



TUGAS AKHIR
ME184834

PENGARUH PENAMBAHAN EKSTRAK RUMPUT LAUT COKELAT
***SARGASSUM POLYCYSTUM* TERHADAP STABILITAS BODIESEL**

PUGUH HEIDIRAHMAN
NRP 0421154000026

Dosen Pembimbing:
Ir. Aguk Zuhdi Muhammad Fathallah, M.Eng., Ph.D
Nur Hidayatul Alami, S.Si., M.Si

DEPARTEMEN TEKNIK SISTEM PERKAPALAN
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA
2019



TUGAS AKHIR
ME184834

**Pengaruh Penambahan Ekstrak Rumput Laut Cokelat Sargassum Polycystum
Terhadap Stabilitas Biodiesel**

PUGUH HEIDIRAHMAN
NRP 0421154000026

Dosen Pembimbing :
Ir. Aguk Zuhdi Muhammad Fathallah, M.Eng., Ph.D
Nur Hidayatul Alami, S.Si., M.Si

Departemen Teknik Sistem Perkapalan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya
2019

(Halaman ini sengaja dikosongkan)



FINAL PROJECT
ME184834

**Effect of Brown Macro-algae *Sargassum Polycystum* Extract
On Biodiesel Stability**

PUGUH HEIDIRAHMAN
NRP 0421154000026

Supervisor Lecturer :
Ir. Aguk Zuhdi Muhammad Fathallah, M.Eng., Ph.D
Nur Hidayatul Alami, S.Si., M.Si

Department of Marine Engineering
Faculty of Marine Engineering
Sepuluh Nopember Institute of Technology
Surabaya
2019

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

LEMBAR PENGESAHAN

PENGARUH PENAMBAHAN EKSTRAK RUMPUT LAUT COKELAT *SARGASSUM POLYCYSTUM* TERHADAP STABILITAS BIODIESEL

TUGAS AKHIR

Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat
memperoleh gelar Sarjana Teknik
pada
Bidang Studi *Marine Power Plant* (MPP)
Program Studi S-1 Departemen Teknik Sistem Perkapalan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

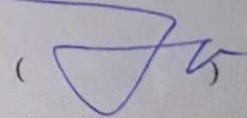
Oleh :

PUGUH HEIDIRAHMAN

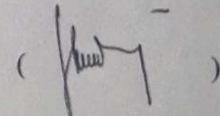
NRP. 0421154000026

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir :

1. **Ir. Aguk Zuhdi Muhammad Fathallah, M.Eng., Ph.D**
NIP. 195605191986101001

()

2. **Nur Hidayatul Alami, S.Si., M.Si.**
NIP. 198505012012122001

()

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

LEMBAR PENGESAHAN

PENGARUH PENAMBAHAN EKSTRAK RUMPUT LAUT COKELAT *SARGASSUM POLYCYSTUM* TERHADAP STABILITAS BIODIESEL

TUGAS AKHIR

Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat
memperoleh gelar Sarjana Teknik
pada
Bidang Studi *Marine Power Plant* (MPP)
Program Studi S-1 Departemen Teknik Sistem Perkapalan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

PUGUH HEIDIRAHMAN

NRP. 0421154000026

Disetujui oleh Kepala Departemen Teknik Sistem Perkapalan :



Dr.Eng. Muhammad Badrus Zaman, S.T., M.T.

NIP. 197708022008011007

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

Pengaruh Penambahan Ekstrak Rumput Laut Cokelat *Sargassum polycystum* Terhadap Stabilitas Biodiesel

Nama Mahasiswa : Puguh Heidirahman
NRP : 0421154000026
Departemen : Teknik Sistem Perkapalan ITS
Dosen Pembimbing : (1) Ir. Aguk Zuhdi Muhammad Fathallah, M.Eng., Ph.D
(2) Nur Hidayatul Alami, S.Si., M.Si.

Abstrak

Penerapan biodiesel sebagai bahan bakar menimbulkan beberapa permasalahan. Karakteristik biodiesel berkaitan dengan kandungan asam lemak tidak jenuh yang tinggi membuat biodiesel rentan terjadi oksidasi. Oksidasi biodiesel dipengaruhi beberapa faktor seperti kontak udara, kontak cahaya, suhu dan kandungan air selama masa penyimpanan biodiesel. Kandungan air dapat menjadi media pembentukan mikroba yang dapat mendegradasi biodiesel. Proses oksidasi pada biodiesel menghasilkan senyawa asam yang mengakibatkan kenaikan nilai bilangan asam. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan ekstrak rumput laut cokelat *Sargassum polycystum* terhadap stabilitas biodiesel. Aktivitas penghambatan oksidasi diamati saat penyimpanan selama enam minggu dengan pengujian nilai bilangan asam total setiap dua minggu. Pengamatan faktor pendegradasi biodiesel dilakukan dengan pengujian *Total Plate Count* (TPC) untuk mengetahui pertumbuhan mikroba dalam biodiesel. Pengamatan dilakukan pada perlakuan biodiesel dengan penambahan ekstrak rumput laut cokelat pada konsentrasi 500 ppm dan 1000 ppm, biodiesel dengan penambahan antioksidan sintesis BHT (*butylated hydroxytoluene*) pada konsentrasi 1000 ppm, dan biodiesel tanpa penambahan. Biodiesel dengan penambahan ekstrak rumput laut cokelat pada konsentrasi 1000 ppm menunjukkan aktivitas penghambatan laju degradasi terbaik.

Kata kunci : biodiesel, BHT, ekstrak rumput laut cokelat, stabilitas biodiesel

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

The Effect of Brown Macro-algae *Sargassum polycystum* Extract on Biodiesel Stability

Student Name : Puguh Heidirahman
NRP : 0421154000026
Department : Teknik Sistem Perkapalan ITS
Supervisor : (1) Ir. Aguk Zuhdi Muhammad Fathallah, M.Eng., Ph.D
(2) Nur Hidayatul Alami, S.Si., M.Si.

Abstrak

The application of biodiesel as fuel bring several problems. Characteristics of biodiesel related to high content of unsaturated fatty acids make biodiesel susceptible to oxidation. Biodiesel oxidation is influenced by several factors such as air contact, light contact, temperature and water contamination during the biodiesel storage period. Water contamination can lead to microbial formation that can degrade biodiesel. The oxidation process on biodiesel produces acidic compounds which increase total acid number of biodiesel. This study investigates the effect of brown macro-algae *Sargassum polycystum* extract biodiesel stability. Oxidation inhibition activity was observed during storage for six weeks by testing the total acid number every two weeks. Observation of biodiesel degradation factor was carried out by testing Total Plate Count (TPC) to determine microbial growth in biodiesel. Observations were made on the treatment of biodiesel with the addition of brown seaweed extract at concentrations of 500 ppm and 1000 ppm, biodiesel with the addition of synthetic antioxidant BHT (butylated hydroxytoluene) at a concentration of 1000 ppm, and biodiesel without addition. Biodiesel doped with brown seaweed extract at a concentration of 1000 ppm shows the best improvement of biodiesel stability.

Keywords : biodiesel, BHT, brown macroalgae extract, biodiesel stability

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

KATA PENGANTAR

Segala puji bagi Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan anugerah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul **Pengaruh Penambahan Ekstrak Rumput Laut Cokelat *Sargassum polycystum* terhadap Stabilitas Biodiesel B20** dengan baik. Tugas akhir ini disusun sebagai syarat menyelesaikan studi dan memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Sarjana Departemen Teknik Sistem Perkapalan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Proses penyelesaian tugas akhir dan studi sarjana ini tidak lepas dari bantuan dan dukungan dari berbagai pihak. Penulis menyampaikan penghargaan dan terima kasih kepada pihak-pihak di bawah ini, yaitu :

1. Ayahanda tercinta Bambang Prasetyo Karyanto dan Ibunda tersayang Agustyani Viveri Pantjasetyarti yang telah mencurahkan segenap cinta dan kasih sayang serta dukungan moral dan material. Semoga Allah SWT senantiasa melimpahkan rahmat, kesehatan dan keberkahan di dunia dan di akhirat atas budi baik yang telah diberikan kepada penulis.
2. Saudara terkasih Dhea Prasanti, kakak yang selalu memberikan bantuan dan semangat kepada penulis.
3. Bapak Ir. Hari Prastowo, M.Sc. selaku dosen wali yang telah memberikan bimbingan dan pendidikan akademik maupun non akademik sehingga penulis sebagai mahasiswa dapat belajar bekerja keras, optimis dan profesional.
4. Bapak Ir. Agung Zuhdi Muhammad Fathallah, M.Eng., Ph.D. selaku dosen pembimbing I dan Ibu Nur Hidayatul Alami, S.Si., M.Si selaku dosen pembimbing II yang telah membimbing penulis dalam menyelesaikan penelitian tugas akhir.
5. Kawan-kawan seperjuangan angkatan Salvage '15 yang telah menjadi teman terbaik selama menempuh studi.
6. Seluruh pengurus Himasiskal FTK-ITS 2017/2018 yang telah memberikan dukungan dan pengalaman pengembangan diri.
7. Seluruh kakak tingkat Barakuda '13 dan Mercusuar '14 serta adik-adik angkatan Voyage '16 dan Badrikara '17 yang menjadi keluarga bagi penulis dan memberikan pembelajaran bagi penulis.
8. Pihak-pihak lain yang tidak dapat disebutkan satu per satu yang telah berjasa dan membantu penulis.

Penulis menyadari bahwa dalam penelitian tugas akhir ini masih jauh dari kesempurnaan. Oleh karena itu, penulis terbuka atas kritik dan saran yang membangun supaya menjadikan penelitian ini lebih baik dan memberikan manfaat.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN.....	vii
KATA PENGANTAR.....	xv
DAFTAR ISI.....	xvii
DAFTAR GAMBAR	xix
DAFTAR TABEL	xxi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Perumusan Masalah.....	2
1.3. Batasan Masalah.....	2
1.4. Tujuan Penelitian.....	3
1.5. Manfaat Penelitian.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR PENELITIAN.....	5
2.1. Tinjauan Pustaka	5
2.2. Biodiesel.....	8
2.2.1. Proses Produksi	11
2.2.2. Standar Kualitas Biodiesel	12
2.3. Bahan Bakar Campuran (B-XX).....	13
2.3.1. Proses Pencampuran (<i>blending</i>)	14
2.3.2. Spesifikasi dan Standar Kualitas	15
2.4. Stabilitas Biodiesel.....	16
2.4.1. Penyebab Kerusakan Minyak.....	17
2.4.2. Parameter Analisa Kerusakan Minyak	19
2.5. Antioksidan	22
2.5.1. Mekanisme Kerja Antioksidan.....	22
2.6. <i>Sargassum polycystum</i>	23
2.6.1. Kandungan Rumput Laut Cokelat.....	24
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	25
3.1. Diagram Alir	25

3.1.1. Identifikasi dan Perumusan Masalah.....	26
3.1.2. Studi Literatur.....	26
3.1.3. Persiapan Alat dan Bahan.....	27
3.1.4. Preparasi Ekstrak <i>Sargassum polycystum</i>	28
3.1.5. Karakterisasi Kandungan Ekstrak <i>Sargassum polycystum</i>	30
3.1.6. Penambahan Ekstrak dalam Biodiesel.....	30
3.1.7. Penyimpanan Biodiesel.....	30
3.1.8. Pengujian.....	30
3.1.9. Analisa Data.....	31
3.1.10. Kesimpulan dan Saran.....	31
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	33
4.1. Rendemen Ekstrak.....	33
4.2. Analisa Kandungan Ekstrak Rumput Laut Cokelat.....	34
4.3. Bilangan Asam Total.....	35
4.4. Analisa Biodegradasi (<i>Total Plate Count /TPC</i>).....	37
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	41
5.1. Kesimpulan.....	41
5.2. Saran.....	41
DAFTAR PUSTAKA.....	43
LAMPIRAN A	47
LAMPIRAN B	50
LAMPIRAN C	57
BIODATA PENULIS.....	59

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Pengaruh Kontaminasi Mikroba Terhadap Nilai Bilangan Asam	6
Gambar 2.2. Nilai Rata-rata IC50 Antioksidan Ekstrak <i>S. Polycystum</i>	7
Gambar 2.3. Aktivitas Antimikroba Ekstrak Kasar <i>S. Polycystum</i> pada Bakteri <i>B. Subtilis</i>	8
Gambar 2.4. Struktur Molekul FAME	8
Gambar 2.5. Komposisi Asam Lemak Penyusun Biodiesel.....	9
Gambar 2.6. Pengaruh Jenis Asam Lemak Terhadap Kualitas Biodiesel.	9
Gambar 2.7. Reaksi Transesterifikasi pada Produksi Biodiesel.....	11
Gambar 2.8. Metode In-tank Blending.....	14
Gambar 2.9. Metode Inline Blending.....	14
Gambar 2.10. <i>Sargassum polycystum</i>	24
Gambar 3.1. Diagram Alir Penelitian Tugas Akhir.....	26
Gambar 3.2. Diagram Alir Preparasi Ekstrak <i>Sargassum polycystum</i>	28
Gambar 3.3. Proses Ekstraksi dengan Metode Maserasi.....	29
Gambar 3.4. Proses Evaporasi Menggunakan Rotary Evaporator	29
Gambar 4.1. Ekstrak Rumput Laut Cokelat	33
Gambar 4.2. Grafik Bilangan Asam Total Selama Masa Penyimpanan Pada Tiap Variasi Perlakuan.....	36
Gambar 4.3. Hasil Uji TPC Sampel A (i) Awal (ii) Akhir.....	38
Gambar 4. 4 Hasil Uji TPC Sampel B.....	39
Gambar 4.5 Hasil Uji TPC Sampel C.....	39

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Nilai Bilangan Asam dari Biodiesel Minyak Kedelai Selama Masa Penyimpanan	5
Tabel 2.2. Profil Asam Lemak Biodiesel Minyak Kelapa Sawit.....	10
Tabel 2.3. Standar Mutu Biodiesel SNI 7182:2015	12
Tabel 2.4. Konsekuensi dari Sifat dan Parameter Biodiesel (B100) (Paryanto, <i>et al.</i> , 2018).....	13
Tabel 2.5. Standar dan mutu (spesifikasi) B-20	15
Tabel 4.1. Data Hasil Pengujian Bilangan Asam Total (<i>Total Acid Number/TAN</i>)	35
Tabel 4.2. Data Hasil Pengujian <i>Total Plate Count</i> (TPC)	38

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Pertumbuhan populasi manusia dan industrialisasi yang pesat mengakibatkan peningkatan kebutuhan energi di seluruh dunia. Pemenuhan kebutuhan energi dunia kebanyakan menggunakan sumber daya fosil yang tidak terbarukan. Apabila pertumbuhan konsumsi energi dunia meningkat terus menerus, maka akan terjadi krisis energi dunia yang mana cadangan minyak fosil dunia akan habis dalam beberapa dekade mendatang. Di samping itu, penggunaan bahan bakar fosil mengakibatkan peningkatan kadar gas karbon di atmosfer. Emisi karbon dunia sebesar 20% berasal dari sektor transportasi. Oleh karena itu, penggunaan energi alternatif pengganti energi berbasis fosil dikembangkan. Bahan bakar biomassa seperti biodiesel diperhitungkan karena berkelanjutan, terbarukan dan ramah lingkungan sebagai energi alternatif.

Biodiesel merupakan senyawa yang sebagian besar tersusun dari rantai panjang monoalkil ester asam lemak (*FAME/Fatty Acid Monoalkyl Ester*) yang diolah dari sumber trigliserida alami terbarukan melalui proses transesterifikasi (Garcia-Perez, *et al.*, 2016). Minyak alami berasal dari lemak nabati, seperti minyak kelapa sawit, minyak kacang kedelai, atau minyak jarak pagar sudah terbukti dapat diproduksi menjadi biodiesel. Biodiesel memiliki sifat-sifat fisis yang hampir setara dengan minyak solar, sehingga dapat digunakan sebagai bahan bakar pengganti mesin diesel (Balai Teknologi Bahan Bakar dan Rekayasa Desain, 2014). Keuntungan penggunaan biodiesel antara lain adalah emisi gas beracun rendah, lebih irit, dan terbarukan. Oleh karena itu, pemerintah Indonesia mulai meningkatkan penggunaan biodiesel sebagai bahan bakar baik kendaraan maupun industri dengan diterbitkannya Keputusan Menteri ESDM Nomor 1936 K/10/MEM/2018 tentang Pengadaan Bahan Bakar Nabati Jenis Biodiesel untuk Pencampuran Jenis Bahan Bakar Minyak Umum. Penggunaan biodiesel sebagai bahan bakar dapat menggunakan biodiesel murni (B100) atau dicampurkan dengan bahan bakar lain seperti solar dengan perbandingan tertentu. Penerapan biodiesel di Indonesia menggunakan campuran metal ester sebesar 20% dan solar sebesar 80% atau disebut B20.

