



TESIS - TK 142541

**PEMBUATAN BAHAN BAKAR EMULSI DIESEL-AIR
DENGAN METODE LOW ENERGY
EMULSIFICATION**

JOKO SURYADI
02211650010008

DOSEN PEMBIMBING
Prof. Dr. Ir. Sugeng Winardi, M.Eng.
Dr. Tantular Nurtono, S.T., M.Eng.

PROGRAM MAGISTER
BIDANG KEAHLIAN TEKNOLOGI PROSES
DEPARTEMEN TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2018



TESIS - TK 142541

**THE PRODUCTION OF DIESEL FUEL-WATER
EMULSION USING LOW ENRGY
EMULSIFICATION METHOD**

JOKO SURYADI
02211650010008

SUPERVISOR
Prof. Dr. Ir. Sugeng Winardi, M.Eng.
Dr. Tantular Nurtono, S.T., M.Eng.

MASTER PROGRAM
PROCESS TECHNOLOGY
CHEMICAL ENGINEERING DEPARTMENT
FACULTY OF INDUSTRIAL TECHNOLOGY
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2018

LEMBAR PENGESAHAN TESIS

PEMBUATAN BAHAN BAKAR EMULSI DIESEL-AIR DENGAN METODE *LOW ENERGY EMULSIFICATION*

Tesis ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar
Magister Teknik (MT)
di

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

Joko Suryadi

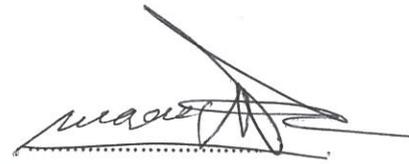
NRP. 02211650010008

Tanggal Ujian : 9 Juli 2018

Periode Wisuda : September 2018

Disetujui oleh :

1. Prof. Dr. Ir. Sugeng Winardi, M.Eng (Pembimbing 1)
NIP. 19520916 198003 1 002
2. Dr. Tantular Nurtono, S.T., M.Eng (Pembimbing 2)
NIP. 19720520 199702 1 001
3. Prof. Dr. Ir. Gede Wibawa, M.Eng (Penguji 1)
NIP. 19630122 198701 1 001
4. Dr. Ir. Susianto, DEA (Penguji 2)
NIP. 19620820 198903 1 004
5. Dr. Kusdianto, S.T., M.Sc.Eng (Penguji 3)
NIP. 19761229 200912 1 001



Dekan Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember


Bambang Lelono Widjiantoro, S.T., MT
NIP. 19690507 199512 1 001

PEMBUATAN BAHAN BAKAR EMULSI DIESEL-AIR DENGAN METODE *LOW ENERGY EMULSIFICATION*

Nama mahasiswa : Joko Suryadi
NRP : 02211650010008
Pembimbing : Prof. Dr. Ir. Sugeng Winardi, M.Eng
Dr. Tantular Nurtono, ST., M.Eng

ABSTRAK

Bahan bakar emulsi diesel-air merupakan bahan bakar mesin diesel yang mengandung air sebagai fase terdispersi dan bahan bakar diesel alami sebagai pendispersi.

Pembuatan bahan bakar emulsi diesel-air dilakukan dengan metode *low energy emulsification* menggunakan surfaktan campuran Lesitin – Tween 80 dan Lesitin – Triton X-100. Penggunaan jenis surfaktan campuran dengan salah satu komponennya adalah surfaktan alami Lesitin teknis bertujuan untuk menghasilkan bahan bakar emulsi yang stabil dan ekonomis karena surfaktan komersial masih mahal secara finansial.

Penentuan karakteristik fisika bahan bakar emulsi yang dihasilkan dari penelitian ini meliputi sifat fisik yang terdiri atas viskositas dan densitas, parameter kestabilan emulsi berdasarkan pembentukan sedimen secara visual, rasio turbiditas terhadap waktu serta ukuran droplet emulsi bahan bakar yang dihasilkan.

Hasil yang didapatkan dari penelitian ini adalah komposisi surfaktan campuran Lesitin – Tween 80 dengan perbandingan 45,5% - 54,5% dan Lesitin – Triton X-100 dengan perbandingan 76,6% - 23,4% merupakan surfaktan campuran paling baik dilihat dari nilai ukuran droplet emulsi dan kestabilannya. Konsentrasi surfaktan terbaik yang digunakan untuk bahan bakar emulsi adalah 1 % untuk Lesitin – Tween 80 dengan penambahan *co-stabilizer* CMC dan Lesitin – Triton X-100 tanpa penambahan CMC. Kandungan air 5 % merupakan emulsi bahan bakar yang paling stabil untuk pembuatan emulsi dengan kedua jenis surfaktan campuran.

Kata kunci : bahan bakar emulsi, *low energy emulsification*, surfaktan campuran

THE PRODUCTION OF DIESEL FUEL-WATER EMULSION USING LOW ENERGY EMULSIFICATION METHOD

By : Joko Suryadi
Student Identity Number : 02211650010008
Supervisor : Prof. Dr. Ir. Sugeng Winardi, M.Eng
Dr. Tantular Nurtono, S.T., M.Eng

ABSTRACT

The diesel fuel-water emulsion is a kind of diesel fuel that contain water as dispersed phase and pure diesel fuel as continuous phase.

The production of diesel fuel-water is carried out by low energy emulsification method using a mixed surfactant of Lecithin – Tween 80 and Lecithin – Triton X-100. Use of a mixed surfactant type with one of its components is Lecithin as a natural surfactant aims to produce stable and economical emulsified fuels because commercial surfactants are still costly.

The determination of emulsion fuel physics characteristics resulting from this study include physical properties consisting of viscosity and density, emulsion stability parameters based on visual sediment formation, turbidity to time ratio and the droplet size of diesel fuel-water emulsion.

The results obtained from this research are mixed surfactant composition Lecithin - Tween 80 with a ratio of 45.5% - 54.5% and Lecithin - Triton X-100 with a ratio of 76.6% - 23.4% were the best mixed surfactant seen from value of emulsion droplet size and stability. The best surfactant concentration used for emulsified fuel was 1% for Lecithin - Tween 80 with the addition of CMC co-stabilizer and lecithin - Triton X-100 without the addition of CMC. The 5% water content was the most stable emulsion of fuel for the emulsions with both types of mixed surfactants.

Keywords: emulsion fuel, low energy emulsification, mixed surfactant

KATA PENGANTAR

Puji syukur saya panjatkan kepada Allah SWT karena atas berkah, rahmat-Nya saya dapat menyelesaikan Laporan Tesis yang berjudul, “**PEMBUATAN BAHAN BAKAR EMULSI DIESEL-AIR DENGAN METODE *LOW ENERGY EMULSIFICATION***”. Tugas ini merupakan salah satu prasyarat meraih gelar master di Departemen Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Selama penyusunan Laporan ini, saya banyak mendapat bimbingan dan bantuan dari berbagai pihak. Untuk itu saya ingin mengucapkan terima kasih kepada :

1. Prof. Dr. Ir. Sugeng Winardi M.Eng dan Dr. Tantular Nurtono, S.T., M.Eng selaku dosen pembimbing dalam penyusunan tesis.
2. Bapak dan Ibu Dosen Pengajar serta seluruh karyawan jurusan Teknik Kimia FTI-ITS Surabaya.
3. Kementerian Riset, Teknologi, dan Pendidikan Tinggi dan Lembaga Pengelola Dana Pendidikan (LPDP) selaku penyandang secara finansial penelitian melalui Beasiswa Unggulan Dosen Indonesia (BUDI).
4. Orang tua, istri, dan anak tercinta atas doa dan dukungannya.
5. Rekan-rekan program pascasarjana dan Laboratorium Pencampuran dan Mekanika Fluida atas kebersamaan dan dukungannya.

Saya menyadari bahwa penulisan laporan ini masih banyak kekurangan oleh karena itu saya sangat mengharapkan saran dan masukan yang konstruktif untuk kesempurnaan laporan ini.

Surabaya, 29 Juni 2018

Penyusun

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
ABSTRAK	iii
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR TABEL.....	ix
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Perumusan Masalah	3
1.3. Batasan Masalah	4
1.4. Tujuan dan Manfaat Penelitian	4
1.4.1. Tujuan Penelitian	4
1.4.2. Manfaat Penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1. Bahan Bakar Mesin Diesel.....	5
2.2. Emulsi	6
2.2.1 Pengertian Emulsi.....	6
2.2.2 Jenis-jenis Emulsi	7
2.2.3. Stabilitas Emulsi	8
2.3. Bahan bakar emulsi air dalam minyak diesel	8
2.4. Fenomena <i>Microexplosion</i> pada Bahan Bakar Emulsi Air dalam Diesel.....	9
2.5. Bahan Bakar Nanoemulsi <i>Water-in-Diesel</i>	10
2.6. Surfaktan	11
2.7. Mesin Diesel	12
2.8. Metode Emulsifikasi Energi Rendah	13
BAB III METODE PENELITIAN.....	15
3.1. Alur Penelitian	15
3.2. Bahan-bahan Pembuatan Bahan Bakar Emulsi.....	15

3.3. Alat.....	17
3.4. Variabel Penelitian	17
3.5. Prosedur Kerja.....	18
3.5.1 Preparasi Surfaktan Campuran.....	18
3.5.2 Proses Emulsifikasi Bahan Bakar Diesel dengan Air	18
3.6. Karakteristik Bahan Bakar Emulsi.....	20
3.6.1 Densitas Bahan Bakar Emulsi.....	21
3.6.2 Viskositas Bahan Bakar Emulsi	21
3.6.3 Ukuran Droplet Bahan Bakar Emulsi	21
3.6.4 Kestabilan Emulsi Bahan Bakar.....	21
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	23
4.1. Pengaruh Komposisi Surfaktan terhadap Sifat Fisik Emulsi Bahan Bakar	23
4.2. Pengaruh Komposisi Surfaktan terhadap Ukuran Droplet dan Kestabilan Bahan Bakar Emulsi Secara Visual	25
4.3. Pengaruh Kandungan Surfaktan terhadap Sifat Fisik Emulsi Bahan Bakar	27
4.4. Pengaruh Konsentrasi Surfaktan Campuran terhadap Kestabilan Emulsi Bahan Bakar	29
4.5. Pengaruh Konsentrasi Surfaktan Campuran terhadap Ukuran Droplet Emulsi Bahan Bakar	32
4.6. Pengaruh Waktu terhadap Kestabilan Emulsi Bahan Bakar	33
4.7. Pengaruh Kecepatan Impeller terhadap Kestabilan Emulsi Bahan Bakar	35
4.8. Pengaruh Kadar Air terhadap Kestabilan Emulsi Bahan Bakar.....	38
KESIMPULAN DAN SARAN.....	45
DAFTAR PUSTAKA	47
APPENDIKS.....	51
BIOGRAFI PENULIS	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Jenis-jenis emulsi secara umum	7
Gambar 2.2 Konsep emulsi tiga fase.....	8
Gambar 2.3 Fenomena <i>microexplosion</i> bahan bakar emulsi air dalam diesel pada sistem pembakaran	10
Gambar 3.1 Diagram alir penelitian.....	15
Gambar 3.2 Skema alat pembuatan bahan bakar emulsi.....	19
Gambar 3.3 Dimensi tangki emulsifikasi.....	20
Gambar 4.1 Grafik pengaruh komposisi surfaktan campuran terhadap ukuran droplet emulsi	25
Gambar 4.2 Pengaruh konsentrasi surfaktan terhadap waktu terbentuk lapisan pada emulsi	29
Gambar 4.3 Pengaruh konsentrasi surfaktan terhadap stabilitas emulsi selama 24 jam	31
Gambar 4.4 Grafik pengaruh konsentrasi surfaktan campuran terhadap ukuran droplet bahan bakar emulsi	33
Gambar 4.5 Pengaruh waktu terhadap kestabilan bahan bakar emulsi dengan surfaktan campuran Lesitin – Tween 80 pada berbagai konsentrasi	34
Gambar 4.6 Pengaruh waktu terhadap kestabilan bahan bakar emulsi dengan surfaktan campuran Lesitin – Triton X-100 pada berbagai konsentrasi	35
Gambar 4.7 Pengaruh kecepatan impeller terhadap kestabilan bahan bakar emulsi dengan surfaktan campuran.....	36
Gambar 4.8 Hubungan viskositas, densitas, dan kestabilan emulsi sebagai fungsi kecepatan impeller pada surfaktan Lesitin – Tween 80.....	37
Gambar 4.9 Hubungan viskositas, densitas, dan kestabilan emulsi sebagai fungsi kecepatan impeller pada surfaktan Lesitin – Triton X-100.....	38
Gambar 4.10 Pengamatan densitas bahan bakar emulsi pada variasi kadar air terhadap selang waktu	39
Gambar 4.11 Pengamatan viskositas bahan bakar emulsi pada variasi kadar air terhadap selang waktu.....	39
Gambar 4.12 Stabilitas emulsi terhadap selang waktu pada bahan bakar emulsi.....	40
Gambar 4.13 Grafik rasio absorbansi terhadap waktu bahan bakar emulsi pada variasi kandungan air dalam bahan bakar	41
Gambar 4.14 Nilai slope hasil pengamatan rasio absorbansi terhadap waktu pada variabel kandungan air dalam minyak diesel	43

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Sifat Kimiawi dan Fisik Pertamina Dex	6
Tabel 2.2 Jenis dan Nilai HLB Surfaktan	12
Tabel 3.1 Komposisi Surfaktan Campuran	18
Tabel 4.1 Parameter Sifat Fisik Bahan Bakar Emulsi.....	24
Tabel 4.2 Nilai densitas bahan bakar emulsi dengan penggunaan surfaktan campuran pada berbagai konsentrasi	27
Tabel 4.3 Nilai viskositas bahan bakar emulsi dengan penggunaan surfaktan campuran pada berbagai konsentrasi	28
Tabel 4.4 Ukuran droplet emulsi bahan bakar pada kedua macam jenis surfaktan campuran	43

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Penggunaan air dalam bahan bakar diesel merupakan metode yang prospektif untuk mengurangi emisi khususnya NO_x dan PM secara simultan. Terdapat tiga metode yang umum dilakukan dalam penggunaan air pada ruang bakar mesin yaitu memasukkan air dalam bentuk uap ataupun cair, injeksi bahan bakar diesel dan air secara paralel, dan emulsi air dalam bahan bakar diesel. Metode memasukkan air dalam bentuk uap atau cair dan injeksi paralel memiliki kekurangan dalam hal biaya tambahan untuk membuat sistem injeksi air pada mesin dan masalah korosi. Oleh karena itu, metode emulsi air dalam bahan bakar diesel menjadi solusi paling efektif untuk mengurangi emisi NO_x dan PM secara simultan. Selain itu tidak diperlukan modifikasi mesin untuk dapat menggunakan bahan bakar emulsi air dalam bahan bakar diesel (Khan dkk, 2014).

Bahan bakar emulsi dapat didefinisikan sebagai emulsi air dalam bahan bakar dengan kandungannya adalah air, surfaktan, dan bahan bakar dasar seperti kerosen atau bahan bakar diesel. Bahan bakar emulsi air dalam bahan bakar diesel merupakan jenis emulsi air dalam minyak (O/W). Bahan bakar emulsi air dalam bahan bakar diesel (W/D) mempunyai karakteristik antara lain pemecahan yang luas, perubahan viskositas yang kecil, dan fenomena *microexplosion* (Vellaiyan dan Amirthagadeshwaran, 2016).

Pengembangan lebih lanjut dari bahan bakar emulsi adalah jenis bahan bakar mikroemulsi dan bahan bakar nanoemulsi. Bahan bakar mikroemulsi memiliki ukuran domain yang lebih kecil daripada emulsi dan stabil secara termodinamik dibandingkan dengan emulsi (Lif, A dan K Holmberg, 2006). Bahan bakar nanoemulsi merupakan jenis sistem emulsi yang stabil secara kinetika dan terdiri atas *droplet – droplet* dalam skala nano yaitu berkisar antara 20 – 500 nm (Al-Sabagh, 2011). Keunggulan bahan bakar nanoemulsi adalah mempunyai stabilitas kinetik yang menyebabkan bahan bakar nanoemulsi lebih tahan terhadap sedimentasi dan pembentukan krim. Karena kestabilan tersebut

maka bahan bakar nanoemulsi dipertimbangkan menjadi bahan bakar alternatif ramah lingkungan (Bidita et al, 2015).

Salah satu komponen yang berperan dalam pembentukan bahan bakar emulsi adalah surfaktan. Surfaktan memiliki sisi polar dan nonpolar dimana berfungsi untuk menurunkan tegangan permukaan dari medium sehingga dapat terlarut menjadi satu sistem emulsi. Faktor kunci dalam membentuk emulsi yang stabil dengan ukuran droplet tertentu adalah nilai *hidrophilic-lipophilic balance* (HLB). Nilai HLB yang kecil akan cenderung membentuk emulsi air dalam minyak sedangkan nilai HLB tinggi akan membentuk emulsi minyak dalam air. Jumlah surfaktan dalam emulsi bervariasi antara 0,5 hingga 2 % dari volume total. Berdasarkan kepolarannya, surfaktan terdiri atas surfaktan kationik, anionik dan non ionik. Surfaktan yang biasa digunakan dalam bahan bakar emulsi adalah surfaktan non ionik karena memiliki kelebihan antara lain meningkatkan lubrikasi, pencegahan korosi dan bersifat antibeku (Vellaiyan dan Amirthagadeshwaran, 2016).

Secara umum metode pembentukan emulsi hingga skala nanometer dapat dicapai dengan metode-metode emulsifikasi menggunakan energi tinggi antara lain pencampuran *high-shear*, *homogenizer* bertekanan tinggi, dan generator ultrasonik. Metode emulsifikasi berenergi tinggi memiliki kelebihan antara lain mampu mengontrol ukuran droplet dengan baik dan dapat diaplikasikan pada komposisi campuran dengan rentang yang luas (Al-Sabagh et al, 2011).

