fairuz, dan Daus yang menjadi tempat penulis untuk mendapat hiburan gratis untuk canda tawanya.
11. Teman dekat seperjuangan teknik “Beer” dan “The Emperor Kost” yang selalu memberikan semangat dan support selama perkuliahan.
12. Terakhir, penulis hendak menyapa setiap nama yang tidak dapat penulis cantumkan satu per satu, terima kasih doa yang senantiasa mengalir tanpa sepengetahuan penulis. Terima kasih sebanyak-banyaknya kepada orang-orang yang turut bersukacita atas keberhasilan penulis menyelesaikan skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari sempurna walaupun telah menerima bantuan dari berbagai pihak. Apabila terdapat kesalahan-kesalahan dalam skripsi ini sepenuhnya menjadi tanggung jawab penulis dan bukan para pemberi bantuan. Kritik dan saran yang membangun akan lebih menyempurnakan skripsi ini.

Gowa, 5 Maret 2024

Penulis

DAFTAR ISI

SAMPUL.....	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
PERNYATAAN KEASLIAN	Error! Bookmark not defined.
ABSTRAK	v
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR TABEL	xii
BAB 1	14
PENDAHULUAN	14
1.1 Latar Belakang.....	14
1.2 Rumusan Masalah	16
1.3 Tujuan Penelitian	16
1.4 Manfaat Penelitian	16
1.5 Batasan Masalah	17
BAB 2	18
LANDASAN TEORI.....	18
2.1. Biodiesel	18
2.2. Minyak Kelapa Sawit Kasar (<i>Crude Palm Oil</i>)	19
2.3 Plasma	20
2.3.1 Pengertian Plasma	20
2.3.2 Mekanisme Plasma Dalam Cairan	21
2.3.2 Unjuk Kerja Proses Plasma.....	22
2.4 Metanol	23
2.5 Uji Karakterisasi	24
2.5.1 Massa Jenis (Densitas).....	24
2.5.2 Viskositas.....	24
2.5.3 Nilai Kalor	25
2.5.4 Titik Nyala (<i>Flash Point</i>).....	27
2.5.5 FT-IR (Fourier Transform Infrared).....	27
2.5.6 GC-MS (Gas Chromatograph-Mass Spectrometer)	29
BAB III	31
METODOLOGI PENELITIAN.....	31

3.1 Waktu dan Tempat.....	31
3.2 Jenis Penelitian.....	31
3.3 Alat dan bahan.....	32
3.3.1 Alat.....	32
3.3.2 Bahan	37
3.4 Prosedur Kerja	40
3.5 Flowchart Penelitian	42
BAB IV	44
HASIL DAN PEMBAHASAN.....	44
4.1 Karakterisasi Biodiesel Hasil Plasma (B30) Campuran Metanol.....	44
4.2 Karakterisasi Biodiesel Hasil Plasma (B40) Campuran Metanol.....	45
4.3 Analisis FT-IR	47
4.4 Kandungan FAME (<i>Fatty Acid Methyl Ester</i>) dari hasil analisis GCMS.....	55
BAB V	56
KESIMPULAN.....	56
5.1 Kesimpulan	56
5.2 Saran	57
DAFTAR PUSTAKA	58

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Ilustrasi perbandingan plasma dengan jenis zat lain.....	21
Gambar 2.2 Proses pembangkitan plasma : (a) terbentuknya gelembung dan (b) terbentuknya plasma (Nurdin, 2016)	22
Gambar 2.3 Prinsip spektroskopi FT-IR	29
Gambar 3.1 Alat pembangkit plasma	32
Gambar 3.2 Reaktor plasma	32
Gambar 3.3 Botol plastik.....	33
Gambar 3.4 Tissue.....	Error! Bookmark not defined.
Gambar 3.5 Timbangan skala 0.001 gr	33
Gambar 3.6 Gelas ukur.....	34
Gambar 3.7 Stopwatch	34
Gambar 3.8 Kertas whatman no.40	35
Gambar 3.9 Bom kalorimeter	35
Gambar 3.10 Bom kalorimeter.....	36
Gambar 3.11 Magnetic stirrer.....	36
Gambar 3.12 Minyak kelapa sawit kasar (CPO)	37
Gambar 3.13 Tungsten	37
Gambar 3.14 Akuades	38
Gambar 3.15 Metanol.....	38
Gambar 4.1 Hasil FT-IR B30% 0% Metanol	47
Gambar 4.2 Hasil FT-IR B30 20% Metanol	48
Gambar 4.3 Hasil FT-IR B30 30% Metanol	49
Gambar 4.4 Hasil FT-IR B30 40% Metanol	50
Gambar 4.5 Hasil FT-IR B40% 0% Metanol	51
Gambar 4.6 Hasil FT-IR B40 20% Metanol	52
Gambar 4.7 Hasil FT-IR B40 30% Metanol	53
Gambar 4.8 Hasil FT-IR B40 40% Metanol	54