Sifat biodiesel berkaitan dengan kandungan rantai asam lemak tak jenuh, menyebabkan biodiesel rentan teroksidasi. Oleh karena itu, stabilitas biodiesel lebih rendah dibanding dengan solar (Balai Teknologi Bahan Bakar dan Rekayasa Desain, 2017). Degradasi oksidatif selama penyimpanan dalam waktu yang lama dapat terjadi karena adanya udara, panas, cahaya, dan zat pro oksidan. Kontaminasi mikroba pada proses produksi, distribusi, maupun penyimpanan dapat mendegradasi biodiesel. Mikroba timbul karena pengaruh akumulasi air di dasar tangki (Riza, *et al.*, 2015). Oksidasi pada biodiesel dapat menghasilkan senyawa hasil dekomposisi berupa asam, aldehida, ester, keton, peroksida, maupun alkohol yang dapat menyebabkan korosi pada sistem bahan bakar (Fazal, *et al.*, 2014). Bagian-bagian dari mesin diesel, seperti tangki bahan bakar, saluran bahan bakar, dan sistem injeksi bahan bakar terbuat dari bahan

seperti baja karbon dan elastomer yang berpotensi mengalami korosi dan kerusakan apabila kandungan *impurities* pada biodiesel tinggi (Haseeb, *et al.*, 2011).

Stabilitas oksidasi yang rendah dapat ditingkatkan dengan aditif antioksidan (Tang, *et al.*, 2008). Penambahan antioksidan ke dalam biodiesel dapat menghambat atau mencegah reaksi oksidasi lemak dan minyak supaya dapat memenuhi standar kualitas biodiesel. Antioksidan merupakan senyawa yang dalam konsentrasi kecil pun dapat menghambat reaksi oksidasi pada bahan yang mengandung lemak atau minyak (Matz, 1993). Antioksidan dapat digolongkan ke dalam antioksidan alami dan antioksidan sintetik. Antioksidan sintetik sudah biasa digunakan untuk mencegah oksidasi pada biodiesel dan bahan bakar lain. Menurut Karavalakis & Stournas (2010), perbaikan stabilitas oksidasi dapat diraih dengan penambahan berbagai jenis antioksidan seperti TBHQ, BHT, BHA, propil galat, dan pirogalol yang efisiensinya tergantung pada jenis dan kualitas biodiesel.

Senyawa alami yang terkandung dalam tumbuhan seperti asam askorbik, karotin, dan flavonoid dapat digunakan sebagai antioksidan yang mudah terurai secara alami dan tidak beracun. Rumput laut sudah lama dikenal sebagai sumber senyawa antioksidan alami. Antioksidan yang berasal dari rumput laut biasa digunakan dalam produk pangan, kosmetik, dan farmasi. Rumput laut dikembangkan sebagai sumber antioksidan karena memiliki kandungan senyawa antioksidan yang beragam dan mudah dibudidayakan. Oleh karena itu rumput laut coklat potensial sebagai aditif antioksidan pada biodiesel.

1.2. Perumusan Masalah

Rumusan masalah yang akan dibahas pada penelitian, yaitu :

1. Bagaimana pengaruh penambahan ekstrak rumput laut coklat terhadap stabilitas biodiesel?
2. Bagaimana pengaruh kontaminasi mikroba terhadap stabilitas biodiesel?
3. Bagaimana perbandingan penggunaan ekstrak rumput laut coklat dengan antioksidan sintesis BHT (*Butylated hydroxytoluene*) terhadap stabilitas biodiesel?

1.3. Batasan Masalah

Batasan masalah penelitian diberikan untuk memperjelas lingkup penelitian, yaitu :

1. Biodiesel yang digunakan adalah Biosolar B20 Pertamina,
2. Penyimpanan dilakukan selama 6 minggu dengan pengujian bilangan asam dan *Total Plate Count* (TPC),
3. Aditif yang digunakan berupa *crude extract* dari *sargassum polycystum*,
4. Antioksidan sintesis yang digunakan adalah BHT (*Butylated hydroxytoluene*),
5. Penyimpanan menggunakan gelas kaca dengan tutup kain kasa,
6. Penyimpanan dilakukan pada suhu ruangan.

1.4. Tujuan Penelitian

Tujuan dari permasalahan ini adalah, sebagai berikut :

1. Mengetahu pengaruh penambahan ekstrak rumput laut cokelat terhadap stabilitas biodiesel,
2. Mengetahu pengaruh kontaminasi mikroba terhadap stabilitas biodiesel,
3. Mengetahu perbandingan penggunaan antioksidan ekstrak rumput laut cokelat dengan antioksidan sintetis BHT (*Butylated hydroxytoluene*) terhadap stabilitas biodiesel.

1.5. Manfaat Penelitian

Manfaat yang diperoleh dari penelitian ini adalah, sebagai berikut :

1. Mengembangkan pengetahuan mengenai peningkatan kualitas biodiesel untuk mengurangi dampak penggunaan biodiesel terhadap mesin diesel,
2. Memberikan alternatif sumber antioksidan yang terbarukan dan ramah lingkungan untuk meningkatkan stabilitas biodiesel,
3. Memberikan alternatif pemanfaatan rumput laut cokelat dalam rangka peningkatan nilai jual hasil budidaya.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR PENELITIAN

2.1. Tinjauan Pustaka

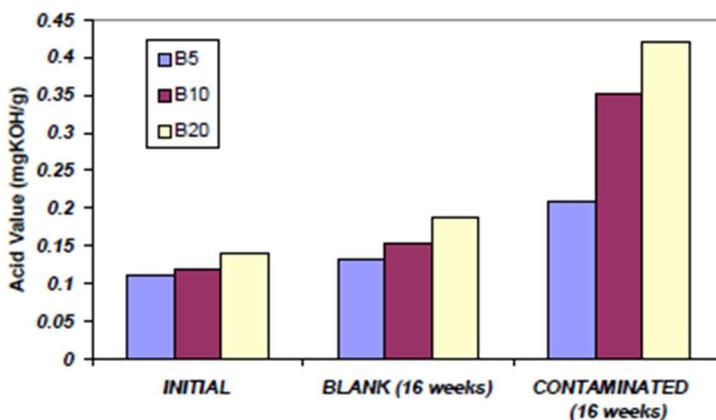
Masalah dari penerapan biodiesel komersil adalah rendahnya stabilitas oksidasi. Kandungan asam lemak tak jenuh yang tinggi menyebabkan biodiesel rentan terhadap oksidasi dan waktu induksi yang lebih pendek pada pengujian dengan metode Rancimant (McCormick, et al., 2007). Stabilitas oksidasi biodiesel secara umum dipengaruhi oleh komposisi FAME dan adanya antioksidan alami dalam bahan baku biodiesel (Neff, et al., 1992)

Perbaikan stabilitas oksidasi dapat diraih dengan penambahan berbagai jenis antioksidan. Antioksidan merupakan senyawa yang dalam konsentrasi kecil pun dapat menghambat reaksi oksidasi pada bahan yang mengandung lemak atau minyak (Matz, 1993). Antioksidan yang umum digunakan sebagai aditif dalam berbagai jenis biodiesel yaitu TBHQ, DTBHQ, BHT, BHA, propil galat, dan pirogalol. Aktivitas antioksidan meningkat seiring dengan peningkatan konsentrasi. Efek antioksidan pada biodiesel B20 dan B100 sama. Stabilitas oksidasi dari biodiesel minyak kedelai tanpa penambahan menurun seiring waktu pada penyimpanan *outdoor* maupun *indoor* yang ditunjukkan dengan nilai bilangan asam (Tabel 2.1). (Tang, et al., 2008)

Tabel 2.1 Nilai Bilangan Asam dari Biodiesel Minyak Kedelai Selama Masa Penyimpanan
(Sumber : Tang, et al., 2008)

Antioxidant	Indoor					Outdoor			
	Control	2-mon	4-mon	6-mon	9-mon	2-mon	4-mon	6-mon	9-mon
	Blank	0.176	0.217	0.245	0.27	0.296	0.214	0.233	0.242
α -T	0.224	0.217	0.238	0.245	0.245	0.205	0.225	0.239	0.263
IB	0.212	0.223	0.233	0.242	0.234	0.209	0.229	0.233	0.237
BHT	0.211	0.22	0.23	0.246	0.244	0.209	0.229	0.232	0.243
BHA	0.203	0.194	0.235	0.243	0.244	0.204	0.216	0.228	0.242
DTBHQ	0.212	0.208	0.244	0.256	0.256	0.212	0.23	0.247	0.29
TBHQ	0.212	0.222	0.234	0.245	0.229	0.212	0.222	0.231	0.227
PG	0.496	0.479	0.519	0.792	0.546	0.485	0.508	0.78	0.3
PY	0.914	0.743	0.478	0.445	0.373	0.988	0.797	0.373	0.511

Stabilitas biodiesel juga dipengaruhi oleh adanya mikroba. Kandungan FAME hingga 20% v/v mengakibatkan penurunan stabilitas mikroba yang ditunjukkan dengan laju pertumbuhan mikroba, bilangan asam, dan stabilitas oksidasi selama 16 minggu masa penyimpanan. Kontaminasi mikroba dapat memengaruhi keasaman biodiesel (Gambar 2.1). Semakin tinggi kontaminasi mikroba maka laju kerusakan akan semakin cepat. (Dodos, et al., 2012)



Gambar 2.1. Pengaruh Kontaminasi Mikroba Terhadap Nilai Bilangan Asam
(Sumber : Dodos, *et al.*, 2012)

Rumput laut dapat dijadikan sebagai sumber antioksidan alami. Rumput laut mengandung berbagai jenis senyawa yang dapat berfungsi sebagai antioksidan, diantaranya karotenoid berupa fukosantin dan betakaroten, fenol dan turunannya, pigmen fikobilin, sulfat polisakarida, dan vitamin. (Nawaly, *et al.*, 2013)

Rumput laut coklat memiliki akumulasi tinggi senyawa fukosantin yang merupakan salah satu jenis karotenoid. Akumulasi karotenoid pada rumput laut coklat dapat dimanfaatkan sebagai senyawa antioksidan (McDermid & Stuercke, 2003). Karotenoid dapat menetralkan radikal bebas dengan tiga mekanisme yakni transfer electron, abstraksi hydrogen, dan penambahan spesies radikal. Proses tersebut menghasilkan molekul karotenoid yang bersifat radikal yang dapat meluruh menjadi produk yang stabil dalam waktu singkat dengan melepaskan panas (Krinsky & Yeum, 2003).

Senyawa golongan polifenol memiliki aktivitas antioksidan yang tinggi terhadap radikal bebas. Senyawa golongan ini banyak terkandung dalam rumput laut coklat (Li, *et al.*, 2009). Golongan ini berfungsi sebagai donor hydrogen pada radikal bebas dan radikal fenol, sehingga membentuk senyawa stabil yang tidak memengaruhi molekul-molekul biologis lainnya (Vermerris & Nicholson, 2007). Senyawa golongan ini juga menunjukkan kemampuan untuk menetralkan hydrogen peroksida (Shibata, *et al.*, 2009).

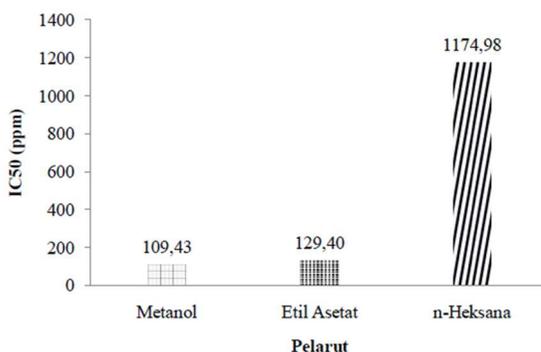
Aktivitas antioksidan fikoeritrin golongan pigmen fikobilin dari ekstrak kasar *Porphyra sp.* menunjukkan kapasitas menangkal radikal bebas 2,7 kali lebih besar. Hal tersebut menunjukkan bahwa golongan fikoeritrin dari rumput laut coklat memiliki aktivitas antioksidan walaupun mekanisme penetralan radikal bebas masih belum bias dimengerti. (Yabuta, *et al.*, 2010)

Rumput laut coklat *Sargassum polycystum* keberadaannya melimpah di perairan Indonesia, namun pemanfaatannya belum maksimal, terutama sebagai antioksidan. Untuk memanfaatkan senyawa antioksidan dari rumput laut tersebut, dilakukan proses

ekstraksi senyawa (Savitri, *et al.*, 2017). Faktor yang memengaruhi hasil ekstraksi yaitu jenis pelarut, rasio berat bahan dengan volume pelarut, suhu, pengadukan, waktu ekstraksi dan ukuran sampel (Distantina, *et al.*, 2008). Metode ekstraksi yang umum digunakan adalah metode maserasi. Metode ini memiliki kelebihan yaitu cara pengerjaan dan alat yang digunakan sederhana, biaya relative rendah, serta dapat menghindari rusaknya senyawa yang bersifat remolabil (Mukhriani, 2014).

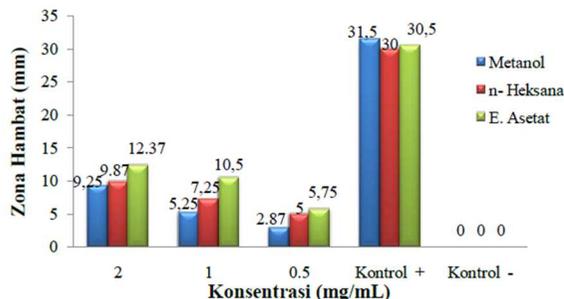
Komponen bioaktif dapat diperoleh dengan ekstraksi menggunakan pelarut, yaitu dengan prinsip mempertemukan bahan yang akan diekstrak dengan pelarut selama waktu tertentu. Proses tersebut diikuti dengan pemisahan filtrat dari residu bahan yang diekstrak. Pemilihan pelarut harus memerhatikan sifat kandungan senyawa yang akan diisolasi misalnya polaritasnya. Pada prinsipnya, suatu bahan akan mudah terlarut dalam pelarut yang sama polaritasnya. (Sudarmadji, *et al.*, 1989)

Kadar komponen fenolik dan penangkapan radikal bebas ekstrak n-heksana *Sargassum baccharia* lebih tinggi dibanding ekstrak dengan pelarut methanol (Sheikh, *et al.*, 2009). Sedangkan ekstrak methanol *Sargassum polycystum* menunjukkan aktivitas antioksidan sebagai penangkap radikal bebas dan pereduksi yang lebih tinggi dibandingkan dengan ekstrak dietil eternya (Matanjun, *et al.*, 2008). Pada penelitian yang dilakukan oleh Septiana & Asnani (2013), hasil ekstraksi *S. duplicatum* dengan metode maserasi pelarut n-heksana dapat menghambat oksidasi asam linoleat dan menangkap radikal bebas.



Gambar 2.2. Nilai Rata-rata IC50 Antioksidan Ekstrak *S. Polycystum*
(Sumber : Septiana, *et al.*, 2013)

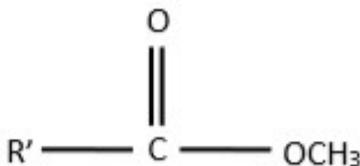
Ekstrak *Sargassum polycyctum* diketahui memiliki aktivitas penghambatan oksidasi (Gambar 2.2) dan penghambatan mikroba. Sifat sensitifitas bakteri gram positif terhadap antibakteri non polar dikarenakan komponen dasar penyusun dinding sel bakteri ini bersifat hidrofobik. Oleh karena itu, antibakteri non polar dapat bereaksi dengan fosfolipid dan mengakibatkan lisis sel.