Di lain sisi, emulsifikasi dengan energi rendah merupakan metode alternatif yang mempunyai kelebihan membutuhkan energi yang lebih rendah dibandingkan metode energi tinggi. Energi yang dikonsumsi oleh metode emulsifikasi energi rendah kurang lebih 10^3 W/kg sedangkan energi yang dikonsumsi oleh metode emulsifikasi energi tinggi seperti ultrasonikasi dan homogenisasi tekanan tinggi adalah $10^5 - 10^7$ kali lebih besar (El-Din, 2017).

Penelitian sebelumnya mengenai pembuatan bahan bakar emulsi dengan berbagai metode dan surfaktan yang telah dilakukan adalah sebagai berikut. Pembuatan bahan bakar emulsi dengan metode emulsifikasi dengan energi tinggi menggunakan *high shear homogenizer* menghasilkan bahan bakar nanoemulsi dengan ukuran partikel antara 19,3 – 39 nm (Al-Sabagh et al, 2011). Penelitian

yang dilakukan oleh El-Din et al, pada tahun 2013 menghasilkan bahan bakar nanoemulsi dengan ukuran 49,55 nm – 190,1 nm berdasarkan penyesuaian nilai HLB dari surfaktan campuran yang dilakukan. Selain itu bahan bakar nanoemulsi yang dihasilkan kedua penelitian tersebut memiliki kestabilan tanpa ada fase yang terpisah selama 2 minggu. Pada penelitian yang dilakukan oleh Bidita et al, pada tahun 2015 dengan metode ultrasonikasi menghasilkan bahan bakar nanoemulsi dengan ukuran 17 – 400 nm dan stabil selama 16 hari dengan perlakuan perbandingan air dan surfaktan. Penelitian mengenai metode emulsifikasi dengan energi rendah dilakukan oleh El-Din et al, pada tahun 2017 dimana menghasilkan ukuran droplet terkecil hingga 26,23 nm dan stabil selama 90 hari.

Penggunaan surfaktan alami pada pembuatan bahan bakar emulsi dan pengamatan parameter kestabilannya belum terlalu banyak dikaji. Penelitian yang menggunakan surfaktan alami pada emulsi bahan bakar antara lain yang dilakukan oleh Ogunkoya et al, pada tahun 2015 yang menggunakan surfaktan berbasis lignin. Pada penelitian ini, lesitin yang merupakan surfaktan alami berasal dari kedelai akan digunakan sebagai salah satu komponen surfaktan campuran untuk membentuk bahan bakar emulsi. Lesitin mempunyai nilai HLB sebesar 4 dan bersifat non ionik sehingga hampir serupa dengan surfaktan komersial span 80 yang umum digunakan dalam pembuatan emulsi W/D (Park et al, 2016). Oleh karena itu lesitin diharapkan mampu menjadi alternatif dari surfaktan sintetik komersial yang relatif mahal sehingga secara ekonomi dapat menurunkan biaya pembuatan bahan bakar emulsi skala besar.

1.2. Perumusan Masalah

Perumusan masalah yang menjadi ruang lingkup dari tesis ini adalah sebagai berikut :

- a. Bagaimana pengaruh, penambahan dosis emulsifier campuran, jenis surfaktan campuran, penambahan *co-emulsifier*, dan kandungan air terhadap kestabilan bahan bakar emulsi yang dihasilkan.
- b. Bagaimana sifat fisik bahan bakar emulsi yang dihasilkan meliputi viskositas dan densitasnya

1.3. Batasan Masalah

Pembatasan masalah dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. Bahan bakar yang digunakan untuk pembuatan bahan bakar emulsi terbatas pada jenis bahan bakar mesin diesel Pertamina Dex dari Pertamina.
- b. Surfaktan yang digunakan terbatas pada lesitin dari kedelai, Tween 80, dan Triton X-100.
- c. Sifat fisik bahan bakar emulsi terbatas pada viskositas dan densitasnya.

1.4. Tujuan dan Manfaat Penelitian

1.4.1. Tujuan Penelitian

- a. Untuk mengetahui dosis surfaktan, jenis surfaktan campuran yang ideal dan pengaruh kandungan air terhadap kestabilan bahan bakar emulsi air dalam minyak diesel dengan menggunakan metode emulsifikasi berenergi rendah.
- b. Untuk menentukan karakteristik bahan bakar emulsi air dalam minyak diesel dilihat dari sifat fisiknya.

1.4.2. Manfaat Penelitian

- a. Menghasilkan formulasi bahan bakar emulsi yang stabil dalam jangka waktu yang lama dengan menggunakan surfaktan alami sebagai salah satu komposisinya.
- b. Memberikan solusi penghematan bahan bakar diesel pada bidang transportasi dan industri.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Bahan Bakar Mesin Diesel

Bahan bakar mesin diesel dikelompokkan dalam beberapa kelas berdasarkan penggunaannya. Di Indonesia, klasifikasi bahan bakar mesin diesel oleh Pertamina dibagi menjadi enam yaitu gasoil / minyak solar, marine gasoil-5, fuel oil 180 cSt, fuel oil 380 cSt, marine diesel fuel, dan Pertamina Dex.

Gasoil atau biasa disebut high speed diesel / minyak solar / biosolar adalah bahan bakar jenis distilat yang digunakan untuk mesin diesel dengan sistem pembakaran *compression ignition*. Pada umumnya bahan bakar ini digunakan pada mesin diesel putaran tinggi (diatas 1000 rpm).

Marine gasoil-5 (MGO-5) memiliki titik tuang rendah (maksimum minus 6 °C) digunakan sebagai bahan bakar pada sektor marine terutama untuk kapal-kapal yang sebagian besa beroperasi di iklim sub tropis dan musim dingin. Marine gasoil diproduksi dari fraksi hidrokarbon yang dimodifikasi dari light gasoil (LGO).

Fuel oil 180 cSt merupakan bahan bakar minyak yang mengandung residu dan digunakan sebagai bahan bakar minyak di sektor marine pada mesin stasioner terutama untuk mesin diesel dengan putaran rendah (<300 rpm). Selain itu, fuel oil 180 cSt juga digunakan sebagai bahan bakar pembakaran langsung pada dapur-dapur industri besar dan pembangkit listrik. Perbedaan dengan fuel oil 380 cSt adalah pada spesifikasi terutama viskositasnya, titik tuang, kandungan sulfur, residu karbon, dan kandungan vanadium.

Marine diesel fuel (MDF) disebut juga industrial diesel oil (IDO) adalah bahan bakar distilat yang mengandung fraksi-fraksi berat atau campuran dari distilat fraksi ringan dan berat (residual fuel oil), berwarna hitam gelap, dan tetap cair pada suhu rendah. Penggunaan minyak diesel ini umumnya untuk bahan bakar mesin diesel dengan putaran sedang atau lambat (300-1000 rpm). MDF juga dapat digunakan dalam pembakaran langsung dalam dapur-dapur industri.

Pertamina DEX (Diesel Environmental X-tra) merupakan bahan bakar mesin diesel terkini yang telah memenuhi standar emisi gas buang EURO 2. Spesifikasi dari Pertamina Dex tertera dalam tabel 2.1.

Tabel 2.1 Sifat Kimiawi dan Fisik Pertamina Dex

No.	Karakteristik	Satuan	Batasan		Metode
			Min.	Maks.	ASTM
1.	Bilangan cetana	-	51	-	D 613-95
2.	Berat jenis (15 °C)	kg/m ³	820	860	D 4737-96a
3.	Viskositas (40 °C)	mm ² /s	2	4,5	D 445-97
4.	Sulfur	% m/m	-	0,05	D 2622-98
5.	Destilasi T 90	oC	-	340	
6.	Destilasi T 95	°C	-	360	
7.	Titik didih akhir	°C	-	370	
8.	Titik nyala	°C	55	-	D 93-99c
9.	Titik tuang	°C	-	18	D 97
10.	Kandungan air	mg/kg	-	500	D 1744-92
11.	Partikulat	mg/L	-	10	D 2276-99
12.	Warna	-		1	D 1500

Sumber : MSDS PT. Pertamina, 2007

2.2. Emulsi

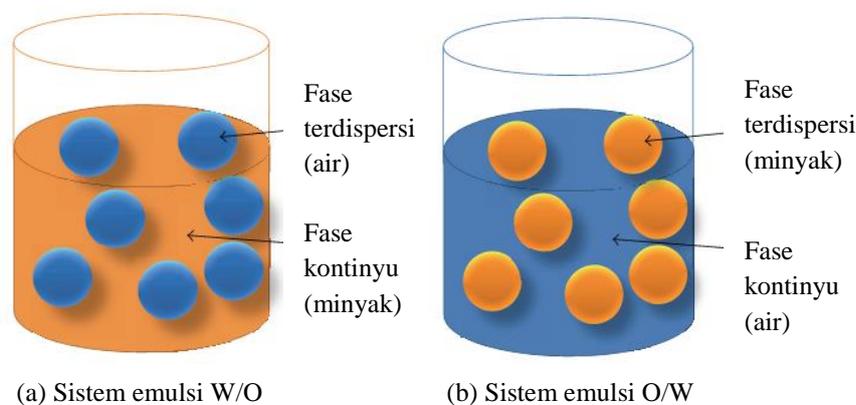
2.2.1. Pengertian emulsi

Emulsi didefinisikan sebagai campuran dari dua atau lebih zat cair yang tidak saling melarutkan dan tidak tercampur secara alami. Satu bagian cairan dari pembentuk emulsi berperan sebagai tetesan (*droplet*) yang terdispersi ke cairan yang lainnya dimana disebut dengan fase kontinyu. Tetesan – tetesan yang terdispersi disebut dengan fase internal dan cairan yang lain disebut dengan fase eksternal. Emulsi terbentuk dengan bantuan pengadukan mekanis bersama sama dengan adanya zat aditif bahan kimia yang disebut dengan surfaktan. Surfaktan

diperlukan untuk menjaga cairan-cairan dalam emulsi tetap membentuk satu sistem (Alahmer, 2010).

2.2.2. Jenis jenis emulsi

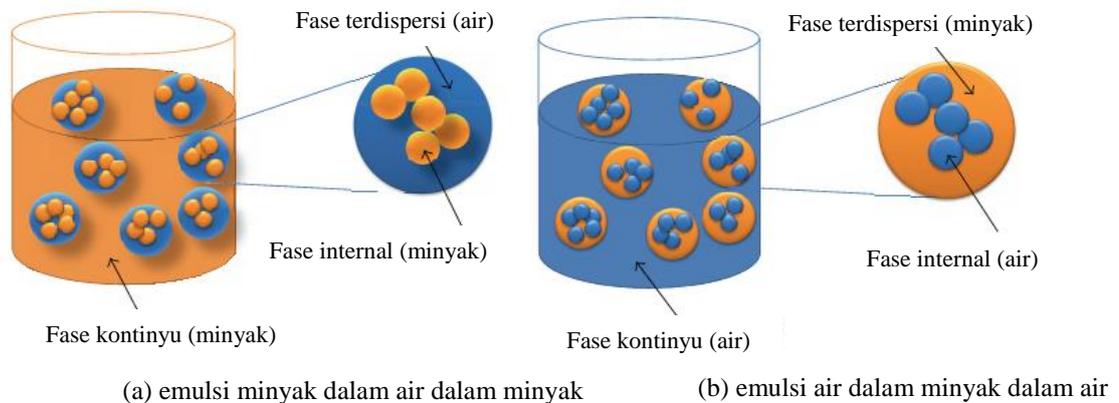
Pada umumnya emulsi dibagi menjadi dua jenis yaitu oil-in-water (O/W) dan water-in-oil (W/O). Emulsi O/W merupakan sistem emulsi dimana minyak sebagai fase internal berupa tetesan-tetesan yang terdispersi pada fase kontinyu yaitu air. Sedangkan emulsi W/O merupakan kebalikan dari emulsi O/W (Ithnin, 2014)



Gambar 2.1 Jenis-jenis emulsi secara umum (Khan, 2014; gambar diperoleh dari Khan et al., 2014)

Emulsi juga dapat terbentuk menjadi tiga fase. Dua jenis emulsi tiga fase dapat dihasilkan dari teknik emulsifikasi bergantung pada fase dalam dan luarnya. Emulsi tiga fase terbagi menjadi dua jenis yaitu minyak-dalam-air-dalam-minyak (O/W/O) dan air-dalam-minyak-dalam-air (W/O/W). Emulsi tiga fase dapat dipreparasi melalui tiga cara yaitu inversi fase, pengadukan mekanik, dan emulsi dua tahap (Vellaiyan dan Amirthagadeshwaran, 2016).

Teknik emulsifikasi dua tahap merupakan teknik yang paling umum dalam preparasi emulsi tiga fase dimana menggunakan surfaktan baik yang bersifat hidrofilik maupun lipofilik. Pertama-tama emulsi dua fase, minyak-dalam-air, dipreparasi dengan menggunakan surfaktan hidrofilik dan diaduk dengan homogenizer mekanik. Setelah itu surfaktan bertipe lipofilik ditambahkan sehingga terjadi emulsifikasi lebih lanjut menjadi emulsi tiga fase yaitu minyak-dalam-air-dalam minyak (Khan, 2014).



Gambar 2.2 Konsep emulsi tiga fase (Khan 2014; gambar diperoleh dari Khan et al., 2014)

2.2.3. Stabilitas emulsi

Stabilitas suatu emulsi mengacu pada dua faktor yaitu stabilitas sedimentasi dan stabilitas agregatif. Stabilitas sedimentasi adalah kemampuan emulsi untuk mempertahankan stabilitasnya dari gaya gravitasi. Stabilitas agregatif adalah kemampuan emulsi untuk mempertahankan stabilitasnya dengan menahan dispersitas dan droplet droplet untuk tetap terpisah satu sama lain.

Jika stabilitas sedimentasi dari emulsi berkurang maka akan terjadi peristiwa separasi fasa dimana droplet yang terdapat dalam emulsi akan mengendap atau mengapung tergantung dari berat jenisnya. Kehilangan stabilitas agregatif akan menyebabkan droplet dalam emulsi mengalami kombinasi. Kombinasi disebabkan oleh proses kohesi antar partikel dan menyebabkan peristiwa *coalescence* yaitu penggabungan antara droplet dalam emulsi sehingga droplet memiliki ukuran yang lebih besar (Dukhin et al, 2006).

2.3. Bahan Bakar Emulsi Air dalam Minyak Diesel

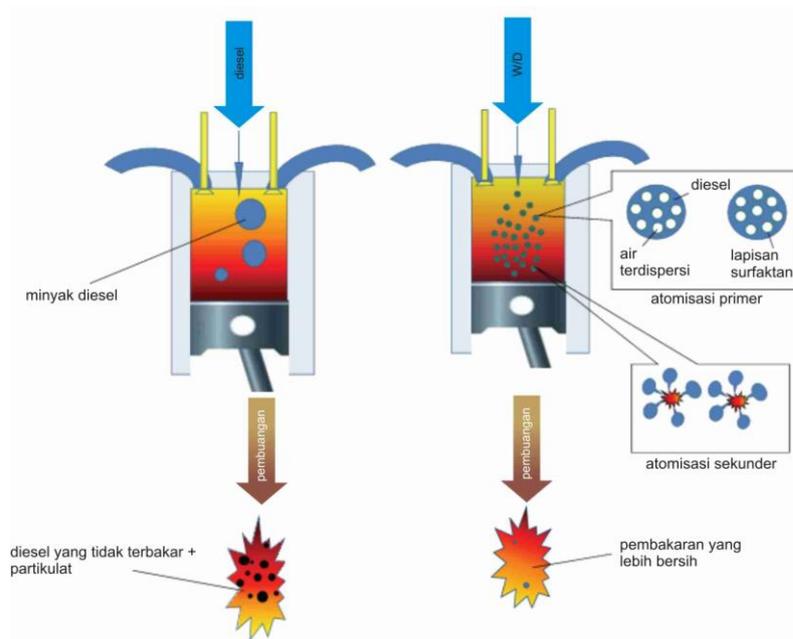
Emulsi bahan bakar air di dalam minyak diesel merupakan sistem emulsi air dalam minyak dimana air sebagai fase terdispersi dan minyak diesel sebagai fase kontinu yang distabilkan oleh surfaktan (Lif dan Holmberg, 2006). Adanya air dalam sistem pembakaran diketahui dapat mereduksi oksida-oksida nitrogen dan pembentukan soot secara simultan. Efek fisik dari adanya air juga untuk

menurunkan temperatur nyala. Emulsi bahan bakar air dalam diesel secara umum dan praktis digunakan dalam mesin pembakaran internal untuk kendaraan (Califano et al, 2014).

Pada sistem emulsi air dalam minyak diesel, fase terdispersi berbentuk tetesan-tetesan yang berukuran dalam skala mikrometer. Emulsi air dalam bahan bakar sampai saat ini diformulasikan dan dievaluasi untuk berbagai macam jenis bahan bakar dari hidrokarbon ringan hingga trigliserida. Namun bahasan yang paling banyak adalah pada emulsi air dalam minyak diesel. Alasan paling utama penggunaan emulsi lebih dimanfaatkan daripada air dalam bensin adalah pada faktor temperatur pembakaran dan tekanan yang tinggi pada mesin diesel (Lif dan Holmberg, 2006). Selain itu perbedaan titik didih yang jauh antara air dan minyak diesel merupakan alasan mengapa emulsi air dalam diesel lebih cocok untuk diimplementasikan sebagai bahan bakar emulsi (Ithnin, 2014).

2.4. Fenomena *Microexplosion* pada Bahan Bakar Emulsi Air dalam Diesel

Fenomena *microexplosion* pada emulsi air dalam diesel adalah peristiwa terjadinya atomisasi sekunder pada minyak. Fenomena ini terdiri atas ekspansi besar dari air yang terdispersi di dalam tetesan emulsi. Tetesan-tetesan tersebut kemudian membentuk tetesan yang lebih kecil dan terpecah diantara minyak-minyak yang ada di sekelilingnya (Mura, 2014).



