



**SKRIPSI - TK 141581**

**PENGARUH PENAMBAHAN SURFAKTAN  
TERHADAP KESTABILAN EMULSI SOLAR-AIR  
SEBAGAI BAHAN BAKAR ALTERNATIF PADA  
MESIN DIESEL**

Luthfiana Azmi  
NRP 2313106006  
Gita Nur Sajida  
NRP 2313106007

**Dosen Pembimbing**

Prof. Dr. Ir. Sugeng Winardi, M.Eng  
NIP. 195209161980031002  
Dr. Kusdianto, S.T., M.Sc.Eng  
NIP. 197612292009121001

JURUSAN TEKNIK KIMIA  
Fakultas Teknologi Industri  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya  
2016



**FINAL PROJECT - TK 141581**

**THE EFFECT OF SURFACTANT LOADING AT  
WATER-OIL EMULSIONS AS ALTERNATIVE FUELS  
IN DIESEL ENGINE**

Luthfiana Azmi  
NRP 2313106006  
Gita Nur Sajida  
NRP 2313106007

**Advisors**

Prof. Dr. Ir. Sugeng Winardi, M.Eng  
NIP. 195209161980031002  
Dr. Kusdianto, S.T., M.Sc.Eng  
NIP. 197612292009121001

CHEMICAL ENGINEERING DEPARTMENT  
Faculty of Industrial Technology  
Sepuluh Nopember Institute of Technology  
Surabaya  
2016

## LEMBAR PENGESAHAN

### PENGARUH PENAMBAHAN SURFAKTAN TERHADAP KESTABILAN EMULSI SOLAR-AIR SEBAGAI BAHAN BAKAR ALTERNATIF PADA MESIN DIESEL

Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar  
Sarjana Teknik Program Studi S-1  
Jurusan Teknik Kimia Institut  
Fakultas Teknologi Industri  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

**LUTHFIANA AZMI  
GITA NUR SAJIDA**

**2313106006  
2313106007**

Disetujui oleh Tim Penguji Tugas Akhir:

1. Prof. Dr. Ir. Sugeng Winardi, M.Eng  
(Pembimbing I)
2. Dr. Kusdianto, S.T. MSc.Eng  
(Pembimbing II)
3. Dr. Widiyastuti, ST, MT  
(Penguji I)
4. Dr. Siti Machmudah, ST, M.Eng  
(Penguji II)
5. Prof. Ir. Gede Wibawa, M.Eng  
(Penguji III)



Handwritten signatures of the examiners, each followed by a dotted line for a name or title.



**SURABAYA  
JANUARI 2016**

# Pengaruh Penambahan Surfaktan terhadap Kestabilan Emulsi Solar-Air sebagai Bahan Bakar Alternatif pada Mesin Diesel

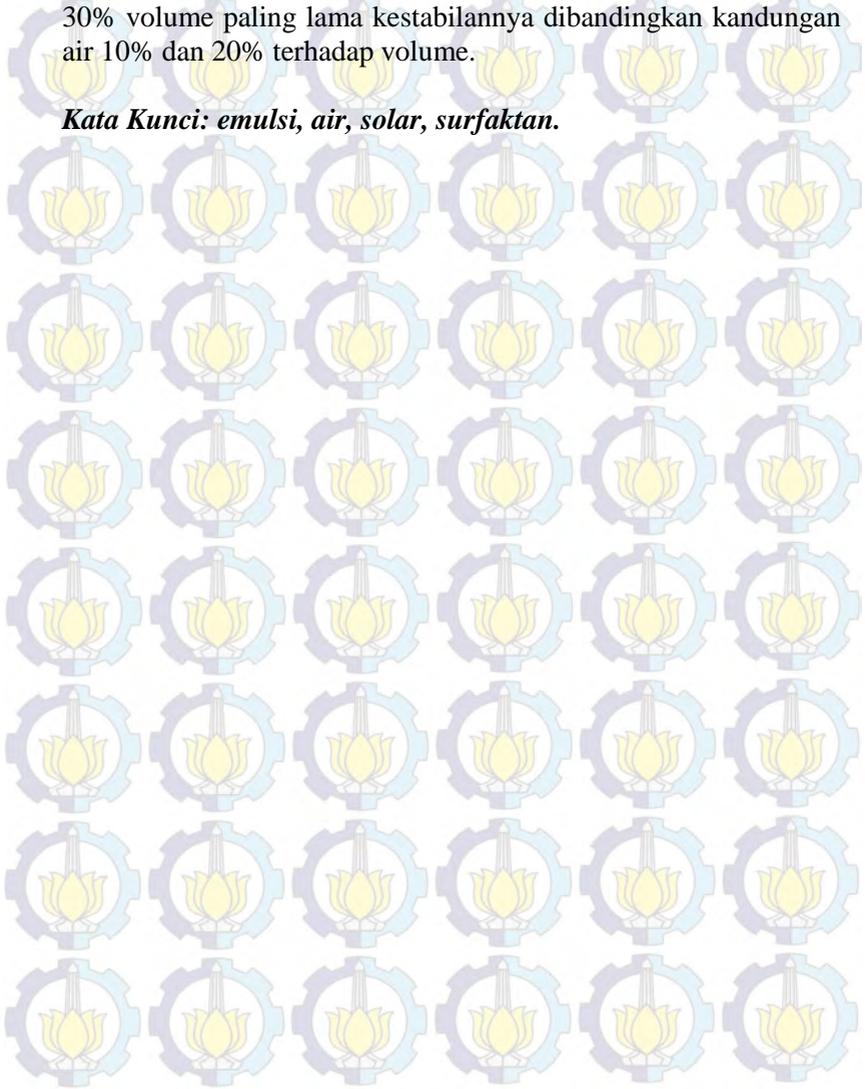
Nama : Luthfiana Azmi (2313106006)  
Gita Nur Sajida (2313106007)  
Jurusan : Teknik Kimia FTI-ITS  
Pembimbing : Prof. Dr. Ir. Sugeng Winardi, M.Eng

## ABSTRAK

Tujuan dari penelitian ini adalah mempelajari pengaruh konsentrasi surfaktan dan kandungan air terhadap karakteristik emulsi solar-air sebagai bahan bakar alternatif pada mesin diesel. Karakteristik tersebut dinilai sebagai kestabilan emulsi solar-air. Tiga tahapan dilakukan dalam penelitian ini yaitu persiapan larutan surfaktan, proses emulsi solar-air-surfaktan, dan analisa dan pengamatan. Variabel penelitian ini adalah variasi kondisi sonikasi, jenis surfaktan, konsentrasi surfaktan, dan kandungan air. Karakteristik emulsi solar-air diamati menggunakan analisa densitas, viskositas dan visualisasi (warna). Hasil pengamatan pada persiapan emulsi solar-air dengan sonikasi menunjukkan emulsi paling stabil adalah sonikasi tanpa menggunakan *pulser* dan dengan penambahan pengadukan. Selain itu emulsi lebih stabil dengan penambahan *Carboxy Methyl Cellulose* (CMC) sebagai *co-emulsifier* atau disebut juga *stabilizer*. Pengamatan variasi jenis surfaktan dilakukan pada tiga surfaktan yaitu *Alkyl Benzene Sulfonate* (ABS), *Sodium Lauryl Sulfate* (SLS), dan *Sorbitan Monooleate* (Span 80). Emulsi paling stabil didapatkan pada Span 80 yang memiliki nilai *Hydrophilic Lipophilic Balance* (HLB) pada kisaran untuk emulsi solar-air, yaitu 4. Pengamatan konsentrasi surfaktan menunjukkan hasil terstabil adalah pada

konsentrasi 2% diikuti oleh konsentrasi 1%, 0,5%, dan 0,1%. Pengamatan kandungan air menunjukkan hasil kandungan air 30% volume paling lama kestabilannya dibandingkan kandungan air 10% dan 20% terhadap volume.

***Kata Kunci: emulsi, air, solar, surfaktan.***



## *The Effect of Surfactant Loading at Water-Oil Emulsions as Alternative Fuels in Diesel Engine*

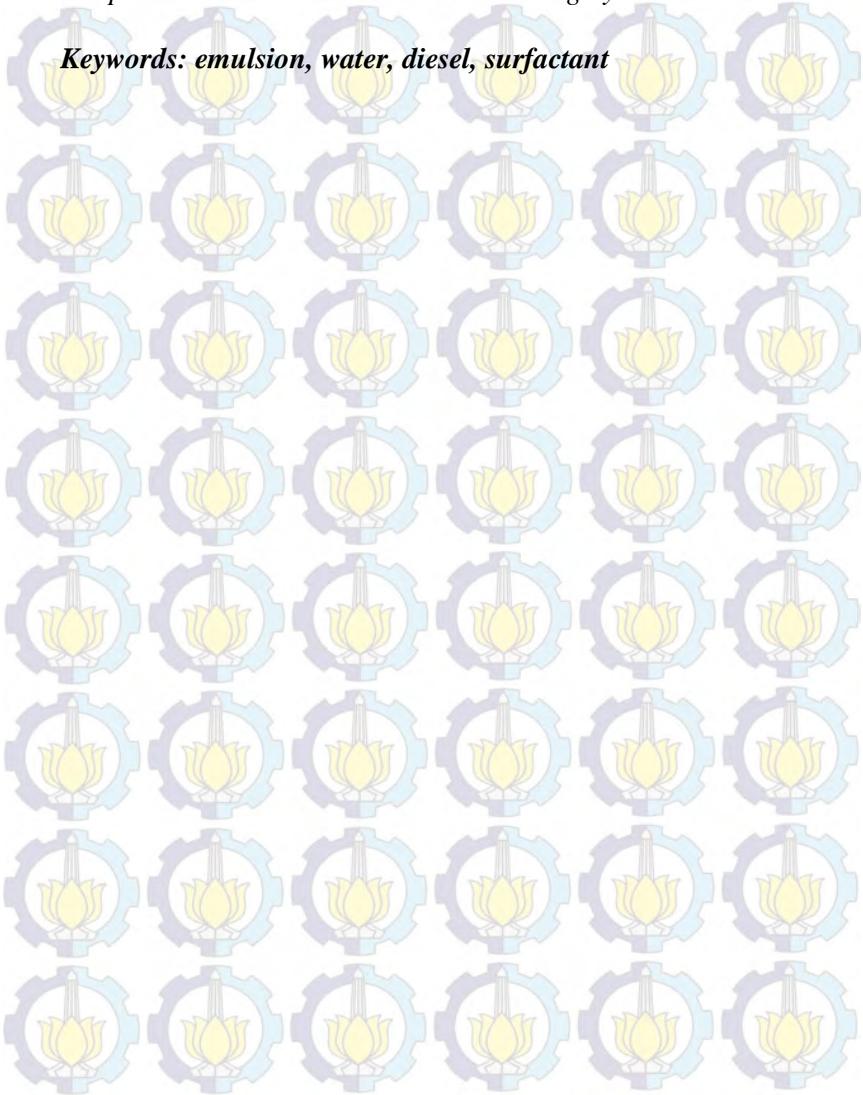
**Name** : Luthfiana Azmi (2313106006)  
Gita Nur Sajida (2313106007)  
**Department** : Chemical Engineering FTI-ITS  
**Advisors** : Prof. Dr. Ir. Sugeng Winardi, M.Eng