Gambar 2.3. Aktivitas Antimikroba Ekstrak Kasar *S. Polycystum* pada Bakteri *B. Subtilis*
(Sumber : Septiana, *et al.*, 2013)

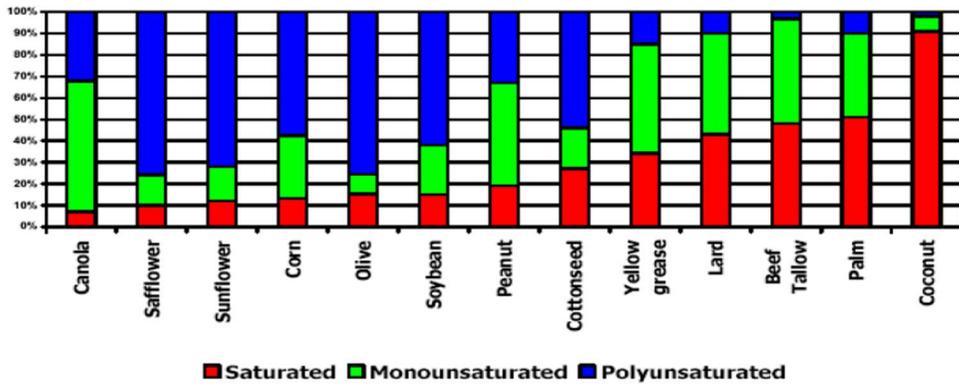
2.2. Biodiesel

Biodiesel merupakan senyawa yang sebagian besar tersusun dari rantai Panjang monoalkil ester asam lemak (FAME/*Fatty Acid Monoalkyl Ester*) yang diolah dari sumber trigliserida alami terbarukan melalui proses transesterifikasi (Garcia-Perez, *et al.*, 2016). Struktur molekul FAME ditampilkan pada Gambar 2.4. Bahan baku biodiesel di Indonesia adalah minyak kelapa sawit (CPO/*Crude Palm Oil*). Sumber tanaman potensial lainnya yang juga dapat dikembangkan sebagai bentuk diversifikasi bahan baku adalah kelapa (*Cocos Nucifera*), nyamplung (*Calophyllum Inophyllum*), malapari/keranji (*Pongamia Pinnata*), jarak pagar (*Jathropa Curcas*), dan lainnya. Secara umum, biodiesel memiliki sifat-sifat kimia fisis yang hampir setara dengan minyak solar, sehingga dapat digunakan sebagai bahan bakar pengganti mesin diesel (Paryanto, *et al.*, 2018)

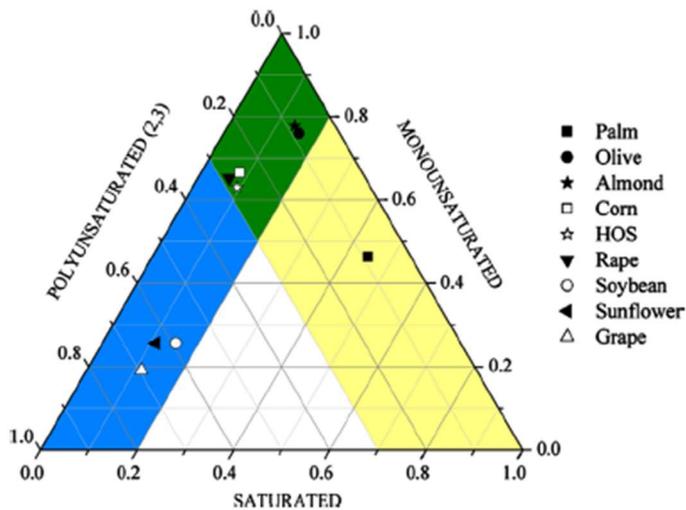


Gambar 2.4. Struktur Molekul FAME
(Sumber : Paryanto, *et al.*, 2018)

Penggunaan biodiesel sebagai bahan bakar mesin diesel memberikan beberapa keuntungan dibanding dengan penggunaan bahan bakar solar. Keuntungan penggunaan biodiesel antara lain adalah emisi gas beracun rendah solar dikarenakan biodiesel tidak mengandung senyawa sulfur dan aromatik, nilai kalor lebih rendah sehingga lebih irit, dan terbarukan (Paryanto, *et al.*, 2018; Riza, *et al.*, 2015).



Gambar 2.5. Komposisi Asam Lemak Penyusun Biodiesel (Sumber : Wirawan, 2008)



Gambar 2.6. Pengaruh Jenis Asam Lemak Terhadap Kualitas Biodiesel. (Sumber : Ramos, et al., 2009)

Karakteristik dan kualitas biodiesel berkaitan dengan komposisi asam lemak penyusunnya. Komposisi asam lemak terdiri dari tiga jenis yaitu asam lemak jenuh (*Saturated Fatty Acid*), asam lemak tak jenuh tunggal (*Monounsaturated Fatty Acid*), dan asam lemak tak jenuh ganda (*Polyunsaturated Fatty Acid*). Komposisi asam lemak dari minyak nabati ditampilkan pada Gambar 2.5. Minyak sawit mengandung asam lemak jenuh sekitar 50% dan asam lemak tak jenuh tunggal sekitar 40% dan asam lemak tak jenuh ganda sekitar 10% (Wirawan, 2008). Diagram segitiga pada Gambar 2.6 yang menunjukkan pengaruh komposisi asam lemak dengan karakteristik pada beberapa bahan baku biodiesel. Kandungan asam lemak tak jenuh tunggal yang tinggi dan asam lemak tak jenuh ganda yang rendah (bagian kuning) memiliki angka yodium dan angka sentana

yang baik. Biodiesel dengan karakteristik tersebut antara lain *palm, olive, rapeseed, high oleic sunflower, corn* dan *almond oil*. Titik tuang dan titik kabut yang baik ditunjukkan bagian biru dengan kandungan asam lemak tak jenuh ganda yang tinggi. Semua biodiesel kecuali *palm oil*, memenuhi batasan tersebut. Sedangkan bagian hijau untuk yang memenuhi kedua parameter. (Ramos, *et al.*, 2009)

Sifat biodiesel yang berkaitan dengan kandungan rantai asam lemak tak jenuh mengakibatkan biodiesel rentan terjadi oksidasi (Knothe, 2006). Oksidasi pada biodiesel dapat menghasilkan senyawa hasil dekomposisi berupa asam, aldehida, ester, keton, peroksida, maupun alkohol yang dapat memengaruhi karakteristik biodiesel maupun aktivitas pembakaran dalam mesin (Fazal, *et al.*, 2014). Degradasi oksidatif selama penyimpanan dalam waktu yang lama dapat terjadi karena adanya udara, panas, cahaya, zat pro oksidan lain serta kontaminasi mikroba. Karakteristik tersebut mengakibatkan penurunan kualitas bahan bakar dan performa pembakaran.

Tabel 2.2. Profil Asam Lemak Biodiesel Minyak Kelapa Sawit
(Sumber : Ramos, *et al.*, 2009)

Fatty acid		Palm
Lauric	C12:0	0.1
Myristic	C14:0	0.7
Palmitic	C16:0	36.7
Palmitoleic	C16:1	0.1
Stearic	C18:0	6.6
Oleic	C18:1	46.1
Linoleic	C18:2	8.6
Linolenic	C18:3	0.3
Arachidic	C20:0	0.4
Gadoleic	C20:1	0.2
Behenic	C22:0	0.1
Erucic	C22:1	0.0
Lignoceric	C24:0	0.1
Nervonic	C24:1	0.0

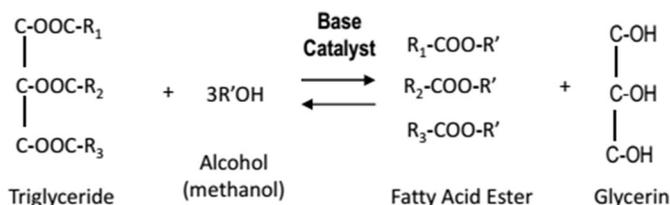
Minyak kelapa sawit terdiri dari beberapa asam lemak penyusunnya. Tiga senyawa dengan kandungan tertinggi yaitu *oleic, palmitic, dan linoleic fatty acid*. Asam lemak penyusun memengaruhi kualitas biodiesel yang ditunjukkan dengan parameter-parameter seperti angka sentana, bilangan iodin, stabilitas oksidasi, titik tuang, dan titik kabut. Semakin panjang rantai karbon asam lemak dan semakin banyak asam lemak jenuhnya, maka angka sentana akan semakin tinggi (Bajpai & Tyagi, 2006). Angka sentana yang rendah dipengaruhi oleh kandungan komponen tidak jenuh seperti asam linoleum (C18:2) dan linolenik (C18:3). Sedangkan angka sentana yang baik dipengaruhi kandungan komponen jenuh seperti asam palmitat (C16:0) dan asam stearat (C18:0), dan kandungan komponen asam lemak tak jenuh tunggal seperti asam oleat (C18:1). Minyak kelapa sawit mengandung komponen tersebut (Tabel 2.2), oleh karena itu dapat memenuhi standar angka sentana. (Ramos, *et al.*, 2009)

Nilai angka iodin dipengaruhi oleh ketidakjenuhan asam lemak yang terkandung. Semakin tinggi kandungan asam lemak tidak jenuh, maka semakin tinggi nilai angka iodin minyak tersebut. Pada minyak kelapa sawit, tingginya kandungan asam lemak jenuh palmitat (C16:0) dan stearat (C18:0) sehingga nilai angka iodin rendah. Sedangkan kandungan asam lemak tidak jenuh ganda mengakibatkan stabilitas oksidasi minyak kelapa sawit rendah. (Ramos, *et al.*, 2009)

Kandungan beberapa jenis senyawa asam lemak juga menunjukkan adanya aktivitas biologi. Penelitian mengenai kandungan minyak biji *C. juncea* yang banyak mengandung asam *linoleate* menunjukkan adanya aktivitas antioksidan dan antibakteri (Chouhan, *et al.*, 2011). Aktivitas anti mikroba juga ditunjukkan asam palmitat yang dapat menghambat dan membunuh bakteri, virus, dan patogen lainnya (seperti fungus) melalui mekanisme langsung maupun tidak langsung. Asam palmitat tidak cocok untuk pertumbuhan mikroba dikarenakan sifat keasamannya (Johnson & Abugri, 2014).

2.2.1. Proses Produksi

Minyak nabati merupakan trigliserida yang dihasilkan melalui proses transesterifikasi dengan metanol. Proses transesterifikasi menghasilkan produk berupa metil ester (biodiesel)/mono-alkil ester dan gliserol yang merupakan produk samping (Gambar 2.7). Minyak nabati yang dihasilkan dipisahkan dari gliserol untuk menghasilkan biodiesel. Proses selanjutnya yaitu proses esterifikasi dengan menggunakan katalis asam atau basa. Katalis basa digunakan untuk proses produksi minyak dengan kadar asam lemak bebas sekitar 1-2%. Setelah reaksi selesai, katalis tersebut dinetralkan. Minyak nabati yang dihasilkan mengandung asam lemak bebas yang dihilangkan dengan pada proses *refining* dan fosfolipid yang dapat dihilangkan pada proses *degumming*. (Rahayu, 2007)



Gambar 2.7. Reaksi Transesterifikasi pada Produksi Biodiesel
(Sumber : Paryanto, *et al.*, 2018)

Proses produksi biodiesel memengaruhi tingkat kualitas biodiesel. Parameter yang dipengaruhi antara lain viskositas kenematik, *flash point*, bilangan asam, kandungan ester, gliserol bebas, gliserol total, kandungan fosfor, kandungan sulfur, kandungan abu ter sulfatkan, kandungan air dan sedimen. (Riza, *et al.*, 2015)

2.2.2. Standar Kualitas Biodiesel

Kualitas biodiesel yang dihasilkan harus memenuhi parameter yang telah ditetapkan. Standar mutu biodiesel diatur dalam Standar Nasional Indonesia (SNI) dengan nomor SNI 7182:2015 – Biodiesel dan telah diwajibkan melalui SK Direktur Jenderal EBTKE No. 100K/10/DJE/2018. Syarat mutu biodiesel dapat dilihat dari Tabel 2.3.

Tabel 2.3. Standar Mutu Biodiesel SNI 7182:2015

No.	Parameter Uji	Satuan	Batasan		Standar Uji
			Min.	Maks.	
1	Massa Jenis (15°C)	kg/m ³	850	890	ASTM D 1298 atau ASTM D 4052
2	Viskositas kenematik (40°C)	mm ² /s (cSt)	2,3	6,0	ASTM D 445
3	Angka Setana		51	-	ASTM D 613 atau ASTM D 6890
4	Titik nyala	°C	100	-	ASTM D 93
5	Titik kabut	°C	-	18	ASTM D 2500
6	Residu karbon - dalam per contoh asli - dalam 10% ampas distilasi	%massa	-	0,05 0,3	ASTM D 4530 atau ASTM D 189
7	Air dan Sedimen	%vol.	-	0,05	ASTM D 2709
8	Belerang	mg/kg	-	100	ASTM D 5453 atau ASTM D 1266 atau ASTM D 4294 atau ASTM D 2622
9	Fosfor	mg/kg	-	4	AOCS Ca 12-55
10	Angka Asam	mg KOH/g	-	0,5	ASTM D 664
11	Gliserol bebas	%massa	-	0,02	ASTM D 6584
12	Gliserol total	%massa	-	0,24	ASTM D 6584
13	Kadar Yodium	%massa (g ₁₂ /100 g)	-	115	AOCS Cd 1-25
14	Stabilitas Oksidasi - periode induksi metode rancimant - Periode induksi metode petro-OXY	Menit	360	-	EN 15751
			27	-	ASTM D 7545
15	Kadar ester metal	%massa	96,5	-	
16	Kadar mono-gliserida	%massa		0,8	ASTM D 6584

Spesifikasi biodiesel (B100) yang ditampilkan pada Tabel 2.3 menunjukkan perbedaan karakter dengan minyak solar (B0). Perbedaan karakter ini menentukan perbedaan cara penanganan biodiesel. Perbedaan karakter antara biodiesel dan minyak solar menimbulkan beberapa konsekuensi pada penerapannya seperti yang ditampilkan pada Tabel 2.4.

Tabel 2.4. Konsekuensi dari Sifat dan Parameter Biodiesel (B100) (Paryanto, *et al.*, 2018)

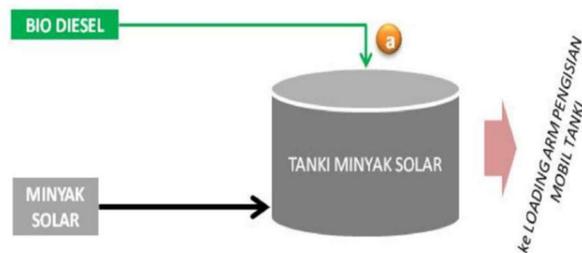
NO.	SIFAT DAN PARAMETER	KETERANGAN
1	Kandungan Oksigen pada senyawa-senyawa penyusun biodiesel.	Menaikkan angka setana sehingga meningkatkan kesempumaan pembakaran bahan bakar dalam ruang bakar mesin.
2	Tingkat kadar ester metil asam lemak tak jenuh ganda dalam biodiesel.	<ul style="list-style-type: none"> - Berakibat buruk pada tingkat kestabilan biodiesel terhadap oksidasi. - Dapat diredam dengan pembubuhan aditif antioksidan. - Tingkat kestabilan yang rendah terhadap oksidasi menyebabkan biodiesel mudah naik angka asam dan kadar airnya dan membentuk <i>sludge</i> apabila disimpan dalam jangka waktu lama.
3	Bahan agak polar yang dapat melarutkan sedikit air.	<ul style="list-style-type: none"> - Mempengaruhi kejernihan biodiesel. - Menimbulkan karat pada logam tertentu.
4	Kemampuan melarutkan (<i>solvency</i>) yang disebabkan senyawa ester.	<ul style="list-style-type: none"> - Memiliki kemampuan membersihkan kerak dari logam material pipa atau tangki penyimpanan. - Mempengaruhi beberapa material elastomer (karet alami, dan sejenisnya). - Mengakibatkan pembengkakan (<i>swelling</i>) pada material karet karena proses '<i>cross-linking</i>' oleh senyawa ester.
5	Senyawa organik yang mudah terkontaminasi oleh mikroba.	<ul style="list-style-type: none"> - Terjadi bila biodiesel disimpan dalam jangka waktu lama. - Timbul karena pengaruh akumulasi air di dasar tangki. - Bisa menyebabkan degradasi kualitas biodiesel.

2.3. Bahan Bakar Campuran (B-XX)

Bahan bakar campuran merupakan bahan bakar yang memiliki komposisi lebih dari satu jenis bahan bakar. Biodiesel memiliki sifat fisis yang setara dengan solar sehingga memudahkan proses pencampuran. Pencampuran biodiesel dengan solar harus memenuhi kaidah yang telah ditetapkan untuk mendapatkan campuran yang homogen. Bahan bakar campuran biodiesel disebut dengan B-XX dimana 'XX' menunjukkan besarnya persentase biodiesel yang ditambahkan dalam minyak solar. Sebagai contoh, biodiesel B-5, B-10, B-20 merupakan biodiesel dengan konsentrasi berturut-turut 5%, 10%, dan 20%.

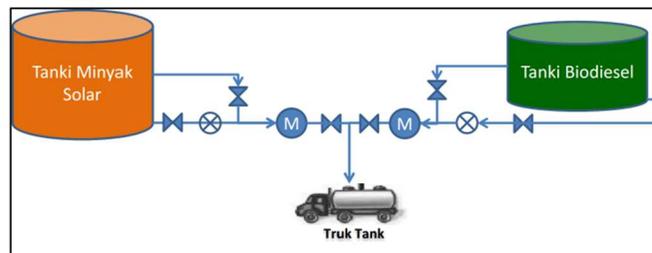
2.3.1. Proses Pencampuran (*blending*)

Proses pencampuran atau *blending* merupakan proses pencampuran bahan bakar solar dan FAME (*Fatty Acid Methyl Ester*) dengan perbandingan tertentu. Konsentrasi minyak solar dan FAME perlu diperhitungkan untuk mendapat campuran yang homogen. Pencampuran biodiesel dan minyak solar dapat dilakukan dengan beberapa metode yaitu *splash blending*, *in-tank blending* dan *in-line blending*. Metode pencampuran tersebut dapat diimplementasikan pada Terminal Bahan Bakar Minyak (TBBM), lokasi industri dan Stasiun Pengisian Bahan Bakar Umum (SPBU).