Gambar 2.3 Fenomena *microexplosion* bahan bakar emulsi air dalam diesel pada sistem pembakaran (Khan 2014; gambar diperoleh dari Khan et al., 2014)

Faktor-faktor yang mempengaruhi kekuatan *microexplosion* antara lain konsentrasi emulsi, ukuran partikel yang terdispersi, ukuran tetesan (droplet), tekanan dan temperatur. Kekuatan *microexplosion* akan meningkat seiring dengan peningkatan konsentrasi air namun jika konsentrasi terlalu tinggi maka akan menyebabkan kegagalan prematur sistem injeksi. Semakin besar partikel-partikel yang teremulsi akan menurunkan kekuatan dari *microexplosion* seiring dengan jumlah air yang terakumulasi selama pembakaran. Ukuran partikel air yang efektif dalam fenomena *microexplosion* adalah pada rentang 4,5 – 4,7 μm . Peningkatan tekanan ambient akan melemahkan kekuatan *microexplosion* dan ledakan pada *microemulsion* terjadi ketika temperatur 773 K (Vellaiyan dan Amirthagadeshwaran, 2016).

2.5. Bahan Bakar Nanoemulsi *Water-in-Diesel*

Jenis bahan bakar emulsi *water-in-diesel* dikatakan bahan bakar nanoemulsi jika memiliki sifat-sifat sebagai berikut.

- a. Berwujud transparan atau tembus cahaya (*translucent*).
- b. Memiliki ukuran droplet pada rentang 50 – 200 nm.

- c. Memiliki stabilitas fisik dalam jangka waktu lama. Hal ini disebabkan tidak terjadinya peristiwa *coalescence* dan flokulasi.
- d. Adanya gerak Brown yang mencegah sedimentasi atau pembentukan krim (*creaming*) (Al-Sabagh, 2011).

2.6. Surfaktan

Surfaktan merupakan agen aktif permukaan yang disebut juga dengan emulsifier atau penstabil. Surfaktan mengandung sebuah gugus polar atau kepala hidrofilik dan gugus nonpolar atau ekor hidrofobik. Fungsi dari surfaktan adalah untuk melemahkan tegangan permukaan dalam medium dimana surfaktan tersebut larut. Ketika surfaktan ditempatkan dalam campuran minyak-air, gugus polar akan menghadap ke air dan gugus nonpolar menghadap ke minyak. Oleh karena itu surfaktan dapat menurunkan tegangan antarmuka fase air dan minyak.

Sistem HLB diperkenalkan oleh William Griffin pada akhir 1940-an yang berfungsi untuk menentukan jenis surfaktan yang cocok digunakan untuk suatu sistem emulsi. Emulsifier memiliki bagian hidrofilik berupa gugus fungsi yang larut dalam air dan gugus lipofilik berupa gugus asam lemak atau alkohol dari lemak. Perbandingan dari persen massa kedua gugus dalam molekul surfaktan menggambarkan jenis dari surfaktan tersebut. Surfaktan dengan karakter lipofilik lebih dominan dinyatakan dengan angka HLB rendah dan sebaliknya. Oleh karena itu surfaktan dengan nilai HLB rendah akan cenderung larut dalam minyak dan nilai HLB tinggi akan larut dalam air.

Nilai HLB dapat didapatkan dengan cara eksperimen dan teoretis. Sebagian besar jenis surfaktan yang terdiri atas polihidrat alkohol dan ester dari asam lemak, nilai HLB dapat ditentukan dari bilangan asam (A) dan bilangan penyabunan (S).

$$HLB = 20 \left(1 - \frac{S}{A} \right) \quad (2.1)$$

Jika nilai bilangan penyabunan tidak diketahui maka nilai HLB juga dapat ditentukan dari persentase berat gugus oksietilen (E) dan persentase berat alkohol polihidrat (P).

$$HLB = \frac{E + P}{5} \quad (2.2)$$

Nilai HLB dari beberapa surfaktan ditampilkan pada tabel 2.2 (Gadhawe, 2014), (Park, 2016).

Tabel 2.2 Jenis dan Nilai HLB Surfaktan

Surfaktan	Nama kimia	Jenis	Nilai HLB
Span 60	Sorbitan monostearate	Non ionik	4,7
Span 80	Sorbitan monooleate	Non ionik	4,3
Lesitin	L- α -phospatidylcholine	Non ionik	4
Atlas G2800	Polyoxypropilene mannitol dioleate	Non ionik	8
Brij 30	Polyoxyethylene lauryl ether	Non ionik	9,6
Tween 80	Polyoxyethylene sorbitan monooleate	Non ionik	15
Atlas G-263	N-cethyl N-ethyl morpholinum ethosulfate	Kationik	27

2.7. Mesin Diesel

Mesin diesel merupakan mesin yang proses pembakarannya berdasarkan kompresi untuk dapat beroperasi. Mesin diesel memiliki mekanisme *direct injection* yaitu bahan bakar cair yang masuk ke dalam tiap-tiap silinder tidak mengalami knocking dan memiliki kompresi lebih tinggi dibandingkan mesin bensin. Mesin diesel mengontrol beban (keluaran tenaga) dengan mereduksi jumlah bahan bakar yang dimasukkan ke dalam silinder. Hal ini berbeda dengan mesin bensin dimana untuk mengontrol tenaga keluaran, mesin bensin membatasi udara dan bahan bakar yang masuk ke dalam mesin.

Sebagian besar mesin diesel dilengkapi dengan *turbocharge* yang berfungsi untuk meningkatkan tenaga per unit volume silinder. Sebuah *turbocharger* merupakan suatu turbin sentrifugal kecil yang terhubung secara langsung ke kompresor udara sentrifugal untuk *recovery* tekanan pembuangan dan meningkatkan temperatur serta udara yang masuk. Beberapa mesin diesel berat menggunakan *turbocompound* yaitu terdapat beberapa bagian untuk menjalankan

tugas tertentu misalnya *turbocharger* bertanggungjawab terhadap kompresor udara masuk dan bagian yang bertanggungjawab terhadap tenaga adalah melalui gir ke poros engkol. Mesin diesel juga dilengkapi *intercooler* untuk meningkatkan densitas dari udara yang masuk.

Pada mesin diesel, ukuran kecepatan poros engkol berhubungan dengan ukuran dari mesin diesel. Mesin diesel berukuran besar memiliki kecepatan 50 rpm dan mesin diesel kecil memiliki kecepatan poros engkol sampai 5000 rpm. Mesin kecil menghasilkan torsi lebih kecil dibandingkan mesin diesel besar. Namun dengan mengoperasikan pada putaran yang lebih tinggi per menitnya, mesin besar akan menghasilkan tenaga keluaran per unit volume silinder (Ragland, 2011).

2.8. Metode Emulsifikasi Energi Rendah

Prinsip umum dari emulsifikasi adalah mengalirkan energi ke dalam sistem yang bertujuan untuk menghasilkan pengadukan yang kuat terhadap fasa yang akan diemulsikan. Tipe agitasi yang paling efektif bersubyek pada ukuran droplet yang besar pada fase internal untuk mendeformasi menjadi droplet-droplet yang lebih kecil. Jika kondisi emulsifikasi dan jumlah surfaktan tepat, maka emulsi yang stabil dapat terbentuk.

Emulsi yang stabil dalam tinjauan sistem yang sederhana dapat dihasilkan dari suatu proses mixing dan tidak memerlukan perlakuan yang lebih lanjut. Metode-metode untuk mixing pada cairan berviskositas rendah dapat dilakukan dengan cara memompa melalui pipa yang terdapat bafel atau sekat, menginjeksikan satu komponen cairan ke dalam tangki yang mengandung komponen lain dan resirkulasi cairan melalui *holding tank* dengan pompa sentrifugal (Brennan, 2006).

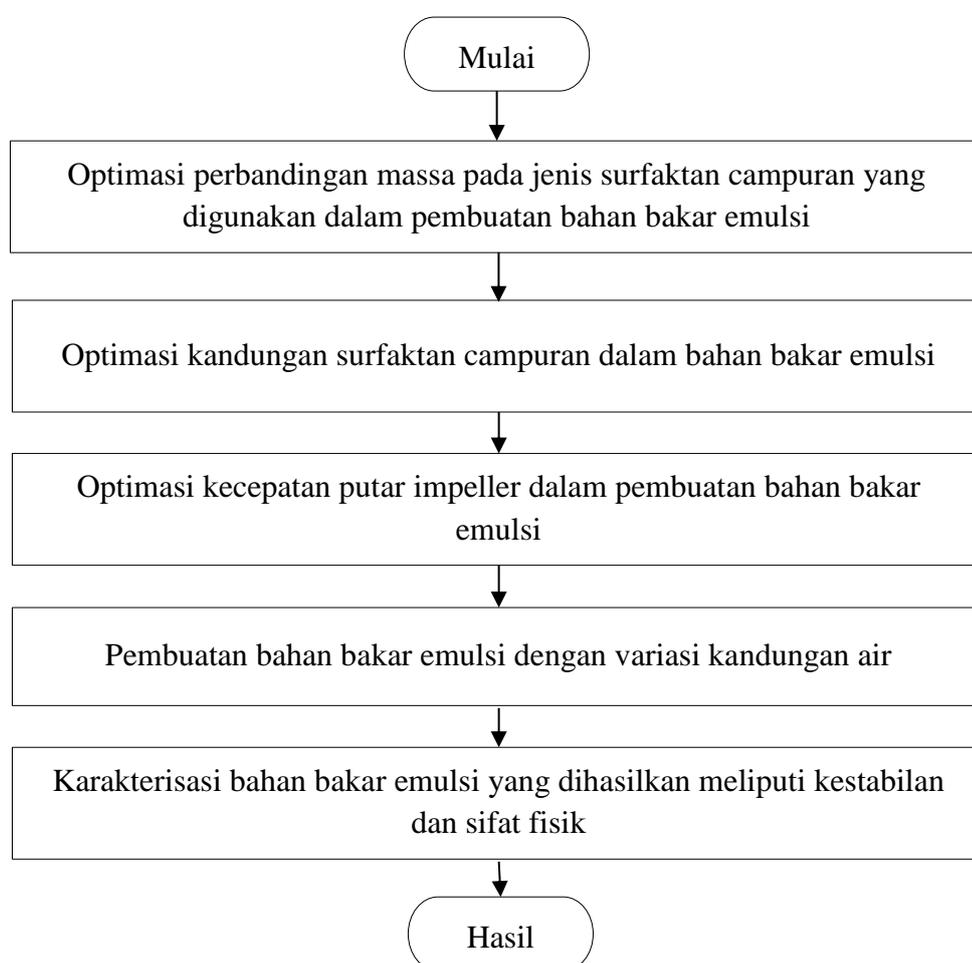
Untuk metode emulsifikasi cairan berviskositas rendah, turbin dan propeler merupakan jenis impeller yang umum digunakan. Turbin dapat menjangkau kisaran viskositas yang luas. Di dekat impeller akan terdapat daerah arus deras yang sangat turbulen dengan *shear* yang kuat. Arus utama dari disc turbin bersifat radial dan tangensial. Komponen tangensial akan menimbulkan *vortex* (cekungan) dan arus putar. Hal itu dapat dihentikan dengan menggunakan sekat / bafel untuk mengefektifkan kerja dari impeller (Purwanto, 2008)

Metode emulsifikasi energi rendah pada prinsipnya memanfaatkan sifat tegangan permukaan dari sistem untuk memperkecil ukuran droplet dengan energi yang relatif rendah sekitar $10^3 - 10^5$ Watt per kilogram. Metode emulsifikasi rendah yang banyak digunakan adalah *emulsion inversion point* (EIP) dimana komponen-komponen dicampurkan dalam kondisi tertentu pada temperatur konstan untuk menghasilkan nanoemulsi. Kondisi tertentu tersebut adalah penambahan fase terdispersi ditambahkan secara sedikit demi sedikit ke dalam campuran surfaktan dan fase kontinyu dan sebaliknya. Metode penambahan fase terdispersi ke dalam fase kontinyu cocok untuk surfaktan dengan nilai HLB $\leq 13,5$. Metode penambahan fase kontinyu ke dalam fase terdispersi dan surfaktan cocok untuk sistem emulsi menggunakan surfaktan dengan nilai HLB 11-15 (Gupta et al, 2017).

BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Alur Penelitian

Pada penelitian ini akan dibuat bahan bakar emulsi dengan menggunakan metode emulsifikasi energi rendah. Bahan bakar yang telah terbentuk akan diuji karakteristiknya meliputi viskositas, densitas, dan kestabilan emulsi. Alur penelitian yang akan dilakukan ditunjukkan pada gambar 3.1.



Gambar 3.1 Diagram alir penelitian

3.2. Bahan-bahan Pembuatan Bahan Bakar Emulsi

Bahan-bahan yang digunakan dalam proses pembuatan bahan bakar emulsi antara lain adalah bahan bakar mesin diesel, surfaktan lesitin, tween 80, Triton X-

100, dan air demineral. Sifat dan spesifikasi bahan-bahan tersebut adalah sebagai berikut.

3.2.1. Bahan Bakar Diesel

- a. Merk : Pertamina Dex
- b. Bilangan setana : minimal 53
- c. Massa jenis : 820 kg/m³ pada suhu 15 °C
- d. Viskositas : 2 mm²/detik
- e. Titik didih : 370 °C
- f. Titik nyala : 55 °C
- g. Titik tuang : 18 °C
- h. Penampakan : jernih dan terang

3.2.2. Lesitin

- a. Nama kimia : L- α -phospatidylcholine
- b. HLB : 4
- c. Bobot molar : 643,458 g/mol
- d. Warna dan wujud : coklat muda transparan, cairan kental
- e. Titik leleh : - 5 °C
- f. Kelarutan : tidak larut dalam air dingin

3.2.3. Tween 80

- a. Nama kimia : polioksoetilen sorbitan monooleat
- b. HLB : 15
- c. Bobot molar : 428,6 g/mol
- d. Densitas : 1,08 g/mL pada 20 suhu °C
- e. Warna dan wujud : kuning bening dan cairan kental
- f. Titik didih : > 100 °C
- g. Kelarutan : 5-10 g/100 mL air pada suhu 23 °C

3.2.4. Triton X-100

- a. Nama kimia : polyethylene glycol octylphenyl ether
- b. Bobot molar : 646,85 g/mol
- c. Densitas : 1,06
- d. Warna dan wujud : kuning muda, cair
- e. Titik didih : 270 °C

- f. Titik leleh : 6 °C
- g. Kelarutan : larut dalam air, tidak larut dalam kerosen

3.2.5. Aquabidest

- a. Bobot molar : 18, 013 g/mol
- b. Densitas : 1 g/mL
- c. Warna dan wujud : tak berwarna, cair
- d. Titik didih : 100 °C

3.2.6. CMC

- a. Nama kimia : Carboxy Methyl Cellulose
- b. Bobot molar : 982,4 g/mol
- c. Warna dan wujud : putih pucat, bubuk padat
- d. Titik leleh : 300 °C

3.3. Alat

- 1.2.1. Pengaduk mekanik elektrik
- 1.2.2. Impeller *disc turbine* berdaun 6
- 1.2.3. Tangki akrilik berbentuk tabung menggunakan *baffle*
- 1.2.4. Pompa pengatur aliran dosis (*peristaltic pump*)

3.4. Variabel Penelitian

Variabel-variabel bebas yang digunakan dalam penelitian antara lain jenis surfaktan dan kandungan air dalam emulsi bahan bakar. Jenis surfaktan yang digunakan adalah variasi antara surfaktan hidrofobik adalah Lesitin dengan surfaktan hidrofilik yaitu Tween 80 dan Triton X-100. Konsentrasi surfaktan pada saat optimasi divariasikan pada 0,1 %, 0,5 %, dan 1 % dari volume total emulsi, kecepatan putar impeller 1000, 1300, 1600, dan 1900 rpm. Kandungan air dalam bahan bakar emulsi divariasikan pada nilai 5 %, 10 %, 20 %, dan 40 % volume total emulsi.

Variabel kontrol yang digunakan antara lain laju alir air yang ditambahkan pada 2 mL/menit. Waktu pengadukan disesuaikan dengan laju alir aquades kedalam sistem emulsi ditambah 20 menit setelah aquades sudah seluruhnya ditambahkan. Diamati pula pengaruh penambahan *carboxymethyl cellulose* (CMC) 0,5 %.