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Karakterisasi biodiesel hasil plasma.....	44
Tabel 4.2 Karakterisasi biodiesel hasil plasma.....	45
Tabel 4.3 Hasil pengujian GCMS dari keseluruhan sampel & bahan baku & B30 Pertamina	55

DAFTAR SIMBOL

Simbol	Keterangan	Satuan
Y_m	Yield	%
m_a	Massa produk yang diperoleh	Gr
m_{bb}	Massa bahan baku	Gr
ρ	Massa jenis	gr/ml
m_{sampel}	Massa minyak	Gr
$m_{aquades}$	Massa aquades	Gr
$V_{piknometer}$	Volume piknometer	ml
$\rho_{aquades}$	Massa jenis aquades	gr/ml
ΔT	Selisih temperatur	°C
m_{air}	Massa air	Kg

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Persediaan bahan bakar minyak atau disingkat BBM yang merupakan bahan bakar berbahan fosil sudah menjadi suatu kebutuhan primer masyarakat luas. Seiring berganti tahun dengan semakin tingginya tingkat kebutuhan, ketersediaan bahan bakar fosil pun kian menipis. Menipisnya pasokan bahan bakar fosil sebagai sumber energi merupakan ancaman bagi keberlangsungan hidup masyarakat terutama pada bahan bakar minyak. Hal tersebut memicu berbagai peneliti untuk melakukan penelitian dalam mencari bahan bakar alternatif yang bersifat terbarukan atau dapat diperbaharui. Bahan bakar nabati (biofuel) tampaknya menjadi solusi yang menjanjikan untuk menggantikan bahan bakar fosil, karena sumber daya untuk itu tidak akan habis (karena pasokan selalu bisa diperbarui). Bahan bakar nabati ini lebih ramah lingkungan dan mudah mendistribusikan menggunakan infrastruktur dan teknologi yang tersedia. Berdasarkan prediksi permintaan bahan bakar konvensional dalam skala global akan mengalami pertumbuhan tahunan 1,3% sampai dengan tahun 2030. Hal ini akan mengakibatkan permintaan harian sekitar 18,4 miliar liter (naik dari sekitar 13,4 miliar liter per hari di 2005). Namun sayangnya, bahan bakar konvensional diperkirakan akan hampir habis dalam 2 dekade mendatang karena terbatasnya cadangan minyak bumi. Akibatnya bisa saja harga bahan bakar berbasis fosil akan semakin mahal dari waktu ke waktu.

Bahan bakar terbarukan, yang terbuat dari biomassa, memiliki potensi besar dalam memenuhi permintaan energi dunia sekarang. Biomassa sendiri dapat diolah menjadi energi melalui beberapa cara, dimana salah satunya adalah konversi menjadi bahan bakar cair atau gas seperti biodiesel untuk digunakan dalam sumber pembakaran mobil. Bioenergi merupakan energi alternatif yang dimana bahan bakunya bersifat *renewable*.

Bioediesel adalah bahan bakar alternatif yang dapat diperoleh dari minyak nabati maupun lemak hewani melalui reaksi transesterifikasi dengan alkohol. Biodiesel menciptakan polusi yang lebih sedikit dari bahan bakar minyak bumi. Selain itu, biodiesel dapat digunakan tanpa memodifikasi ulang mesin diesel (Mardiah, Widodo, Trisningwati, & Purijatmiko, 2006)

Produksi biodiesel tentunya berkaitan dengan ketersediaan bahan baku, sampai sekarang bahan baku yang memenuhi standar kebutuhan kapasitas produksi adalah minyak kelapa sawit kasar (CPO). Saat ini Indonesia adalah salah satu produsen dan eksportir minyak kelapa sawit terbesar di dunia yang ditunjukkan oleh share ekspor Indonesia sebesar 45.50 % periode tahun 2001-2017 (Trade Map, 2018) dan ekspornya dapat mencukupi sekitar 37 % dari konsumsi global (Oil World, 2017). Sehingga dari jumlah CPO yang sangat melimpah tersebut dapat menghasilkan biodiesel dalam skala besar.

Pembuatan biodiesel pada dasarnya dilakukan secara (esterifikasi dan transesterifikasi), menggunakan gelombang mikro dan penemuan baru-baru ini menggunakan metode teknologi plasma. Teknologi plasma adalah metode lain yang menjanjikan dalam proses pembuatan biodiesel serta teknologi ini tidak menggunakan bahan kimia serta tidak membutuhkan lahan yang luas. Plasma merupakan gas yang terionisasi dalam lucutan listrik atau dapat didefinisikan sebagai percampuran dari elektron, radikal, ion positif dan negatif. Pencampuran antara ion-ion yang bermuatan negatif dan positif memiliki sifat-sifat yang sangat berbeda dengan gas pada umumnya (Ryane, Oktawan, & Syakur, 2014). Derajat ionisasi bisa dikontrol dengan tegangan yang diaplikasikan. Plasma dapat juga dinyatakan sebagai fase ke empat selain cairan, padat dan gas (Putut, 2008). Teknologi plasma merupakan salah satu metode alternatif yang digunakan untuk menghasilkan bahan bakar terbarukan.