Gambar 2.8. Metode In-tank Blending
(Sumber : Paryanto, *et al.*, 2018)

Splash Blending (pencemplungan) merupakan metode pencampuran yang sederhana, yaitu dengan mencampurkan biodiesel (B100) dengan minyak solar oleh pengguna dalam tangki bahan bakar. Metode *splash blending* memanfaatkan perbedaan masa jenis bahan bakar dan guncangan dalam tangki. Sedangkan dalam *in-tank blending* (dalam tangki) biodiesel dan minyak solar dialirkan melalui dua saluran yang berbeda pada kecepatan pengisian yang tinggi sehingga bahan bakar akan tercampur dalam tangki tanpa memerlukan penguncangan (Gambar 2.8). (Alleman & McCormick, 2016)



Gambar 2.9 Metode Inline Blending
(Sumber : Paryanto, *et al.*, 2018)

In-line Blending (melalui pipa) yaitu pencampuran dimana biodiesel ditambahkan ke dalam minyak solar yang dialirkan melalui pipa sehingga tercampur dalam aliran pipa (Gambar 2.9). Pencampuran ini memanfaatkan aliran turbulensi pada pipa untuk mencampurkan kedua jenis bahan bakar. Metode *inline blending* memiliki keuntungan

yaitu akurasi campuran yang tinggi, menghasilkan kualitas yang baik (homogen), dan waktu proses singkat. Namun metode ini membutuhkan fasilitas yang lebih kompleks, sehingga metode ini umumnya dilakukan di terminal bahan bakar, depo, atau *blending point*. Pencampuran biodiesel dianjurkan menggunakan metode *inline blending* untuk menghasilkan kualitas yang baik. (Paryanto, *et al.*, 2018).

2.3.2. Spesifikasi dan Standar Kualitas

Kualitas campuran biodiesel dipengaruhi oleh kualitas dan kadar bahan bakar pencampurnya, teknik pencampuran, serta cara penanganan dan penyimpanan. Bahan baku minyak nabati memengaruhi sifat dan karakteristik Biodiesel (B100) yang dihasilkan. Proses produksi, pencampuran, penanganan, dan penyimpanan memengaruhi kualitas biodiesel campuran. Rasio campuran antara biodiesel (B100) dan minyak solar (B0) juga memengaruhi sifat dan karakteristik campuran biodiesel (BXX). Semakin tinggi kadar biodiesel yang dicampurkan dalam minyak solar, maka sifat dan karakteristik campuran biodiesel (BXX) semakin mendekati sifat dan karakteristik biodiesel.

Standar dan mutu (spesifikasi) B20 wajib memenuhi Keputusan Direktur Jenderal Migas No. 28.K/10/DJM.T/2016 tentang Standar dan Mutu (Spesifikasi) Bahan Bakar Minyak Jenis Solar yang Dipasarkan di Dalam Negeri. Spesifikasi B20 ditampilkan dalam Tabel 2.5.

Tabel 2.5. Standar dan mutu (spesifikasi) B-20

No.	Parameter Uji	Satuan	Batasan		Standar Uji
			Min.	Maks.	
1	Massa Jenis (15°C)	kg/m ³	815	870	ASTM D 1298 atau ASTM D 4052
2	Viskositas kenematik (40°C)	mm ² /s (cSt)	2,0	4,5	ASTM D 445
3	Angka Setana		48	-	ASTM D 613
4	Titik nyala	°C	52	-	ASTM D 93
5	Titik kabut	°C	-	18	ASTM D 2500
6	Residu karbon	%massa	-	0,1	ASTM D 189
7	Kandungan Air	Mm/kg	-	500	ASTM D 6304
8	Kandungan Sulfur	ppm	-	500	ASTM D 5453 atau ASTM D 4294
9	Kandungan FAME	% v/v	-	20	ASTM D7806 atau D7371
10	Bilangan Asam Total	mg KOH/g	-	0,6	ASTM D 664
11	Kandungan Sedimen	% m/m	-	0,01	ASTM D 473
12	Kandungan Abu	% m/m	-	0,01	ASTM D 482
13	Lubricity	Mikron	-	460	ASTM D6079
14	Stabilitas Oksidasi	jam	35	-	EN 15751

2.4. Stabilitas Biodiesel

Stabilitas biodiesel atau ketahanan biodiesel merupakan kemampuan biodiesel mempertahankan kualitas dan karakteristiknya terhadap waktu di bawah batas yang ditentukan. Stabilitas biodiesel berkaitan dengan kandungan rantai asam lemak tak jenuh penyusunnya yang rentan terjadi degradasi. Degradasi biodiesel dipengaruhi oleh faktor-faktor seperti kontak udara, suhu, kontaminasi air, dan mikroba. Stabilitas biodiesel dapat dikelompokkan menjadi tiga berdasarkan penyebabnya, yaitu stabilitas oksidasi, stabilitas termal, dan stabilitas penyimpanan.

Stabilitas oksidasi berkaitan dengan tingginya kandungan senyawa ester poliunsaturasi dalam biodiesel yang banyak mengandung ikatan rangkap sehingga rentan terhadap oksidasi. Oleh karena itu, biodiesel lebih mudah mengalami degradasi oksidatif dibandingkan dengan minyak solar. Rendahnya nilai stabilitas oksidasi biodiesel dapat menyebabkan permasalahan pada sistem bahan bakar. Produk oksidasi yaitu hidroperoksida mudah terpolimerasi dengan radikal bebas yang membentuk sedimen tidak larut (*unsoluble*) dan *gum*, menyebabkan penyumbatan filter bahan bakar dan deposit pada sistem injeksi dan ruang bakar (Mittelbach & Gangl, 2001). Produk oksidasi lainnya seperti aldehida, keton, dan asam karboksil rantai pendek dapat menyebabkan permasalahan korosi pada sistem injeksi akibat kenaikan angka asam dan angka peroksida (Fazal, *et al.*, 2014).

Stabilitas termal dipengaruhi oleh tekanan termal. Bahan bakar disirkulasikan dan mengalami tekanan termal dalam waktu yang cukup panjang dalam sistem injeksi diesel. Radikal bebas mengalami proses siklisasi dan oligomerisasi pada awal kerusakan minyak dan asam lemak. Proses polimerisasi menyebabkan pembentukan produk senyawa lengket ada pompa injeksi maupun penyumbatan filter bahan bakar. (Paryanto, *et al.*, 2018).

Stabilitas penyimpanan berkaitan dengan masa penyimpanan biodiesel. Perubahan selama masa penyimpanan disebabkan oleh reaksi hidrolitik dan oksidatif. Reaksi tersebut dipengaruhi oleh kondisi tempat penyimpanan seperti suhu dan paparan cahaya matahari, paparan udara, kontaminasi air, dan kontaminasi mikroba. Sifat hidrogroskopi dan autooksidasi menyebabkan biodiesel mudah terdegradasi. Biodegradasi dapat terjadi akibat kontaminasi mikroba saat masa penyimpanan, maupun kontaminasi selama proses distribusi bahan bakar. Pada tahap awal, terjadi pembentukan asam karboksil bebas yang ditandai dengan kenaikan angka asam, kemudian membentuk hidroperoksida yang diikuti dengan pembentukan produk terpolymer dan kenaikan viskositas bahan bakar. (Paryanto, *et al.*, 2018)

2.4.1. Penyebab Kerusakan Minyak

a. Penyerapan Bau

Lemak bersifat mudah menyerap bau. Apabila bahan pembungkus mudah menyerap lemak, maka lemak yang terserap ini akan teroksidasi oleh udara sehingga rusak dan berbau. Bau dari bagian lemak yang rusak ini akan diserap oleh minyak yang ada dalam bungkus yang mengakibatkan seluruh lemak menjadi rusak.

b. Hidrolisis

Dengan adanya air, dapat terhidrolisis menjadi gliserol dan asam lemak. Reaksi ini dipercepat oleh asam basa, enzim-enzim. Hidrolisis sangat menurunkan mutu minyak nabati. Minyak yang terhidrolisis, *smoke point-nya* menurun, bahan-bahan menjadi coklat dan lebih banyak menyerap minyak.

c. Oksidasi

Kerusakan minyak yang utama adalah timbulnya bau dan rasa tengik yang disebut proses ketengikan. Hal ini disebabkan oleh autooksidasi radikal asam lemak tidak jenuh dalam lemak. Autooksidasi dimulai dengan pembentukan radikal-radikal bebas yang disebabkan oleh faktor-faktor yang mempercepat reaksi seperti cahaya, panas, pro oksidan.

- Faktor-faktor yang Mempengaruhi Kecepatan Oksidasi

Faktor-faktor yang mempercepat oksidasi (akselerator) dapat dibagi menjadi 4 kelas yaitu :

- Radiasi, misalnya oleh panas dan cahaya. Kecepatan oksidasi lemak yang dibiarkan terpapar di udara akan bertambah dengan kenaikan suhu dan akan berkurang dengan penurunan suhu. Kecepatan akumulasi peroksida selama proses aerasi minyak pada suhu 100-115° C adalah 2x lebih besar dibandingkan pada suhu 10° C. Kombinasi dari oksigen dan cahaya akan mempercepat proses oksidasi.
- Bahan Pengoksidasi, misalnya peroksida, perasid, ozon, asam nitrat serta beberapa senyawa organik nitrat dan aldehida aromatik
- Katalis Metal, khususnya garam dari beberapa macam logam berat seperti Cu, Fe, Co dan Mn.
- Sistem Oksidasi, misalnya adanya katalis organik yang labil terhadap panas.

- Mekanisme Oksidasi

Biodiesel sangat mudah terdegradasi bila dibandingkan dengan petroleum diesel karena adanya ikatan tidak jenuh pada rantai asam lemak. Ikatan rangkap pada FAME diduga kuat berperan dalam memfasilitasi terbentuknya ikatan oksigen

membentuk gugus fungsi eter (C-O-C) atau ikatan peroksida (C-O-O-C). Ikatan peroksida akan membentuk senyawa siklis intermediat yang dapat terbuka membentuk asam karboksil ataupun aldehida atau dapat juga bereaksi dengan rantai asam lemak lain membentuk dimer (polimer).

Inisiasi, Reaksi inisiasi diawali dengan pembentukan radikal bebas. ketika kontak dengan oksigen, suatu lemak tak jenuh mulai menjadi radikal. Pembentukan dari radikal lemak R* biasanya dimediasi oleh sisa logam, iradiasi cahaya atau panas. Reaksi inisiasi :

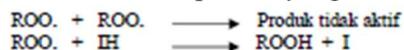


Propogasi, Radikal bebas ini cenderung berlanjut sebagai reaksi berantai, yaitu radikal yang satu membentuk radikal yang lain. Dengan demikian, pembentukan awal suatu radikal dari reaksi kimia sebelumnya pada molekul tak terhitung karena peristiwa rantai tersebut. Sebenarnya, propagasi dari proses oksidasi radikal bebas terjadi dalam kasus lemak dengan reaksi rantai yang mengikat oksigen dan menghasilkan radikal bebas baru atau dengan pembentukan peroksida (ROOH).

Hidroperoksida (R-O-O-H) atau senyawa peroksida merupakan senyawa yang tidak stabil, reaksi lebih lanjut akan menghasilkan senyawa oksidasi sekunder yang dapat menyebabkan degradasi rantai karbon menjadi lebih pendek seperti asam karboksil, aldehida, keton, atau menyebabkan rantai karbon menjadi molekul yang lebih besar melalui proses polimerisasi. Reaksi propagasi :



Terminasi, Radikal bebas akan kontak dengan sesama komponen radikal bebas dan membentuk produk yang tidak aktif. Mekanisme reaksi terminasi :



d. Biodegradasi

Kontaminasi mikrobiologikal seperti aerobik fungus (jamur), bakteri, dan *yeast* dapat timbul akibat tingginya kadar air di dalam Biodiesel. Anaerobik koloni, yang biasanya mereduksi sulfur, dapat aktif di dalam sedimen pada permukaan tangki dan menyebabkan korosi. Untuk mencegah adanya kontaminasi mikrobiologis di dalam biodiesel yang akan disimpan cukup lama (katakanlah lebih dari sebulan), dapat ditambahkan bahan aditif yang biasa digunakan untuk solar.

2.4.2. Parameter Analisa Kerusakan Minyak

Ada beberapa parameter yang digunakan untuk menganalisis kerusakan minyak pada uji stabilitas oksidasi yaitu :

a. Viskositas

Viskositas menunjukkan kemampuan bahan bakar untuk mengalir. Viskositas ditentukan dengan mengukur waktu yang dibutuhkan sejumlah bahan bakar untuk mengalir karena pengaruh gravitasi melalui pipa kapiler dengan diameter tertentu pada temperatur tertentu. Semakin kecil viskositas semakin bagus atomisasinya di ruang bakar, sehingga menghasilkan pembakaran yang lebih sempurna.

b. Bilangan Asam

Bilangan Asam atau *Total Acid Number* (TAN) mengindikasikan jumlah asam lemak yang terpisah dari trigliserida dan didefinisikan sebagai jumlah mg KOH yang dikonsumsi untuk menetralkan asam lemak bebas yang terdapat dalam 1 gram sampel. Karena biodiesel merupakan senyawa ester dimana asam lemak bebas tidak dapat terbentuk selama proses oksidasi, maka TAN merepresentasikan jumlah *low grade organic acid*, yang merupakan hasil dari dekomposisi H_2O_2 sebagai produk sekunder.

Parameter uji beberapa kualitas biodiesel mengacu pada standar uji yang digunakan dalam pengujian minyak solar. Pengujian parameter yang spesifik untuk biodiesel diuraikan sebagai berikut:

1) Angka sentana

Angka sentana merupakan ukuran kualitas pembakaran dari bahan bakar mesin diesel. Angka sentana dapat didefinisikan sebagai selisih waktu antara awal injeksi bahan bakar ke dalam ruang bakar dengan awal kompresi pengapian (*auto-ignition*). Angka sentana yang lebih rendah menunjukkan selisih waktu pengapian yang lebih singkat.

2) Angka asam

Angka asam merupakan ukuran banyaknya asam mineral dan asam lemak bebas yang terkandung dalam biodiesel. Angka asam biodiesel dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti bahan baku, tahap produksi, dan juga durasi penyimpanan. Tingkat keasaman yang tinggi berkorelasi dengan korosi pada logam dan pembentukan deposit pada mesin, juga dapat merusak elastomer pada saluran sistem bahan bakar.

3) Gliserol

Gliserol Terikat, yaitu gliserol dalam bentuk mono-, di-, dan trigliserida yang tersisa dari proses konversi minyak nabati menjadi biodiesel. Kandungan gliserol terikat yang berlebih dapat menimbulkan masalah ketika berada di tangki penyimpanan, yaitu gliserol ini akan terpisah dari biodiesel dan mengendap di dasar tangki akibat perbedaan densitas.

Pada sistem bahan bakar, kandungan gliserol terikat khususnya monogliserida berpotensi menyebabkan masalah *fouling* pada injektor dan berperan dalam pembentukan deposit pada *nozzle*, piston, dan katup/*valve*.

Gliserol Bebas, merupakan ukuran kesuksesan proses purifikasi biodiesel. Peningkatan kadar gliserol juga dapat terjadi akibat proses hidrolisis sisa mono-, di-, dan trigliserida dalam penyimpanan biodiesel. Gliserol yang terpisah selanjutnya mengendap, menarik senyawa polar lainnya seperti air, monogliserida, dan sabun, yang sangat berpotensi menyebabkan mengganggu sistem injeksi. Selain itu, gugus hidroksil yang terkandung dalam gliserol dapat menyebabkan korosi pada logam tembaga dan seng. Endapan gliserol pada filter bahan bakar juga dapat menghasilkan emisi yang berasal dari senyawa aldehida.

Gliserol Total, menunjukkan banyaknya gliserol yang terkandung dalam biodiesel baik dalam bentuk gliserol bebas maupun gliserol terikat. Kandungan gliserol berkorelasi dengan nilai viskositas biodiesel, apabila dinyatakan kadar gliserol total suatu biodiesel tinggi, maka nilai viskositas dari biodiesel akan tinggi pula.

4) Air & Sedimen

Pengujian kadar air dan sedimen dalam biodiesel dimaksudkan untuk menentukan ketepatan volume air bebas dan sedimen. Air dan sedimen dalam bahan bakar disinyalir dapat mengakibatkan kerusakan fasilitas dan sistem bahan bakar mesin. Akumulasi sedimen dalam tangki penyimpan dapat menyebabkan penyumbatan pada filter sehingga aliran bahan bakar ke tangki ruang bakar menjadi terhambat. Air juga dapat mendorong terjadinya korosi pada tangki penyimpan, tangki bahan bakar, dan peralatan yang ada di sekitar sistem ruang bakar mesin. Keberadaan air juga merupakan media yang sangat baik bagi pertumbuhan mikroba dalam sistem penyimpanan.

5) Titik Nyala

Titik nyala adalah indikator keamanan penyimpanan akibat pengaruh panas. Semakin rendah titik nyala, maka penyimpanan bahan bakar tersebut dinyatakan tidak aman. Biodiesel umumnya memiliki titik nyala $> 100^{\circ}\text{C}$ sehingga penyimpanannya lebih aman dibandingkan minyak solar yang titik nyalanya minimal 52°C . Apabila diketahui titik nyala biodiesel kurang dari 100°C , maka hal ini merupakan indikator bahwa di dalam biodiesel masih terkandung sejumlah metanol.

6) Abu tersulfatkan

Merupakan jumlah kontaminan anorganik seperti padatan abrasif dan sisa katalis, serta konsentrasi logam terlarut dalam biodiesel. Senyawa ini dapat teroksidasi dalam proses pembakaran yang menyebabkan pembentukan sejumlah abu yang dapat menyebabkan terbentuknya deposit pada mesin diesel.