3.5. Prosedur Kerja

3.5.1. Preparasi Surfaktan Campuran

Surfaktan campuran dipreparasi dari lesitin, span 80, Triton X-100 dan Tween 80 pada berbagai perbandingan massa sehingga mendapatkan surfaktan campuran dengan variasi nilai HLB. Komposisi masing-masing surfaktan mengikuti pada tabel 3.1

Tabel 3.1 Komposisi surfaktan campuran

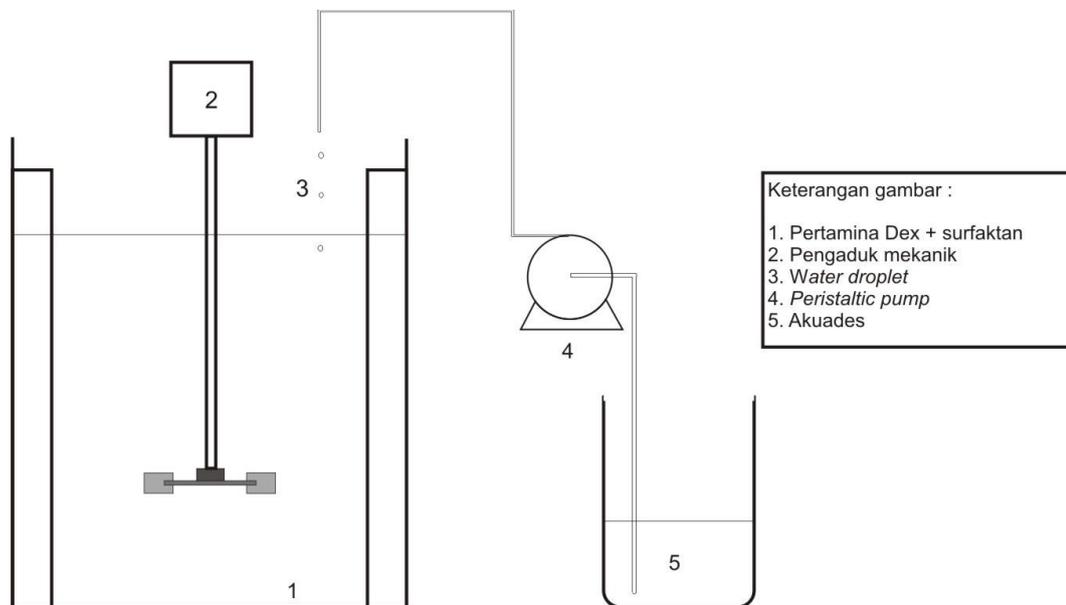
Lesitin - Tween 80		Lesitin – Triton X-100	
Lesitin (%)	Tween 80 (%)	Lesitin (%)	Triton X-100 (%)
100	0	100	0
80	20	76,6	23,4
60	40	53,2	46,8
45,5	54,5	36,2	63,8
20	80	6,4	93,6
0	100	100	0

3.5.2. Proses Emulsifikasi Bahan Bakar Diesel dengan Air

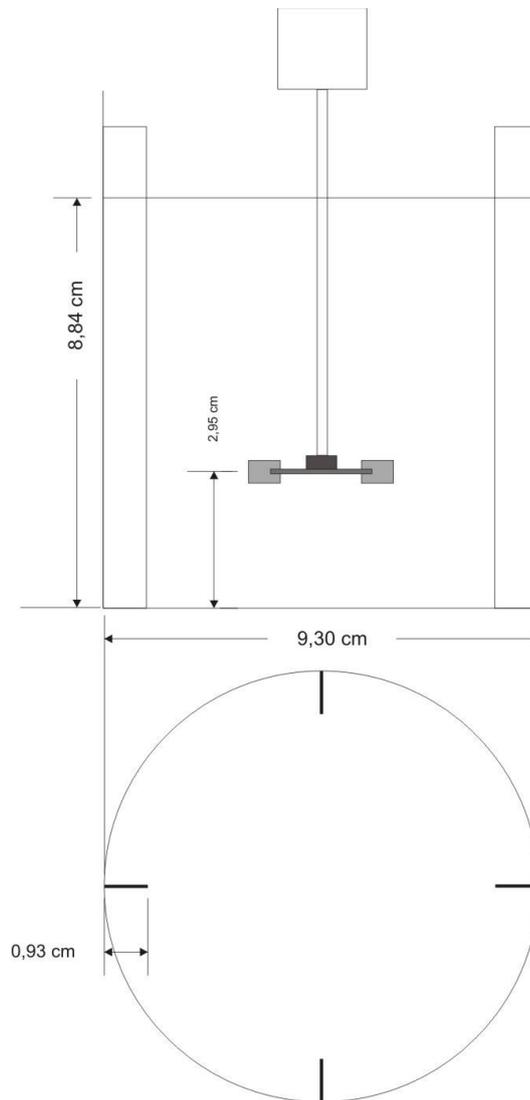
Proses pembuatan bahan bakar emulsi dilakukan dalam sistem batch. Komposisi sistem emulsi terdiri atas air, surfaktan dan bahan bakar diesel dengan volume total sistem adalah 600 mL. Skema alat dan dimensi tangki proses emulsifikasi ditunjukkan pada gambar 3.2 dan 3.2.

Komponen yang berada dalam tangki adalah surfaktan campuran dan bahan bakar diesel. Pengadukan menggunakan impeller *disc turbine* dilakukan secara simultan dan penambahan aquabidest ke dalam tangki emulsifikasi dilakukan dengan kecepatan konstan 2 mL per menit. Penambahan waktu pengadukan selama 20 menit dilakukan setelah aquabidest telah dialirkan seluruhnya ke dalam tangki emulsifikasi.

Pengaruh penambahan CMC pada emulsifikasi dilakukan dengan cara mengganti aquabidest dengan larutan CMC 0,5 % dan dialirkan dengan metode yang serupa dengan aquabidest.



Gambar 3.2 Skema set alat pembuatan bahan bakar emulsi



Gambar 3.3 Dimensi tangki emulsifikasi

3.6. Karakteristik Bahan Bakar Emulsi

Penentuan karakteristik bahan bakar emulsi meliputi densitas, viskositas, dan kestabilan emulsi. Densitas emulsi bahan bakar ditentukan dengan menggunakan piknometer. Viskositas bahan bakar ditentukan dengan metode Ostwald menggunakan viskometer. Ukuran droplet pada bahan bakar ditentukan dengan menggunakan perangkat *dynamic light scattering*. Kestabilan emulsi ditentukan dengan metode visualisasi dengan menggunakan tabung sedimentasi berskala dan metode rasio absorbansi dengan menggunakan perangkat spektrofotometer UV-Vis.

3.6.1. Densitas bahan bakar emulsi

Penentuan densitas bahan bakar emulsi ditentukan dengan metode piknometer dengan volume 10 mL pada suhu ruangan.

3.6.2. Viskositas bahan bakar emulsi

Pengukuran viskositas bahan bakar ditentukan dengan metode Ostwald dengan membandingkan nilai waktu yang diperoleh dari bahan bakar emulsi dan cairan yang telah diketahui nilai viskositasnya sebagai standar.

$$\frac{\eta_1}{\eta_0} = \frac{\rho_1 \cdot t_1}{\rho_0 \cdot t_0} \quad (3.1)$$

Dimana notasi 1 dan 0 secara berturut-turut adalah bahan bakar emulsi dan standar. η adalah viskositas, ρ adalah densitas dan t adalah waktu yang dibutuhkan zat cair mengalir di antara 2 batas pada viskometer.

3.6.3. Ukuran droplet bahan bakar emulsi

Ukuran droplet ditentukan dengan menggunakan metode *dynamic light scattering*. Data yang didapatkan berupa ukuran jari-jari rata-rata droplet dari emulsi.

3.6.4. Kestabilan emulsi bahan bakar

Kestabilan emulsi terhadap peristiwa sedimentasi dilakukan dengan metode pengamatan visual dengan menggunakan tabung sedimentasi berskala. Volume emulsi yang masih terbentuk terhadap volume emulsi awal merupakan presentase kestabilan dari emulsi bahan bakar.

Penentuan kestabilan emulsi terhadap waktu juga dilakukan dengan menggunakan rasio absorbansi pada panjang gelombang tampak yaitu 450 dan 850 nm. Pengukuran dilakukan pada rentang 10 menit selama 1 jam. Parameter kestabilan emulsi diamati dari nilai slope yang terbentuk antara rasio absorbansi terhadap waktu pengamatan (Song et al, 2002). Ukuran droplet dari emulsi bahan bakar yang menunjukkan nilai slope terkecil kemudian divalidasi dengan menggunakan metode Dynamic Light Scattering (DLS).

(halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

Bahan bakar emulsi diesel-air merupakan bahan bakar yang terdiri atas air sebagai fase terdispersi dan bahan bakar diesel sebagai fase kontinyu. Untuk memperoleh bahan bakar emulsi digunakan metode emulsifikasi energi rendah. Metode tersebut dilakukan dengan pengadukan dengan kecepatan relatif rendah dan penambahan salah satu komponen emulsi dalam proses emulsifikasi dilakukan secara sedikit demi sedikit.

Pada penelitian ini air sebagai fase terdispersi ditambahkan ke dalam campuran surfaktan dan fase kontinyu bahan bakar diesel ke dalam tangki emulsifikasi. Tujuan dari penambahan air secara sedikit demi sedikit adalah agar dapat terdispersi secara total ke dalam fase kontinyu yang secara simultan diaduk dengan impeller disk turbin. Tujuan penggunaan impeller disk turbin berdaun enam adalah menghasilkan gaya shear yang besar untuk dapat mendispersi fase air dan bahan bakar menjadi bentuk emulsi. Penggunaan *baffle* dalam tangki emulsifikasi bertujuan untuk mencegah peristiwa terbentuknya vortex yang mengakibatkan adanya bagian fluida yang tidak bercampur. Oleh karena itu desain tangki, kecepatan pengaduk, jenis impeller dan penambahan aquades dengan laju alir secara umum bertujuan untuk emulsifikasi dengan efektif dan meminimalkan energi emulsifikasi.

Penggunaan aquabidest sebagai fase air dan Pertamina Dex sebagai fase bahan bakar bertujuan untuk meminimalkan adanya *impurities* yang dimungkinkan berpengaruh dalam proses emulsifikasi.

4.1. Pengaruh Komposisi Surfaktan terhadap Sifat Fisik Emulsi Bahan Bakar

Komposisi surfaktan campuran yang digunakan adalah Lesitin dengan Tween 80 dan Lesitin dengan Triton X-100 pada berbagai variasi perbandingan massa. Sifat fisik yang diamati dari pengaruh variasi komposisi surfaktan adalah densitas dan viskositas dari emulsi bahan bakar. Hasil pengamatan sifat fisik emulsi bahan bakar ditampilkan dalam tabel 4.1.

Tabel 4.1 Parameter Sifat Fisik Bahan Bakar Emulsi

Campuran Surfaktan	Perbandingan massa (%)	Densitas (g/mL)	Viskositas (mPas)
Lesitin – Tween 80	100 : 0	0,867	2,047
	80 : 20	0,871	1,695
	60 : 40	0,870	1,594
	54.5 : 45.5	0,869	1,592
	20 : 80	0,882	1,597
	0 : 100	0,882	1,636
Lesitin – Triton X-100	100 : 0	0,867	2,047
	76,6 : 23,4	0,893	1,627
	53,2 : 46,8	0,881	1,770
	36,2 : 63,8	0,863	1,582
	6,4 : 93,6	0,865	1,818
	0 : 100	0,863	2,323

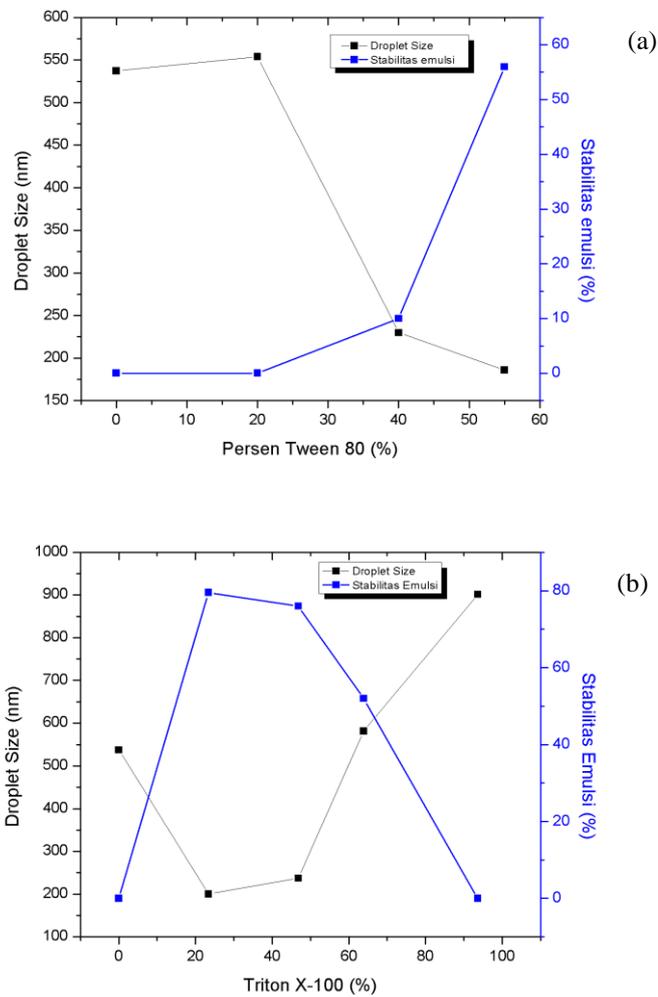
Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa dari densitas dari bahan bakar emulsi cenderung konstan terhadap pengaruh komposisi surfaktan baik lesitin dan Tween 80 maupun lesitin dan Triton X-100. Hal ini disebabkan susunan komposisi emulsi berupa perbandingan air, surfaktan, dan bahan bakar diesel yang konstan sehingga nilai densitas tidak terlalu berubah nilainya.

Nilai viskositas dari seri bahan bakar emulsi baik lesitin dan Tween 80 maupun lesitin dan Triton X-100 menunjukkan adanya perbedaan dimana penggunaan surfaktan campuran menghasilkan nilai viskositas yang cenderung lebih rendah dibandingkan dengan surfaktan murni. Hal ini menunjukkan bahwa nilai HLB dan komposisi dari surfaktan campuran mempengaruhi nilai viskositas dari emulsi yang dihasilkan. Viskositas akan meningkat seiring dengan kenaikan ukuran droplet emulsi (El Din , 2017) dan menyebabkan terjadinya ketidakstabilan emulsi berupa peristiwa aglomerasi. Oleh karena itu penggunaan surfaktan murni tidak efektif jika digunakan pada pembuatan emulsi bahan bakar

apabila dilihat dari perbandingan nilai viskositas pada berbagai komposisi surfaktan campuran.

4.2. Pengaruh Komposisi Surfaktan terhadap Ukuran Droplet dan Kestabilan Bahan Bakar Emulsi Secara Visual

Penentuan ukuran droplet emulsi bahan bakar dilakukan sesaat setelah emulsifikasi. Hasil pengaruh komposisi surfaktan campuran terhadap ukuran droplet emulsi ditunjukkan pada gambar 4.1



Gambar 4.1 Grafik pengaruh komposisi surfaktan campuran terhadap ukuran droplet emulsi : a. Lesitin-Tween 80; b. Lesitin-Triton X-100

Droplet size terkecil pada surfaktan campuran Lesitin-Tween 80 adalah pada komposisi 45,45% Lesitin dan 54,55% Tween 80 dengan diameter 185,5 nm. Pengamatan pementuran sedimen yang dilakukan secara visual setelah 24 jam

menunjukkan bahwa semakin kecil ukuran droplet maka semakin sedikit sedimen yang terbentuk untuk kedua jenis surfaktan. Pada surfaktan campuran Lesitin-Triton X-100 didapatkan ukuran droplet terkecil 200 nm pada komposisi 76,6% Lesitin dan 23,4% Triton X-100. Pada komposisi campuran tersebut merupakan nilai yang cocok untuk pembuatan emulsi dengan melihat dari data ukuran droplet emulsi dan persentase emulsi yang masih terbentuk setelah 24 jam.

Hubungan nilai droplet size dengan kestabilan emulsi pada campuran surfaktan Lesitin – Tween 80 disebabkan karena nilai kesetimbangan sisi hidrofilik dan hidrofobik dari sistem surfaktan yang dihasilkan. Fenomena yang dihasilkan dari penambahan surfaktan campuran dengan nilai HLB yang sesuai akan menyebabkan sistem surfaktan mampu membentuk lapisan yang mengelilingi droplet-droplet fase terdispersi. Selain itu, terjadi interaksi antar surfaktan dalam sistem melalui mekanisme ikatan hidrogen sehingga menyebabkan interaksi yang kuat antara air sebagai droplet yang terdispersi, minyak diesel sebagai pendispersi, dan sistem surfaktan campuran (Wang et al, 2009). Pada penambahan surfaktan Tween 80 dengan komposisi yang lebih banyak ke dalam sistem surfaktan campuran Lesitin-Tween 80 tidak dapat menghasilkan ukuran droplet dikarenakan sesaat setelah emulsifikasi terjadi proses sedimentasi. Hal tersebut disebabkan sisi hidrofilik yang lebih besar dibandingkan sisi hidrofobik sehingga menyebabkan surfaktan campuran tidak dapat mengemulsi diesel dan air dengan baik.

Pada seri surfaktan campuran Lesitin – Triton X-100 didapatkan hubungan ukuran droplet yang meningkat dan kestabilan yang menurun seiring dengan penambahan komposisi Triton X-100 disebabkan semakin banyak komposisi Triton X-100 yang ditambahkan tidak dapat berinteraksi secara maksimal dengan Lesitin dikarenakan kejenuhan ikatan yang terjadi antara Lesitin dan Triton X-100 sehingga tidak dapat membentuk sistem campuran surfaktan yang efektif dalam mengemulsikan air ke dalam minyak. Interaksi ikatan hidrogen antara dua surfaktan terjadi secara efektif hanya pada komposisi Triton X-100 yang ditambahkan sebanyak 23,4% dari komposisi total Lesitin-Triton X-100.

Ukuran droplet emulsi yang semakin kecil dipengaruhi oleh kemampuan surfaktan untuk dapat mendispersi air ke dalam fase kontinyu berupa bahan bakar.

Perbandingan massa yang cocok antara dua surfaktan yang berbeda sifat kepolarannya menyebabkan kemampuan emulsifikasi air dalam bahan bakar diesel hingga mendapatkan ukuran droplet sampai skala nanometer. Semakin kecil ukuran droplet maka emulsi semakin stabil karena fase terdispersi akan berada dalam jumlah yang besar dengan ukuran-ukuran yang kecil sehingga dibutuhkan waktu yang panjang untuk mengalami proses destabilisasi emulsi.

4.3. Pengaruh Kandungan Surfaktan terhadap Sifat Fisik Emulsi Bahan Bakar

Kandungan surfaktan yang digunakan dalam melihat pengaruhnya terhadap sifat fisik emulsi adalah surfaktan campuran Lesitin - Tween 80 (45,5% - 54,5%) dan Lesitin - Triton X-100 (76,4% - 23,6%) dengan variasi konsentrasi 0,1 ; 0,5; dan 1 persen terhadap volume total emulsi. Diamati pula pengaruh penambahan *carboxymethyl cellulose* (CMC) pada fase air terhadap sifat fisik bahan bakar emulsi. Hasil pengamatan sifat fisik meliputi densitas dan viskositas bahan bakar emulsi dinyatakan dalam Tabel 4.2 dan 4.3.