### **ABSTRACT**

*The aim of this study is assessed the effect of loading of surfactant and water to diesel-water emulsions characteristic as alternative fuel to be used in diesel engine. Those characteristics will assessed from the stabilization of diesel-water emulsions. The steps of this experiment are preparing for surfactant liquid, producing of diesel-water-surfactant fuel emulsion, and analyzed and assessed. The experiment variables are variations of sonication, surfactant loading, and water loading. Characteristic of diesel-water emulsion determined by the density, viscosity, and visualization (color) analyses. Results showed that the prepared water-oil emulsion with sonication exhibited the best stabilization is sonication process without pulser and with an extra stirred. Besides that, stabilization of emulsion better with Carboxy Methyl Cellulose (CMC) as co-emulsifier also called stabilizer. Experiment used three kinds of surfactant, there are Alkyl Benzene Sulphonic acid (ABS), Sodium Lauryl Sulfate (SLS), dan Sorbitan Monooleate (Span 80). Emulsion with Span 80 exhibited the best stabilization which have Hydrophilic Lipophilic Balance (HLB) in ranged for water-diesel emulsions, is 4. The surfactant loading assessed 2% is highest stabilization followed by surfactant loading 1%, 0,5%, and 0,1%. At water loading observation has been found*

*that 30% water loading by volume given the slowest stabilization compared with 10% and 20% water loading by volume.*

***Keywords: emulsion, water, diesel, surfactant***



## KATA PENGANTAR

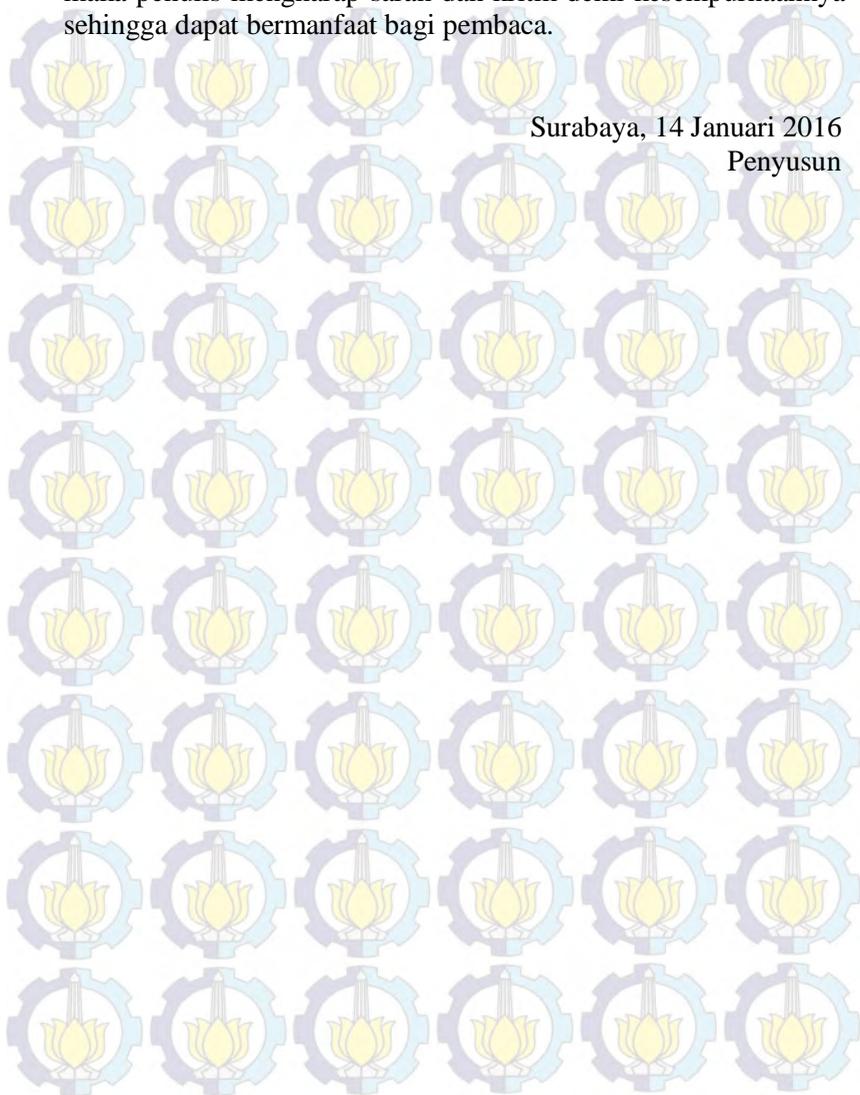
Penulis mengucapkan puji syukur kehadiran Allah SWT. yang selalu melimpahkan rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan skripsi dengan judul **Pengaruh Penambahan Surfaktan terhadap Kestabilan Emulsi Solar-Air sebagai Bahan Bakar Alternatif pada Mesin Diesel**. Skripsi ini merupakan syarat kelulusan bagi mahasiswa tahap sarjana di Jurusan Teknik Kimia FTI-ITS Surabaya. Penulis menyadari laporan ini tidak akan selesai tanpa bantuan dari berbagai pihak. Pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak Prof. Dr. Ir. Sugeng Winardi, M.Eng. selaku Dosen Pembimbing dan Kepala Laboratorium Mekanika Fluida dan Pencampuran, atas bimbingan dan saran yang diberikan.
2. Bapak Dr. Kusdianto, ST., M.Sc.Eng, selaku Dosen Pembimbing atas bimbingan dan motivasi yang telah diberikan.
3. Bapak Dr. Tantular Nurtono, ST. M.Eng, Dr. Siti Machmudah, ST, M.Eng dan Dr. Widiyastuti, ST, MT selaku Dosen Laboratorium Mekanika Fluida dan Pencampuran atas bimbingan dan saran yang telah diberikan.
4. Bapak Farid Indra, selaku laboran Laboratorium Mekanika Fluida dan Pencampuran atas segala bantuannya.
5. Dosen-dosen Teknik Kimia FTI-ITS yang telah memberikan ilmunya kepada penulis.
6. Keluarga besar Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS), *Mixing Crew* Jurusan Teknik Kimia FTI-ITS, dan teman-teman LJ Genap 2013 atas dukungannya.
7. Berbagai pihak yang telah membantu proses terselesaikannya skripsi ini.

Penulis menyadari laporan ini tidak luput dari kekurangan  
maka penulis mengharap saran dan kritik demi kesempurnaannya  
sehingga dapat bermanfaat bagi pembaca.

Surabaya, 14 Januari 2016

Penyusun



## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	
LEMBAR PENGESAHAN	
ABSTRAK .....	i
ABSTRACT .....	iii
KATA PENGANTAR .....	v
DAFTAR ISI .....	vii
DAFTAR GAMBAR .....	ix
DAFTAR TABEL .....	xi
<b>BAB I PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	3
1.3 Batasan Masalah .....	4
1.4 Tujuan Penelitian .....	4
1.5 Manfaat Penelitian .....	5
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....</b>	<b>7</b>
2.1 Proses Pembakaran .....	7
2.2 Emisi Gas Buang pada Motor Diesel .....	8
2.3 Emulsi .....	10
2.4 Teori Terjadinya Emulsi .....	12
2.5 Surfaktan .....	14
2.6 Minyak Solar .....	20
2.7 Air .....	22
2.8 Sonikator .....	23
2.9 Homogenizer .....	25
2.10 Penelitian Terdahulu .....	26
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN .....</b>	<b>31</b>
3.1 Prosedur Percobaan .....	31
3.2 Analisa .....	35
3.3 Peralatan yang Digunakan .....	35
3.4 Gambar Tahapan Proses .....	36
3.5 Blok Diagram .....	37
3.6 Lokasi Penelitian .....	41

BAB IV HASIL DAN PENGAMATAN .....	43
4.1 Pengaruh <i>Emulsifier</i> , <i>Pulser</i> di Sonikasi, dan Pengadukan Saat Sonikasi .....	43
4.2 Pengaruh Variasi Jenis Surfaktan .....	51
4.3 Pengaruh Variasi Konsentrasi Surfaktan .....	60
4.4 Pengaruh Variasi Kandungan Air .....	67
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....	73
5.1 Kesimpulan .....	73
5.2 Saran .....	73
DAFTAR PUSTAKA .....	xiii



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Proses Pembakaran Mesin Diesel .....	8
Gambar 2.2	Ilustrasi Perbedaan Emulsi W/O (Water/Oil) dan Emulsi O/W (Oil/Water) .....	11
Gambar 2.3	Molekul Surfaktan .....	14
Gambar 2.4	Sonikator .....	24
Gambar 2.5	Homogenizer .....	25
Gambar 3.1	Tahapan Proses Percobaan .....	36
Gambar 3.2	Blok diagram pembuatan campuran 10% W/O dengan 0,5% dan 1% Surfaktan <i>Alkyl Benzene Sulphonic acid</i> (ABS) (Percobaan 1) .....	37
Gambar 3.3	Blok diagram pembuatan campuran 10% W/O dengan 0,5% dan 1% Surfaktan <i>Sodium Lauryl Sulfate</i> (SLS) (Percobaan 2) .....	38
Gambar 3.4	Blok diagram pembuatan campuran 10% W/O dengan 0,1%, 0,5%, 1%, dan 2% Surfaktan Sorbitan Monooleate (Span 80) (Percobaan 3) .....	39
Gambar 3.5	Blok diagram pembuatan campuran 20% W/O dan 30% W/O dengan 1% Surfaktan Sorbitan Monooleate (Span 80) (Percobaan 4) .....	40
Gambar 4.1	Emulsi tanpa CMC.....	45
Gambar 4.2	Emulsi dengan CMC .....	45
Gambar 4.3	Emulsi tanpa <i>pulser</i> dan tanpa pengadukan .....	47
Gambar 4.4	Emulsi tanpa <i>pulser</i> dan dengan pengadukan .....	47