7) Kandungan Sulfur

Kandungan sulfur dalam biodiesel dinyatakan hampir nihil, kecuali dari sisa reaksi esterifikasi yang menggunakan katalis asam sulfat dan proses purifikasi tidak berlangsung sempurna. Kandungan sulfur di Indonesia dibatasi maksimum 2500 ppm, karena emisi gas buang SO_x dapat merusak kesehatan dan lingkungan. Keberadaan sulfur dalam bahan bakar juga dapat menyebabkan keausan pada mesin karena menghasilkan bahan yang bersifat korosif dan menaikkan jumlah deposit di dalam ruang bakar dan piston. Sulfur dinilai dapat memberikan efek pelumasan bahan bakar, namun hal ini dapat digantikan dengan penggunaan biodiesel sebagai campuran bahan bakar, dengan tujuan untuk mengurangi emisi dan meningkatkan efek pelumasan pada mesin diesel.

8) Fosfor

Kandungan fosfor dalam biodiesel umumnya berasal dari fosfolipid yang terkandung dalam bahan baku minyak nabati. Proses penyiapan minyak nabati memegang peran penting untuk mereduksi kandungan fosfor tersebut. Dalam proses purifikasi biodiesel, fosfor akan terikat bersama dengan fasa gliserol-air. Untuk tahap penyempurnaan, kandungan fosfor dapat dieliminasi dengan bantuan kolom distilasi. Kandungan fosfor berlebih terbukti menghambat kemampuan sistem pengurangan emisi gas buang karena disinyalir meracuni katalitik konverter dan membentuk deposit pada kepala piston, katup dan injektor..

9) Yodium

Angka yodium merupakan ukuran jumlah senyawa tak jenuh yang terkandung dalam minyak/lemak, juga senyawa dalam bentuk mono-, di-, dan trigliserida, serta senyawa poli- tak jenuh (*polyunsaturated*). Keberadaan senyawa tak jenuh ini ditandai dengan tingginya angka yodium. Hal ini dapat mengakibatkan terjadinya beberapa permasalahan sebagai berikut:

- Terjadinya polimerisasi dan pembentukan deposit pada nozzle injektor, cincin piston dan ulir cincin piston, ketika dalam kondisi panas;
- Penurunan stabilitas oksidasi biodiesel, yang nantinya menyebabkan pembentukan beragam produk degradasi yang memberikan dampak negatif dalam pengoperasian mesin;
- Penurunan kualitas pelumasan bahan bakar pada mesin.

Angka yodium juga berkorelasi dengan viskositas dan angka setana. Apabila viskositas dan angka setana terukur rendah, maka hal ini merupakan indikasi tingginya kandungan poli tak jenuh dalam biodiesel tersebut.

10) Stabilitas Oksidasi

Stabilitas oksidasi menunjukkan ketahanan biodiesel terhadap laju oksidasi. Semakin baik nilai stabilitas oksidasi maka semakin lama proses oksidasi akan terjadi. Sifat biodiesel berkaitan dengan kandungan rantai asam lemak tak jenuh, biodiesel rentan terjadi oksidasi ketika terpapar udara. Oleh karena itu, stabilitas biodiesel lebih rendah dibanding dengan solar (BTBRD-BPPT, 2014). Oksidasi pada biodiesel dapat menghasilkan senyawa hasil dekomposisi berupa asam, aldehida, ester, keton, peroksida, maupun alkohol yang dapat memengaruhi karakteristik biodiesel maupun aktivitas pembakaran dalam mesin. Degradasi oksidatif selama penyimpanan dalam waktu yang lama dapat terjadi karena adanya udara, panas, cahaya, dan zat pro oksidan.

2.5. Antioksidan

Antioksidan merupakan senyawa yang dalam konsentrasi kecil pun dapat menghambat laju reaksi oksidasi pada bahan yang mengandung lemak atau minyak (Matz, 1993). Berdasarkan sumbernya, antioksidan dapat dikategorikan menjadi antioksidan alami dan antioksidan sintetis. Antioksidan alami adalah antioksidan yang diekstrak dari bahan-bahan alami, sedangkan antioksidan sintetis merupakan antioksidan yang dihasilkan melalui reaksi kimia.

2.5.1. Mekanisme Kerja Antioksidan

Berdasarkan mekanisme kerjanya, Kochar dan Rossel (1990) membagi antioksidan menjadi lima kategori yaitu :

- 1) Antioksidan Primer, merupakan substansi yang berperan sebagai akseptor radikal bebas pada proses oksidasi. Antioksidan primer (umumnya senyawa fenolik) bekerja sebagai pemberi atom hidrogen pada radikal lipid (R^* , ROO^*) dan mengubahnya menjadi bentuk yang lebih stabil, sementara turunan radikal antioksidan (A^*) tersebut memiliki keadaan lebih stabil dibanding radikal lipida. Contoh antioksidan ini adalah BHT dan BHA.
- 2) Antioksidan Sekunder, Fungsi kedua merupakan fungsi antioksidan sekunder, yaitu bekerja dengan mendekomposisi hidroperoksida lemak menjadi produk akhir yang lebih stabil, contohnya adalah dilauril tiopropionat.
- 3) Penangkap oksigen, Penangkap oksigen adalah senyawa yang dapat bereaksi dengan oksigen, contohnya adalah asam askorbik.
- 4) Antioksidan enzimatik, Untuk antioksidan enzim, bekerja dengan memindahkan oksigen di dalam bahan pangan, contohnya adalah glukosa oksidase
- 5) Pengkelat logam, Pengelut logam adalah antioksidan yang bekerja dengan mengikat ion logam (Cu dan Fe). yang dapat mengatalis peningkatan laju oksidasi lipid, contohnya asam sitrat

Radikal-radikal antioksidan (A^*) yang terbentuk pada reaksi tersebut relatif stabil dan tidak mempunyai cukup energi untuk dapat bereaksi dengan molekul lipida lain membentuk radikal lipida baru (Gordon, 1990).

Stuckey (1972) berpendapat bahwa penghambatan oksidasi lipida oleh antioksidan melalui lebih dari satu mekanisme tergantung pada kondisi reaksi dan sistem makanan. Ada empat kemungkinan mekanisme penghambatan tersebut yaitu (a) pemberian hidrogen, (b) pemberian elektron, (c) penambahan lipida pada cincin aromatik antioksidan, (d) pembentukan kompleks antara lipida dan cincin aromatik antioksidan. Studi lebih lanjut mengamati bahwa ketika atom hidrogen labil pada suatu antioksidan tertentu diganti dengan deuterium, antioksidan tersebut menjadi tidak efektif. Hal ini menunjukkan bahwa mekanisme penghambatan dengan pemberian hidrogen lebih baik dibanding pemberian elektron. Beberapa peneliti percaya bahwa pemberian hidrogen atau elektron merupakan mekanisme utama, sementara pembentukan kompleks antara antioksidan dengan rantai lipida adalah reaksi sekunder.

Antioksidan sekunder, seperti asam sitrat, asam askorbik, dan esternya, sering ditambahkan pada lemak dan minyak sebagai kombinasi dengan antioksidan primer. Kombinasi tersebut dapat memberi efek sinergis sehingga menambah keefektifan kerja antioksidan primer.

Antioksidan sebaiknya ditambahkan ke lipida seawal mungkin untuk menghasilkan efek maksimum. Menurut Coppen (1983), antioksidan hanya akan benar-benar efektif bila ditambahkan seawal mungkin selama periode induksi, yaitu suasana periode awal oksidasi lipida terjadi dimana oksidasi masih berjalan secara lambat dengan kecepatan seragam.

2.6. *Sargassum polycystum*

Sargassum adalah jenis dari rumput laut cokelat kelas *Phaeophyceae* yang banyak terdapat di perairan Indonesia. *Phaeophyta* (*Phaeo*= perang, coklat; *phykos* = alga) adalah golongan alga yang memiliki pigmen coklat (fikosantin), dan mengandung zat makanan cadangan berupa minyak lamiran dan asam alginat. Kebanyakan anggotanya hidup di laut dan makroskopis. Klasifikasi rumput laut *Sargassum polycystum* adalah sebagai berikut (Anggadiredja, 2006) :

Divisi	: Phaeophyta
Kelas	: Phaeophyceae
Ordo	: Fucales
Famili	: Sargassaceae
Genus	: <i>Sargassum</i>
Spesies	: <i>Sargassum polycystum</i>

Ciri-ciri umum dari *S. polycystum* adalah memiliki talus silindris berduri-duri kecil rapat, *holdfast* membentuk cakram kecil dan di atasnya terdapat perakaran/stolon yang rimbun berekspansi ke segala arah, memiliki batang pendek dengan percabangan utama tumbuh rimbun, terdapat gelembung udara (*bladder*), panjangnya dapat mencapai 7 meter, dan warna talus umumnya coklat (Aslan, 1991). Talus bercabang seperti jari dan bagian atas tanaman menyerupai semak simetris bilateral atau radial serta dilengkapi dengan bagian-bagian untuk pertumbuhan (Atmadja *et al*, 1996). Bentuk morfologi dari *Sargassum polycystum* seperti pada Gambar 2.10.



Gambar 2.10. *Sargassum polycystum*

2.6.1. Kandungan Rumput Laut Cokelat

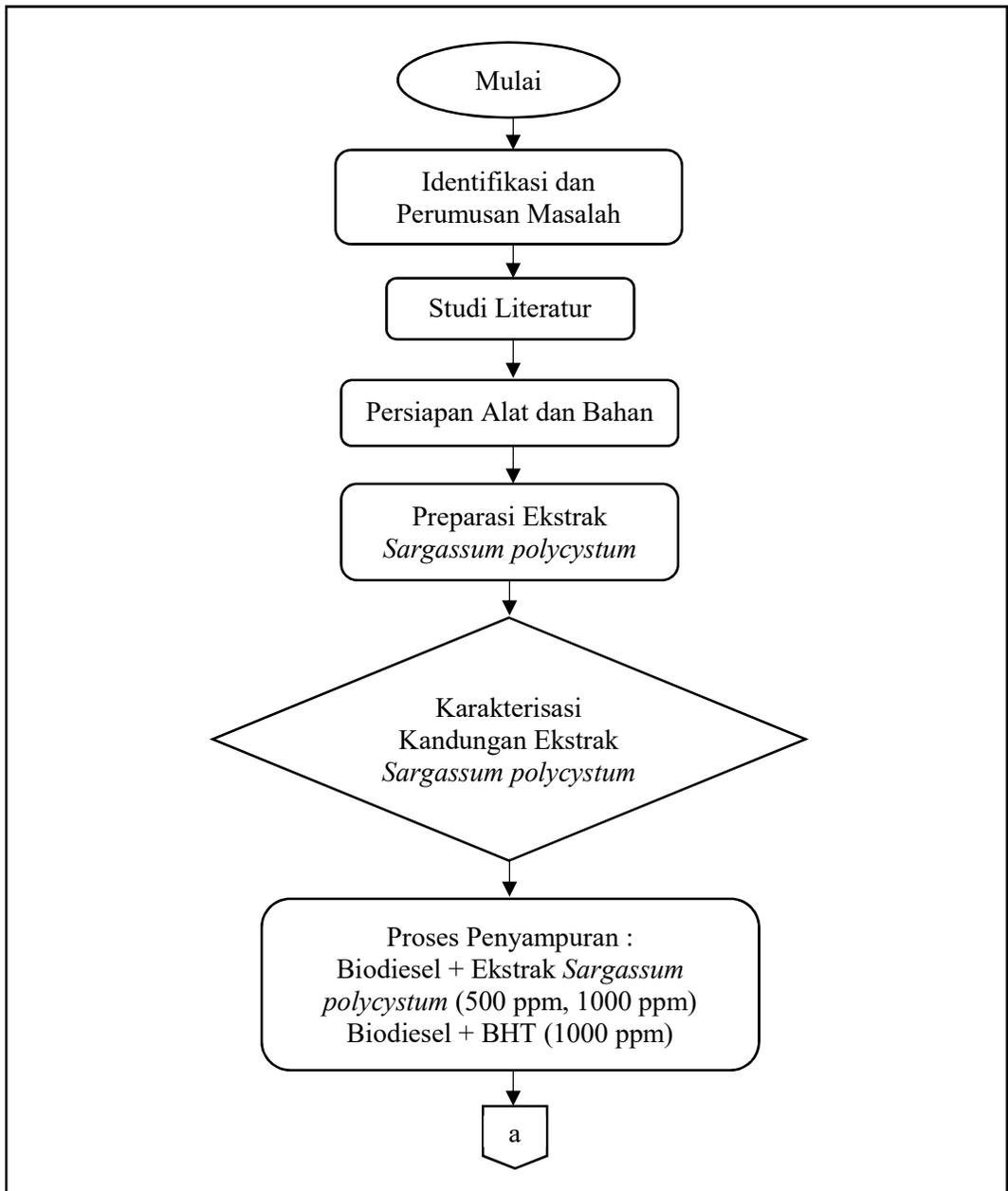
Rumput laut cokelat memiliki hampir seluruh golongan senyawa antioksidan. Rumput laut cokelat akumulasi senyawa golongan fenol dan polifenol memiliki aktivitas antioksidan yang tinggi terhadap radikal bebas (Nawaly, Susanto, dan Uktolseja, 2013). Pada golongan karotenoid terkandung betakaroten, fukosantin, zeasantin, lutein, violasantin, dan neosantin. Rumput laut cokelat juga terkandung vitamin A, C, dan E yang juga memiliki aktivitas antioksidan (Farvin dan Jacobsen, 2013).

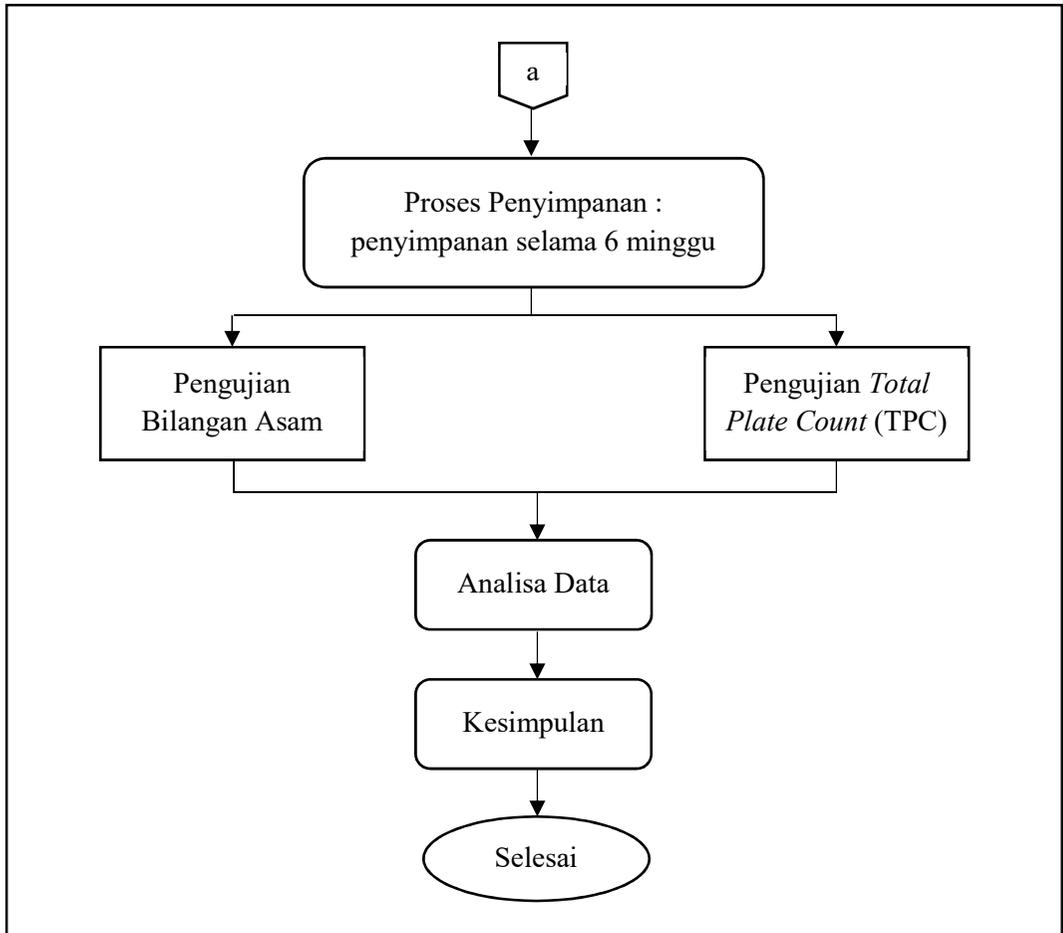
Selain antioksidan, rumput laut juga mengandung lipid dan protein yang biasa dimanfaatkan sebagai sumber sekunder zat-zat tersebut. Persebaran dan perkembangbiakan yang mudah menjadikan pemanfaatan rumput laut cokelat dikembangkan. Rumput laut cokelat dapat dimanfaatkan sebagai sumber pangan, farmasi, dan kosmetik.

BAB III METODOLOGI

3.1. Diagram Alir

Berikut merupakan diagram alir untuk penelitian mengenai pengaruh penambahan ekstrak *Sargassum polycystum* terhadap stabilitas biodiesel.