Tabel 4.2 Nilai densitas bahan bakar emulsi dengan penggunaan surfaktan campuran pada berbagai konsentrasi

Jenis surfaktan campuran	Konsentrasi surfaktan (%)	Densitas (g/mL)	
		CMC 0 %	CMC 0,5%
Lesitin – Tween 80	0,1	0,8675	0,8060
	0,5	0,8045	0,8025
	1	0,8030	0,8060
Lesitin – Triton X-100	0,1	0,8015	0,798
	0,5	0,801	0,801
	1	0,802	0,802

Nilai densitas bahan bakar emulsi dengan surfaktan campuran Lesitin-Tween 80 menunjukkan adanya pengaruh penambahan CMC menyebabkan densitas emulsi menjadi cenderung konstan. Hal ini disebabkan oleh pengaruh kelarutan CMC yang tinggi ke dalam emulsi sehingga dapat mempertahankan nilai densitas dari

emulsi dibandingkan tanpa penambahan CMC. Pada penambahan surfaktan Lesitin – Triton X-100 penambahan CMC memberikan pengaruh kenaikan nilai densitas dengan penambahan CMC pada berbagai konsentrasi. Kelarutan CMC pada sistem emulsi Lesitin – Triton X-100 tidak terlalu besar karena karakteristik surfaktan campuran yang cenderung bersifat hidrofobik, berbeda dengan Lesitin – Tween 80 yang bersifat hidrofilik.

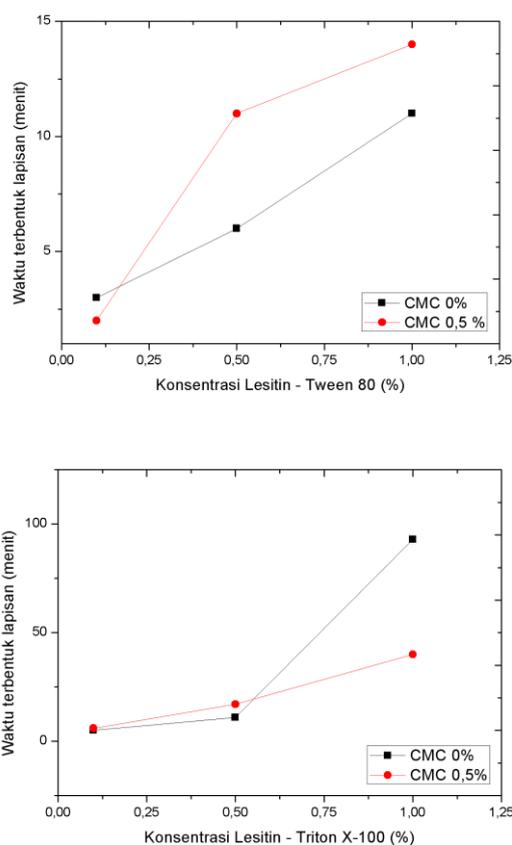
Tabel 4.3 Nilai viskositas bahan bakar emulsi dengan penggunaan surfaktan campuran pada berbagai konsentrasi

Jenis surfaktan campuran	Konsentrasi surfaktan (%)	Viskositas (mPas)	
		CMC 0 %	CMC 0,5%
Lesitin – Tween 80	0,1	1,5886	1,4476
	0,5	1,4923	1,4969
	1	1,4871	1,6656
Lesitin – Triton X-100	0,1	1,452	1,4695
	0,5	1,5497	1,5165
	1	1,6097	1,5765

CMC menyebabkan sistem emulsi menjadi lebih viskous dikarenakan sifat dari CMC yang berfungsi sebagai pengental zat cair. Dengan bertambahnya kekentalan maka emulsi akan semakin stabil karena memperlambat peristiwa aglomerasi dan sedimentasi. Penambahan CMC pada bahan bakar emulsi dengan surfaktan Lesitin – Tween 80 maupun Lesitin – Triton X-100 memberikan pengaruh kenaikan nilai viskositas dengan semakin tinggi konsentrasi surfaktan. Pada emulsi dengan surfaktan Lesitin – Triton X-100, nilai viskositas setelah penambahan CMC cenderung lebih rendah dibandingkan tanpa penambahan CMC disebabkan oleh CMC kurang dapat melarut dalam jenis surfaktan tersebut karena karakteristik surfaktan campuran Lesitin-Triton X-100 yang cenderung bersifat hidrofobik sedangkan larutan CMC bersifat hidrofilik.

4.4. Pengaruh Konsentrasi Surfaktan Campuran terhadap Kestabilan Emulsi Bahan Bakar

Parameter kestabilan emulsi diamati dengan cara mengamati waktu pertama kali terbentuknya sedimen dan menentukan persentase fase emulsi yang masih terbentuk dalam selang waktu 24 jam. Hasil pengamatan pengaruh konsentrasi surfaktan campuran dan waktu pertama terbentuk endapan dinyatakan dalam Gambar 4.2.



Gambar 4.2 Pengaruh konsentrasi surfaktan terhadap waktu terbentuk lapisan pada emulsi.

Waktu pertama kali emulsi terbentuk endapan merupakan parameter kestabilan emulsi dilihat dari kemampuan emulsi dalam mempertahankan dari peristiwa sedimentasi. Secara umum semakin besar konsentrasi surfaktan yang ditambahkan maka semakin lama waktu yang dibutuhkan emulsi terbentuk endapan.

Pada pengamatan kestabilan emulsi berdasarkan visual dengan menggunakan tabung uji, terbentuk tiga lapisan ketika dan setelah pengamatan

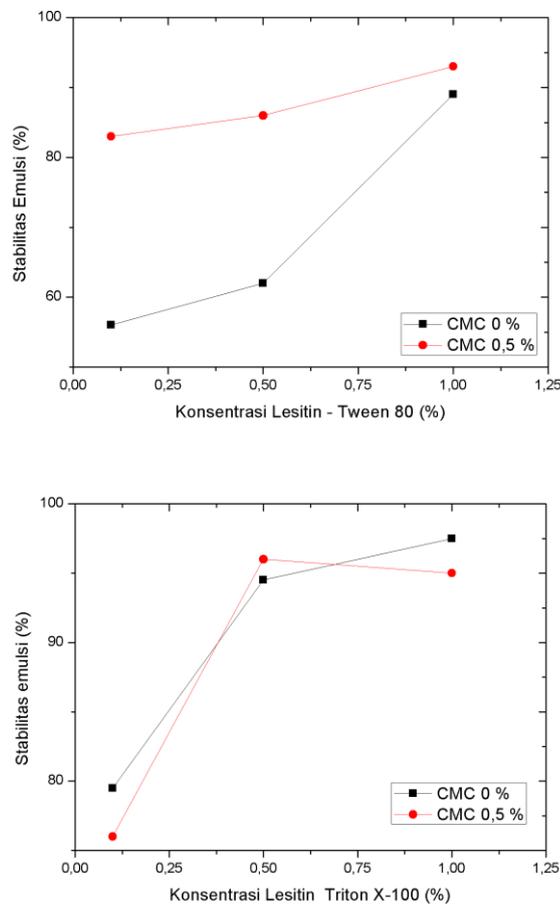
berakhir. Tiga lapisan tersebut saling terpisah berupa fase atas, fase tengah dan fase bawah. Fase atas merupakan minyak diesel yang terbentuk kembali dan karena massa jenisnya maka berada di atas. Untuk memperkuat keberadaan fase atas adalah fase minyak maka dilakukan uji FTIR yang menyatakan bahwa pada serapan bilangan gelombang 2958,97; 2854,74 cm^{-1} yang merupakan karakteristik serapan gugus C-H jenuh dan serapan pada 1462,09 cm^{-1} serta 1377,22 cm^{-1} merupakan karakteristik serapan untuk gugus CH_3 dan CH_2 bending. Spectra inframerah tersebut identik dengan spektra yang dihasilkan oleh minyak diesel Pertamina DEX. Pada fase tengah merupakan fase emulsi dimana mengandung fase terdispersi air yang pada FTIR diperkuat dengan adanya serapan pada bilangan gelombang 3433,41 cm^{-1} yang merupakan karakteristik gugus hidroksil. Fase bawah yang merupakan fase sedimen merupakan residu air dan surfaktan berasal dari emulsi yang telah mengalami peristiwa ketidakstabilan emulsi. Hal ini ditunjukkan terutama dengan serapan pada gugus OH pada 3141,12 cm^{-1} , CO pada 1091,75 dan 715,51.

Penambahan CMC kedalam emulsi memberikan pengaruh waktu untuk terbentuk sedimentasi menjadi lebih lama pada emulsi dengan surfaktan Lesitin Tween 80. Hal ini disebabkan larutan CMC mampu memperkuat interaksi antara komponen pendispersi dengan surfaktan hidrofilik. Mekanisme yang terjadi adalah CMC terhidrasi karena merupakan senyawa yang larut dalam air. Gugus karboksilat dalam CMC akan terdisosiasi dan berinteraksi dengan gugus hidroksil yang terdapat pada Tween 80 (Kumsah et al, 1976). Lesitin sebagai surfaktan lipofilik terikat dengan minyak diesel dan sekaligus sisi polarnya berinteraksi dengan Tween 80 melalui ikatan hidrogen. Interaksi-interaksi antara semua komponen dalam sistem emulsi inilah yang menyebabkan kestabilan menjadi lebih baik.

Pada emulsi dengan surfaktan Lesitin - Triton X-100 penambahan CMC tidak memberikan pengaruh terhadap waktu terbentuknya endapan karena interaksi yang terjadi pada sistem emulsi dengan surfaktan Lesitin – Triton X-100 tidak sekuat pada sistem surfaktan Lesitin – Tween 80. Hal ini disebabkan Triton X-100 tidak dapat berinteraksi dengan kuat terhadap air-CMC-Lesitin karena gugus hidroksil pada Triton X-100 tidak sebanyak Tween 80. Namun, tanpa

penambahan CMC sistem emulsi dengan surfaktan Lesitin – Triton X-100 mampu mempertahankan kestabilan emulsi dari sedimentasi selama 93 menit. Hal ini disebabkan interaksi yang kuat antara gugus polar dari Triton X-100 dengan air dan Lesitin. Disamping itu, sisi lipofilik pada Lesitin dan Triton X-100 juga mengalami interaksi yang kuat terhadap bahan bakar diesel.

Parameter kestabilan emulsi secara kuantitatif juga ditentukan dengan persentase fase emulsi pada selang waktu selama 24 jam. Hasil pengamatan persentase emulsi dinyatakan dalam Gambar 4.3.



Gambar 4.3 Pengaruh konsentrasi surfaktan terhadap stabilitas emulsi selama 24 jam

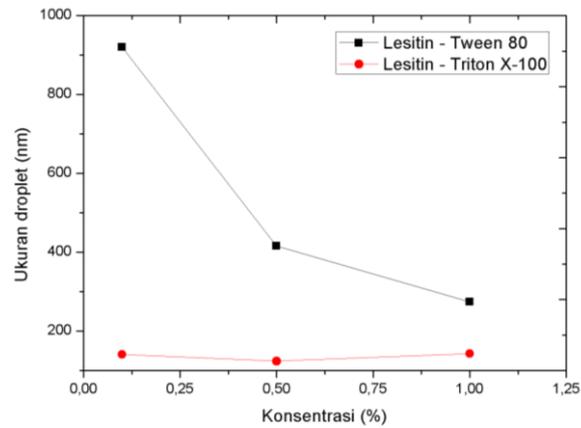
Surfaktan campuran yang semakin besar konsentrasinya semakin meningkatkan kestabilan dari emulsi bahan bakar karena faktor kuantitas surfaktan mampu mengemulsikan fase terdispersi ke dalam fase kontinyu. Pengaruh penambahan CMC pada emulsi dengan surfaktan Lesitin – Tween 80

menyebabkan kestabilan bertambah karena meningkatkan nilai viskositas yang mencegah destabilisasi emulsi. Penggunaan CMC pada emulsi bahan bakar dengan surfaktan Lesitin – Triton X-100 tidak terlalu memberikan pengaruh yang signifikan terhadap kestabilan emulsi..

4.5. Pengaruh Konsentrasi Surfaktan Campuran terhadap Ukuran Droplet Emulsi Bahan Bakar

Pengamatan pengaruh konsentrasi surfaktan campuran terhadap ukuran droplet emulsi dilakukan pada emulsi Lesitin – Tween 80 dan Lesitin – Triton X-100 dengan konsentrasi 1 % dan penambahan CMC 0,5 % ke dalam medium terdispersinya. Pengukuran ukuran droplet dilakukan setelah emulsifikasi selesai. Hasil pengamatan ukuran droplet terhadap variasi konsentrasi surfaktan dinyatakan dalam Gambar 4.4. Pada penggunaan surfaktan Lesitin – Tween 80, ukuran droplet emulsi berbanding terbalik dengan konsentrasi surfaktan yang digunakan. Ukuran droplet pada skala nanometer dapat dicapai pada konsentrasi surfaktan 0,5 dan 1 %. Semakin tinggi konsentrasi surfaktan menyebabkan air dapat terdispersi lebih baik dibandingkan pada surfaktan konsentrasi rendah.

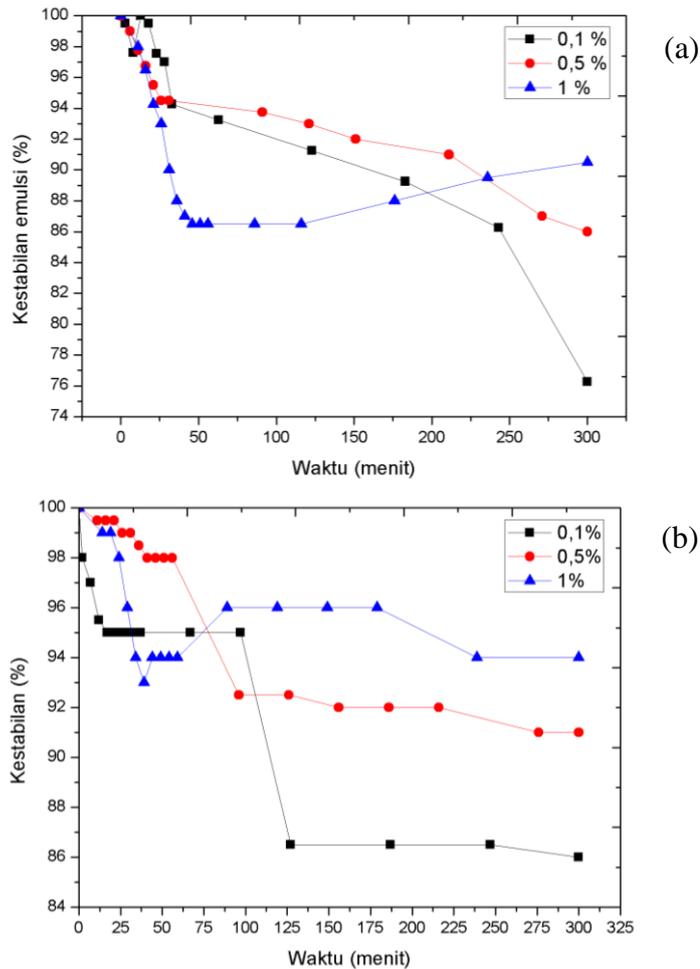
Pada seri emulsi bahan bakar dengan menggunakan surfaktan Lesitin Triton X-100, konsentrasi surfaktan tidak terlalu berpengaruh terhadap ukuran droplet. Ukuran droplet yang dihasilkan dari campuran surfaktan Lesitin Triton X-100 semuanya termasuk dalam skala nanometer. Hal ini menunjukkan bahwa penggunaan surfaktan campuran Lesitin – Triton X-100 dengan komposisi 76,6% berbanding 23,4% mampu membentuk bahan bakar diesel emulsi.



Gambar 4.4 Grafik pengaruh konsentrasi surfaktan campuran terhadap ukuran droplet bahan bakar emulsi

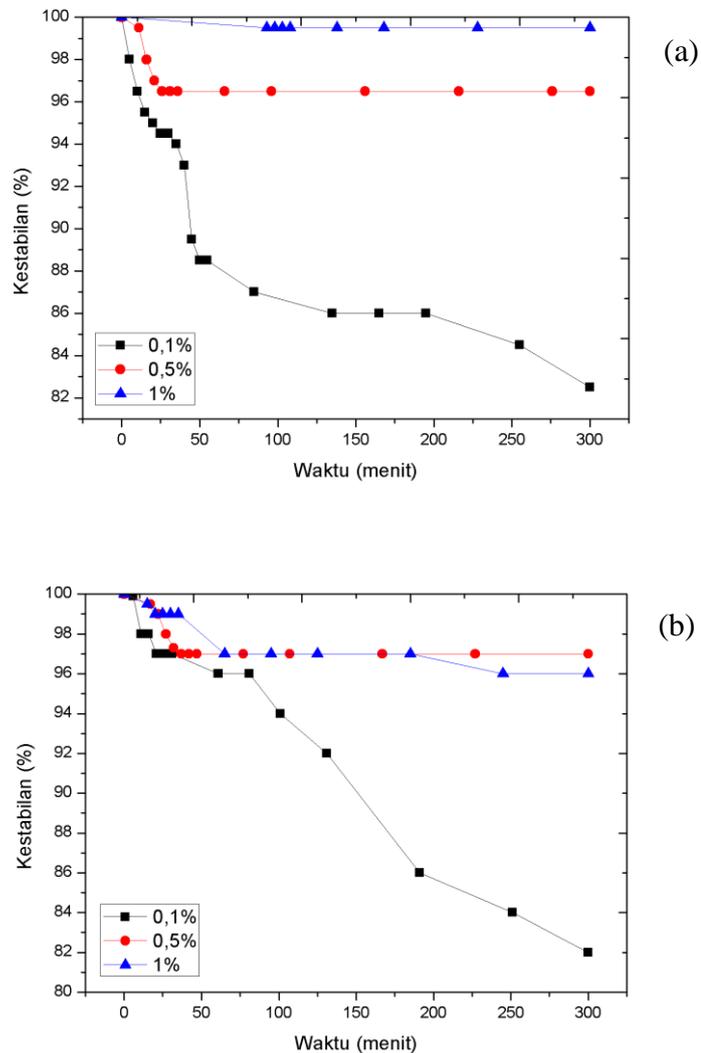
4.6. Pengaruh Waktu terhadap Kestabilan Emulsi Bahan Bakar

Parameter kestabilan emulsi berupa ketahanan pembentukan sedimen diamati dengan visualisasi persentase emulsi terhadap selang waktu selama 300 menit. Hasil pengamatan pengaruh waktu terhadap kestabilan emulsi ditunjukkan pada gambar 4.5 dan 4.6.