Untuk mengetahui karakterisasi yang optimal, maka penulis akan melakukan penerapan proses plasma dengan berbahan baku minyak kelapa sawit kasar (*Crude Palm Oil*) berbantuan metanol. Dengan Landasan ini, perlu dilakukan “Analisis Karakterisasi Minyak Kelapa Sawit Kasar (*Crude Palm Oil*) Hasil Plasma Dengan Variasi Campuran Metanol” sebagai upaya dalam

peningkatan kualitas mutu dari karakterisasi minyak kelapa sawit kasar (*Crude Palm Oil*).

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang dijelaskan, maka dibuat rumusan masalahnya yaitu:

1. Bagaimana pengolahan secara proses plasma pada minyak kelapa sawit kasar (*crude palm oil*) dengan mutu yang lebih baik melalui proses perlakuan plasma.
2. Bagaimana karakteristik minyak kelapa sawit kasar (*crude palm oil*) yang dihasilkan.
3. Bagaimana pengaruh variasi campuran metanol terhadap kandungan minyak kelapa sawit kasar (*crude palm oil*) yang dihasilkan.

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini yaitu:

1. Untuk menganalisis proses pengolahan pada minyak kelapa sawit kasar (*crude palm oil*) dengan mutu yang lebih baik melalui proses perlakuan plasma.
2. Untuk menganalisis karakteristik kandungan minyak kelapa sawit kasar (*crude palm oil*).
3. Untuk menganalisis pengaruh variasi campuran metanol terhadap karakteristik minyak yang dihasilkan.

1.4 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini yaitu:

1. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi kepada peneliti tentang karakteristik dan metode tersebut.
2. Penelitian ini diharapkan menambah bahan bacaan dan menambah ilmu pengetahuan kepada pembaca tentang karakteristik dan proses plasma.
3. Penelitian ini diharapkan menjadi bahan referensi dalam penelitian selanjutnya yang berfokus pada metode plasma dalam produksi biodiesel.

1.5 Batasan Masalah

1. Pada penelitian ini bahan baku yang digunakan adalah minyak kelapa sawit kasar (CPO).
2. Volume minyak kelapa sawit kasar (CPO) yang digunakan adalah 150 ml.
3. Variasi 0%, 20%, 30%, 40% antara minyak kelapa sawit kasar dengan metanol
4. Tegangan *power supply* yang digunakan adalah 200 volt.
5. Variasi waktu penyalaan plasma yang digunakan adalah 3 menit.
6. Rasio campuran metanol yang digunakan adalah 6:1 dari volume minyak kelapa sawit kasar (CPO)

BAB 2

LANDASAN TEORI

2.1. Biodiesel

Biodiesel adalah sebuah bahan bakar cair yang berasal dari minyak nabati dan lemak yang memiliki sifat pembakaran yang mirip dengan bahan bakar minyak diesel biasa (dari minyak bumi). Biodiesel dapat diproduksi langsung dari minyak nabati, minyak atau lemak hewan dan minyak jelantah. Biodiesel bersifat biodegradable, tidak beracun, dan memiliki emisi yang lebih sedikit daripada dari minyak diesel yang berbasis minyak bumi ketika dibakar. Biodiesel merupakan bahan bakar alternatif yang mirip dengan minyak diesel (fosil) konvensional. Proses yang digunakan untuk mengkonversi bahan baku minyak menjadi biodiesel disebut transesterifikasi. Sumber terbesar dari minyak yang cocok berasal dari tanaman minyak seperti kedelai, rapeseed, jagung, sawit dan bunga matahari. Saat ini, minyak dari industri pertanian merupakan potensi sumber terbesar, tetapi tidak digunakan untuk produksi komersial biodiesel hanya karena minyak mentah terlalu mahal. Tingginya biaya produksi biodiesel telah menyebabkan harganya masih terlalu tinggi untuk bersaing dengan minyak solar. Limbah minyak nabati (minyak goreng bekas) dapat juga sebagai sumber bahan baku yang murah. Salah satu kelemahan dari menggunakan limbah minyak itu harus diperlakukan untuk menghilangkan kotoran seperti asam lemak bebas (FFA) sebelum konversi ke biodiesel. Dengan demikian, biodiesel yang dihasilkan dari minyak kelapa sawit kasar sebenarnya dapat bersaing dengan harga minyak solar tanpa subsidi nasional. Saat ini, penggunaan biodiesel masih sulit bersaing dengan petrodiesel karena memiliki harga yang relatif lebih mahal. Walaupun demikian, dengan semakin meningkatnya harga petroleum dan ketidakpastian ketersediaan petroleum pada masa 3 yang akan datang, pengembangan biodiesel yang bersumber pada minyak tumbuhan menjadi salah satu alternatif utama karena memberikan keuntungan baik dari segi lingkungan maupun dari segi sumbernya yang merupakan sumber daya alam terbarukan.