Gambar 4.5	Emulsi dengan <i>pulser</i> dan tanpa pengadukan .....	48
Gambar 4.6	Emulsi dengan <i>pulser</i> dan dengan pengadukan .....	48
Gambar 4.7	Emulsi menggunakan ABS 0,5% .....	52
Gambar 4.8	Emulsi menggunakan SLS 0,5% .....	53
Gambar 4.9	Emulsi menggunakan Span 80 0,5% .....	53
Gambar 4.10	Emulsi menggunakan ABS 1% .....	56
Gambar 4.11	Emulsi menggunakan SLS 1% .....	56
Gambar 4.12	Emulsi menggunakan Span 80 1% .....	57
Gambar 4.13	Emulsi menggunakan Span 80 0,1% .....	60
Gambar 4.14	Emulsi menggunakan Span 80 0,5% .....	61
Gambar 4.15	Emulsi menggunakan Span 80 1% .....	61
Gambar 4.16	Emulsi menggunakan Span 80 2% .....	62
Gambar 4.17	Pembentukan lapisan kuning di emulsi pada berbagai konsentrasi surfaktan .....	66
Gambar 4.18	Emulsi dengan kandungan air 10% .....	68
Gambar 4.19	Emulsi dengan kandungan air 20% .....	68
Gambar 4.20	Emulsi dengan kandungan air 30% .....	69
Gambar 4.21	Pembentukan lapisan kuning di emulsi pada berbagai variasi kandungan air .....	72

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Karakteristik Kinerja Surfaktan Berdasarkan Nilai HLB .....	17
Tabel 2.2	Penentuan Angka HLB .....	17
Tabel 2.3	Penelitian Terdahulu .....	23
Tabel 4.1	Hasil pengamatan visual pengaruh penambahan <i>emulsifier</i> .....	46
Tabel 4.2	Hasil pengamatan visual pengaruh <i>pulser</i> dan pengadukan saat Sonikasi .....	49
Tabel 4.3	Hasil pengamatan visual pada berbagai jenis surfaktan konsentrasi 0,5% .....	54
Tabel 4.4	Hasil pengamatan visual pada berbagai jenis surfaktan konsentrasi 1% .....	57
Tabel 4.5	Hasil pengamatan visual pada variasi konsentrasi surfaktan .....	62
Tabel 4.6	Hasil pengamatan viskositas dan densitas pada berbagai konsentrasi surfaktan .....	65
Tabel 4.7	Hasil pengamatan visual pada berbagai kandungan air .....	69
Tabel 4.8	Hasil pengamatan viskositas dan densitas pada berbagai variasi kandungan air .....	71



# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi harus ditopang oleh ketersediaan sumber energi yang mendukung dan memadai. Sumber energi merupakan sumber utama bagi kehidupan makhluk hidup yang dapat diperoleh dari berbagai macam sumber baik sumber energi yang dapat terbarukan (*renewable energy*) maupun yang tak terbarukan (*unrenewable energy*). Salah satu hasil perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi adalah motor diesel yang kemudian banyak diaplikasikan sebagai sumber penggerak pada sarana transportasi baik darat maupun laut. Selain itu, motor diesel juga dimanfaatkan sebagai sumber tenaga pada proses pengolahan barang di industri. Mesin diesel merupakan motor penggerak dengan sistem pembakaran dalam (*internal combustion chamber*), sehingga untuk memperoleh energi gerak diperlukan proses pembakaran campuran bahan bakar dan udara di dalam ruang bakar. Motor diesel dikenal dengan ketahanan kerja dan efisiensi penggunaan bahan bakar yang tinggi. Oleh karena itu, motor diesel banyak digunakan dalam kehidupan masyarakat mulai dari pembangkit tenaga listrik, sarana transportasi darat dan laut, dan sebagai sumber tenaga untuk menjamin berjalannya proses produksi atau pengolahan barang.

Meningkatnya permintaan motor diesel sebagai sarana transportasi atau sumber tenaga industri secara tidak langsung akan memunculkan permasalahan dalam penyediaan sumber energi untuk pembakaran. Di Indonesia, jumlah kendaraan yang menggunakan motor diesel mencapai 3.000.000 unit, dengan rincian 2.100.000 unit digunakan pada sarana transportasi darat dan 900.000 unit digunakan untuk sektor transportasi air. Penggunaan motor diesel pada dunia industri mencapai 1.200.000 unit. Sementara, pemenuhan kebutuhan terhadap konsumsi bahan bakar cair khususnya motor diesel sepenuhnya ditopang dari

sumber energi bahan bakar fosil yaitu solar yang bersifat tidak terbarukan. Selain itu, ketersediaan bahan bakar fosil sebagai sumber utama bahan bakar solar semakin menipis. Hal ini diperkuat dengan hasil penelitian bahwa jika tidak ditemukan sumur minyak bumi baru maka cadangan minyak bumi nasional hanya mampu memenuhi kebutuhan hingga 10-15 tahun mendatang (Ismail *et al.*, 2012).

Faktor lain yang menjadi masalah dari penggunaan bahan bakar fosil adalah tingginya efek polutan dari hasil pembakaran bahan bakar kendaraan. Dari seluruh total sumber pencemaran udara, sektor transportasi memberikan kontribusi sebesar 70% dan sektor industri mencapai 23% dalam hal penyumbang pencemaran udara. Dengan peningkatan permintaan sarana transportasi sebesar 4-5% per tahun, khususnya yang bermesin diesel. Selain itu, polusi akibat emisi gas buang hasil pembakaran motor diesel mempunyai dampak negatif bagi lingkungan dan kesehatan manusia. Emisi tersebut terdiri dari partikulat-partikulat, residu karbon, karbon monoksida (CO), hidrokarbon (HC), karbon dioksida (CO<sub>2</sub>), sulfur oksida (SO<sub>x</sub>), dan nitrogen oksida (NO<sub>x</sub>), yang masing-masing mempunyai dampak berbeda bagi perusakan kesehatan manusia dan lingkungan (Ismail *et al.*, 2012).

Untuk mengatasi berbagai permasalahan tersebut, maka diperlukan adanya usaha yang tepat untuk mengatasinya. Salah satu usaha yang dapat dilakukan adalah dengan mensubstitusikan penggunaan bahan bakar motor diesel dengan bahan bakar campuran air dan solar yang diharapkan mampu meningkatkan efisiensi penggunaan bahan bakar solar dan mengurangi emisi gas buang yang dihasilkan. Berdasarkan hasil penelitian yang pernah dilakukan, penggunaan campuran bahan bakar air dan solar mampu mengurangi emisi NO<sub>x</sub> karena terjadinya proses ledakan mikro (*microexplosion*) dalam proses pembakaran. Ledakan mikro ini terjadi karena perbedaan titik didih antara kedua fluida.

Emulsi merupakan suatu sistem dua fase yang terdiri dari dua cairan yang tidak saling bercampur, dimana cairan yang satu

terbagi rata dalam cairan yang lain dalam bentuk butir-butir halus karena distabilkan oleh komponen yang ketiga yaitu surfaktan. Surfaktan (*surface active agent*) merupakan suatu senyawa kimia yang memiliki kemampuan untuk menurunkan tegangan permukaan, kemampuan surfaktan untuk menurunkan tegangan permukaan ini berpengaruh besar untuk menurunkan nilai viskositas bahan bakar sehingga menjadi lebih encer (Hui, 1996).

Dalam pembuatan suatu emulsi, pemilihan surfaktan merupakan faktor yang penting untuk diperhatikan karena mutu dan kestabilan suatu emulsi banyak dipengaruhi oleh surfaktan yang digunakan. Metode yang dapat digunakan untuk menilai efisiensi surfaktan yang ditambahkan adalah metode HLB (*Hydrophilic-Lipophilic Balance*). HLB adalah ukuran empiris untuk mengetahui hubungan antara gugus hidrofilik dan hidrofobik pada suatu surfaktan. Sistem HLB digunakan untuk mengidentifikasi emulsifikasi minyak dan air oleh surfaktan.

Air merupakan zat cair yang tersusun atas hidrogen dan oksigen, zat ini mempunyai sifat polar. Sedangkan solar merupakan senyawa hidrokarbon yang bersifat non polar (tidak dapat bercampur dengan air). Minyak dan air jika tercampur akan membentuk lapisan pemisah atau lapisan permukaan di antara kedua zat tersebut. Hal ini disebabkan karena perbedaan densitas antara minyak dan air, minyak berada di lapisan atas karena memiliki densitas yang lebih ringan dan air ada di lapisan bawah karena densitasnya lebih besar. Akan tetapi berapa besar perbandingan antara minyak, air serta surfaktan yang digunakan untuk menurunkan tegangan permukaan antara air dengan minyak tersebut sehingga minyak dan air tersebut dapat tercampur dengan baik. Oleh karena itu, perlu dilakukan penelitian dalam hal penentuan komposisi penggunaan surfaktan optimal dalam pembuatan campuran minyak dengan air.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Dari uraian latar belakang tersebut di atas, dapat diketahui bahwa penentuan komposisi penggunaan surfaktan optimal

berdasarkan nilai HLB (*Hydrophilic-Lipophilic Balance*) dalam pembuatan campuran minyak dengan air masih banyak yang perlu dikembangkan. Oleh karena itu perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk mendapatkan komposisi solar, air, dan surfaktan menggunakan proses emulsi yang menghasilkan kestabilan terbaik.

### **1.3 Batasan Masalah**

Adapun batasan masalah disini diperlukan agar persoalan lebih terpusat dan terarah. Dalam hal ini batasan-batasan yang diambil adalah sebagai berikut :

1. Bahan yang digunakan adalah solar dex (produksi pertamina), air (aquadest), dan surfaktan.
2. Percobaan dilakukan dengan penambahan kadar air dan surfaktan pada solar melalui proses emulsi menggunakan pengadukan cepat dan sonikasi.
3. Percobaan dilakukan di laboratorium Mekanika Fluida dan Teknologi Pencampuran Teknik Kimia ITS.
4. Menentukan proses sonikasi paling optimum dan perbandingan kadar solar (produksi pertamina) dan air dengan memakai surfaktan.
5. Pengujian hasil proses emulsi solar-air dengan penambahan surfaktan dilakukan menggunakan metode analisa densitas, viskositas dan visualisasi.
6. Tidak diperhitungkan ukuran *droplet* yang terbentuk
7. Tidak dilakukan pengamatan hasil emulsi di mesin diesel.
8. Tidak diperhitungkan pengamatan kadar NOx yang dihasilkan.

### **1.4 Tujuan Penelitian**

Tujuan penelitian antara lain :

1. Membuat bahan bakar dari solar-air dengan metode emulsi.
2. Menentukan penggunaan jenis surfaktan untuk emulsi solar-air.
3. Menentukan komposisi konsentrasi surfaktan.

4. Mempelajari pengaruh komposisi solar, air, dan surfaktan dalam pembentukan emulsi dengan cara menguji densitas, viskositas dan visualisasi dari hasil emulsi solar, air dan surfaktan.