Gambar 3.1. Diagram Alir Penelitian Tugas Akhir

3.1.1. Identifikasi dan Perumusan Masalah

Identifikasi masalah dilakukan untuk mengetahui permasalahan ilmiah yang dapat diteliti untuk mendapatkan penyelesaiannya secara ilmiah. Identifikasi masalah penelitian ini dilakukan melalui studi literasi. Setelah diidentifikasi, dapat dilakukan perumusan pokok-pokok permasalahan ilmiah yang akan diteliti.

3.1.2. Studi Literatur

Studi literatur dilakukan untuk mempelajari teori-teori yang mendasari dan menunjang penelitian dari berbagai sumber literasi seperti buku, jurnal, tugas akhir, buku panduan, dan sumber literasi lainnya untuk dapat mengaji permasalahan. Studi literatur pada penelitian ini mengacu pada sumber literasi mengenai karakteristik biodiesel, oksidasi lemak, antioksidan pada biodiesel, dan sumber antioksidan alami.

3.1.3. Persiapan Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah, sebagai berikut :

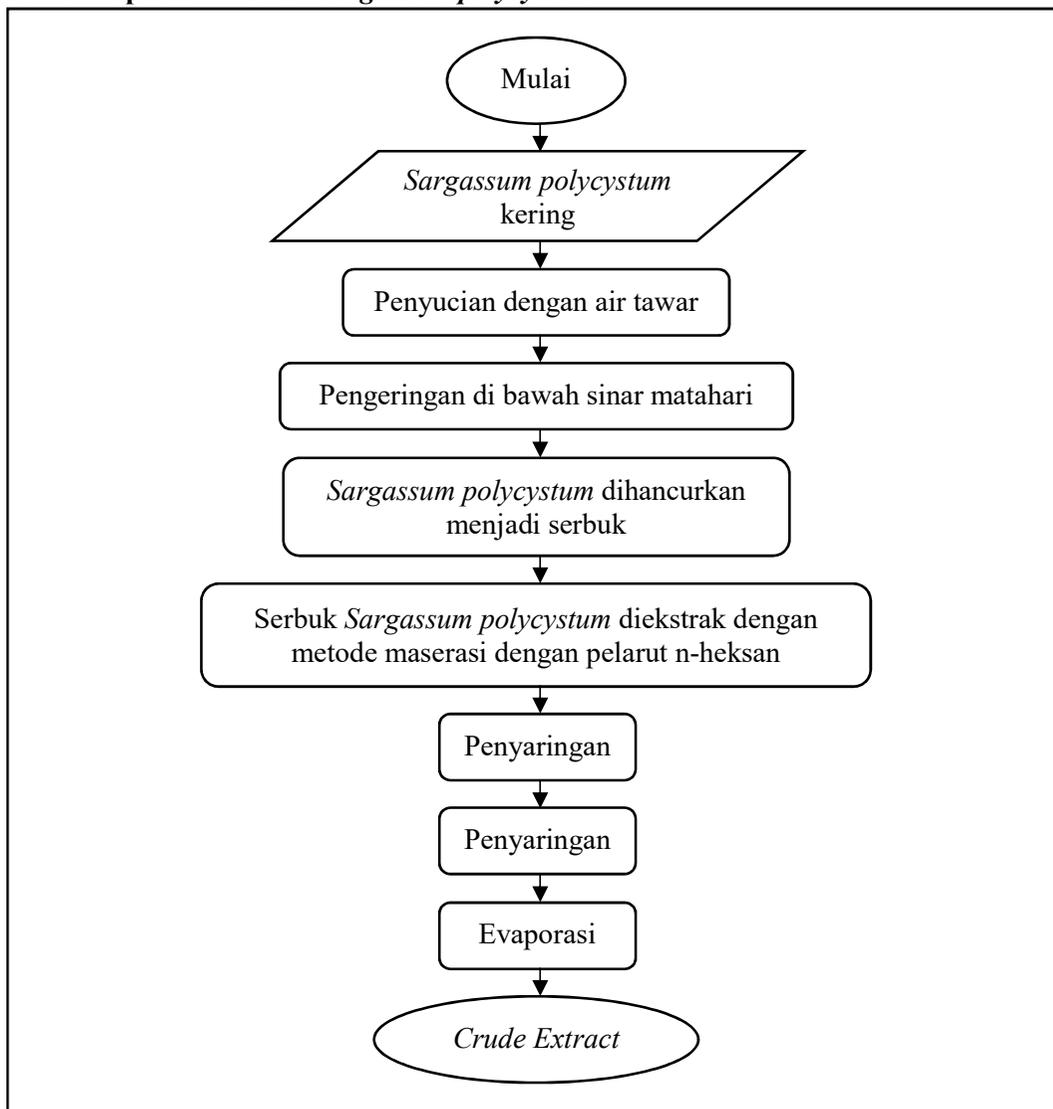
a. Alat

- 1) Labu Erlenmeyer
- 2) Gelas ukur
- 3) Pipet ukur
- 4) Mortar/*blender*
- 5) Ayakan
- 6) Kertas saring
- 7) Neraca analitik
- 8) *Rotary evaporator*
- 9) Gelas kaca
- 10) Kasa
- 11) Spektrofotometer UV-Vis

b. Bahan

- 1) Biosolar (B20) Pertamina
- 2) Rumput laut cokelat kering (*Sargassum polycystum*)
- 3) N-Heksana
- 4) *Butylated hydroxytoluene* (BHT)

3.1.4. Preparasi Ekstrak *Sargassum polycystum*



Gambar 3.2. Diagram Alir Preparasi Ekstrak *Sargassum polycystum*

Proses preparasi hingga menjadi *crude extract* terdiri dari tahap persiapan, yaitu penyucian, pengeringan, dan pengecilan ukuran rumput laut, kemudian tahap maserasi, dan tahap evaporasi. Bahan baku yang digunakan adalah rumput laut cokelat *Sargassum polycystum* yang digunakan diperoleh dari perairan Teluk Saleh, Pulau Sumbawa, Nusa Tenggara Barat dalam keadaan kering. Bahan kimia yang digunakan untuk ekstraksi berupa pelarut n-heksana dengan *grade* teknis. Peralatan yang digunakan meliputi *blender*, ayakan, kertas saring, labu erlenmeyer, gelas ukur, dan *rotary evaporator*.

S. polycystum dicuci menggunakan air tawar untuk menghilangkan garam, kotoran, dan cemaran lain yang masih menempel. Setelah dicuci, rumput laut

ditempatkan pada nampan dan ditiriskan. Kemudian rumput laut dikeringkan dengan cara dijemur dan diangin-anginkan di bawah matahari sampai sampel kering dan mudah dipatahkan (kandungan air $12\pm 1\%$) (Masduqi, *et al.*, 2014). Pengerinan dilakukan selama 1-2 hari. Rumput laut yang sudah dikeringkan kemudian dihancurkan dengan *blender* dan diayak hingga menjadi serbuk.



Gambar 3.3. Proses Ekstraksi dengan Metode Maserasi

S. polycystum kemudian diekstraksi menggunakan metode maserasi. Maserasi merupakan metode ekstraksi dengan penarikan senyawa dengan pelarut yang memiliki polaritas yang sama. Metode maserasi digunakan karena cara pengerjaan dan peralatan yang digunakan sederhana, relatif lebih murah, serta dapat menghindari kerusakan senyawa yang bersifat termolabil (Mukhriani, 2014). Pelarut yang digunakan dalam penelitian ini adalah pelarut non-polar. Hal tersebut dikarenakan ekstrak yang dihasilkan akan ditambahkan ke dalam biosolar yang polaritasnya adalah non-polar.



Gambar 3.4. Proses Evaporasi Menggunakan Rotary Evaporator

Serbuk rumput laut ditimbang sebanyak 140 gram dan dimasukkan ke dalam labu erlenmeyer. Kemudian ditambahkan pelarut n-heksana sebanyak 700 ml dan diaduk selama 10 menit. Selanjutnya dimaserasi dan disimpan pada tempat gelap pada suhu ruangan selama 24 jam. Campuran tersebut diaduk setiap 6 jam sekali selama 5 menit. Campuran kemudian disaring dengan kertas saring menghasilkan filtrat. Filtrat dievaporasi menggunakan *rotary evaporator* untuk memisahkan pelarut dari ekstraknya. Evaporasi dilakukan pada suhu 40°C dengan tekanan 100 mBar hingga pelarut habis menguap dan pelarut tidak menetes lagi. Hasil dari evaporasi berupa ekstrak pekat yang kemudian dimasukkan ke dalam botol sampel dan ditimbang. (Savitri, *et al.*, 2017)

3.1.5. Karakterisasi Kandungan Ekstrak *Sargassum polycystum*

Karakterisasi kandungan ekstrak *Sargassum polycystum* dilakukan untuk mengetahui senyawa bioaktif yang terkandung dalam ekstrak. Pengujian dilakukan dengan menggunakan Spektrofotometri UV-Visible.

3.1.6. Penambahan Ekstrak dalam Biodiesel

Penambahan ekstrak ke dalam biodiesel dilakukan dengan variasi konsentrasi untuk mengetahui pengaruh ekstrak pada variasi tertentu. Penambahan antioksidan sintetis BHT juga dilakukan sebagai pembanding. Berikut variasi perlakuan yang dilakukan :

- a) Tanpa penambahan antioksidan
- b) Penambahan 500 ppm antioksidan ekstrak rumput laut cokelat
- c) Penambahan 1000 ppm antioksidan ekstrak rumput laut cokelat
- d) Penambahan 1000 ppm antioksidan sintetis BHT

3.1.7. Penyimpanan Biodiesel

Penyimpanan biodiesel dilakukan di dalam botol kaca bening yang bertutup kain kasa dan disimpan pada suhu ruang. Metode penyimpanan tersebut dimaksudkan untuk mempercepat terjadinya oksidasi karena keberadaan cahaya dan oksigen sehingga aktivitas antioksidan dapat diuji kemampuannya dalam menghambat proses oksidasi. Penyimpanan dilakukan selama 6 minggu.

3.1.8. Pengujian

Pengujian stabilitas biodiesel dilakukan dengan menguji parameter yang berkaitan dengan stabilitas biodiesel yaitu bilangan asam dan faktor biodegradasi dengan menghitung pertumbuhan koloni mikroba.

3.1.9. Analisa Data

Pengumpulan data dilakukan pada setiap tahap penelitian. Data hasil yang diperoleh merupakan data hasil parameter pengujian stabilitas biodiesel pada tiap variasi. Data hasil penelitian dianalisis pengaruh penambahan ekstrak *sargassum polycystum* terhadap stabilitas biodiesel dengan variasi konsentrasi dan dibandingkan dengan antioksidan sintetis BHT.

3.1.10. Kesimpulan dan Saran

Setelah semua langkah dilakukan, kemudian ditarik kesimpulan dari analisa data dan percobaan. Diharapkan nantinya hasil kesimpulan dapat menjawab permasalahan yang menjadi tujuan skripsi. Selain itu diperlukan saran berdasarkan hasil penelitian untuk pengembangan penelitian di masa mendatang.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Rendemen Ekstrak

Ekstraksi merupakan proses penarikan senyawa-senyawa tertentu dari bahan yang mengandung komponen-komponen aktif. Pada penelitian ini, digunakan metode maserasi menggunakan pelarut non-polar yaitu n-heksana dengan tujuan menarik senyawa non-polar yang terkandung dalam *Sargassum polycystum*. Hasil ekstraksi berupa pasta pekat seperti Gambar 4.1.



Gambar 4.1. Ekstrak Rumput Laut Cokelat

Rendemen ekstrak adalah nilai perbandingan berat bahan yang digunakan dengan berat hasil ekstraksinya dinyatakan dalam persen. Perhitungan nilai rendemen ekstrak menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$\text{Rendemen (\%)} = \frac{m_t}{m_i} \times 100\%$$

$$\text{dimana, } m_t = (m_{wt} - m_w)$$

Keterangan :

m_i = berat awal bahan

m_t = berat akhir ekstrak

m_w = berat wadah

m_{wt} = berat wadah dan hasil ekstrak

Sehingga didapat hasil nilai rendemen adalah sebagai berikut :

Berat awal	= 140 gram
Berat wadah	= 11,6 gram
Berat akhir	= 15,49 – 11,6
	= 3,89 gram
Rendemen	= 2,78%

Menurut Renhoran (2012), nilai rendemen ekstrak kasar *S. polycystum* menunjukkan bahwa jenis pelarut memberikan pengaruh nyata terhadap nilai rendemen. Jenis pelarut memiliki perbedaan tingkat kepolaran dan kereaktifannya terhadap senyawa aktif. Nilai rendemen juga menunjukkan banyaknya senyawa aktif yang terkandung dalam ekstrak. Oleh karena itu, komponen senyawa aktif yang bersifat non-polar yang terkandung dalam ekstrak kasar relatif rendah ditunjukkan dengan nilai rendemennya.

4.2. Analisa Kandungan Ekstrak Rumput Laut Cokelat

Analisis fitokimia mencakup aneka ragam senyawa organik yang dibentuk dan ditimbun oleh makhluk hidup, yaitu mengenai struktur kimia, biosintesis, perubahan serta metabolisme, penyebaran secara alamiahnya dan fungsi biologisnya. Analisa ini dilakukan untuk menentukan karakteristik senyawa aktif yang ditunjukkan oleh ekstrak kasar (Renhoran, 2012).

Pada penelitian yang dilakukan Renhoran (2012), pengujian fitokimia yang meliputi uji alkaloid, steroid, flavonoid, fenol hidrokuinon, saponin, dan tanin terhadap ekstrak kasar *S. polycystum* dengan pelarut n-heksana terdeteksi mengandung senyawa golongan steroid, flavonoid, dan fenol hidrokuinon. Sedangkan senyawa golongan alkaloid, saponin dan tanin tidak terdeteksi. Perbedaan jenis pelarut menunjukkan kandungan senyawa aktif yang sama namun dengan intensitas kandungan senyawa fitokimia yang berbeda.

Hasil penelitian Septiana & Asnani (2013) menunjukkan adanya kandungan komponen senyawa fenolik yang bersifat non-polar pada pengujian kadar total fenol ekstrak rumput laut *Sargassum duplicatum* dengan pelarut heksana. Penelitian Savitri, *et al.*, (2017) menunjukkan karotenoid juga terkandung dalam ekstrak *S. polycystum* pada pengujian total karotenoid dengan pelarut non-polar.

Karotenoid merupakan pigmen yang larut dalam lemak. Karotenoid memiliki rentang warna dari kuning hingga merah. Senyawa karotenoid jenis fukosantin merupakan salah satu jenis yang memiliki kelimpahan yang tinggi pada rumput laut cokelat (McDermid & Stuercke, 2003). Karotenoid mampu menetralkan radikal bebas dengan tiga mekanisme, yaitu melalui elektron transfer, abstraksi hidrogen, dan penambahan spesies radikal (Krinsky & Yeum, 2003).

Senyawa fenolik merupakan senyawa yang berasal dari tumbuhan yang mengandung cincin aromatik dengan satu atau dua gugus hidroksil seperti =C-H dan O-H yang dapat menangkap spektrum UV. Keberadaan cincin aromatik memengaruhi kestabilan ikatan atom oksigen dengan atom hidrogen pada kelompok hidroksil. Oleh karena itu, senyawa fenolik dapat berfungsi sebagai antioksidan (Nawaly, *et al.*, 2013). Mekanisme kerja senyawa aktif golongan ini sebagai donor hidrogen ke radikal bebas dan radikal fenol sehingga membentuk senyawa stabil yang tidak memengaruhi molekul-molekul biologis lainnya (Vermerris & Nicholson, 2007). Rumput laut cokelat seperti

jenis *Fucus* memiliki aktivitas antioksidan yang tinggi sebanding dengan komposisi fenol yang dimiliki (Farvin & Jacobsen, 2013).

Flavonoid merupakan senyawa yang mengandung sistem aromatik yang berasal dari tumbuhan, terikat pada gula sebagai glukosida dan aglikon. Senyawa flavonoid terkandung dalam ekstrak kasar *S. polycystum* pada semua jenis pelarut dengan intensitas berbeda.