Tabel 2.1 Syarat dan Mutu Biodiesel menurut SNI

No.	Parameter	Satuan	Nilai
1	Massa jenis pada 40 °C	kg/m ³	850 – 890
2	Viskositas kinematik pd 40 °C	mm ² /s (cSt)	2,3 – 6,0
3	Angka setana		min. 51
4	Titik nyala (mangkok tertutup)	°C	min. 100
5	Titik kabut	°C	maks. 18
6	Korosi lempeng tembaga (3 jam pada 50 °C)		maks. no 3
7	Residu karbon	%-massa	
	- dalam contoh asli		maks 0,05
	- dalam 10 % ampas distilasi		maks. 0,3
8	Air dan sedimen	%-vol.	maks. 0,05*
9	Temperatur distilasi 90 %	°C	maks. 360
10	Abu tersulfatkan	%-massa	maks.0,02
11	Belerang	ppm-m (mg/kg)	maks. 100
12	Fosfor	ppm-m (mg/kg)	maks. 10
13	Angka asam	mg-KOH/g	maks.0,8
14	Gliserol bebas	%-massa	maks. 0,02
15	Gliserol total	%-massa	maks. 0,24
16	Kadar ester alkil	%-massa	min. 96,5
17	Angka iodium	%-massa	maks. 115
18	Uji Halphen	(g-I ₂ /100 g)	Negatif

2.2. Minyak Kelapa Sawit Kasar (*Crude Palm Oil*)

Minyak kelapa sawit kasar atau *crude palm oil* (CPO) merupakan hasil proses pengepresan buah sawit (mesocarf) yang berwarna kuning jingga berbentuk cair. Sifat fisik CPO pada suhu 25°C memiliki densitas antara 0,909-0,917 g/mL dan untuk suhu 55°C densitas CPO sebesar 0,888-0,892 g/mL (Wulandari dkk, 2011).

Minyak kelapa sawit kasar merupakan produk sampingan dari proses penggilingan kelapa sawit dan dianggap sebagai minyak kelas rendah dengan asam lemak bebas (FFA) yang tinggi. Dengan produksi global tahunan atau setara dengan sekitar 39% dari produksi minyak nabati dunia, kelapa sawit telah mengalahkan kedelai selama 1 dekade terakhir menjadi tanaman minyak yang paling penting di dunia.

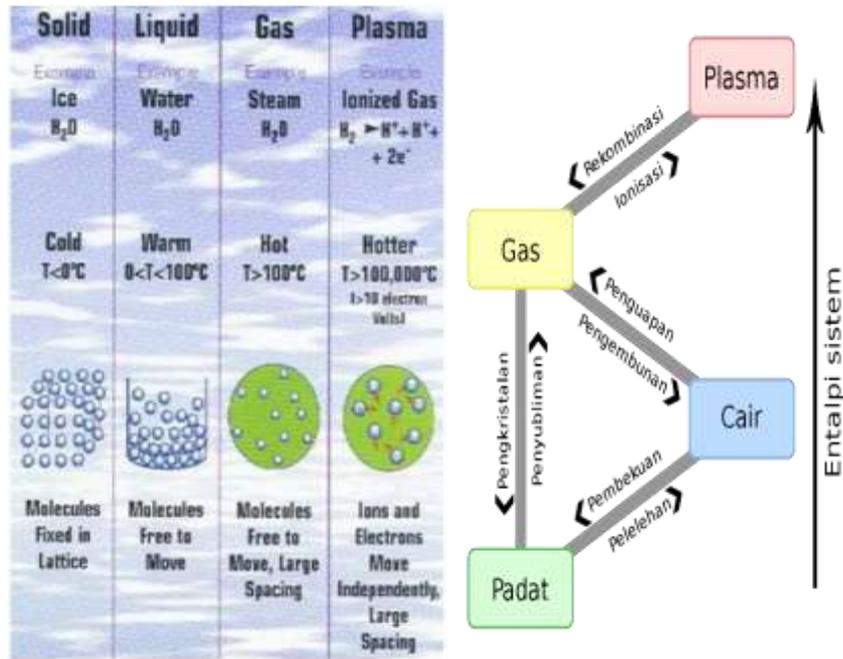
Pemanfaatan minyak kelapa sawit sebagai biodiesel lebih prospektif karena minyak sawit bersifat *edible oil* sehingga dapat dimanfaatkan juga untuk kebutuhan pangan Indonesia. Minyak kelapa sawit yang diproduksi tidak hanya digunakan sebagai biodiesel tetapi dapat digunakan juga untuk berbagai keperluan antara lain untuk bahan baku pangan dan industri kimia.