Gambar 4.5 Pengaruh waktu terhadap kestabilan bahan bakar emulsi dengan surfaktan campuran Lesitin – Tween 80 pada berbagai konsentrasi: a. tanpa menggunakan CMC; b. menggunakan CMC.

Secara umum penggunaan konsentrasi surfaktan yang semakin besar akan meningkatkan kestabilan emulsi dilihat dari ketahanan untuk tetap dalam fase emulsi pada pengamatan selama 300 menit. Hal ini menunjukkan kuantitas surfaktan Lesitin berbanding lurus dalam kemampuan emulsifikasi dilihat dari kestabilan emulsi terhadap waktu pengamatan. Pada penggunaan surfaktan dengan konsentrasi 0,5 % terbentuk kurva yang menurun dan kembali naik disebabkan sedimen yang terbentuk pada dasar tabung pengamatan memadat yang menyebabkan volume sedimen menurun.



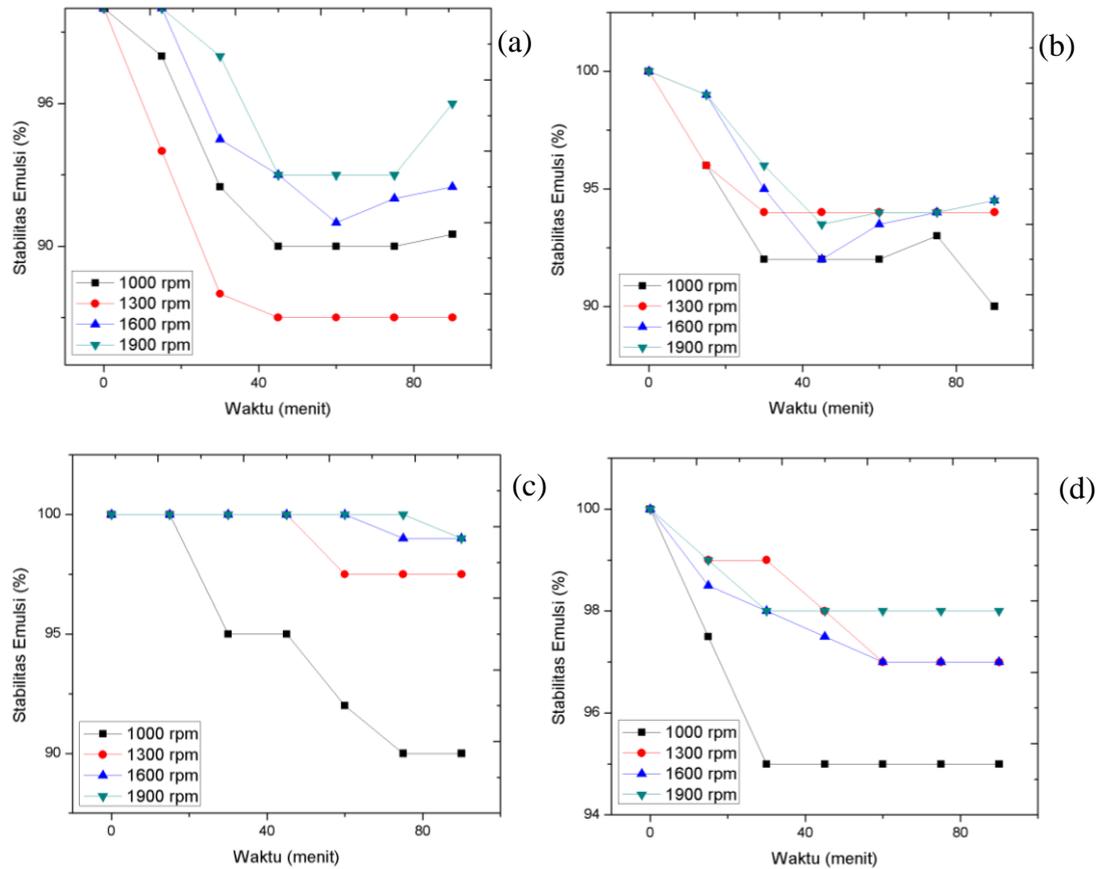
Gambar 4.6 Pengaruh waktu terhadap kestabilan bahan bakar emulsi dengan surfaktan campuran Lesitin – Triton X-100 pada berbagai konsentrasi: a. menggunakan CMC ; b. menggunakan CMC.

Penggunaan surfaktan Lesitin - Triton X-100 pada berbagai konsentrasi menunjukkan bahwa adanya penambahan CMC pada emulsi bahan bakar tidak meningkatkan nilai kestabilan dibandingkan dengan tanpa penambahan CMC. Hal ini menunjukkan CMC tidak dapat berinteraksi dengan sempurna dan berperan sebagai co-emulsifier pada sistem emulsi dengan surfaktan campuran tersebut.

4.7. Pengaruh Kecepatan Impeller terhadap Kestabilan Emulsi Bahan Bakar

Pengamatan kecepatan impeller terhadap kestabilan emulsi dilakukan dengan metode visual selama 90 menit dilihat dari sedimen yang terbentuk pada

dasar tabung pengamatan. Hasil pengamatan pengaruh kecepatan impeller terhadap kestabilan emulsi bahan bakar dinyatakan pada gambar 4.7.



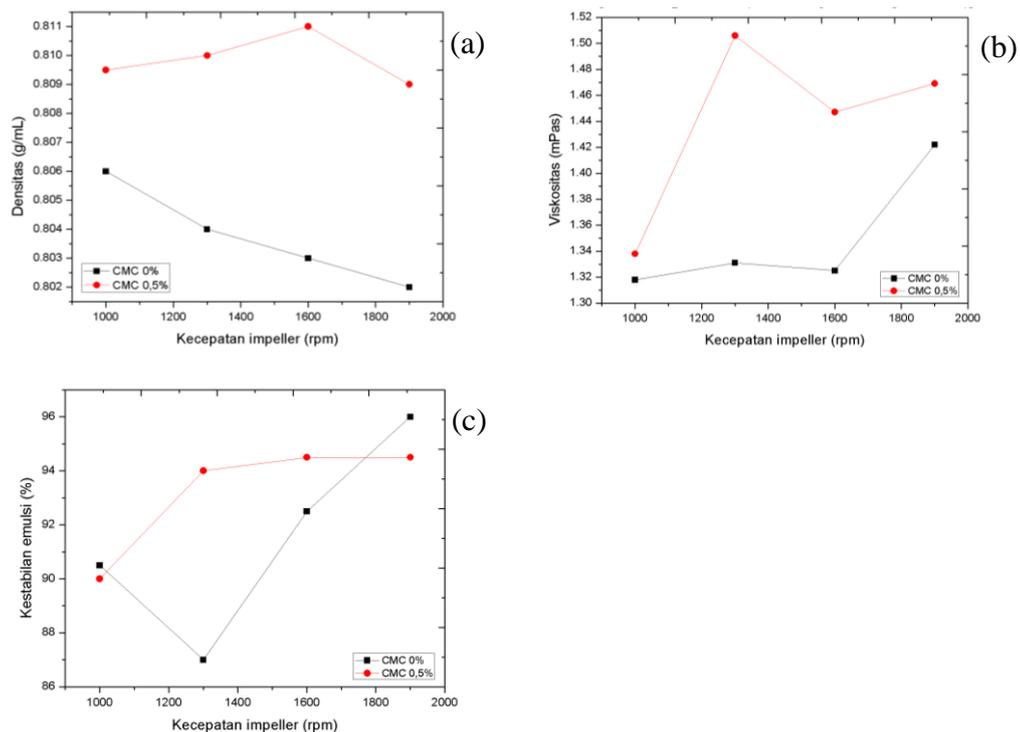
Gambar 4.7 Pengaruh kecepatan impeller terhadap kestabilan bahan bakar emulsi dengan surfaktan campuran: a. Lesitin – Tween 80 tanpa menggunakan CMC; b. Lesitin – Tween 80 menggunakan CMC; c. Lesitin – Triton X-100 tanpa menggunakan CMC; d. Lesitin – Triton X-100 dengan menggunakan CMC.

Secara umum semakin cepat putaran impeller akan menghasilkan emulsi bahan bakar yang lebih stabil berdasarkan pengamatan terbentuknya sedimen. Hal ini disebabkan semakin cepat impeller berputar maka akan memberikan energi yang lebih besar pula untuk pembentukan emulsi. Kecepatan impeller pada 1900 rpm memberikan kestabilan emulsi bahan bakar yang paling stabil dibandingkan dengan variabel kecepatan yang lebih rendah.

Nilai viskositas, densitas dan kestabilan emulsi bahan bakar sebagai fungsi kecepatan impeller ditunjukkan pada Gambar 4.8 dan 4.9. Nilai densitas untuk seri surfaktan Lesitin - Tween 80 menunjukkan tren turun meskipun

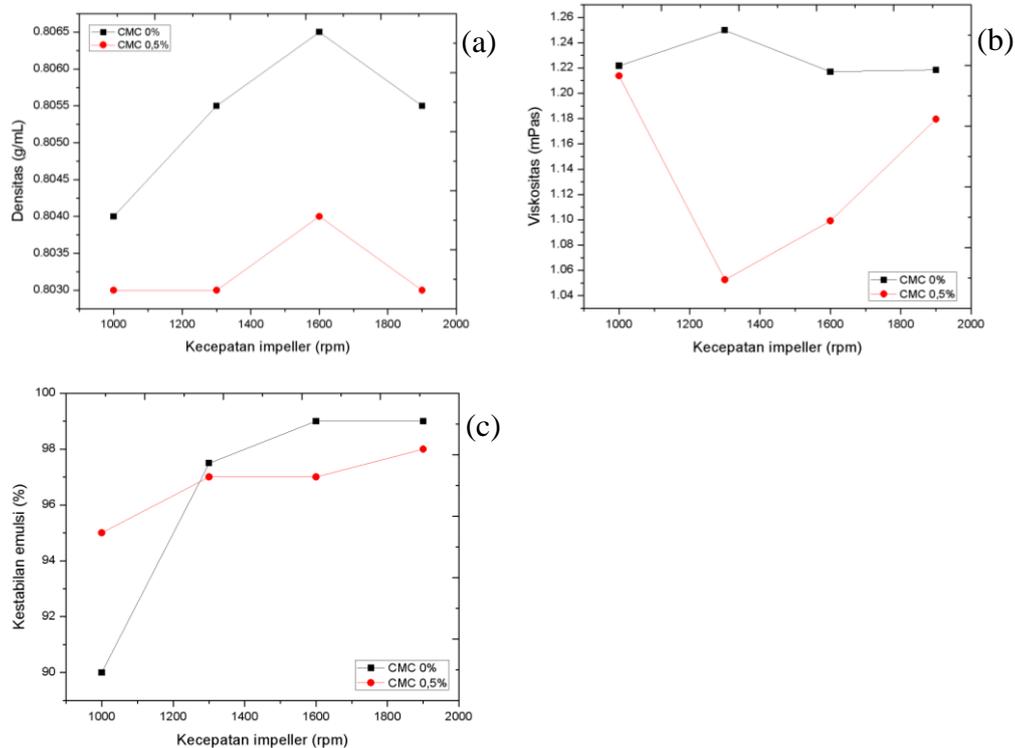
nilainya tidak signifikan. Hal ini disebabkan komposisi diesel, air, dan surfaktan berada pada perbandingan yang sama. Penurunan tren densitas tanpa adanya penambahan CMC disebabkan semakin cepat putaran menyebabkan energi yang diterima oleh emulsi besar sehingga memecah kembali emulsi yang terbentuk. Nilai densitas cenderung turun dikarenakan fase yang dominan dalam emulsi adalah minyak dibandingkan air yang dapat terdispersi. Penambahan CMC pada seri surfaktan Lesitin – Tween menyebabkan emulsi menjadi lebih stabil dalam mempertahankan nilai densitas. Energi dari kecepatan impeller dapat dimanfaatkan secara optimal untuk membentuk emulsi diesel-air.

Nilai viskositas terhadap kecepatan impeller secara umum menunjukkan kenaikan karena adanya energi yang diberikan dari impeller untuk mengemulsi bahan bakar. Penggunaan CMC menyebabkan emulsi menjadi lebih kental karena adanya interaksi dari semua komponen dalam emulsi.



Gambar 4.8 Hubungan sifat fisik dan kestabilan terhadap kecepatan impeller pada surfaktan Lesitin – Tween 80: a. Densitas; b. Viskositas; c. Kestabilan emulsi

Kestabilan berdasarkan pengamatan visual selama 90 menit secara umum menunjukkan tren peningkatan karena semakin tinggi kecepatan impeller, semakin besar energi yang ditransfer untuk proses emulsifikasi.



Gambar 4.9 Hubungan sifat fisik dan kestabilan sebagai fungsi kecepatan impeller pada surfaktan Lesitin – Triton X-100: a. Densitas; b. Viskositas; c. Kestabilan

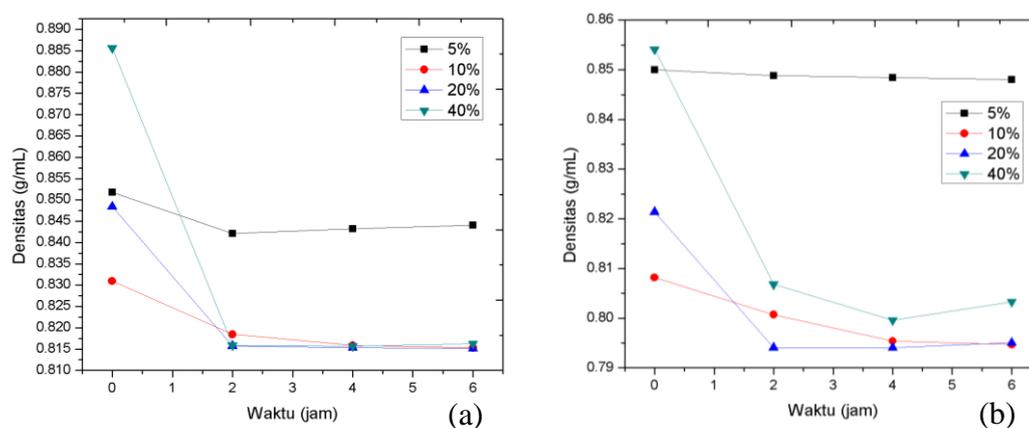
Pada seri surfaktan Lesitin – Triton X-100, nilai densitas berubah tidak terlalu signifikan terhadap pengaruh kecepatan impeller. Tanpa adanya penambahan CMC, densitas menunjukkan tren kenaikan karena emulsi yang terbentuk dari komponen minyak dan air berbanding lurus dengan energi yang digunakan untuk proses emulsifikasi. Nilai viskositas terhadap pengaruh kecepatan impeller secara umum menunjukkan tanpa penambahan CMC, nilai viskositas cenderung konstan karena membentuk sistem emulsi stabil sedangkan dengan adanya CMC kecepatan impeller berbanding lurus dengan viskositas karena energi yang diperoleh dari impeller digunakan untuk mendispersikan air ke dalam minyak.

4.8. Pengaruh Kadar Air terhadap Kestabilan Emulsi Bahan Bakar

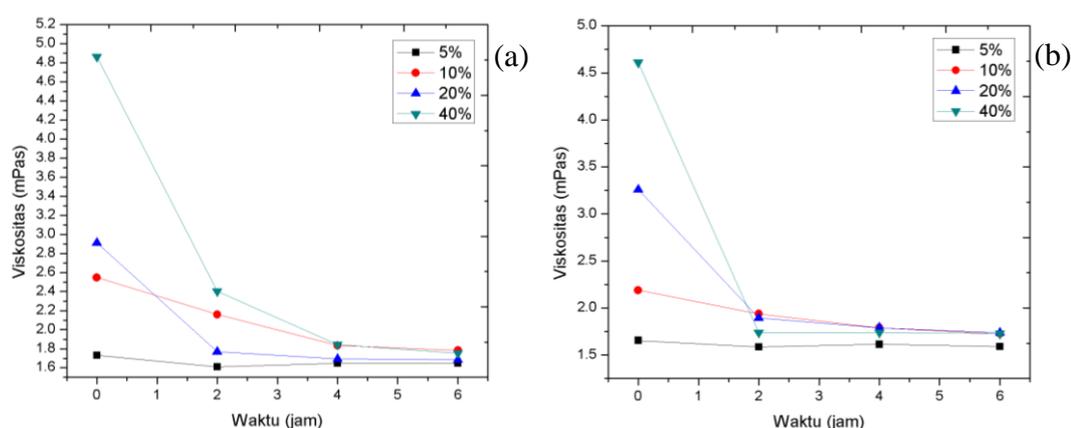
Pengamatan pengaruh kadar air terhadap kestabilan emulsi bahan bakar dilakukan pada kondisi optimum antara lain pada seri surfaktan Lesitin – Tween

80 dengan perbandingan 45,5% dan 54,5%, konsentrasi 1% dan menggunakan CMC sebagai co-emulsifier. Pada seri surfaktan Lesitin-Triton X-100 dengan perbandingan 76,6% dan 23,4%, konsentrasi 1 % dan tidak adanya penambahan CMC sebagai co-emulsifier.