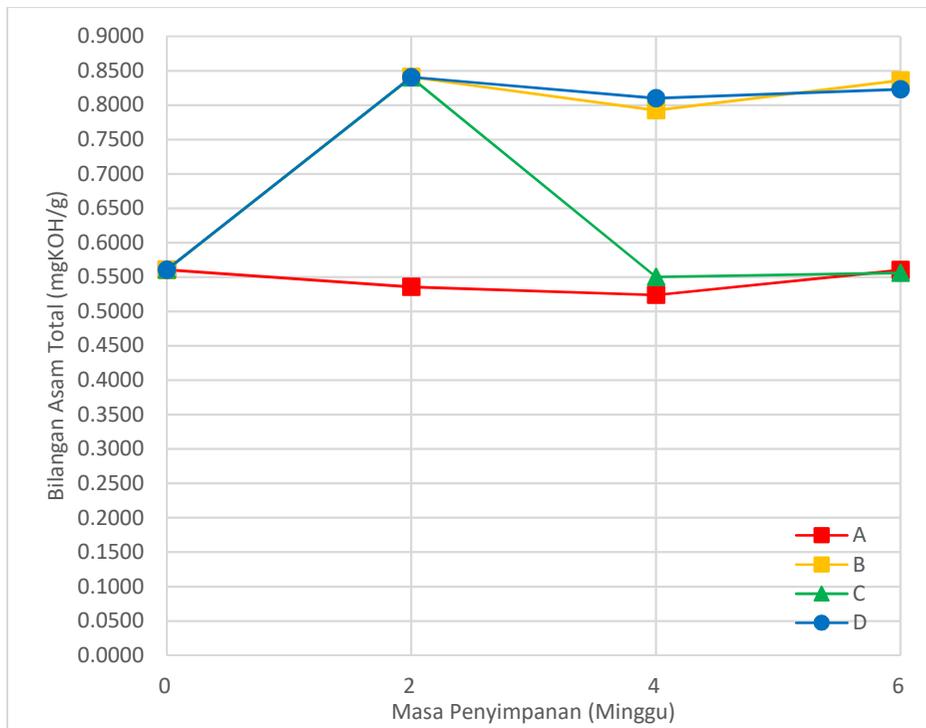
4.3. Bilangan Asam Total

Bilangan asam total atau *Total Acid Number* (TAN) termasuk parameter kualitas bahan bakar yang merupakan gabungan nilai asam lemah maupun asam kuat dalam bahan bakar. Bilangan asam total menunjukkan keasaman bahan bakar. Semakin tinggi nilai bilangan asam total menjadikan bahan bakar semakin asam dan korosif. Proses degradasi yang terjadi pada biodiesel selama masa penyimpanan menghasilkan produk berupa senyawa asam sehingga meningkatkan keasamannya. Oleh karena itu, bilangan asam total dapat digunakan sebagai parameter stabilitas biodiesel. Pada penelitian ini, pengujian bilangan asam menggunakan metode titrasi (ASTM D 664) setiap dua minggu sekali selama masa penyimpanan enam minggu. Data hasil pengujian bilangan asam total ditampilkan pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1. Data Hasil Pengujian Bilangan Asam Total (*Total Acid Number*/TAN)

Perlakuan	Bilangan Asam, mgKOH / g			
	Kontrol	Minggu ke – 2	Minggu ke – 4	Minggu ke - 6
A	0,5606	0,5354	0,5239	0,5600
B	-	0,8408	0,7926	0,8361
C	-	0,8400	0,5078	0,5559
D	-	0,8407	0,8099	0,8228

Keterangan : A = kontrol, tanpa penambahan
 B = penambahan ekstrak 500 ppm
 C = penambahan ekstrak 1000 ppm
 D = penambahan BHT 1000 ppm



Gambar 4.2. Grafik Bilangan Asam Total Selama Masa Penyimpanan Pada Tiap Variasi Perlakuan

Gambar 4.2 menampilkan nilai bilangan asam total pada tiap variasi perlakuan selama masa penyimpanan hingga enam minggu. Pada sampel A, yaitu biodiesel dengan tanpa penambahan, menunjukkan nilai bilangan asam yang stabil pada kisaran sekitar 0,56 mg KOH/g hingga masa penyimpanan selama enam minggu. Nilai tersebut masih di bawah standar kualitas yang ditentukan yaitu 0,6 mg KOH/g (ASTM D664). Penyimpanan biodiesel pada tempat dengan kondisi temperatur ruangan, terpapar udara dan cahaya tidak mengakibatkan kerusakan biodiesel selama enam minggu.

Pada penelitian yang dilakukan oleh Tang, *et al.* (2008), penyimpanan biodiesel minyak kedelai hingga bulan kedua pada tempat terbuka menunjukkan sedikit peningkatan bilangan asam (0,176 ke 0,214 mgKOH/g). Perbedaan metode penyimpanan biodiesel pada tempat terbuka dan pada tempat tertutup (suhu ruangan, 23°C) tidak memengaruhi nilai bilangan asam total pada bulan kedua (masing-masing 0,217 dan 0,214 mg KOH/g).

Biodiesel dengan penambahan ekstrak rumput laut coklat dengan konsentrasi 500 ppm (Sampel B) tidak menunjukkan aktivitas penghambatan laju degradasi yang ditunjukkan dengan nilai bilangan asam yang tidak mengalami perubahan pada kisaran sekitar 0,8 mgKOH/g. Bahkan, terjadi peningkatan nilai bilangan asam total pada dua minggu pertama penyimpanan yang diduga karena kelarutan senyawa yang terkandung

dalam ekstrak kasar rumput laut dalam biodiesel. Sedangkan pada pengujian di minggu ke-empat dan ke-enam terjadi sedikit penurunan nilai bilangan asam.

Hal yang sama terjadi pada biodiesel dengan penambahan ekstrak kasar rumput laut coklat dengan konsentrasi 1000 ppm (Sampel C), nilai bilangan asam menunjukkan peningkatan pada dua minggu pertama. Kemudian, ekstrak kasar rumput laut coklat menunjukkan aktivitas penghambatan laju degradasi yang signifikan hingga minggu keenam. Hal tersebut ditunjukkan dengan tren penurunan nilai bilangan asam hingga 0,5559 mgKOH/g, lebih baik daripada biodiesel tanpa penambahan dan masih di bawah standar yang ditetapkan.

Penambahan antioksidan sintetis BHT dengan konsentrasi 1000 ppm ke dalam biodiesel tidak menunjukkan aktivitas penghambatan laju degradasi biodiesel yang signifikan hingga minggu keenam. Nilai bilangan asam bahkan mengalami peningkatan pada dua minggu pertama. Hasil yang sama juga terjadi pada penambahan antioksidan BHT dengan konsentrasi 1000 ppm ke dalam biodiesel minyak kedelai pada penelitian yang dilakukan oleh Tang, *et al.* (2008). Penambahan tersebut mengakibatkan kenaikan bilangan asam (0,176 menjadi 0,211 mgKOH/g), dan pada penyimpanan di tempat terbuka hingga bulan kedua tidak menunjukkan penurunan yang berarti (0,211 ke 0,209 mg KOH/g).

Menurut Dunn (2005) peningkatan nilai bilangan asam setelah penambahan antioksidan dapat terjadi karena kelarutan senyawa antioksidan dalam biodiesel. Seperti pada penambahan antioksidan pyrogallol, yang lebih mudah terlarut dalam air, menunjukkan peningkatan nilai bilangan asam saat penambahan dalam biodiesel. Kemudian terjadi tren penurunan selama masa penyimpanan hingga sembilan bulan. Kelarutan senyawa antioksidan pada biodiesel memengaruhi peningkatan nilai bilangan asam. (Tang, *et al.*, 2008).

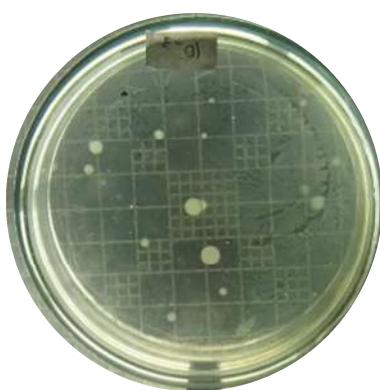
4.4. Analisa Biodegradasi (*Total Plate Count* /TPC)

Analisa biodegradasi pada penelitian ini menggunakan uji *Total Plate Count* (TPC). Kontaminasi mikroba merupakan faktor penyebab terjadinya biodegradasi pada biodiesel. Biodiesel yang terkontaminasi dapat diketahui dengan melakukan pengujian TPC yang menunjukkan kelimpahan bakteri pada tiap mililiter biodiesel (CFU / ml). hasil pengujian TPC ditampilkan pada Tabel 4.2.

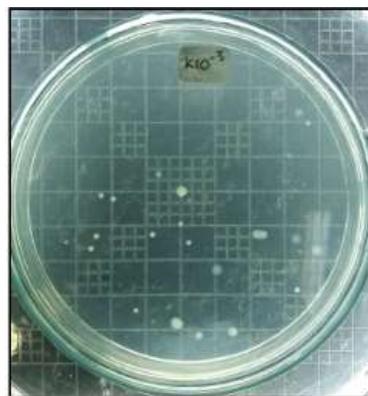
Tabel 4.2. Data Hasil Pengujian *Total Plate Count* (TPC)

Sampel	Kelimpahan, CFU / ml	
	Awal	Akhir
A	$1,54 \times 10^5$	$3,70 \times 10^4$
B	-	$1,42 \times 10^4$
C	-	$2,10 \times 10^3$

Keterangan : A = kontrol, tanpa penambahan
 B = penambahan ekstrak 500 ppm
 C = penambahan ekstrak 1000 ppm
 D = penambahan BHT 1000 ppm
 CFU / ml = colony-forming unit per mililiter



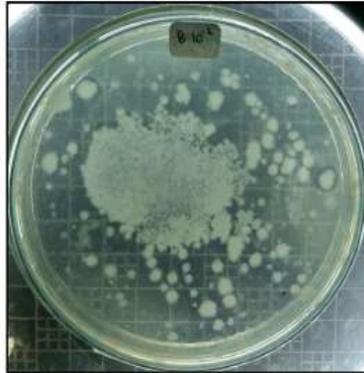
(i)



(ii)

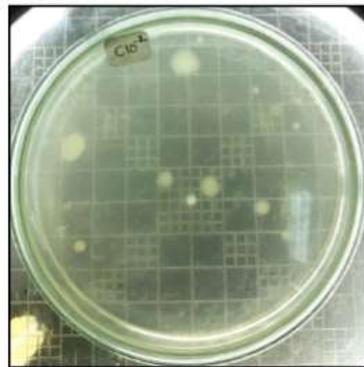
Gambar 4.3. Hasil Uji TPC Sampel A (i) Awal (ii) Akhir

Pada sampel A (Tabel 4.2), biodiesel tanpa penambahan menunjukkan penurunan aktivitas pertumbuhan mikroba. Pengujian awal diketahui biodiesel terkontaminasi mikroba yang ditunjukkan dengan nilai kelimpahan sebesar $1,54 \times 10^5$ CFU/ml. Kontaminasi bakteri diduga terjadi selama proses penyaluran bahan bakar. Pada pengujian akhir, nilai kelimpahan bakteri didapat $3,70 \times 10^4$ CFU/ml. Nilai tersebut menunjukkan adanya penurunan nilai kelimpahan. Penurunan diduga karena adanya aktivitas penghambatan pertumbuhan mikroba akibat adanya kandungan asam palmitat pada biodiesel. Asam palmitat yang terkandung pada biodiesel tidak cocok sebagai medium pertumbuhan mikroba karena sifat keasamannya. Penurunan kelimpahan bakteri juga dapat diduga akibat tidak terpenuhinya beberapa faktor pendukung pertumbuhan mikroba.



Gambar 4. 4 Hasil Uji TPC Sampel B

Hasil pengujian TPC pada sampel B menunjukkan aktivitas pertumbuhan bakteri dengan nilai kelimpahan sebesar $1,42 \times 10^4$ CFU/ml. Hal tersebut menunjukkan bahwa penambahan biodiesel dengan ekstrak rumput laut cokelat pada konsentrasi 500 ppm belum mampu menekan laju biodegradasi. Produk biodegradasi dapat diamati dengan kenaikan nilai bilangan asam total yang tinggi pada sampel ini (Tabel 4.1).



Gambar 4.5 Hasil Uji TPC Sampel C

Penghambatan laju biodegradasi yang efektif ditunjukkan pada sampel biodiesel dengan penambahan ekstrak rumput laut pada konsentrasi 1000 ppm dengan nilai kelimpahan sebesar $4,00 \times 10^3$ CFU/ml. Hasil tersebut bersesuaian dengan penurunan nilai bilangan asam total.

Faktor yang memengaruhi perkembangan mikroba pada biodiesel antara lain adalah semakin tinggi kadar FAME lebih rentan terhadap kontaminasi mikroba, seperti kontaminasi pada B10 dan B20 yang lebih tinggi dibandingkan dengan biodiesel dengan FAME yang lebih rendah (Dodos, *et al.*, 2012), kadar ion lain seperti kandungan sulfur, dan keasaman.

-

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh penambahan ekstrak kasar rumput laut cokelat terhadap stabilitas biodiesel. Biodiesel dengan empat variasi perlakuan diamati perubahan nilai bilangan asam total dan kelimpahan bakteri selama enam minggu masa penyimpanan. Kesimpulan dari penelitian ini adalah, sebagai berikut:

1. Penambahan ekstrak rumput laut cokelat kasar pada konsentrasi 1000 ppm dalam biodiesel berpengaruh pada stabilitas biodiesel yang ditunjukkan dengan penurunan nilai bilangan asam total dan kelimpahan bakteri selama enam minggu masa penyimpanan. Pada perlakuan ini, nilai bilangan asam total memenuhi standar mutu biodiesel B20.
2. Hasil penelitian ini diketahui bahwa kontaminasi mikroba berpengaruh pada stabilitas biodiesel yang ditunjukkan dengan nilai bilangan asam total. Kontaminasi mikroba pada kelimpahan 10^4 hingga 10^5 CFU/ml tidak menunjukkan pengaruh pada nilai bilangan asam total. Sedangkan pada kelimpahan 10^3 CFU/ml menunjukkan penurunan nilai bilangan asam total.
3. Penambahan ekstrak rumput laut cokelat kasar pada konsentrasi 1000 ppm dalam biodiesel menunjukkan aktivitas peningkatan stabilitas biodiesel yang lebih baik dibandingkan dengan penambahan antioksidan BHT pada konsentrasi yang sama. Hal tersebut ditunjukkan oleh nilai bilangan asam total yang lebih rendah dan memenuhi standar. Sedangkan pada penambahan BHT terjadi kenaikan nilai bilangan asam melebihi standar setelah enam minggu masa penyimpanan.

5.2. Saran

Saran yang dapat diberikan dari penelitian ini yaitu proses ekstraksi senyawa rumput laut cokelat dapat dilanjutkan ke proses pemurnian untuk mendapatkan senyawa yang lebih spesifik. Dalam metode penyimpanan biodiesel, perlu adanya pengulangan jumlah sampel untuk memastikan data yang akurat. Penelitian disarankan melakukan pengujian parameter-parameter stabilitas biodiesel yang lain, seperti pengujian viskositas kenematik dan bilangan peroksida.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

DAFTAR PUSTAKA

- Alleman, T. L. & McCormick, R. L., 2016. *Biodiesel Handling and Use Guide*. V penyunt. Washington D.C.: U.S. Department of Energy.
- Bajpai, D. & Tyagi, V., 2006. Biodiesel : Source, Production, Composition, Properties and Its Benefits. *Journal of Oleo Science*, Volume 55, pp. 487-502.
- Balai Teknologi Bahan Bakar dan Rekayasa Desain, 2014. *Tanya Jawab Biodiesel*. [Online]
Available at: <https://btbrd.bppt.go.id/index.php/biodiesel-faq>
[Diakses 2 Juli 2019].
- Balai Teknologi Bahan Bakar dan Rekayasa Desain, 2017. *Biodiesel Berkualitas dengan Uji Stabilitas Oksidasi*. [Online]
Available at: <https://btbrd.bppt.go.id/index.php/28-articles/194-biodiesel-berkualitas-dengan-uji-stabilitas-oksidasi>
[Diakses 2 Juli 2019].
- Chouhan, H. S., Sahu, A. N. & Singh, S. K., 2011. Fatty Acid Composition, Antioxidant, Anti-inflammatory and Antibacterial Activities of Seed Oil from *Crotalaria juncea* Linn.. *Journal of Medicinal Plants Research*, 5(6), pp. 984-991.
- Distantina, S., Anggraeni, D. R. & Fitri, L. E., 2008. Pengaruh Konsentrasi dan Jenis Larutan Perendaman Terhadap Kecepatan Ekstraksi dan Sifat Gel Agar-agar dari Rumput Laut *Gracilaria verrucosa*. *Jurnal Rekayasa Proses*, Volume 2, pp. 11-16.
- Dodos, G. S., Konstantakos, T., Zannikos, F. E. & Longinos, S. N., 2012. Effects of Microbiological Contamination in the Quality of Biodiesel Fuels. *Global NEST Journal*, 14(2), pp. 175-182.
- Dunn, R. O., 2005. Effect of Oxidation Under Accelerated Conditions on Fuel Properties of Methyl Soyate (Biodiesel). *Fuel Process Technology*, 86(10), pp. 1071-1085.
- Farvin, K. S. & Jacobsen, C., 2013. Phenolic Compounds and Antioxidant Activities of Selected Species of Seaweeds from Danish Coast. *Food Chem.*, 138(2-3), pp. 1670-1681.
- Fazal, M. A., Jaceria, M. R. & Haseeb, A., 2014. Effect of Copper and Mild Steel on the Stability of Palm Biodiesel Properties : A Comparative Study. *Journal of Industrial Crops Production*, Volume 58, pp. 8-14.