2.3 Plasma

2.3.1 Pengertian Plasma

Konsep tentang plasma pertama kali dikemukakan oleh Langmuir dan Tonks pada tahun 1928. Mereka mendefinisikan plasma sebagai gas yang terionisasi dalam lucutan listrik, jadi plasma dapat juga didefinisikan sebagai campuran kuasinetral dari elektron, radikal, ion positif dan negatif. Percampuran antara ion-ion yang bermuatan positif dengan elektron-elektron yang bermuatan negatif memiliki sifat-sifat yang sangat berbeda dengan gas pada umumnya dan materi pada fase ini disebut fase plasma. Maka secara sederhana plasma didefinisikan sebagai gas terionisasi dan dikenal sebagai fase materi ke empat setelah fase padat, cair, dan fase gas (Nur, 2011).

Suatu gas dikatakan terionisasi jika terdiri dari atom-atom yang terionisasi bermuatan positif (ion) dan elektron yang bermuatan negatif. Pada prinsipnya, karena proses ionisasi membutuhkan energi dalam orde elektron volt untuk melepas elektron, maka dalam membuat plasma harus ditambahkan energi dalam suatu sistem. Penambahan ini bisa dilakukan dengan osilator gelombang mikro (RF) pada ruangan bertekanan rendah. (Konuma dkk, 1992).

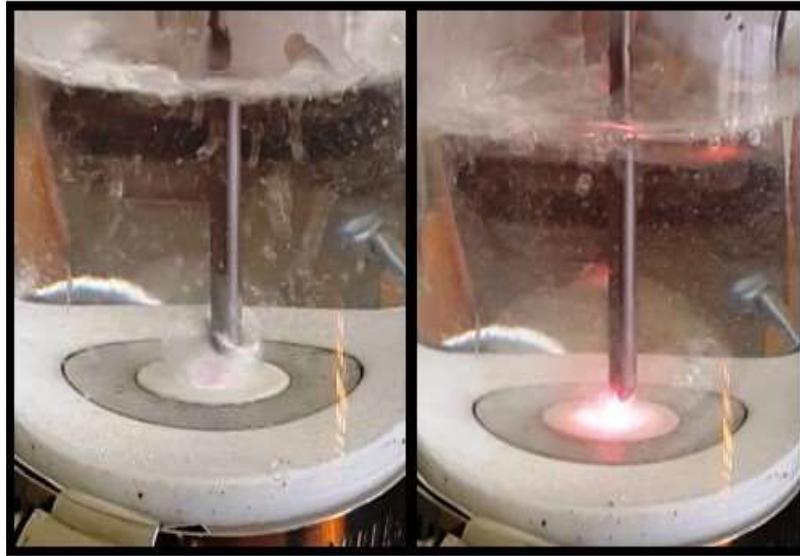


Gambar 2.1 Ilustrasi perbandingan plasma dengan jenis zat lain

2.3.2 Mekanisme Plasma Dalam Cairan

Mekanisme lucutan plasma atau lucutan listrik dalam cairan (terkhusus air) dapat diklasifikasikan ke dalam dua bagian. Bagian pertama mempertimbangkan bahwa plasma atau lucutan listrik dalam air dimulai dari proses terbentuknya gelembung dan proses elektronik yang terjadi dalam gelembung. Sementara itu bagian kedua, prosesnya dimulai dari lucutan sebagian dan berkembang sampai lucutan penuh (Ade, 2014).

Sesuai pendekatan dari bagian pertama, proses gelembung dimulai dengan gelembung kecil yang terbentuk melalui penguapan cairan dari pemanasan akibat medan listrik yang tinggi pada daerah ujung elektroda. Di dalam gelembung akan terjadi proses elektronika yang mengionisasi atom gas sehingga timbul plasma. Hal tersebut dapat dilihat pada gambar di bawah ini:



(a)

(b)

Gambar 2.2 Proses pembangkitan plasma : (a) terbentuknya gelembung dan (b) terbentuknya plasma (Nurdin, 2016)

2.3.2 Unjuk Kerja Proses Plasma

Unjuk kerja dari proses plasma dapat dilihat dari perbandingan massa bahan baku yang akan diplasma dengan massa produk yang akan diplasma dengan massa produk yang dihasilkan. Proses plasma memiliki tiga produk utama yaitu pdata, cair, gas. Untuk melihat hasil dari masing-masing produk dapat digunakan rumus (Putra, 2017).

$$Y_M = \frac{m_a}{m_{bb}} \times 100\%$$

Dimana:

Ym : Yield mass (%)

ma : Massa produk yang diperoleh (gr)

mbb : Massa bahan baku (gr)

2.4 Metanol

Metanol juga dikenal sebagai metil alkohol, *wood alcohol*, atau spiritus, adalah senyawa kimia dengan rumus kimia CH_3OH . Ia merupakan bentuk alkohol paling sederhana. Pada “keadaan atmosfer” ia berbentuk cairan yang ringan, mudah menguap, tidak berwarna, mudah terbakar, dan beracun dengan bau yang khas (berbau lebih ringan daripada etanol). Metanol digunakan sebagai bahan bakar, bahan pendingin anti beku, pelarut, dan sebagai aditif bagi etanol industri.