### **1.5 Manfaat Penelitian**

Dengan melakukan penelitian ini diharapkan dapat menghasilkan emulsi solar-air yang lebih stabil, sehingga dapat digunakan untuk mensubstitusi penggunaan solar murni sebagai bahan bakar. Selanjutnya diharapkan bisa mengurangi kandungan NOx pada hasil pembakaran di mesin diesel dan juga sebagai pengetahuan untuk penelitian lebih lanjut.



*Halaman ini sengaja dikosongkan*

## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Proses Pembakaran

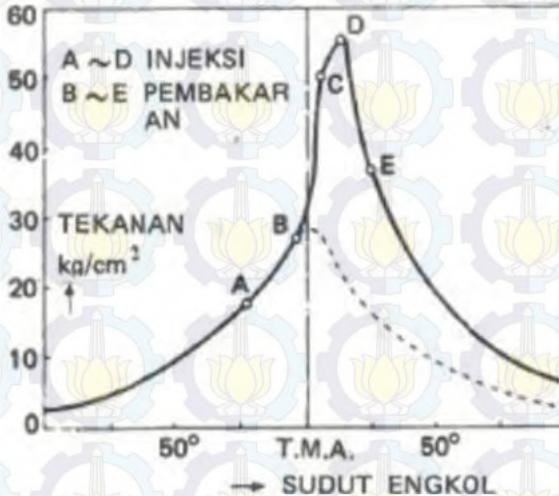
Pembakaran merupakan oksidasi cepat bahan bakar disertai dengan produksi panas, atau panas dan cahaya. Pembakaran sempurna bahan bakar terjadi hanya jika ada pasokan oksigen yang cukup. Oksigen ( $O_2$ ) merupakan salah satu elemen bumi paling umum yang jumlahnya mencapai 20,9% dari udara. Bahan bakar padat atau cair harus diubah ke bentuk gas sebelum dibakar. Biasanya diperlukan panas untuk mengubah cairan atau padatan menjadi gas. Bahan bakar gas akan terbakar pada keadaan normal jika terdapat udara yang cukup. Hampir 79% udara (tanpa adanya oksigen) merupakan nitrogen, dan sisanya merupakan elemen lainnya. Nitrogen dianggap sebagai pengencer yang menurunkan suhu yang harus ada untuk mencapai oksigen yang dibutuhkan untuk pembakaran.

Nitrogen mengurangi efisiensi pembakaran dengan cara menyerap panas dari pembakaran bahan bakar dan pengenceran gas buang. Nitrogen juga mengurangi transfer panas pada permukaan alat penukar panas, juga meningkatkan volum hasil samping pembakaran. Nitrogen ini juga dapat bergabung dengan oksigen (terutama pada suhu nyala yang tinggi) untuk menghasilkan oksida nitrogen ( $NO_x$ ), yang merupakan pencemar beracun.

Pada fenomena pembakaran yang terkontrol secara difusi akan muncul, apabila *mixing* lemah, aliran dan difusi berjalan lambat serta reaksi kimia berjalan cepat. Pada saat bahan bakar dipanaskan, butiran-butiran kecil air (yang diselubungi minyak dengan titik didih yang lebih tinggi) akan cepat menguap dan berekspansi, memecah droplet bahan bakar yang menyelubunginya menjadi droplet yang lebih kecil dan lebih banyak. Proses ini disebut dengan *microexplosion* atau atomisasi sekunder yang menghasilkan droplet bahan bakar yang sangat halus yang dapat menguap dan terbakar lebih cepat dan sempurna dari pada droplet

bahan bakar yang besar yang dihasilkan dari atomisasi mekanis (Sarjono, 2009).

Menurut Arismunandar (2002) proses pembakaran motor Diesel dibagi menjadi 4 periode seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1. Proses Pembakaran Mesin Diesel (Arismunandar, 2002)

## 2.2 Emisi Gas Buang pada Motor Diesel

Pengendalian emisi polutan merupakan faktor utama dalam perancangan system pembakaran sekarang ini. Efek yang ditimbulkan oleh emisi gas buang dari mesin meliputi perubahan sifat atmosfer, merusak tumbuh tumbuhan dan material serta meningkatnya penyakit dan kematian pada manusia (Bedford, 2000). Dalam pembakaran sempurna gas yang dihasilkan hanya berupa uap air ( $\text{H}_2\text{O}$ ) dan karbon dioksida ( $\text{CO}_2$ ). Tetapi pada proses yang sebenarnya oleh berbagai sebab, proses pembakaran menjadi tidak sempurna sehingga menghasilkan emisi karbon monoksida (CO), hidrokarbon (HC) yang tidak terbakar, jelaga dan lain lain.

### 2.2.1. Emisi NOx

Nitrogen oksida (NOx) terdiri dari nitrida oksida (NO) dan nitrogen dioksida (NO<sub>2</sub>). Proses pembentukan oksida nitrogen NOx dapat terjadi dari dua sumber utama (Borman dan Ragland, 1998) yaitu *thermal NOx* berasal dari gas Nitrogen yang terdapat dalam udara yang mengalami disosiasi pada temperatur tinggi akibat pembakaran dan *fuel NOx* yang berasal dari senyawa nitrogen dalam bahan bakar. Dalam diesel NOx akan banyak diproduksi dalam periode pembakaran cepat akibat terjadinya beban termal lokal dan juga temperatur yang sangat tinggi. Selain NOx juga terbentuk SOx yang merupakan produk alami dari proses pembakaran bahan bakar yang mengandung sulfur. Produk pembakaran ini sebagian besar akan berbentuk SO<sub>2</sub> dan sebagian kecil adalah SO<sub>3</sub>. Di dalam atmosfer SO<sub>2</sub> akan berubah lanjut menjadi SO<sub>3</sub>.

### 2.2.2. Emisi Karbon monoksida (CO)

Karbon monoksida (CO) dan hidrokarbon yang tidak terbakar (HC) umumnya dipengaruhi oleh proses pembakaran yang kurang sempurna di dalam ruang bakar. Emisi CO dari motor bakar ditentukan terutama oleh equivalen rasio bahan bakar udara. Namun karena mesin diesel selalu dioperasikan pada daerah miskin campuran udara bahan bakar maka konsentrasi CO relatif rendah. Gas CO merupakan hasil oksidasi karbon dan apabila jumlah udara mencukupi akan terjadi oksidasi lanjut menjadi CO<sub>2</sub>.

### 2.2.3. Emisi Hidrokarbon (HC)

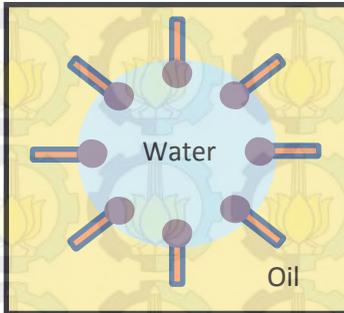
Emisi hidrokarbon (HC) merupakan konsekuensi dari pembakaran yang tidak sempurna dari bahan bakar hidrokarbon. Emisi HC bisa berbentuk bahan bakar yang belum terbakar atau dalam bentuk yang sudah terurai dan mempunyai nilai minimum pada daerah campuran kurus.

### 2.3 Emulsi

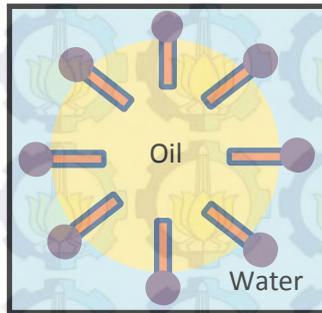
Emulsi adalah suatu pencampuran dari dua atau lebih cairan yang tidak saling berbaaur secara natural, satu cairan sebagai *droplet*, atau fase terdispersi yang bergabung dengan cairan lainnya, atau fase kontinyu (Fingas, 2004). Hal ini terjadi karena adanya agitasi mekanik dalam sebuah *surface active agents*, yang biasa disebut dengan emulsifier atau surfaktan, untuk kestabilan. Surfaktan berfungsi sebagai polar atau *hydrophilic head* juga nonpolar atau *hydrophilic tail*. (Jiao, 2003). Stabilitas dari emulsi dipengaruhi secara langsung oleh teknik emulsi, waktu emulsi, fraksi volume air (sebagai fase terdispersi), viskositas fase kontinyu (solar), kecepatan putar (atau frekuensi ultrasonic), dan konsentrasi surfaktan (Chen, 2005).

Viskositas berkaitan erat dengan tahanan yang dialami molekul untuk mengalir pada sistem cairan. Peran pengemulsi adalah untuk menurunkan tegangan antarmuka antara fase minyak dan air dengan membentuk lapisan antarmuka kohesif secara mekanik disekitar droplet fase terdispersi sehingga membantu dalam fragmentasi droplet selama emulsifikasi dan mencegah terbentuknya koalesensi (Rousseau, 2000), terdapat dua tipe emulsi, yaitu :

- a. *Water-in-oil* (w/o), artinya air terdispersi di dalam minyak
- b. *Oil-in-water* (o/w), artinya minyak terdispersi di dalam air

**Emulsion W/O (Water/Oil)**

● Hydrophilic part      — Lipophilic part

**Emulsion O/W (Oil/Water)**

● Hydrophilic part      — Lipophilic part

Gambar 2.2. Ilustrasi Perbedaan Emulsi W/O (Water/Oil) dan Emulsi O/W (Oil/Water)

Dalam batas emulsi, fase terdispersi dianggap sebagai fase dalam dan medium dispersi sebagai fase luar atau kontinu. Emulsi yang mempunyai fase dalam minyak dan fase luar air disebut emulsi minyak-dalam-air dan biasanya diberi tanda sebagai emulsi “O/W”. Sebaliknya emulsi yang mempunyai fase dalam air dan fase luar minyak disebut emulsi air-dalam-minyak dan dikenal sebagai emulsi “W/O”. Karena fase luar dari suatu emulsi bersifat kontinu, suatu emulsi minyak dalam air diencerkan atau ditambahkan dengan air atau suatu preparat dalam air. Umumnya untuk membuat suatu emulsi yang stabil, perlu fase ketiga atau bagian dari emulsi, yakni: zat pengemulsi (*emulsifying agent*). Tergantung pada konstituennya, viskositas emulsi dapat sangat bervariasi dan emulsi farmasi bisa disiapkan sebagai cairan atau semisolid (setengah padat).