- Garcia-Perez, M., Botella, L., Arauzo, J. & Gil-Lalaguna, N., 2016. Antioxidant for Biodiesel : Additives Prepared from Extraced Fractions of Bio-oil. *Fuel Processing Technology*, Volume 156.
- Haseeb, A., Fazal, M. A., Jahirul, M. I. & Masjuki, H. H., 2011. Compability if Automotive Materials in Biodiesel : A Review. *Journal of Fuel*, Volume 90, pp. 922-931.
- Johnson, M. & Abugri, D. A., 2014. Occurence, Biochemical, Antimikrobial and Health Effect of Palmitic Acids. *Biochemistry Research Trends*, Volume 2, pp. 17-43.
- Karavalakis, G. & Stournas, S., 2010. Impact of Antioxidant Additives on the Oxidation Stability of Diesel/Biodiesel Blends. *Energy Fuels*, Volume 24, pp. 3682-3686.
- Knothe, G., 2006. Analyzing Biodiesel : Standards and Other Methods. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, Volume 83, pp. 823-833.
- Krinsky, N. I. & Yeum, K. J., 2003. Carotenoid-radical Interactions. *Biochemical and Biophysical Research Communications*, 305(3), pp. 754-760.
- Li, Y. et al., 2009. Chemical Components and Its Antioxidant Properties in vitro : an Edible Marine Brown Alga, *Ecklonia cava*. *Journal of Bioorganic and Medicinal Chemistry*, 17(5), pp. 1963-1973.
- Masduqi, A. F., Munifatul, I. & Erma, P., 2014. Efek Metode Pengeringan Terhadap Kandungan Bahan Kimia dalam Rumput Laut *Sargassum Polycystum*. *Buletin Anatomi dan Fisiologi*, 22(1), pp. 1-9.
- Matanjun, P., Mohamed, S. & Mustapha, N. M., 2008. Antioxidant Activities and Phenolics Content of Eight Species of Seaweed from North Borneo. *Journal of Applied Physiology*, Volume 20, pp. 367-373.
- Matz, S. A., 1993. *Snack Food Technology*. 3rd penyunt. New York: Van Nostrand Reinhold.
- McCormick, R. L., Ratchliff, M. A., Moens, L. & Lawrence, R., 2007. Several Factors Affecting the Stability of Biodiesel in Standard Accelerated Tests. *Fuel Process Technology*, 88(7), pp. 651-657.
- McDermid, K. J. & Stuercke, B., 2003. Nutritional Composition of Edible Hawaiian Seaweeds. *J. Appl. Phycol.*, 15(6), pp. 513-524.

- Mittelbach, M. & Gangl, S., 2001. Long storage stability of biodiesel made from rapeseed and used frying oil. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 78(6), p. 573.
- Mukhriani, Y., 2014. Ekstraksi, Pemisahan Senyawa Identifikasi Senyawa Akitf. *Jurnal Kesehatan*, 7(2), pp. 361-367.
- Nawaly, H., Susanto, A. B. & Uktolseja, J. L. A., 2013. Senyawa Bioaktif dari Rumput Laut sebagai Antioksidan. *Dalam Seminar Nasional Pendidikan Biologi FKIP UNS*, 10(1).
- Neff, W. E. et al., 1992. Effect of Triacylglycerol Composition and Structures on Oxidative Stability of Oils from Selected Soybean Germplasm. *Journal of The American Oil Chemists Society*, 69(2), pp. 111-118.
- Okvitarini, N., Hidayah, M., Satriadi, H. & Widayat, 2013. Pembuatan Biodiesel dari Minyak Goreng Menggunakan Katalis KOH dengan Penambahan Ekstrak Jagung. *Journal Teknologi Kimia dan Industri*, 2(3), pp. 24-29.
- Paryanto, I., Wibowo, C. S., Barus, B. R. & Tomo, R. C., 2018. *Pedoman Umum Penanganan dan Penyimpanan Bahan Bakar Biodiesel (B100) dan Campuran Biodiesel (BXX)*. Jakarta: Direktorat Bioenergi, Dirjen EBTKE, Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral.
- Rahayu, M., 2007. *Teknologi Proses Produksi Biodiesel*. *Badan Penelitian dan Pengembangan Teknologi*.
- Ramos, M. J. et al., 2009. Influence of Fatty Acid Composition of Raw Materials on Biodiesel Properties. *Bioresource Technology*, 100(1), pp. 261-268.
- Renhoran, M., 2012. *Aktivitas Antioksidan dan Antimikroba Ekstrak Sargassum Polycystum*. *Skripsi. Departemen Teknologi Hasil Perairan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Institut Pertanian Bogor*.
- Riza, Bina, R. & Imam, P., 2015. *Spesifikasi Mutu B-20 di Indonesia dan Perbandingannya dengan Spesifikasi Biodiesel, Minyak Solar dan Standard Internasional*. Jakarta, Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi.
- Savitri, I., Suhendra, L. & Wartini, N. M., 2017. Pengaruh Jenis Pelarut pada Metode Maserasi Terhadap Karakteristik Ekstrak Sargassum Polycystum. *Jurnal Rekayasa dan Manajemen Agroindustri*, 5(3), pp. 93-101.

- Septiana, A. T. & Asnani, A., 2013. Aktivitas Antioksidan Ekstrak Rumput Laut *Sargassum duplicatum*. *Jurnal Teknologi Pertanian*, 14(2), pp. 79-86.
- Sheikh, T., Yong, C. & Lian, M., 2009. In Vitro : Antioxidant Activity of the Hexane and Methanolic Extracts of *Sargassum Baccularia* and *Chladopora patentiramea*. *Journal of Applied Sciences*, 31(3), pp. 269-274.
- Shibata, T. et al., 2009. Antioxidant Activities of Phlorotannins Isolated from Japanese Laminariaceae. *Paper Presented at the Nineteenth International Seaweed Symposium*.
- Standar Nasional Indonesia, 2015. *SNI 7182 : 2015 : Biodiesel*. Jakarta: Standar Nasional Indonesia.
- Sudarmadji, S., Haryono, B. & Suhardi, 1989. *Analisis untuk Bahan Makanan dan Pertanian*. Yogyakarta: Liberty.
- Tang, H., Wang, A., Salley, S. O. & Simon Ng, K. Y., 2008. The Effect of Natural and Synthetic Antioxidants on the Oxidative Stability of Biodiesel. *Journal of the American Oil Chemist' Society*, Volume 85, pp. 373-382.
- Vermerris, W. & Nicholson, R., 2007. *Phenolic Compound Biochemistry*. s.l.:Springer Science & Business Media.
- Wirawan, S. S., 2008. *Biodiesel untuk Industri : Penanganan dan Penyimpanan*. Semarang, BRDST - BPPT.
- Yabuta, Y. et al., 2010. Antioxidant Activity of the Phycoerythrobilin Compound Formed from a Dried Korean Purple Laver (*Porphyra* sp.) During in vitro Digestion. *Food Science and Technology Research*, 16(4), pp. 347-352.

**LAMPIRAN A
ALAT DAN BAHAN**



BHT



Mortir



Gelas Ukur



Timbangan Analitik



Pelarut N-Heksana



Rotary Evaporator



Sargassum polycystum kering

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

LAMPIRAN B
HASIL UJI ANALISA MIKROORGANISME



LABORATORIUM MIKROBIOLOGI DAN BIOTEKNOLOGI
DEPARTEMEN BIOLOGI
Fakultas Sains
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Telp/Fax: 031- 596 38 57 email: biologi@its.ac.id
Lab. Mikrobiologi Gedung H Lantai 2 Kampus ITS Keputih Sukolilo
Surabaya (60111)

Nomor : 076/LAB-MIKROBIOTEK/IV/2019
Lampiran : 1 (satu) berkas
Hal : Hasil analisa

HASIL UJI ANALISA MIKROORGANISME

Kode sampel : -
Sampel dari : Puguh-Siskal
Tanggal terima : April 2019
Rincian sampel : Uji Kelimpahan Bakteri
Hasil Pengujian : -terlampir-

Surabaya, 22 April 2019
Kepala Laboratorium Mikrobiologi & Bioteknologi,
Departemen Biologi Fakultas Sains-ITS

Nur Hidayatul Alami, S.Si., M.Si.
NIP. 19850501 201212 2 001

1. Deskripsi Sampel

- Nama : Biodiesel
- Bentuk : Cair
- Kemasan : Botol Kaca
- Diterima : April 2019
- Jenis Analisa : Uji Kelimpahan Bakteri

2. Metode Uji

- Dalam pengujian ini digunakan metode *Total Plate Count* (TPC) pada medium *Nutrient Agar* (NA) untuk mengetahui kelimpahan bakteri pada sampel uji, yakni biodiesel.
- Uji Kelimpahan Bakteri
 - Disiapkan medium NA steril dalam cawan petri.
 - Disiapkan 9 mL aquades dalam tabung reaksi yang telah disterilkan.
 - Disiapkan sampel biodiesel.
 - Diambil 1 mL sampel biodiesel, lalu dimasukkan ke dalam 9 mL aquades steril.
 - Dihomogenkan dengan *vortex* dan selanjutnya di sebut dengan pengenceran 10^{-1} .
 - Diambil 1 mL dari pengenceran 10^{-1} , lalu dimasukkan ke dalam 9 mL aquades steril.
 - Dihomogenkan dan selanjutnya di sebut pengenceran 10^{-2} , dilakukan berulang sampai pengenceran 10^{-5} .
 - Diambil 100 μ L dari pengenceran 10^{-1} dan dimasukkan ke dalam medium NA steril.
 - Diratakan dengan metode *spread*, digunakan *dry galski* steril.
 - Diinkubasi di suhu ruang selama 24 jam.
 - Dihitung banyaknya koloni bakteri yang terbentuk dengan *colony counter*.

3. Hasil Uji

No.	Jenis Uji	Hasil Uji	Keterangan
1.	TPC		Terdapat kelimpahan bakteri sebanyak $1,54 \times 10^5$ CFU/mL.

Gambar 1. Hasil TPC pengenceran 10^{-3} .

4. Kesimpulan

Dari hasil penelitian didapatkan kelimpahan bakteri pada medium biodiesel sebanyak $1,54 \times 10^5$ CFU/mL.


**Kepala Laboratorium Mikrobiologi & Bioteknologi,
Departemen Biologi Fakultas Sains-ITS**
Nur Hidayatul Alami, S.Si., M.Si.
NIP. 19850501 201212 2 001



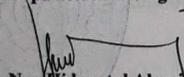
LABORATORIUM MIKROBIOLOGI DAN BIOTEKNOLOGI
DEPARTEMEN BIOLOGI
Fakultas Sains
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Telp/Fax: 031- 596 38 57 email: biologi@its.ac.id
Lab. Mikrobiologi Gedung H Lantai 2 Kampus ITS Keputih Sukolilo
Surabaya (60111)

Nomor : 092/LAB-MIKROBIOTEK/VII/2019
Lampiran : 1 (satu) berkas
Hal : Hasil analisa

HASIL UJI ANALISA MIKROORGANISME

Kode sampel : -
Sampel dari : Puguh-Siskal
Tanggal terima : Juli 2019
Rincian sampel : Uji Kelimpahan Bakteri
Hasil Pengujian : -terlampir-

Surabaya, 26 Juli 2019
Kepala Laboratorium Mikrobiologi & Bioteknologi,
Departemen Biologi Fakultas Sains-ITS


Nur Hidayatul Alami, S.Si., M.Si.
NIP. 19850501 201212 2 001

1. Deskripsi Sampel

- Nama : Biodiesel
- Bentuk : Cair
- Kemasan : Botol Kaca
- Diterima : Juli 2019
- Jenis Analisa : Uji Kelimpahan Bakteri

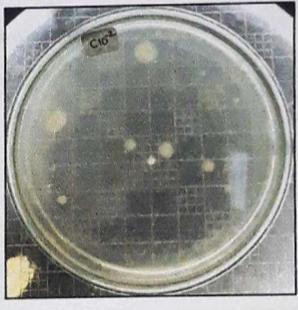
2. Metode Uji

- Dalam pengujian ini digunakan metode *Total Plate Count* (TPC) pada medium *Nutrient Agar* (NA) untuk mengetahui kelimpahan bakteri pada sampel uji, yakni biodiesel.
- Uji Kelimpahan Bakteri
 - Disiapkan medium NA steril dalam cawan petri.
 - Disiapkan 9 mL aquades dalam tabung reaksi yang telah disterilkan.
 - Disiapkan sampel biodiesel.
 - Diambil 1 mL sampel biodiesel, lalu dimasukkan ke dalam 9 mL aquades steril.
 - Dihomogenkan dengan *vortex* dan selanjutnya di sebut dengan pengenceran 10^{-1} .
 - Diambil 1 mL dari pengenceran 10^{-1} , lalu dimasukkan ke dalam 9 mL aquades steril.
 - Dihomogenkan dan selanjutnya di sebut pengenceran 10^{-2} .
 - Diambil 100 μ L dari pengenceran 10^{-1} dan dimasukkan ke dalam medium NA steril.
 - Diratakan dengan metode *spread*, digunakan *dry galski* steril.
 - Diinkubasi pada inkubator suhu 37°C selama 24 jam.
 - Dihitung banyaknya koloni bakteri yang terbentuk dengan *colony counter*.

3. Hasil Uji

No.	Sampel	Hasil Uji	Keterangan
1.	Kontrol (K)		Terdapat kelimpahan bakteri sebanyak $3,70 \times 10^4$ CFU/ mL.

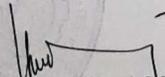
Gambar 1. Hasil TPC Sampel Kontrol pada Pengenceran 10^{-3} .

2.	B (500 ppm)	 <p data-bbox="580 653 893 707">Gambar 2. Hasil TPC Sampel B pada pengenceran 10^{-2}.</p>	Terdapat kelimpahan bakteri sebanyak $1,42 \times 10^4$ CFU/ mL.
3.	C (1000 ppm)	 <p data-bbox="580 1078 893 1132">Gambar 3. Hasil TPC sampel D pada pengenceran 10^{-3}.</p>	Terdapat kelimpahan bakteri sebanyak $2,1 \times 10^3$ CFU/ mL.

4. Kesimpulan

Dari hasil penelitian didapatkan kelimpahan bakteri tertinggi pada sampel Kontrol sebanyak $3,7 \times 10^4$ CFU/ mL, sedangkan kelimpahan bakteri terendah terdapat pada sampel C (1000 ppm) sebanyak $2,1 \times 10^3$ CFU/mL.

Kepala Laboratorium Mikrobiologi & Bioteknologi,
Departemen Biologi Fakultas Sains-ITS


Nur Hidayatul Alami, S.Si., M.Si.
NIP. 19850501 201212 2 001

LAMPIRAN C
HASIL ANALISA UJI BILANGAN ASAM TOTAL



LABORATORIUM TAKI
(Teknologi Air dan Konsultasi Industri)
Departemen Teknik Kimia FTI - ITS
Kampus ITS, Keputih - Sukolilo, Surabaya, Telp. 031-5922935
Fax. 031-5922935, E-mail : lab.taki@chem-eng.its.ac.id

KETERANGAN HASIL ANALISA
No.21/LTAKI/V/2019

Terima dari : **Puguh**
Siskal ITS
Jenis contoh : Bahan bakar
Kode contoh : -
Uji : Total Acid Number (TAN)

Kode Contoh	Hasil analisa TAN (mg KOH/g)	Metode analisa
A1	0,5354	Titrimetri
B1	0,8408	
C1	0,8400	
D1	0,8407	
A2	0,5239	
B2	0,7926	
C2	0,5501	
D2	0,8099	
A3	0,5600	
B3	0,8361	
C3	0,5559	
D3	0,8228	

Keterangan :
▪ Hasil analisa tersebut diatas berdasarkan contoh yang kami terima

Surabaya, 11 Juli 2019



Siti Nurkhamidah, ST, MS, Ph.D
Kepala Laboratorium TAKI

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BIODATA PENULIS



Penulis bernama Puguh Heidirahman. Lahir di Banyumas, Jawa Tengah pada tanggal 16 Juli 1997, merupakan anak kedua dari dua bersaudara dari ayah bernama Bambang Prasetyo Karyanto dan ibu bernama Agustyani Viveri Pantjasetyarti. Penulis telah menyelesaikan jenjang pendidikan tingkat dasar di SD Negeri 2 Sokanegara, tingkat menengah pertama di SMP Negeri 2 Purwokerto, tingkat menengah akhir di SMA Negeri 2 Purwokerto, dan melanjutkan pendidikan tinggi di Program Studi Sarjana Departemen Teknik Sistem Perkapalan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Penulis pernah melaksanakan kerja praktik di PT. Daya Radar Utama Unit Lampung dan PT. Pertamina (Persero) Marine Region IV Cilacap. Selama perkuliahan, penulis aktif dalam kegiatan kemahasiswaan. Penulis pernah menjadi Pengurus Himasiskal FTK-ITS 2016/2017 sebagai Staff Divisi Kaderisasi, Himasiskal FTK-ITS 2017/2018 sebagai Ketua Biro Kaderisasi, Staff DPM ITS 2016/2017, Panitia Marine Icon 2015, Panitia Pemilihan Umum (PPU) BEM FTK tahun 2016, dan Ketua Komisi Pemilihan Umum (KPU) BEM FTK tahun 2017. Penulis juga pernah mengikuti Latihan Keterampilan Manajemen Mahasiswa Pra Tingkat Dasar, Tingkat Dasar, dan Tingkat Menengah. Penulis merupakan penerima beasiswa Karya Salemba Empat (KSE) tahun 2016 hingga 2018.

Penulis dapat dihubungi melalui puguh.hr@gmail.com