Metanol diproduksi secara alami oleh metanolisme anaerobik oleh bakteri. Hasil proses tersebut adalah uap metanol (dalam jumlah kecil) di udara. Setelah beberapa hari, uap metanol tersebut akan teroksidasi oleh oksigen dengan bantuan sinar matahari menjadi karbon dioksida dan air.

Air dari metanol biasanya tidak berwarna. Oleh karena itu, berhati-hati bila berada dekat metanol yang terbakar untuk mencegah cedera akibat api yang tak terlihat. Karena sifatnya yang beracun, metanol sering digunakan sebagai bahan aditif bagi pembuatan alkohol untuk penggunaan industri; penambahan “racun” ini akan menghindarkan industri dari pajak yang dapat dikarenakan etanol merupakan bahan utama untuk minuman beralkohol. Metanol juga disebut sebagai *wood alcohol* karena merupakan produk samping dari distilasi kayu. Saat ini, metanol dihasilkan melalui proses beberapa tahap. Singkatnya, gas alam dan uap air dibakar dalam tungku untuk membentuk gas hidrogen dan karbon monoksida; kemudian, gas hidrogen dan karbon monoksida ini bereaksi dalam tekanan tinggi dengan bantuan katalis untuk menghasilkan metanol. Tahap pembentukannya adalah endotermik dan tahap sintesisnya adalah eksotermik.

Metanol digunakan secara terbatas dalam mesin pembakaran dalam dikarenakan metanol tidak mudah terbakar dibandingkan dengan bensin. Metanol juga digunakan sebagai campuran utama untuk bahan bakar model

radio kontrol, jalur kontrol, dan pesawat model. Salah satu kelemahan metanol yaitu jika digunakan dalam konsentrasi tinggi adalah sifat korosif terhadap beberapa logam, termasuk aluminium.

2.5 Uji Karakterisasi

2.5.1 Massa Jenis (Densitas)

Massa jenis atau massa jenis adalah pengukuran massa setiap satuan volume benda. Semakin tinggi massa jenis suatu benda, maka semakin besar pula massa setiap volumenya. Massa jenis rata-rata suatu benda adalah total massa dibagi dengan total volumenya. Sebuah benda yang memiliki massa jenis yang lebih tinggi akan memiliki volume yang lebih rendah dari pada benda bermassa sama yang memiliki massa jenis lebih rendah. Satuan SI massa jenis adalah kg/m³. Massa jenis berfungsi untuk menentukan suatu zat karena setiap zat memiliki massa jenis yang berbeda. Suatu zat berapapun massanya dan berapapun volumenya akan memiliki massa jenis yang sama (Santoso, 2010)

$$\rho = \frac{m}{V}$$

$$\rho = \frac{m_{sampel} - m_{aquades}}{V_{piknometer}} + \rho_{aquades}$$

Dimana:

ρ = Massa jenis (gr/ml)

m_{sampel} = Massa minyak (gr)

$m_{aquades}$ = Massa minyak (gr)

$V_{piknometer}$ = Volume piknometer (ml)

$\rho_{aquades}$ = Massa jenis aquades pada temperature 40°C (gr/ml)

2.5.2 Viskositas

Fluida yang mengalir melalui sebuah pipa dapat dipandang terdiri atas lapisan-lapisan tipis zatalir yang bergerak dengan laju berbeda-beda

sebagai akibat adanya gaya kohesi maupun adhesi. Gesekan internal di dalam fluida dinyatakan dengan besaran viskositas atau kekentalan dengan satuan poise. Viskositas juga bisa diartikan kemampuan suatu zat untuk mengalir pada suatu media tertentu. Salah satu cara untuk mengukur besarnya nilai viskositas zat cair adalah dengan menggunakan viskosimeter *Brookfield*.

2.5.3 Nilai Kalor

Nilai kalor atau *heating value* adalah jumlah energi yang dilepaskan pada proses pembakaran persatuan volume atau persatuan massanya. Nilai kalor bahan bakar menentukan jumlah konsumsi bahan bakar tiap satuan waktu. Makin tinggi nilai kalor bahan bakar menunjukkan bahwa pemakaian bahan bakar menjadi semakin sedikit. Nilai kalor bahan bakar ditentukan berdasarkan hasil pengukuran dengan calorimeter yang dilakukan dengan membakar bahan bakar dan udara pada temperatur normal, sementara itu dilakukan pengukuran jumlah kalor yang terjadi sampai temperatur dari gas hasil pembakaran turun kembali ke temperatur normal (Hassan, Hussein, dan Osman, 2010).