Faktor-faktor yang mempengaruhi stabilitas emulsi, adalah:

1. Tegangan antarmuka rendah
2. Kekuatan mekanik dan elastisitas lapisan antarmuka
3. Tolakkan listrik double layer
4. Relatifitas fase pendispersi kecil
5. Viskositas tinggi

Adapun macam-macam emulgator yang digunakan adalah:

- a. Emulgator alam (tumbuhan, hewan, tanah mineral) : diperoleh dari alam tanpa melalui proses). Contoh : Gom arap, tragacanth, agar-agar, chondrus, pectin, metil selulosa, kuning telur, adep lanae, magnesium, aluminium silikat, veegum, bentonit.
- b. Emulgator buatan : dibuat secara sintetiks. Contoh : Sabun; Tween 20, 40, 60, 80; Span 20, 40, 80 (Tamzil *et al.*, 2009).

## 2.4 Teori Terjadinya Emulsi

Untuk mengetahui proses terbentuknya emulsi dikenal 4 macam teori, yang melihat proses terjadinya emulsi dari sudut pandang yang berbeda-beda. Teori tersebut ialah :

### 2.4.1. Teori tegangan permukaan (*Surface Tension*)

Molekul memiliki daya tarik menarik antara molekul yang sejenis yang disebut dengan daya kohesi. Selain itu molekul juga memiliki daya tarik menarik antara molekul yang tidak sejenis yang disebut dengan daya adhesi. Daya kohesi suatu zat selalu sama, sehingga pada permukaan suatu zat cair akan terjadi perbedaan tegangan karena tidak adanya keseimbangan daya kohesi. Tegangan yang terjadi pada permukaan tersebut dinamakan tegangan permukaan. Dengan cara yang sama dapat dijelaskan terjadinya perbedaan tegangan bidang batas dua cairan yang tidak dapat bercampur. Tegangan yang terjadi antara dua cairan tersebut dinamakan tegangan bidang batas.

Semakin tinggi perbedaan tegangan yang terjadi pada bidang mengakibatkan antara kedua zat cair itu semakin susah untuk bercampur. Tegangan yang terjadi pada air akan bertambah dengan penambahan garam-garam anorganik atau senyawa-

senyawa elektrolit, tetapi akan berkurang dengan penambahan senyawa organik tertentu antara lain sabun.

Didalam teori ini dikatakan bahwa penambahan emulgator akan menurunkan dan menghilangkan tegangan permukaan yang terjadi pada bidang batas sehingga antara kedua zat cair tersebut akan mudah bercampur.

#### 2.4.2. Teori orientasi bentuk baji (*Oriented Wedge*)

Setiap molekul emulgator dibagi menjadi dua kelompok yakni :

- a) Kelompok hidrofilik, yakni bagian dari emulgator yang suka pada air.
- b) Kelompok lipofilik, yakni bagian yang suka pada minyak.

#### 2.4.3. Teori Interpartial Film

Teori ini mengatakan bahwa emulgator akan diserap pada batas antara air dan minyak, sehingga terbentuk lapisan film yang akan membungkus partikel fase dispers. Dengan terbungkusnya partikel tersebut maka usaha antara partikel yang sejenis untuk bergabung menjadi terhalang. Dengan kata lain fase dispersi menjadi stabil.

Untuk memberikan stabilitas maksimum pada emulsi, syarat emulgator yang dipakai adalah :

- a) Dapat membentuk lapisan film yang kuat tapi lunak.
- b) Jumlahnya cukup untuk menutup semua permukaan partikel fase dispers.
- c) Dapat membentuk lapisan film dengan cepat dan dapat menutup semua permukaan partikel dengan segera.

#### 2.4.4. Teori *electric double layer* (lapisan listrik ganda)

Jika minyak terdispersi kedalam air, satu lapis air yang langsung berhubungan dengan permukaan minyak akan bermuatan sejenis, sedangkan lapisan berikutnya akan bermuatan yang berlawanan dengan lapisan didepannya. Dengan demikian seolah-olah tiap partikel minyak dilindungi oleh dua benteng lapisan listrik yang saling berlawanan. Benteng tersebut akan menolak setiap usaha dari partikel minyak yang akan menggandakan penggabungan menjadi satu molekul besar. Karena susunan listrik

yang menyelubungi setiap partikel minyak mempunyai susunan yang sama. Dengan demikian antara sesama partikel akan tolak menolak dan stabilitas emulsi akan bertambah.

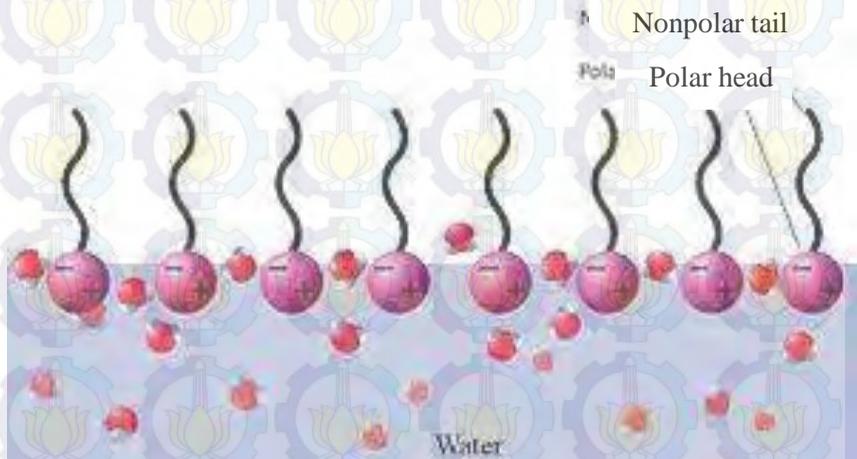
Terjadinya muatan listrik disebabkan oleh salah satu dari ketiga cara dibawah ini (Tamzil *et al.*, 2009)

- a) Terjadinya ionisasi dari molekul pada permukaan partikel.
- b) Terjadinya absorpsi ion oleh partikel dari cairan disekitarnya.
- c) Terjadinya gesekan partikel dengan cairan disekitarnya.

## 2.5 Surfaktan

### 2.5.1 Pengertian dan sifat surfaktan

Surfaktan adalah suatu zat yang mempunyai kemampuan untuk menurunkan tegangan permukaan (*surface tension*) suatu medium dan menurunkan tegangan antarmuka (*interfacial tension*) antar dua fase yang berbeda derajat polaritasnya. Istilah antarmuka menunjuk pada sisi antara dua fase yang tidak saling melarutkan, sedangkan istilah permukaan menunjuk pada antarmuka dimana salah satu fasenya berupa udara (gas) (Rosen, 1989).



Gambar 2.3. Molekul Surfaktan (Gevarsio, 1996)

Struktur surfaktan dapat digambarkan seperti berudu yang memiliki kepala dan ekor. Bagian kepala pada surfaktan bersifat hidrofilik atau polar dan kompatibel dengan air, sedangkan bagian ekor bersifat hidrofobik atau non-polar dan lebih tertarik ke minyak/lemak. Bagian kepala pada surfaktan ini dapat bersifat anionik, kationik, amfoterik atau nonionik, sedangkan bagian ekor dapat berupa hidrokarbon rantai linier atau cabang. Konfigurasi kepala-ekor tersebut membuat surfaktan memiliki fungsi yang beragam di industri (Hui, 1996).

### 2.5.2 Klasifikasi Surfaktan

Berdasarkan muatan ion pada gugus hidrofiliknya, surfaktan dikelompokkan menjadi 4 kelompok, yaitu surfaktan anionik, kationik, amfoterik dan nonionik.

#### a) Surfaktan Anionik

Surfaktan anionik bermuatan negatif pada bagian hidrofiliknya. Aplikasi utama dari surfaktan anionik yaitu untuk deterjensi, pembusaaan dan emulsifier pada produk-produk perawatan diri (*personal care product*), detergen dan sabun. Kelemahan surfaktan anionik adalah sensitif terhadap adanya mineral dan perubahan PH. Contoh surfaktan anionik, yaitu linier alkil benzen sulfonat, alkohol sulfat, alkohol eter sulfat, metil ester sulfonal (MES), fatty alkohol eter fosfat.

#### b) Surfaktan Kationik

Surfaktan kationik bermuatan positif pada bagian hidrofiliknya. Surfaktan kationik banyak digunakan sebagai bahan antikorosi, antistatik, *flotation collector*, pelunak kain, kondisioner, dan bakterisida. Kelemahan surfaktan jenis ini adalah tidak memiliki kemampuan deterjensi bila diformulasikan ke dalam larutan alkali. Contoh surfaktan kationik, yaitu fatty amina, fatty amidoamina, fatty diamina, fatty amina oksida, tertiar amina etoksilat, dimetil alkil amina dan dialkil metil amina.

c) Surfaktan Nonionik

Surfaktan nonionik tidak memiliki muatan, tetapi mengandung grup yang memiliki afinitas tinggi terhadap air yang disebabkan adanya interaksi kuat dipol-dipol yang timbul akibat ikatan hidrogen. Aplikasi surfaktan nonionik umumnya pada detergen untuk suhu rendah dan sebagai emulsifier. Keunggulan surfaktan ini adalah tidak terpengaruh oleh adanya air sadah dan perubahan pH. Contoh surfaktan nonionik adalah dietanolamida, alkohol etoksilat, sukrosa ester, fatty alcohol poliglikol eter, gliserol monostearat, sukrosa distearat, sorbitan monostearat, sorbitan monooleat, gliserol monooleat dan propilen glikol monostearat.

d) Surfaktan Amfoterik

Surfaktan amfoterik memiliki gugus positif dan negatif pada molekul yang sama sehingga rantai hidrofobik dikat oleh bagian hidrofilik yang mengandung gugus positif dan negatif. Surfaktan amfoterik sangat dipengaruhi oleh perubahan pH, dimana pada pH rendah berubah menjadi surfaktan kationik dan pada pH tinggi akan berubah menjadi surfaktan anionik. Surfaktan jenis ini umumnya diaplikasikan pada produk sampo dan kosmetik. Contohnya adalah fosfatidilkolin (PC), fosfatidiletanolamina (PE), lesitin, asam aminokarboksilat dan alkil betain.

### 2.5.3 Karakteristik Surfaktan

a) HLB (*Hydrophile-Lipophile Balance*)

HLB merupakan suatu parameter untuk mengkorelasikan secara kuantitatif struktur surfaktan dengan aktifitas permukaannya. Secara formal, harga HLB diberikan dalam kisaran skala 0-20. Semakin tinggi nilai HLB menunjukkan surfaktan makin bersifat hidrofilik sehingga lebih mudah larut dalam air dan pada umumnya digunakan sebagai bahan pelarut (*solubilizing agents*) yang baik, detergen, dan penstabil untuk emulsi O/W. Sementara bila nilai HLB semakin rendah menunjukkan kelarutan dalam air yang rendah sehingga sering

digunakan sebagai pelarut air dalam minyak dan penstabil emulsi W/O yang baik (Myers, 2006).