Sifat – sifat fisik dari bahan bakar emulsi yang terdiri atas viskositas dan densitas diamati secara berkala bertujuan untuk melihat kecenderungan sifat fisik bahan bakar emulsi jika dilihat dari konsistensinya terhadap waktu. Semakin konsisten sifat fisik terhadap waktu maka dapat dikatakan bahwa emulsi bahan bakar tersebut semakin stabil. Pengamatan sifat fisik dari bahan bakar emulsi dengan variasi kadar air disajikan dalam Gambar 4.10 dan Gambar 4.11.



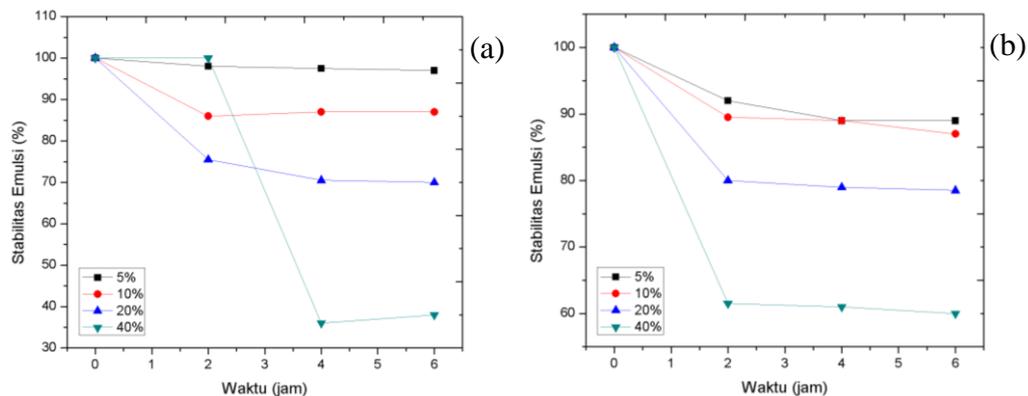
Gambar 4.10 Pengamatan densitas bahan bakar emulsi pada variasi kadar air terhadap selang waktu: a. surfaktan Lesitin -Tween 80; b. Lesitin – Triton X-100



Gambar 4.11 Pengamatan viskositas bahan bakar emulsi surfaktan dengan variasi kadar air terhadap selang waktu: a. Lesitin – Tween 80; b. Lesitin – Triton X-100

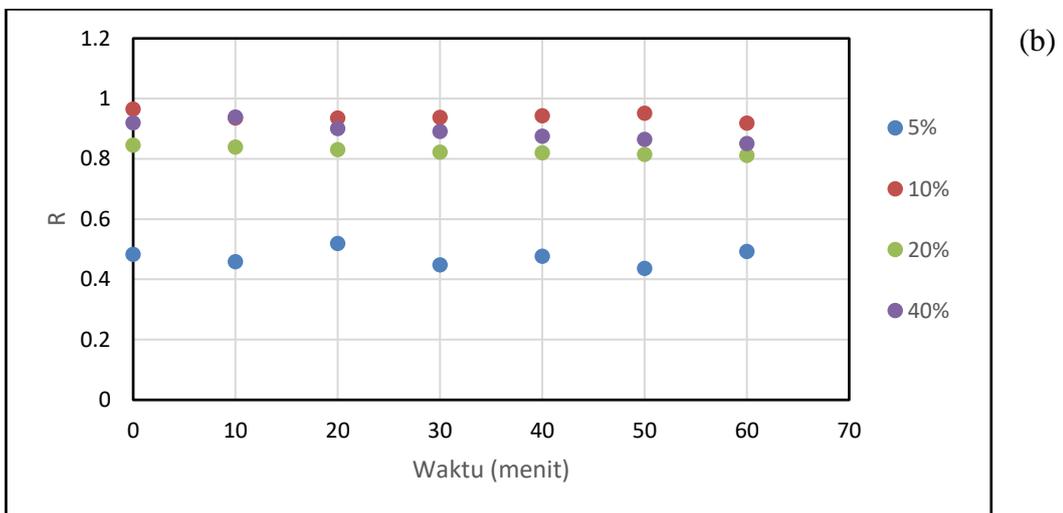
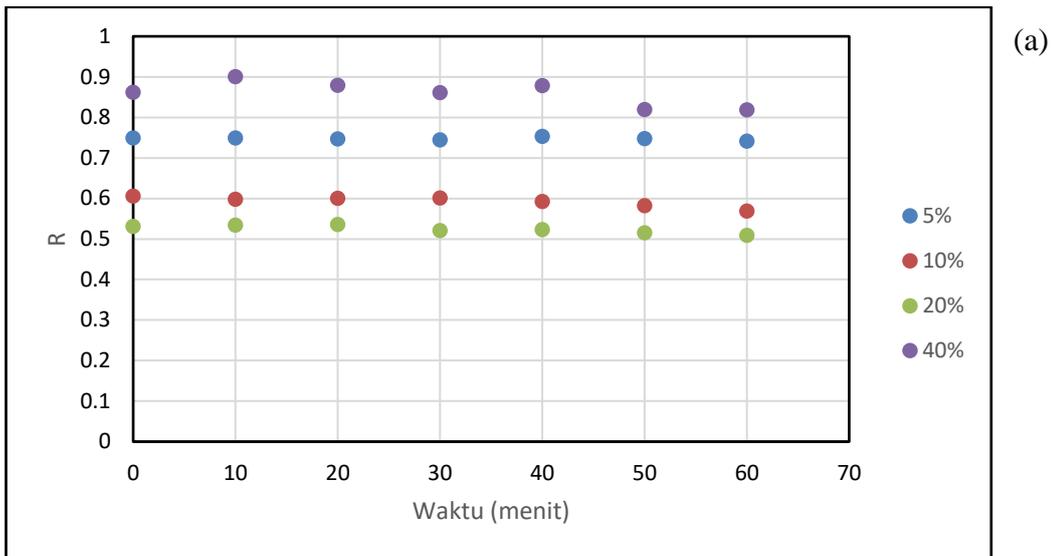
Pada pengamatan densitas terhadap waktu selama 6 jam, emulsi dengan kadar air 5% memiliki konsistensi yang paling besar bila diamati dari perbandingan penurunan nilai densitas pada akhir dan akhir waktu yaitu 99,10% untuk Lesitin – Tween dan 99,76% untuk Lesitin – Triton X-100. Nilai viskositas terhadap waktu pada emulsi dengan kadar air 5% juga menunjukkan konsistensi yang terbesar yaitu 95,90% pada emulsi Lesitin – Tween 80 dan 95,16% pada emulsi Lesitin – Triton X-100.

Pengamatan pembentukan sedimen pada bahan bakar emulsi terhadap selang waktu bertujuan untuk melihat tempo kecenderungan pengaruh kadar air pada bahan bakar emulsi dalam membentuk emulsi. Semakin cepat dan banyak sedimen yang terbentuk maka semakin tidak stabil pula emulsi yang terbentuk. Hasil pengamatan visual bahan bakar emulsi dalam pembentukan sedimen disajikan dalam gambar 4.12.

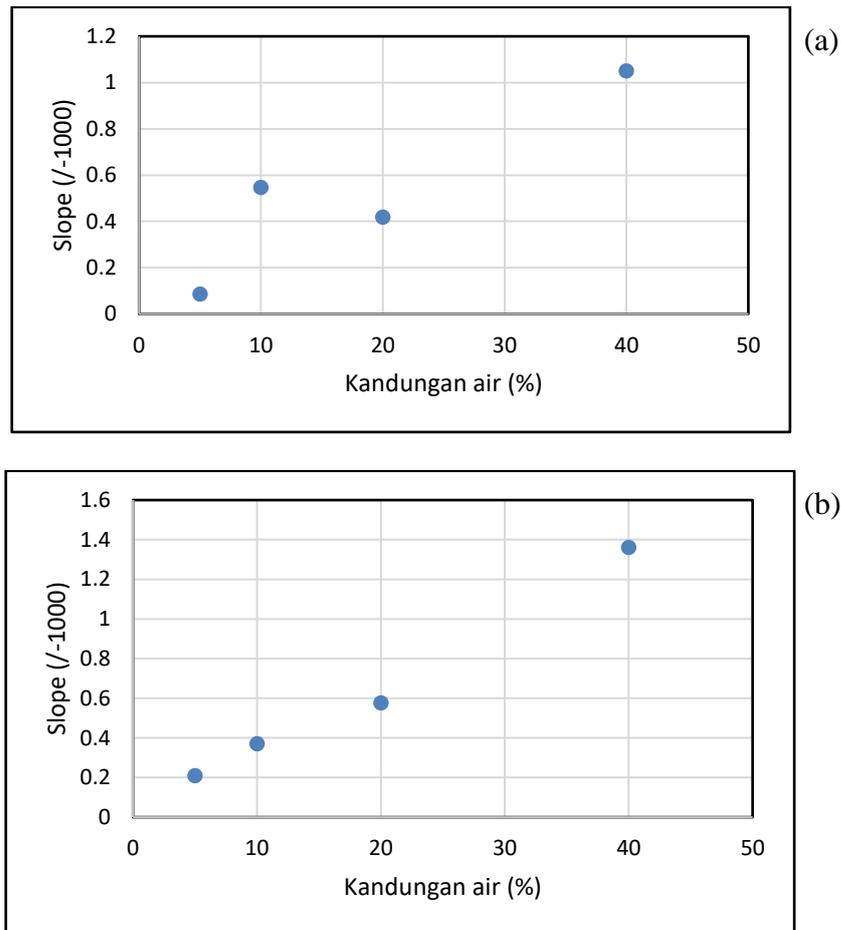


Gambar 4.12 Stabilitas emulsi terhadap selang waktu pada bahan bakar emulsi dengan surfaktan Lesitin – Tween 80 (a) dan Lesitin – Triton X-100 (b)

Selain secara visual, kestabilan bahan bakar emulsi air dalam minyak diesel dilakukan dengan pendekatan rasio turbiditas yang didapatkan. Rasio turbiditas yang analogi dengan rasio absorbansi dapat ditentukan dari serapan dua nilai panjang gelombang yang berbeda. Hasil pengamatan rasio absorbansi (R) pada panjang gelombang 450 dan 850 nm terhadap waktu dinyatakan dalam gambar 4.13 dan slope hasil pengamatan rasio absorbansi terhadap waktu pada variabel kandungan air dinyatakan daalam gambar 4.14.



Gambar 4.13 Grafik rasio absorbansi terhadap waktu bahan bakar emulsi pada variasi kandungan air dalam bahan bakar: a. Surfaktan Lesitin – Tween 80; b. Lesitin – Triton X-100



Gambar 4.14 Nilai slope hasil pengamatan rasio absorbansi terhadap waktu pada variabel kandungan air dalam minyak diesel: a. Surfaktan Lesitin – Tween 80; b. Lesitin – Triton X-100

Penentuan rasio turbiditas dinyatakan dengan pengukuran absoransi karena turbiditas berbanding lurus dengan absoransi dengan asumsi tidak terjadi serapan molekuler pada panjang gelombang yang terukur tersebut (Song et al, 2002). Penggunaan panjang gelombang rendah (450 nm) dan tinggi (850 nm) berkaitan dengan ukuran partikel dalam emulsi. Partikel dengan ukuran kecil cenderung untuk menghamburkan cahaya pada panjang gelombang rendah dan analogi untuk panjang gelombang tinggi. Pengukuran absoransi dilakukan secara kontinyu selama 60 menit bertujuan untuk mengetahui perubahan turbiditas sebagai parameter kestabilan yang terjadi pada sampel bahan bakar emulsi di titik yang sama.

Rasio turbiditas pada panjang gelombang tinggi dan rendah menunjukkan distribusi dari ukuran partikel yang terdapat dalam sampel tersebut. Oleh karena itu, nilai perubahan rasio turbiditas pada emulsi menunjukkan nilai kestabilannya. Perubahan rasio turbiditas dinyatakan dengan gradien kemiringan dimana nilai terkecil menunjukkan emulsi yang paling stabil karena memiliki kecenderungan konstan terhadap waktu. Hasil yang didapatkan dari pengamatan kestabilan dengan rasio turbiditas maupun pengamatan visual menunjukkan bahwa emulsi bahan bakar dengan kandungan air 5 % merupakan emulsi bahan bakar paling stabil.

Validasi parameter kestabilan bahan bakar emulsi dengan metode rasio turbiditas dilakukan dengan pengukuran *droplet size* dengan menggunakan metode DLS. Pengukuran yang dilakukan pada sampel bahan bakar emulsi dengan kandungan air 5% dan 40% dinyatakan dalam Tabel 4.2.

Tabel 4.4 Ukuran droplet emulsi bahan bakar pada kedua macam jenis surfaktan campuran

Surfaktan bahan bakar emulsi	Kandungan air (%)	Ukuran droplet (nm)
Lesitin – Tween 80	5	3,782
	40	4,669
Lesitin – Triton X-100	5	2,662
	40	9,239

Jumlah air yang ditambahkan dalam bahan bakar emulsi memberikan pengaruh terhadap ukuran droplet emulsi dimana ukuran droplet berbanding lurus dengan kandungan air yang ditambahkan.

(halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

1. Kandungan surfaktan yang terbaik untuk pembuatan emulsi adalah 1% dengan jenis surfaktan campuran Lesitin – Tween 80 pada komposisi 45,5% - 54,5% dan Lesitin – Triton X-100 pada komposisi 76,6% - 23,4%.
2. Karakteristik sifat fisik emulsi berupa densitas pada kadar air 5% terhadap waktu menunjukkan konsistensi terbesar yaitu 99,10% pada surfaktan Lesitin – Tween 80 dan 99,76% pada emulsi dengan surfaktan Lesitin – Triton X-100.
3. Karakteristik sifat fisik emulsi berupa viskositas pada kadar air 5% terhadap waktu menunjukkan konsistensi terbesar yaitu 95,90% pada emulsi dengan surfaktan Lesitin – Tween 80 dan 95,16% pada emulsi dengan surfaktan Lesitin – Triton X-100.
4. Emulsi bahan bakar pada kandungan air 5% memiliki nilai kestabilan terbaik dilihat dari pengamatan visual setelah 300 menit yaitu sebesar 83 % untuk surfaktan Lesitin - Tween 80 dan 95 % untuk surfaktan Lesitin - Triton X-100.
5. Kestabilan emulsi berdasarkan metode rasio turbiditas menunjukkan bahan bakar emulsi dengan kandungan air 5% untuk merupakan paling stabil dengan nilai *slope* rasio turbiditas terhadap waktu terkecil yaitu $-2,084 \times 10^{-4}$ untuk emulsi dengan surfaktan Lesitin – Tween 80 dan $-8,657 \times 10^{-5}$ untuk emulsi dengan surfaktan Lesitin – Triton X-100.

5.2 Saran

1. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai penggunaan jenis surfaktan berbasis bahan alam yang lain dan modifikasi alat seperti atomisasi fase terdispersi untuk pembuatan bahan bakar emulsi
2. Perlu dilakukan kajian mengenai implementasi emulsi bahan bakar ke dalam mesin diesel dan dilakukan pengecekan mengenai performa dan karakteristik emisinya.