Nilai kalor bahan bakar dapat diketahui dengan menggunakan calorimeter bom. Calorimeter bom untuk pembakaran yang cepat terdiri dari ruang pembakaran (bom) dan calorimeter vessel, biasanya sebuah bejana silinder yang mengelilingi bom dan mengandung air yang diketahui kuantitasnya. Pembakaran dilakukan menggunakan oksigen. Bahan bakar yang akan diuji nilai kalornya dibakar menggunakan kumparan kawat yang dialiri arus listrik dalam bilik yang disebut bom dan ditenamkan di dalam air. Bahan bakar yang bereaksi dengan oksigen akan menghasilkan kalor, hal ini menyebabkan suhu calorimeter naik. Pengukuran akan dipusatkan pada peningkatan suhu air. Untuk menjaga agar panas yang dihasilkan dari reaksi bahan bakar dengan oksigen tidak menyebar ke lingkungan luar maka calorimeter dilapisi oleh bahan yang bersifat isolator. Ruang pembakaran, baik pada tekanan konstan atau dengan volume konstan. Hasil yang diperoleh dengan calorimeter pada

volume konstan tidak persis sama seperti yang diperoleh pada tekanan konstan, tetapi untuk zat padat atau cair perbedaan terlalu kecil untuk dipertimbangkan. (Arief, 2019)

Nilai kalor merupakan besarnya energi kalor yang diserap oleh air tiap satuan massa bahan bakar.

$$Q = m C \Delta T$$

dimana:

$Q =$ kalor yang diserap oleh air (kJ)

$m =$ massa air (Kg)

$C =$ kalor jenis air (kJ/KgK)

$\Delta T =$ kenaikan temperatur air (K)

Massa air diketahui dari volume air dalam *vessel calorimeter*. Air sebagai media penyerap kalor dan parameter utama pengukuran nilai kalor. Untuk 3700 ml air diketahui massanya seberat 3,7 kg pada massa jenis 1 kg/ltr. Nilai kalor jenis dari air merupakan ketetapan dengan nilai 4,18 kJ/kgK.

Nilai ΔT diperoleh dari pengukuran kenaikan temperatur air menggunakan termometer backman. ΔT merupakan selisih dari nilai temperatur maksimum yang dicapai dengan nilai pembacaan termometer di menit terakhir sebelum proses pembakaran. Koreksi radiasi dihitung dari rata-rata perubahan temperatur air sebelum bahan bakar terbakar dan setelah mencapai temperatur maksimum

$$\text{koreksi radiasi} = n \cdot v^1 + \left(\frac{-v + v^1}{2} \right)$$

dimana:

n = jarak waktu dari pembakaran sampai temperature maksimum

v^1 = rata-rata penurunan temperatur pada akhir percobaan

v = rata-rata kenaikan temperatur pada awal percobaan

Hasil dari koreksi radiasi dijumlahkan dengan nilai ΔT untuk menghasilkan ΔT *corrected*

$$\Delta T \text{ corrected} = \Delta T + \text{koreksi radiasi}$$

Sehingga kalor yang diserap oleh air dapat dihitung dengan mengalikan massa air dengan kalor jenis air dan kenaikan temperatur *corrected*. Selanjutnya untuk menghitung nilai kalor tiap satu gram bahan bakar, maka nilai Q_{air} dibagi dengan massa bahan bakar yang digunakan.

$$\text{nilai kalor bahan bakar} = \frac{\text{kalor yang diserap}}{\text{massa sampel bahan bakar}}$$

2.5.4 Titik Nyala (*Flash Point*)

Flash point adalah temperatur pada keadaan di mana uap di atas permukaan bahan bakar akan terbakar dengan cepat (meledak). *Flash Point* menunjukkan kemudahan bahan bakar untuk terbakar. Makin tinggi flash point, maka bahan bakar semakin sulit terbakar. Menurut Standar Nasional Indonesia memiliki batas standard minimal sebesar 100⁰C (Juanda, 2017).

2.5.5 FT-IR (Fourier Transform Infrared)

FTIR dapat memberikan informasi mengenai komposisi asam lemak pada biodiesel. Profil spektrum FTIR dapat digunakan untuk menilai derajat kejenuhan asam lemak dalam biodiesel. Spektroskopi IR dapat digunakan untuk mengidentifikasi gugus fungsi tertentu dalam molekul biodiesel, seperti gugus ester (C=O), gugus alkena (C-H), dan gugus alifatik (C-H).

Dalam analisis FTIR, pita puncak pada panjang gelombang tertentu menunjukkan adanya ikatan kimia atau gugus fungsi dalam molekul. Beberapa pita puncak yang relevan dalam analisis biodiesel melalui FTIR adalah:

1. C=O Pita Puncak Ester (1740-1750 cm^{-1}): Pita ini merupakan salah satu pita yang paling berkarakteristik dalam spektrum biodiesel. Puncak ini biasanya muncul pada rentang bilangan gelombang 1740-1750 cm^{-1} dan menunjukkan adanya gugus fungsi ester (C=O) yang merupakan ciri khas metil ester asam lemak pada biodiesel.