Tabel 2.1 Karakteristik Kinerja Surfaktan Berdasarkan Nilai HLB

<b>Nilai HLB</b>	<b>Karakteristik Kinerja</b>
< 10	Larut minyak ( <i>oil soluble</i> )
> 10	Larut air ( <i>water soluble</i> )
4 - 8	Bahan anti pembusaan ( <i>antifoaming agent</i> )
7 - 11	Emulsifier w/o
12 - 16	Emulsifier o/w
11 - 14	Bahan pembasahan ( <i>wetting agent</i> )
12 - 15	Detergent
16 - 20	Penstabil ( <i>stabilizer</i> )

Secara teori harga HLB suatu bahan dapat dihitung berdasarkan gugus fungsi hidrofil, lipofil dan derivatnya, seperti dapat dilihat pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Penentuan Angka HLB (Davies, 1949)

<b>Parameter</b>	<b>HLB</b>
1. Angka grup hydrophilic	
-SO <sub>4</sub> Na	35,7
-COOK	21,1
-COONa	19,1
-N (amin tersier)	9,4
Ester (cincin sorbitan)	6,3
Ester (free)	2,4
-COOH	2,1
-OH (free)	1,9
-O-	1,3
-OH (cincin sorbitan)	0,5

Tabel 2.2 Penentuan Angka HLB (Davies, 1949) (lanj.)

Parameter	HLB
2. Angka grup lipofilik	
-CF <sub>3</sub>	-0,870
-CF <sub>2</sub> -	-0,870
-CH <sub>3</sub>	-0,475
-CH <sub>2</sub> -	-0,475
-CH	-0,475
$HLB = 7 + \Sigma (\text{angka gugus hidrofilik}) + \Sigma (\text{angka gugus lipofilik})$	

## b) Tegangan Permukaan

Tegangan permukaan dirumuskan sebagai energi yang dibutuhkan untuk memperbesar permukaan suatu cairan sebesar 1 cm<sup>2</sup>. Tegangan permukaan disebabkan oleh adanya gaya tarik-menarik dari molekul cairan. Semakin besar ikatan antar molekul-molekul dalam cairan, semakin besar tegangan permukaannya (Bodner dan Pardue, 1989). Surfaktan dapat diserap pada permukaan atau antarmuka dengan bagian hidrofiliknya berorientasi pada fase yang lebih rendah viskositasnya dan bagian hidrofobiknya berorientasi pada uap atau fase yang kurang polar. Berbagai jenis surfaktan memiliki kemampuan yang berbeda untuk mengurangi tegangan permukaan atau tegangan antarmuka karena struktur kimia yang berbeda.

## c) Tegangan Antarmuka

Tegangan antarmuka adalah gaya persatuan panjang yang terjadi pada antarmuka dua fase cair yang tidak dapat bercampur. Surfaktan berfungsi sebagai senyawa aktif yang dapat digunakan untuk menurunkan energi antarmuka yang membatasi dua cairan yang tidak saling larut. Kemampuan ini disebabkan oleh gugus hidrofilik dan hidrofobik yang dimiliki oleh surfaktan. Surfaktan akan menurunkan gaya kohesi dan sebaliknya meningkatkan gaya adhesi sehingga dapat menurunkan tegangan antarmuka (Matheson, 1996). Tegangan

antarmuka sebanding dengan tegangan permukaan, tetapi nilai tegangan antarmuka akan selalu lebih kecil daripada tegangan permukaan pada konsentrasi yang sama (Moecthar, 1989).

d) Kemampuan Pembusaan

Kebanyakan surfaktan dalam larutan dapat membentuk busa, baik diinginkan maupun tidak diinginkan dalam penggunaannya. Kestabilan busa diperoleh dari adanya zat pembusa (surfaktan). Zat pembusa ini teradsorpsi ke daerah antarfase dan mengikat gelembung-gelembung gas sehingga diperoleh suatu kestabilan (Ware *et al.*, 2007). Kemampuan pembusaan surfaktan dipengaruhi oleh panjang rantai hidrokarbon. Dibandingkan dengan surfaktan anionik sebagai agen pembusa yang telah lama digunakan, surfaktan nonionik dianggap sebagai surfaktan yang memiliki kemampuan pembusaan yang lebih rendah.

e) Stabilitas Emulsi

Stabilitas emulsi merupakan keseimbangan antara gaya tarik-menarik dan gaya tolak-menolak yang terjadi antar partikel dalam sistem emulsi. Jika kedua gaya tersebut dipertahankan tetap seimbang, maka partikel-partikel dalam sistem emulsi akan dapat dipertahankan untuk tidak bergabung. Mekanisme kerja dari surfaktan untuk menstabilkan emulsi yaitu dengan menurunkan tegangan permukaan dan membentuk lapisan pelindung yang menyelimuti globula fase terdispersi sehingga senyawa yang tidak larut akan lebih mudah terdispersi dalam sistem dan menjadi stabil. Gugus hidrofilik dan lipofilik yang dimiliki surfaktan dapat membentuk lapisan film pada bagian antarmuka dua cairan yang berbeda fase. Adanya dua gugus tersebut pada emulsifier memungkinkan emulsifier membentuk selaput tipis atau disebut juga dengan lapisan film, disekeliling globula-globula fase terdispersi dan bagian luarnya berikatan dengan medium pendispersi (Suryani *et al.*, 2000). Pembentukan film tersebut mengakibatkan turunnya tegangan permukaan kedua cairan yang berbeda fase tersebut sehingga mengakibatkan turunnya tegangan antarmuka.

## f) pH

Derajat keasaman (pH) merupakan salah satu karakteristik surfaktan. Setiap jenis surfaktan memiliki pH yang berbeda-beda, misalnya saja pH dari surfaktan dietanolamida berkisar antara 9 dan 10. Dalam penggunaan surfaktan, pH perlu diperhatikan karena akan berpengaruh terhadap aktivitas surfaktan tersebut meskipun ada sebagian jenis surfaktan yang tidak dipengaruhi oleh perubahan pH (Herawan, 1998; Warwel et al., 2001).

## 2.6 Minyak Solar

Minyak solar adalah bahan bakar jenis distilat berwarna kuning kecoklatan yang jernih. Minyak solar adalah campuran kompleks hidrokarbon C15 – C20, yang mempunyai titik didih antara 260–315°C. Mutu minyak solar yang baik adalah bahwa minyak solar harus memenuhi batasan sifat – sifat yang tercantum pada spesifikasi dalam segala cuaca. Secara umum minyak solar adalah mudah teratomisasi menjadi *droplet* yang kecil, sehingga dapat segera menyala dan terbakar dengan sempurna sesuai dengan kondisi dalam ruang bakar mesin. Penggunaan minyak solar pada umumnya adalah untuk bahan bakar pada semua jenis mesin diesel dengan putaran tinggi (diatas 1.000 RPM), yang juga dapat dipergunakan sebagai bahan bakar pada pembakaran langsung dalam dapur-dapur kecil, yang terutama diinginkan pembakaran yang bersih. Minyak solar ini biasa disebut juga automotive diesel oil, high speed diesel.

Bahan bakar hidrokarbon yang diemulsi dengan air dimaksudkan untuk memperbaiki efisiensi pembakaran dan mereduksi emisi gas buang. Bahan bakar emulsi adalah droplet air yang sangat halus yang terdapat dalam minyak solar, menggunakan *additive* untuk menjaga pemisahan air dari emulsi (Sadler, 2003). Akibat adanya tegangan permukaan yang lebih besar pada minyak solar dibandingkan dengan tegangan permukaan pada air, maka air tidak akan larut di dalam minyak solar. Percampuran antara air dan minyak solar akan menimbulkan gejala permukaan yakni apabila

ke dua permukaan saling berdekatan maka kulit elektron atom ke dua cairan tersebut menahan deformasi sehingga menghasilkan gaya tolak yang lebih besar bila jaraknya mengecil (Hartomo dan Widiatmoko, 1993).

Emulsifier dapat menurunkan tegangan permukaan air dan minyak solar, sehingga ke duanya dapat larut membentuk emulsi. Untuk menstabilkan tegangan permukaan antara solar-air serta untuk memperoleh bentuk campuran yang homogen digunakan pengemulsi yang berfungsi sebagai surfaktan. Dalam penelitian ini akan digunakan *Alkyl benzene sulphonic acid* (ABS), *Sodium lauryl sulfate* (SLS) dan *Sorbitan monooleate* (SPAN 80) sebagai bahan pengemulsi solar-air.

*Alkyl benzene sulphonic acid* (ABS) merupakan salah satu jenis *detergent* yang biasanya digunakan sebagai *additive* pada minyak pelumas yang dapat mengurangi dan menetralkan produk oksidasi dan pembakaran asam (*acidic combustion*) (Rizvi, 1999). Dengan demikian *additive* ini dapat mengontrol karat, dan penggunaannya dalam bahan bakar sebagai penstabil tidak akan mengganggu peralatan *burner*.

*Sodium dodesil sulfat* (SDS atau NaDS) atau *Sodium lauryl sulfate* (C<sub>12</sub>H<sub>25</sub>SO<sub>4</sub>Na) adalah surfaktan anionik yang digunakan dalam produk industri seperti sabun, pasta gigi, sampo, dan lain-lain. Molekul ini mempunyai bagian hidrofobik yang mengandung 12 atom karbon dan yang mengikat gugus sulfat yang menjadikannya sebagai senyawa amfifilik. *Sodium lauryl sulfate* dapat menghilangkan lemak dari kulit, tetapi dapat menyebabkan iritasi pada mata. Konsentrasi kritis misel (KKM) dalam air murni pada temperatur 25°C adalah 0,0082 M, dan jumlah agregatnya biasanya sekitar 50, derajat ionisasi miselnya ( $\alpha$ ) sekitar 0,3 (or 30%) ([www.wikipedia.com](http://www.wikipedia.com)). Sifat fisik berbentuk serbuk putih. Kelarutan dalam air 150 (g/l) (Salager, 2002).

Span 80 mempunyai nama lain *Sorbitan monooleat*. Memiliki warna kuning gading, cairan seperti minyak kental, bau khas tajam, terasa lunak. Kelarutannya tidak larut tetapi terdispersi dalam air, bercampur dengan alkohol, tidak larut dalam propilen

glikol, larut dalam hampir semua minyak mineral dan nabati, sedikit larut dalam eter. Berat jenis pada 20 °C adalah 1 gram. Nilai HLB 4,3. Viskositas pada 25 °C adalah 1000 cps (Smolinske, 1992).