(halaman ini sengaja dikosongkan)

DAFTAR PUSTAKA

- Alahmer, A., Yamin J., Sakhrich, A., Hamdan, M.A. (2010), "Engine Performance using Emulsified Diesel Fuel", *Energy Conversion and Management*, Vol. 51, no. 8, hal.1708-1713.
- Al-Sabagh, A.M., Emara, M.M., El-Din, M.R.N., Aly, W.R. (2011), "Formation of Water-in-diesel Oil Nano-emulsions using High Energy Method and Studying Some of Their Surface Active Properties", *Egyptian Journal of Petroleum*, Vol. 20, no.2, hal. 17-23.
- Bidita, B.S., Suraya, A.R., Shazed, M.A., Mohd-Salleh, M.A., Idris, A. (2016), "Preparation, Characterization, and Engine Performance of Water in Diesel Nanoemulsions", *Journal of Energy Institute*, Vol. 89, no. 3, hal. 1-12.
- Brennan, J.G (2006), *Food Processing Handbook*, first edition, Wiley-VCH Verlag GmbH & Co.KgaA, Weinheim
- Califano, V., Calabria, R., Massoli, P. (2014), "Experiment Evaluations of The Effect of Stability on Micro-Explosion Phenomena for Water-in-Oil Emulsions", *Fuel*, Vol. 17, part A, hal. 87-94.
- De Morais, J.M., Dos Santos, O.D.H., Delicato, T., Da Rocha-Filho, P.A. (2006), "Characterization and Evaluation of Electrolyte Influence on Canola Oil/Water Nano-Emulsion", *Journal of Dispersion Science and Technology*, Vol.27, hal.1009-1014.
- Direktorat Pemasaran dan Niaga Pertamina (2007), Lembar Data Keselamatan Bahan, PT. Pertamina, Jakarta
- Dukhin, S.S., Sjöblom, J., Sæther, Ø. (2006), *Emulsions and Emulsions Stability*, second edition, Taylor and Francis Group, Boca Raton
- El-Din, M.R.N., El-Hamouly, S.H., Mohammed, H.M., Mishrif, M.R., Ragab, A.M. (2013), "Water-in-Diesel Fuel Nanoemulsions: Preparation, Stability, and Physical Properties", *Egyptian Journal of Petroleum*, Vol. 22, no. 4, hal. 575-581.
- El-Din, M.N., Osman, D.I., Rashad, A.M., Mishrif, M.R., El-Sharaky, E.A. (2017), "Physicochemical and Rheological Characterization of Diesel Fuel Nanoemulsions at Different Water and Surfactant Contents", *Journal of Molecular Liquids*, Vol.231, hal.440-450
- Gadhve, A (2014), "Determination of Hydrophilic-Lipophilic Balance Value", *International Journal of Science & Research*, Vol.3, no.4, hal. 573-575

- Gupta, A., Badruddoza, A.Z.M., Doyle, P.S. (2017), "A General Route of Nanoemulsion Synthesis Using Low-Energy Methods at Constant Temperature", *Langmuir*, Vol.33, no.28, hal. 7118-7123
- Ithnin, A.M., Noge, H., Kadis, H.A., Jazair W. (2014), "An Overview of Utilizing Water-in-Diesel Emulsion Fuel in Diesel Engine and Its Potential Research Study", *Journal of the Energy Institute*, Vol. 87, no.4, hal.1-16.
- Khan, M. Y., Karim, Z.A.A., Hagos, F.Y., Aziz, A.R.A., Tan, I.M. (2014), "Current Trends in Water-in-Diesel Emulsion as a Fuel", *The Scientific World Journal*, Vol.2014, hal. 1-15
- Kumsah, C.A., Pass, G., Phillips, G.O. (1976), "The Interaction Between Sodium Carboxymethylcellulose and Water", *Journal of Solution Chemistry*, Vol. 5, no. 11, hal. 799-806.
- Lif, A. Dan Holmberg, K. (2006), "Water-in-Diesel Emulsions and Related Systems", *Advances in Colloid and Interface Science*, Vol.123-126, hal. 231-239
- Mura, E., Calabria, R., Califano, V., Massoli, P., Belettre, J. (2014), "Emulsion Droplet Microexplosion: Analysis of Two Experimental Approaches", *Experimental Thermal and Fluid Science*, Vol. 56, hal. 69-74.
- Ogunkoya, D., Li, S., Rojas, O.J., Fang, T. (2015), "Performance, Combustion, and Emissions in a Diesel Engine Operated with Fuel-in-water Emulsions Based on Lignin", *Applied Energy*, Vol. 154, no. 2015, hal. 851-861
- Park, S., Woo, S., Kim, H., Lee, K. (2016), "Effect of Diesel-Water-Emulsified Fuel on the NO_x and PM Emissions of a Diesel Engine", *Energy Fuels*, Vol.30, no.7, hal. 6070-6079
- Purwanto, D. (2008), "Pengaruh Desain Impeller, Baffl vE, dan Kecepatan Putar pada Proses Isolasi Minyak Kelapa Murni dengan Metode Pengadukan", *Seminar Nasional Aplikasi Sains dan Teknologi-IST AKPRID Yogyakarta*, hal. 49-55
- Ragland, K.W., dan Bryden, K.M. (2011), *Combustion Engineering*, 2nd edition, Taylor & Francis Group, Northwest
- Reddy, S.R., dan Fogler, H.S. (1980), "Emulsion Stability: Determination from Turbidity", *Journal of Colloid and Interface Science*, Vol. 79, no. 1, hal.101-104
- Reşitoğlu, İ.A., Altinişik, K., Keskin, A. (2015), "The Pollutant Emissions from Diesel Engine Vehicles and Exhaust Aftertreatment Systems", *Clean Technology Environment Policy*, Vol.17, no.1, hal.15-27

- Song, M.G., Cho, S.H., Kim, J.Y., dan Kim, J.D. (2002), “Novel Evaluation Method for the Water-in-Oil (W/O) Emulsion Stability by Turbidity Ratio Measurements”, *Korean Journal Chemical Engineering*, Vol. 19, no. 3, hal. 425-430.
- Tadros, T., Izquierdo, P., Esquena, J., Solans, C. (2004), “Formation and Stability of Nano-emulsions”, *Advanced in Colloid and Interface Science*, Vol. 109, no. 1, hal. 303-318.
- Vellaiyan, S. dan Amirthagadeswaran, K.S. (2016), “The Role of Water-in-Diesel Emulsion and Its Additives on Engine Performance and Emission Levels: A Retrospective Review”, *Alexandria Engineering Journal*, Vol. 55, no. 3, hal. 2463-2472.
- Wang, L., Dong, J., Chen, J., Eastoe, J., Xuefeng, L. (2009), “Design and Optimization of a New Self-Nanoemulsifying Drug Delivery System”, *Journal of Colloid and Interface Science*, Vol. 330, no. 2, hal. 443-448.
- Weiss, J. (2008), Emulsion Processing: Homogenization, Lecture handout: Department of Food Science and Biotechnology, University of Hohenheim, Stuttgart

APPENDIKS

1. Perhitungan Komposisi Surfaktan

Volume emulsi	= 600 mL
ρ <i>Lesitin</i>	= 1,108 gram/mL
ρ Tween 80	= 1,07 g/mL
ρ Triton x-100	= 1,07 g/mL

Tabel 1. Analog Perhitungan Surfaktan 0,1% (*Lesitin – Tween 80*)

Komposisi surfaktan (%)		Komposisi surfaktan (gram)	
<i>Lesitin</i>	<i>Tween 80</i>	<i>Lesitin</i>	<i>Tween 80</i>
100	0	0,6648	0
80	20	0,5280	0,1320
60	40	0,3933	0,2622
45,5	54,5	0,2967	0,3554
20	80	0,1293	0,5171
0	100	0	0,6420

Tabel 2. Analog Perhitungan Surfaktan 0,1% (*Lesitin – Triton X-100*)

Komposisi surfaktan (%)		Komposisi surfaktan (gram)	
<i>Lesitin</i>	<i>Triton X-100</i>	<i>Lesitin</i>	<i>Triton X-100</i>
76.6	23.4	0,5050	0,1543
53.2	46.8	0,3478	0,3061
36.2	63.8	0,2351	0,4149
6.4	93.6	0,0410	0,6024
0	100	0	0,6420

Tabel 3. Analog Perhitungan Surfaktan 0,5% (Lesitin – Tween 80)

Komposisi surfaktan (%)		Komposisi surfaktan (gram)	
<i>Lesitin</i>	<i>Tween 80</i>	<i>Lesitin</i>	<i>Tween 80</i>
45,5	54,5	1,4837	1,7772

Tabel 4. Analog Perhitungan Surfaktan 0,5% (Lesitin – Triton X-100)

Komposisi surfaktan (%)		Komposisi surfaktan (gram)	
<i>Lesitin</i>	<i>Tween 80</i>	<i>Lesitin</i>	<i>Tween 80</i>
76,6	23,4	2,5252	0,7714

Tabel 4. Analog Perhitungan Surfaktan 1% (Lesitin – Tween 80)

Komposisi surfaktan (%)		Komposisi surfaktan (gram)	
<i>Lesitin</i>	<i>Tween 80</i>	<i>Lesitin</i>	<i>Tween 80</i>
45,5	54,5	2,9674	3,5544

Tabel 5. Analog Perhitungan Surfaktan 1% (Lesitin – Triton X-100)

Komposisi surfaktan (%)		Komposisi surfaktan (gram)	
<i>Lesitin</i>	<i>Triton – x</i>	<i>Lesitin</i>	<i>Triton X-100</i>
76,6	23,4	5,0504	1,5428

2. Menghitung HLB Surfaktan

$$\%(A) = \frac{(X - HLB_B) \times 100}{HLB_A - HLB_B}$$

$$\%(B) = 100 - \%(A)$$

Keterangan :

A : % Surfaktan A

B : % Surfaktan B

X : HLB yang diinginkan

HLB_B : HLB Surfaktan BHLB_A : HLB Surfaktan A

HLB 45,5% *Lesitin*-54,5% *Tween*

$$45,5\% = \frac{(X - 15) \times 100}{4 - 15}$$

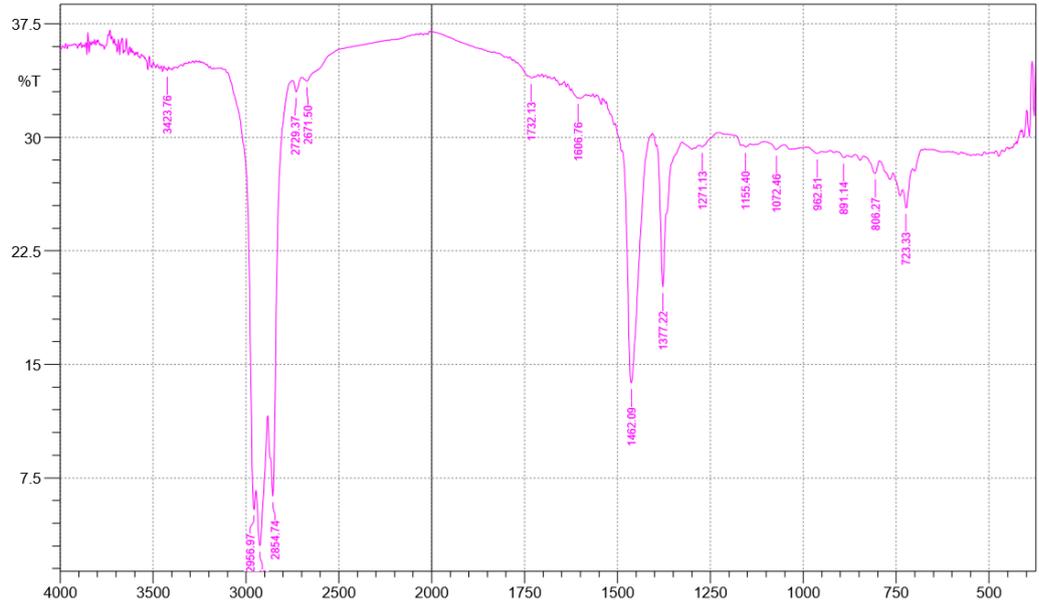
$$X = 10$$

Tabel 6. Analog Perhitungan HLB

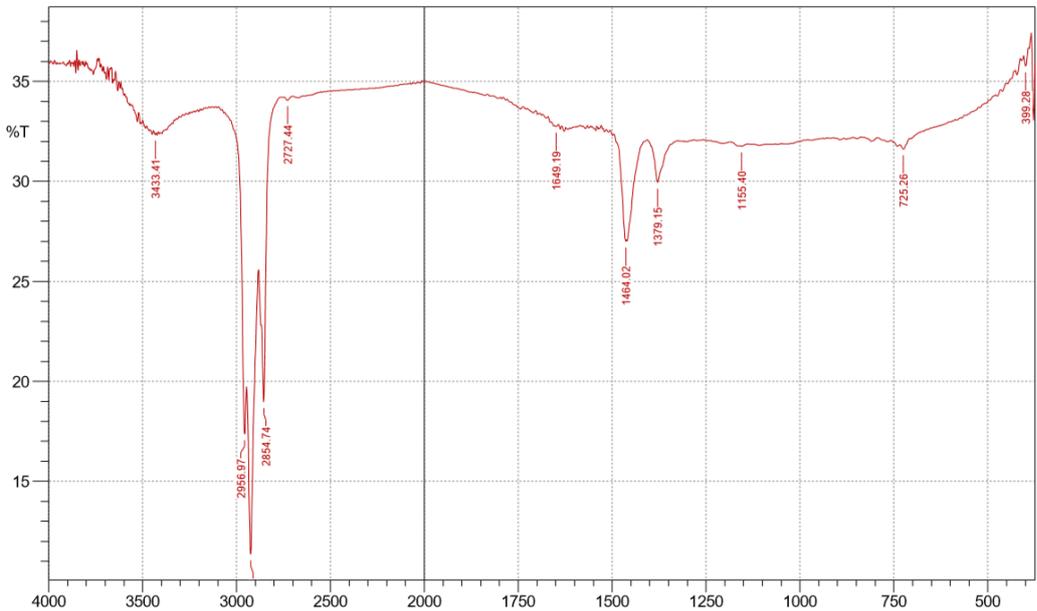
HLB	Komposisi Surfaktan (%)		HLB	Komposisi Surfaktan (%)	
	<i>Lesitin</i>	<i>Tween 80</i>		<i>Lesitin</i>	<i>Triton X-100</i>
4	100	0	4	100	0
6,2	80	20	6,2	76,6	23,4
8,4	60	40	8,4	53,2	46,8
10	45,5	54,5	10	36,2	63,8
12,8	20	80	12,8	6,4	93,6
15	0	100	13,4	0	100

Spektra FTIR Komponen Pengamatan Visual Bahan Bakar Emulsi

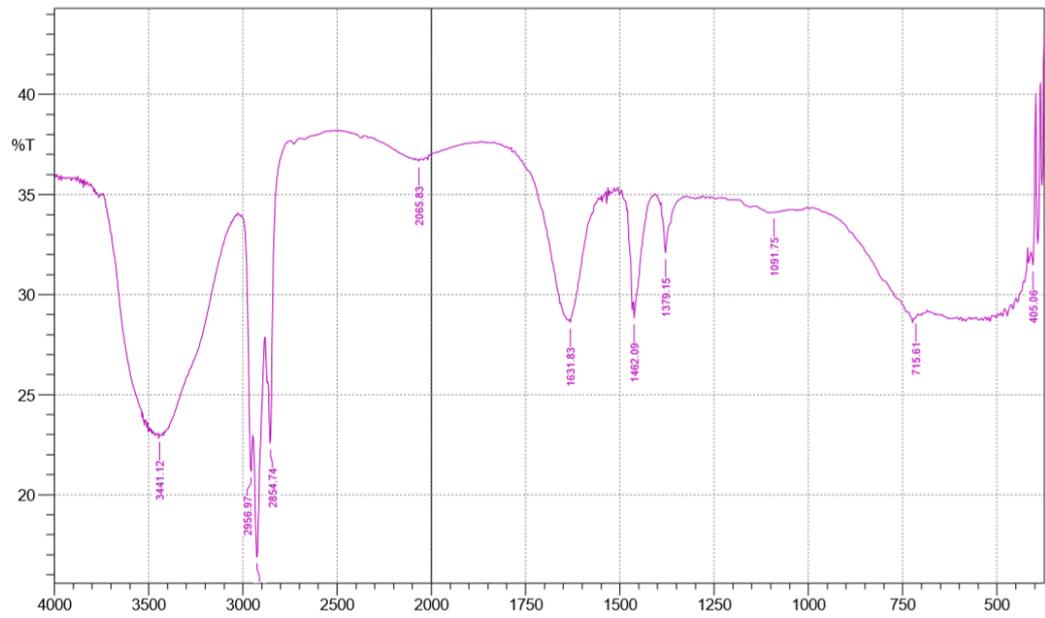
1. Pengamatan bagian lapisan atas



2. Pengamatan bagian lapisan tengah



3. Pengamatan bagian lapisan bawah



Nilai densitas (g/mL) terhadap waktu pengamatan pada variasi kadar air dalam emulsi bahan bakar

Surfaktan	Jam ke	Kadar air (%)			
		5	10	20	40
Lesitin – Tween 80	0	0.8518	0.8310	0.8485	0.8856
	2	0.8421	0.8185	0.8158	0.8159
	4	0.8432	0.8159	0.8154	0.8158
	6	0.8441	0.8154	0.8151	0.8163
Lesitin – Triton X-100	0	0.8500	0.8082	0.8214	0.8541
	2	0.8488	0.8007	0.7941	0.8068
	4	0.8484	0.7954	0.7941	0.7996
	6	0.8480	0.7947	0.7951	0.8033

Nilai viskositas (mPas) terhadap waktu pengamatan pada variasi kadar air dalam emulsi bahan bakar

Surfaktan	Jam ke	Kadar air (%)			
		5	10	20	40
Lesitin – Tween 80	0	1.65634	2.18921	3.25981	4.61084
	2	1.58465	1.93803	1.89328	1.73999
	4	1.61317	1.79116	1.79003	1.73977
	6	1.58842	1.7261	1.73844	1.72807
Lesitin – Triton X-100	0	1.73281	2.54744	2.91107	4.86188
	2	1.61057	2.15967	1.76829	2.40386
	4	1.64972	1.83355	1.69357	1.84323
	6	1.64895	1.78208	1.68323	1.75098

Persentase perubahan nilai densitas dan viskositas pada waktu akhir terhadap waktu awal pengamatan.

Surfaktan	Kadar air (%)	Perubahan nilai akhir terhadap awal pengamatan (%)	
		Densitas	Viskositas
Lesitin – Tween 80	5	99,10	95,90
	10	98,12	78,85
	20	96,07	53,33
	40	92,22	37,48
Lesitin – Triton X-100	5	99,76	95,16
	10	98,33	69,96
	20	96,80	58,22
	40	94,05	36,01

BIOGRAFI PENULIS



Penulis memiliki nama lengkap Joko Suryadi, lahir di kota Semarang, 20 Oktober 1987. Ia adalah anak pertama dari dua bersaudara, buah hati dari pasangan Bapak Ngatimin dan Ibu Sutarti. Penulis telah menempuh Pendidikan formal di SD Negeri Siliwangi 02 (1993-1999), SLTP Negeri 01 Semarang (1999-2002), SMU Negeri 5 Semarang (2002-2005) serta studi S1 Kimia di Universitas Diponegoro (2005-2009). Penulis pernah mengikuti Program Pendidikan Calon Pendidik Akademi Komunitas (PPCPAK) yang diselenggarakan oleh Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi di Politeknik Negeri Samarinda (2013-2014). Pengalaman kerja penulis adalah sebagai pengajar di SMA PGRI 01 Kendal (2010-2013) dan Tenaga Instruktur di Akademi Komunitas Negeri Paser serta Rintisan Politeknik Negeri Paser (2014-2016). Penulis melanjutkan studi S2 di Departemen Teknik Kimia Insitut Teknologi Sepuluh Nopember melalui Beasiswa Unggulan Dosen Indonesia yang diselenggarakan oleh Kementerian Riset, Teknologi, dan Pendidikan Tinggi (2016-2018). Penelitian yang pernah dilakukan oleh penulis mengenai energi adalah penggunaan senyawa berwarna alami untuk sel surya organik pada tahun 2009 dan mengenai bahan bakar emulsi untuk mesin diesel pada tahun 2017-2018.