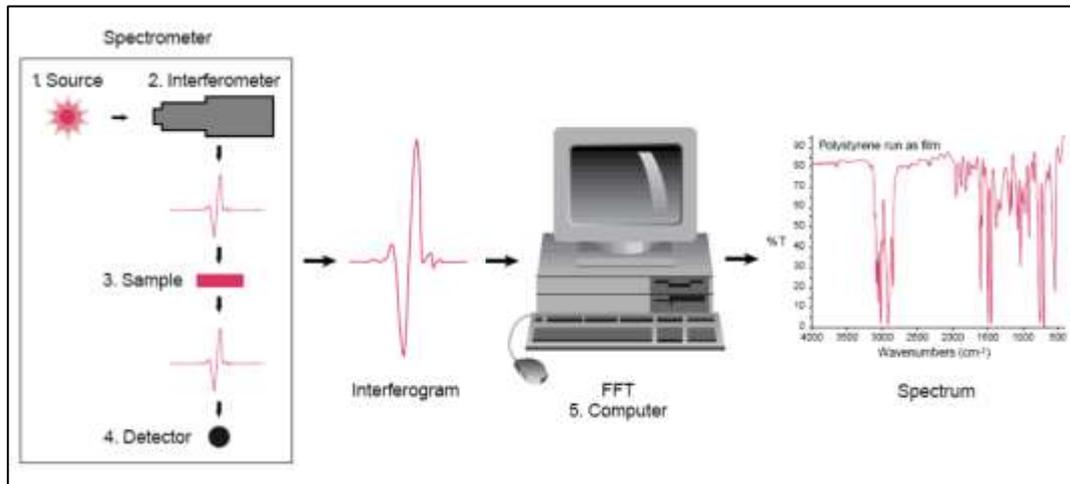
2. Pita Puncak C-H Asam Lemak (2850-2950 cm^{-1}): Pita ini sesuai dengan ikatan C-H pada rantai asam lemak dalam biodiesel. Pita ini dapat memberikan informasi mengenai keberadaan rantai asam lemak pada molekul biodiesel.

3. Pita Puncak C-O Asam Lemak (1160-1180 cm^{-1}): Pita ini sesuai dengan ikatan C-O pada rantai asam lemak. Adanya puncak ini menegaskan adanya ikatan C-O pada struktur ester asam lemak biodiesel.

4. Pita Puncak Alkena C-H (3010-3100 cm^{-1}): Pita ini berhubungan dengan ikatan rangkap pada metil ester asam lemak yang dapat terdapat pada biodiesel.

5. Pita Puncak C-O-C Eter (1050-1150 cm^{-1}): Pita ini menunjukkan adanya ikatan C-O-C pada metil ester asam lemak dan dapat digunakan untuk memeriksa kemurnian biodiesel.

6. Pita Puncak C-H Alifatik (2850-2950 cm^{-1}): Pita ini sesuai dengan ikatan C-H pada rantai alifatik, yang juga terdapat pada komponen biodiesel. (Dian Dkk, 2022)



Gambar 2.3 Prinsip spektroskopi FT-IR

Sinar inframerah dipancarkan dari sumber cahaya menuju interferometer. Di interferometer dilakukan pengkodean spektral. Lalu, berkas sinar memasuki bagian sampel, di mana berkas ditransmisikan atau dipantulkan dari permukaan sampel. berkas akhirnya menuju ke detektor untuk pengukuran akhir (sinyal interferogram) Sinyal yang diukur, didigitalkan dan dikirim ke komputer tempat Fourier transformasi terjadi. Spektrum inframerah akhir kemudian disajikan kepada pengguna untuk interpretasi dan manipulasi lebih lanjut.

2.5.6 GC-MS (Gas Chromatograph-Mass Spectrometer)

Kromatografi Gas-Spektrometer Massa (GC-MS) adalah metode analisis yang menggabungkan fitur kromatografi gas dan proses spektrometri massa untuk mengidentifikasi berbagai zat dalam sampel uji. Tujuannya adalah untuk memisahkan unsur-unsur kimia dari suatu senyawa tertentu dan mengidentifikasi kontribusinya pada tingkat molekuler. Untuk analisa, campuran dipanaskan agar dapat dipisahkan menjadi unsur-unsurnya. GC-MS dapat digunakan untuk mengidentifikasi berbagai komponen dalam biodiesel, termasuk asam

lemak metil ester (FAME) yang merupakan komponen utama biodiesel. GC-MS juga dapat digunakan untuk menilai kemurnian biodiesel dengan mengidentifikasi keberadaan kontaminan seperti air, senyawa yang tidak diinginkan, atau bahan asing lainnya. GC-MS dapat digunakan untuk mengidentifikasi senyawa-senyawa volatil yang mungkin terdapat pada biodiesel, yang dapat mempengaruhi karakteristik pembakaran dan bau biodiesel. GC-MS dapat digunakan untuk mengukur kandungan sulfur pada biodiesel yang berimplikasi pada emisi gas buang dan emisi gas buang. penggunaan biodiesel sebagai bahan bakar. Analisis GC-MS dapat digunakan untuk mendeteksi adanya pencampuran atau pencampuran dengan bahan bakar lain.