Bahan bakar emulsi dapat meningkatkan *performance* melalui fenomena *microexplosion*. *Microexplosion* dapat terjadi pada pembakaran bahan bakar emulsi yang mana terdiri dari dua atau lebih cairan yang mempunyai titik didih yang jauh berbeda. Bila bahan bakar ini dipanaskan maka droplet kecil air yang dikelilingi oleh bahan bakar solar dengan titik didih yang lebih tinggi akan cepat menguap dan berekspansi, memecah droplet bahan bakar menjadi sejumlah besar droplet kecil yang dikenal dengan *secondary atomization* atau *microexplosion*.

## 2.7 Air

Air adalah substansi kimia dengan rumus kimia H<sub>2</sub>O: satu molekul air tersusun atas dua atom hidrogen yang terikat secara kovalen pada satu atom oksigen. Air bersifat tidak berwarna, tidak berasa dan tidak berbau pada kondisi standar, yaitu pada tekanan 100 kPa (1bar) and temperatur 273,15 K (0 °C). Zat kimia ini merupakan suatu pelarut yang penting, yang memiliki kemampuan untuk melarutkan banyak zat kimia lainnya, seperti garam-garam, gula, asam, beberapa jenis gas dan banyak macam molekul organik.

Sifat-sifat kimia dan fisika air yakni sebagai berikut : (Tamzil *et al.*, 2009)

Nama sistematis	: air
Rumus molekul	: H <sub>2</sub> O
Massa molar	: 18.0153 g/mol
Densitas dan fase	: 0.998 g/cm <sup>3</sup> (cairan pada 20°C), 0.92 g/cm <sup>3</sup> (padatan)
Titik lebur	: 0 °C (273.15 K) (32 °F)
Titik didih	: 100 °C (373.15 K) (212 °F)
Kalor jenis	: 4184 J/(kg·K) (cairan pada 20°C)

## 2.8 Sonikator

Gelombang ultrasonik merupakan gelombang longitudinal yang memiliki frekuensi 20 kHz ke atas. Gelombang ultrasonik merupakan rambatan energi dan momentum mekanik, sehingga membutuhkan medium untuk merambat sebagai interaksi dengan molekul. Medium yang digunakan antara lain padat, cair dan gas (Tipler, 1990).

Penggunaan gelombang ultrasonik (sonikasi) dalam pembentukan materi berukuran nano sangatlah efektif. Gelombang ultrasonik banyak diterapkan pada berbagai bidang antara lain dalam instrumentasi, kesehatan dan sebagainya. Salah satu yang terpenting dari aplikasi gelombang ultrasonik adalah pemanfaatannya dalam menimbulkan efek kavitasi akustik. Efek ini akan digunakan dalam pembuatan bahan berukuran nano dengan metode emulsifikasi (Nakahira, 2007).

Ketika gelombang ultrasonik menjabar pada fluida, terjadi siklus rapatan dan regangan. Tekanan negatif yang terjadi ketika regangan menyebabkan molekul dalam fluida tertarik dan terbentuk kehampaan, kemudian membentuk gelembung yang akan menyerap energi dari gelombang suara sehingga dapat memuai.

Selama osilasi, sejumlah energi berdifusi masuk atau keluar gelembung. Energi masuk terjadi ketika regangan dan keluar ketika rapatan, di mana energi yang keluar lebih kecil daripada energi yang masuk, sehingga gelembung memuai sedikit demi sedikit selama regangan kemudian menyusut selama rapatan. Ukuran kritis gelembung ini disebut ukuran resonan yang tergantung pada fluida dan frekuensi suara. Dalam kondisi ini, gelembung tidak dapat lagi menyerap energi secara efisien. Tanpa energi input, gelembung tidak dapat mempertahankan dirinya, fluida di sekitarnya akan menekannya dan gelembung akan mengalami ledakan hebat, yang menghasilkan tekanan sangat besar hingga dianalogkan dengan tekanan di dasar lautan dan suhu yang sangat tinggi dianalogkan dengan suhu pada permukaan matahari. Gelembung inilah yang disebut sebagai gelembung kavitasi

(Brigita, 2009). Contoh gambar sonikator dapat dilihat pada Gambar 2.4.



Gambar 2.4. Sonikator

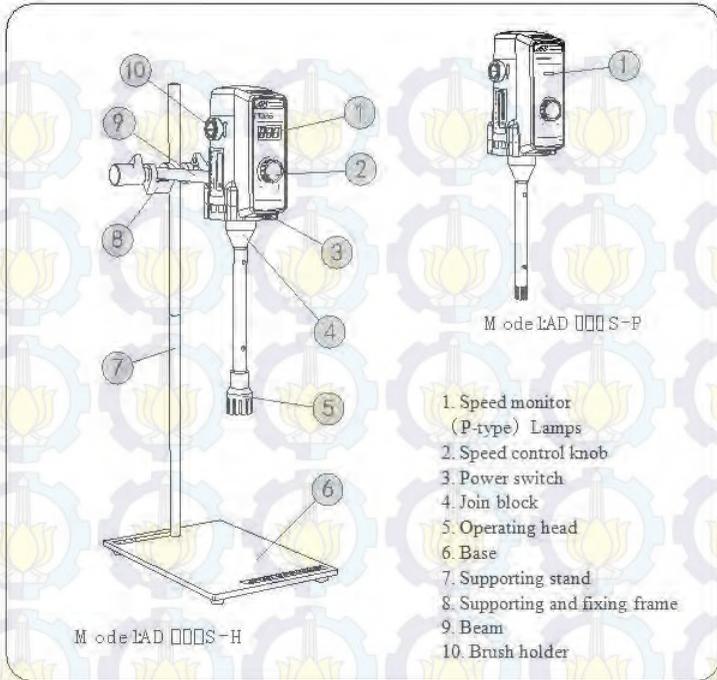
## 2.9 Homogenizer

Homogenisasi merupakan proses mengubah dua cairan yang sifatnya *immisible* (tidak bercampur) menjadi sebuah emulsi. Homogenisasi didalam teknologi pencampuran, emulsifikasi dan suspensi dikenal sebagai operasi yang pada dasarnya terdiri dari dua tahap yaitu pertama pengecilan ukuran droplet pada fase bagian dalam dan kedua yang merupakan tahap simultan pendistribusian droplet kedalam fase kontinu (Wirakartakusumah, 1992). Alat yang dirancang untuk melakukan proses emulsi disebut homogenizer.

Rotor-stator homogenizer bekerja pada tekanan yang lebih rendah sehingga membutuhkan energi yang lebih sedikit, bila partikel ingin lebih dkecilkan ukurannya, sejumlah energi tambahan tetap harus diberikan dari luar. Energi yang dibutuhkan untuk memecah droplet atau partikel datang dari rotor yang juga memutar alat pengaduk (*disc*) (Wirakartakusumah, 1992).

Prinsip kerja homogenizer rotor stator adalah mengecilkan ukuran partikel emulsi dengan menggerus dan memotong partikel emulsi yang besar dengan rotor (bergerak) dan stator (diam) menjadi partikel yang lebih kecil. Menurut Tangsuphoom dan Coupland (2005) ukuran minimum droplet dalam emulsi yang dihasilkan oleh homogenizer tipe rotor stator  $\pm 2\mu\text{m}$ . Contoh gambar sonikator dapat dilihat pada Gambar 2.5.





Gambar 2.5. Homogenizer

### 2.10 Penelitian Terdahulu

Beberapa penelitian telah dilakukan untuk proses pembuatan emulsi solar-air sebagai bahan bakar alternatif untuk mesin diesel. Penelitian-penelitian sebelumnya membuat emulsi solar-air dengan menggunakan berbagai jenis surfaktan. Analisa yang dilakukan untuk mengamati emulsi solar-air diantaranya adalah analisa kestabilan emulsi, pengaruh jumlah surfaktan, pengaruh komposisi volume air, dan pengaruh emulsi solar-air terhadap lingkungan. Data dan hasil dari penelitian-penelitian tersebut dijelaskan di tabel 2-3.

Tabel 2.3 Penelitian Terdahulu

Tahun	Nama	Judul	Penelitian	Hasil
2009	Sarjono	Penggunaan Bahan Bakar Emulsi sebagai Bahan Bakar Alternatif pada Mesin Diesel	Surfaktan : <i>alkhyl benzene sulphonic acid (ABS)</i> Alat : Mixer Kecepatan putar : - Kandungan Air : 10, 20, dan 30% wt Kandungan Surfaktan : 0,2%	Pada kurun waktu 330 menit campuran masih homogen
2009	Tamzil Aziz dan Sevriana Nuryanti Tambunan	Penentuan Massa Optimal Gom Akasia sebagai <i>Surface Active Agent</i> pada Pencampuran Minyak Goreng dengan Air dan Solar dengan Air	Surfaktan : <i>Gom Akasia (Gom Arab)</i> Alat : Mixer Kecepatan putar : - Kandungan Air : diamati Kandungan Surfaktan : diamati	Dari variasi komposisi solar : air : gom akasia yang dilakukan pada penelitian ini, maka diperoleh massa gom akasia optimal adalah pada perbandingan 4 : 2 : 1.

Tabel 2.3 Penelitian Terdahulu (lanj.)

Tahun	Nama	Judul	Penelitian	Hasil
2009	K. Kannan dan M. Udayakumar	<i>NOx and PM emission control using water emulsified diesel in single cylinder diesel engine</i>	Surfaktan : <i>Sodium Lauryl Sulphate (SLS)</i> Alat : Mixer Kecepatan putar : 1500 rpm Kandungan Air : 10% dan 20% Kandungan Surfaktan : 0,1%	Kadar NOx mengalami penurunan sebesar 10% pada penggunaan kandungan air 10% dan penurunan 25% pada penggunaan kandungan air 20%
2011	A.N Dibofori-Orji	<i>Critical Processes Involved in Formulation of Water-in-Oil Fuel Emulsions, Combustion Efficiency of the Emulsified Fuels and Their Possible Environmental Impacts</i>	Surfaktan : Polyethylene Glycol Alat : Silverson Mechanical Mixer Kecepatan putar : - Kandungan Air : 2,5; 5; 7,5; dan 10% wt Kandungan Surfaktan : 1%	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Terlalu sedikit jumlah surfaktan yang ditambahkan, akan membuat emulsi tidak stabil. Namun terlalu banyak penambahan surfaktan akan memunculkan masalah seperti <i>creaming</i> dan mudah terbakar</li> </ul>

Tabel 2.3 Penelitian Terdahulu (lanj.)

Tahun	Nama	Judul	Penelitian	Hasil
2012	Nitesh Kumar Singh	<i>Experimental Investigations of Diesel Emulsions as Fuel in Small Direct Injection Compression Ignition Engines</i>	Surfaktan : Span 80 Alat : greaves model G 600 WII Kecepatan putar : 15.000 rpm Kandungan Air : 5, 10, 15, dan 20% wt Kandungan Surfaktan : 1% Temperatur Operasi : 30 °C	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Efisiensi pembakaran terbaik didapatkan pada kandungan air 5%</li> <li>• Emulsi air-solar mampu mengurangi jumlah kandungan CO<sub>2</sub> hingga 13% pada kandungan 5% air</li> <li>• <i>Brake Specific Fuel Consumption</i> (BSFC) tertinggi didapatkkan pada kandungan air 20%</li> <li>• Penambahan air pada solar meningkatkan performa mesin diesel, karena mampu menambah kecepatan pembakaran mesin</li> </ul>

Tabel 2.3 Penelitian Terdahulu (lanj.)

Tahun	Nama	Judul	Penelitian	Hasil
2013	M.R. Noor El-Din et al	<i>Rheological Behavior of Water-in-Diesel Fuel Nanoemulsions stabilized by Mixed Surfactants</i>	<p>Surfaktan : campuran Polyoxyethylene 20 Sorbitan Monooleate dan Sorbitan Monooleate</p> <p>Alat : turbine homogenizer (Ultraturrax pro 200, USA)</p> <p>Kecepatan putar : 30.000 rpm</p> <p>Kandungan Air : 5, 6, 7, 8, dan 9% wt</p> <p>Kandungan Surfaktan : 10%</p> <p>Temperatur Operasi : 30 °C</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ketidakstabilan <i>nanodroplets</i> didapatkan setelah pendiaman selama 360 jam pada kondisi operasi yang sama.</li> <li>• <i>Nanodroplets</i> air yang kecil akan semakin besar dengan berpindahnya ukuran ke <i>nanodroplet</i> lebih besar dengan adanya <i>continuous phase</i>.</li> <li>• Semakin tinggi kandungan air yang ditambahkan, semakin meningkatnya nilai <i>rate of ripening</i> pada emulsi</li> </ul>

## **BAB III METODE PENELITIAN**

Penelitian ini bertujuan untuk menentukan kestabilan emulsi solar-air dengan menggunakan *Alkylbenzene sulphonic acid* (ABS), *Sodium lauryl sulfate* (SLS) dan *Sorbitan monooleate* (Span 80) sebagai surfaktan. Larutan surfaktan *Alkylbenzene sulphonic acid* (ABS) dan *Sodium lauryl sulfate* (SLS) yang digunakan untuk membuat 10% W/O yaitu dengan kadar 0,5% dan 1%. Larutan surfaktan *Sorbitan monooleate* (Span 80) yang digunakan untuk membuat 10% W/O yaitu dengan kadar 0,1%, 0,5%, 1% dan 2%, sedangkan untuk membuat 20% W/O dan 30% W/O dengan kadar Span 80 sebanyak 1%. Surfaktan akan dicampurkan sehingga menghasilkan emulsi solar-air.

### **3.1 Prosedur Percobaan**

Percobaan ini dibagi menjadi 4 tahap, yaitu:

1. Persiapan larutan *Carboxy Methyl Cellulose* (CMC)
2. Persiapan larutan surfaktan
3. Proses pre-emulsi
4. Proses Emulsi

#### **3.1.1 Persiapan Larutan *Carboxy Methyl Cellulose* (CMC)**

Membuat larutan *Carboxy Methyl Cellulose* (CMC) 0,5% dari air dengan menggunakan aquadest sebagai pelarut. Tahap pembuatan larutan CMC untuk 10% W/O, 20% W/O dan 30% W/O dengan mencampurkan CMC sebanyak 0,125 gr, 0,25 gr dan 0,375 gr dengan aquadest 25 ml, 50 ml dan 75 ml. Panaskan aquadest hingga mendidih, setelah itu masukkan CMC dan mixer selama  $\pm 2$  menit hingga campuran merata. Kemudian larutan CMC ini didinginkan hingga ruang untuk dapat digunakan pada proses selanjutnya.

#### **3.1.2 Persiapan Larutan Surfaktan**

Membuat larutan surfaktan *Alkylbenzene sulphonic acid* (ABS) dan *Sodium lauryl sulfate* (SLS) kadar 0,5% dan 1% dengan menggunakan larutan CMC sebagai pelarut.

Tahap pembuatan ABS 0,5% dengan menakar ABS sebanyak 0,125 mL dan larutan CMC 25 mL, sedangkan untuk pembuatan ABS 1% dengan menakar ABS sebanyak 0,25 mL dan larutan CMC 25 mL, kemudian mencampur larutan CMC dan ABS tersebut dengan menggunakan mixer selama  $\pm 2$  menit hingga campuran merata.

Tahap pembuatan SLS 0,5% dengan menakar SLS sebanyak 0,125 gr dan larutan CMC 25 mL, sedangkan untuk pembuatan SLS 1% dengan menakar SLS sebanyak 0,25 gr dan larutan CMC 25 mL kemudian mencampur larutan CMC dan SLS tersebut dengan menggunakan mixer selama  $\pm 2$  menit hingga campuran merata.

### 3.1.3 Proses Pre-emulsi

Proses pre-emulsi yaitu proses pengadukan bahan emulsi solar-air menggunakan mixer dengan kecepatan 400 rpm selama 10 menit. Tahap pengadukan pre-emulsi pada penggunaan surfaktan *Alkylbenzene sulphonic acid* (ABS) dan *Sodium lauryl sulfate* (SLS) dengan mencampurkan solar dan larutan surfaktan. Sedangkan pada penggunaan surfaktan *Sorbitan monooleate* (Span 80) dengan mencampurkan solar, larutan CMC dan surfaktan sesuai variabel yang ditentukan.

### 3.1.4 Proses Emulsi

#### a) Pembuatan campuran 10% W/O dengan 0,5% & 1% Surfaktan *Alkylbenzene sulphonic acid* (ABS) (Percobaan 1)

1. Menyiapkan gelas ukur dengan kapasitas 25 mL dan 250 mL.
2. Menuangkan campuran ABS 0,5% ke dalam gelas ukur 250 mL.
3. Menambahkan bahan bakar solar ke dalam gelas ukur sampai volume 250 mL tercapai.
4. Kedua bahan tersebut diaduk menggunakan mixer dengan kecepatan 400 rpm selama 10 menit.
5. Sampel diemulsi menggunakan Sonikator selama 15 menit hingga diperoleh campuran yang merata.

6. Mengukur densitas dan viskositas.
7. Mengamati perubahan warna sebagai fungsi waktu.
8. Untuk membuat bahan bakar emulsi campuran 10% W/O dengan kadar ABS 1% dilakukan cara di atas (langkah 1 sampai 7), namun dengan kadar campuran ABS 1%.

**b) Pembuatan campuran 10% W/O dengan 0,5% & 1% Surfaktan *Sodium lauryl sulfate* (SLS) (Percobaan 2)**

1. Menyiapkan gelas ukur dengan kapasitas 25 mL dan 250 mL.
2. Menuangkan campuran SLS 0,5% ke dalam gelas ukur 250 mL.
3. Menambahkan bahan bakar solar ke dalam gelas ukur sampai volume 250 mL tercapai.
4. Kedua bahan tersebut diaduk menggunakan mixer dengan kecepatan 400 rpm selama 10 menit.
5. Sampel diemulsi menggunakan Sonikator selama 15 menit hingga diperoleh campuran yang merata.
6. Mengukur densitas dan viskositas.
7. Mengamati perubahan warna sebagai fungsi waktu.
8. Untuk membuat bahan bakar emulsi campuran 10% W/O dengan kadar campuran SLS 1% dilakukan cara di atas (langkah 1 sampai 7), namun dengan kadar campuran SLS 1%.

**c) Pembuatan campuran 10% W/O dengan 0,1%, 0,5%, 1% dan 2% Surfaktan *Sorbitan monooleate* (Span 80) (Percobaan 3)**

1. Menyiapkan gelas ukur dengan kapasitas 25 mL dan 250 mL.
2. Mengukur Span 80 sebanyak 0,025 mL dan larutan CMC 25 mL.
3. Menuangkan Span 80 dan larutan CMC ke dalam gelas ukur 250 mL.
4. Menambahkan bahan bakar solar ke dalam gelas ukur sampai volume 250 mL tercapai.

5. Ketiga bahan tersebut diaduk menggunakan mixer dengan kecepatan 400 rpm selama 10 menit.
6. Sampel diemulsi menggunakan Sonikator selama 15 menit hingga diperoleh campuran yang merata.
7. Mengukur densitas dan viskositas.
8. Mengamati perubahan warna sebagai fungsi waktu.
9. Untuk membuat bahan bakar emulsi campuran 10% W/O dengan kadar SPAN 80 0,5%, 1% & 2% dilakukan cara di atas (langkah 1 sampai 8), namun dengan Span 80 sebanyak 0,125 mL, 0,25 mL & 0,5 mL.

**d) Pembuatan campuran 20% W/O dan 30% W/O dengan 1% Surfaktan *Sorbitan monooleate* (Span 80) (Percobaan 4)**

1. Menyiapkan gelas ukur dengan kapasitas 50 mL, 75 mL dan 250 mL.
2. Mengukur Span 80 sebanyak 0,5 mL dan larutan CMC 50 mL.
3. Menuangkan Span 80 dan larutan CMC ke dalam gelas ukur 250 mL.
4. Menambahkan bahan bakar solar ke dalam gelas ukur sampai volume 250 mL tercapai.
5. Ketiga bahan tersebut diaduk menggunakan mixer dengan kecepatan 400 rpm selama 10 menit.
6. Sampel diemulsi menggunakan Sonikator selama 15 menit hingga diperoleh campuran yang merata.
7. Mengukur densitas dan viskositas.
8. Mengamati perubahan warna sebagai fungsi waktu.
9. Untuk membuat bahan bakar emulsi campuran 30% W/O dilakukan cara di atas (langkah 1 sampai 8), namun dengan larutan CMC sebanyak 75 mL.

## 3.2 Analisa

### 3.2.1 Analisa Densitas

Menguji berat jenis sampel yang dihasilkan menggunakan piknometer dengan cara menimbang piknometer kosong, kemudian piknometer diisi larutan dan menimbang piknometer yang telah terisi tersebut. Menghitung densitas dengan rumus :

$$\rho = \frac{ik - i - ik - k - g}{V \quad ik}$$

### 3.2.2 Analisa Viskositas

Viskositas dari cairan yang ditentukan dengan mengukur waktu yang dibutuhkan bagi cairan tersebut untuk lewat antara 2 tanda ketika mengalir karena gravitasi melalui viskometer Ostwald. Waktu alir dari cairan yang diuji dibandingkan dengan waktu yang dibutuhkan bagi suatu zat yang viskositasnya sudah diketahui (biasanya air) untuk lewat 2 tanda tersebut. Rumus yang digunakan adalah sebagai berikut:  $\mu = \frac{x dx}{d} (\mu_0)$

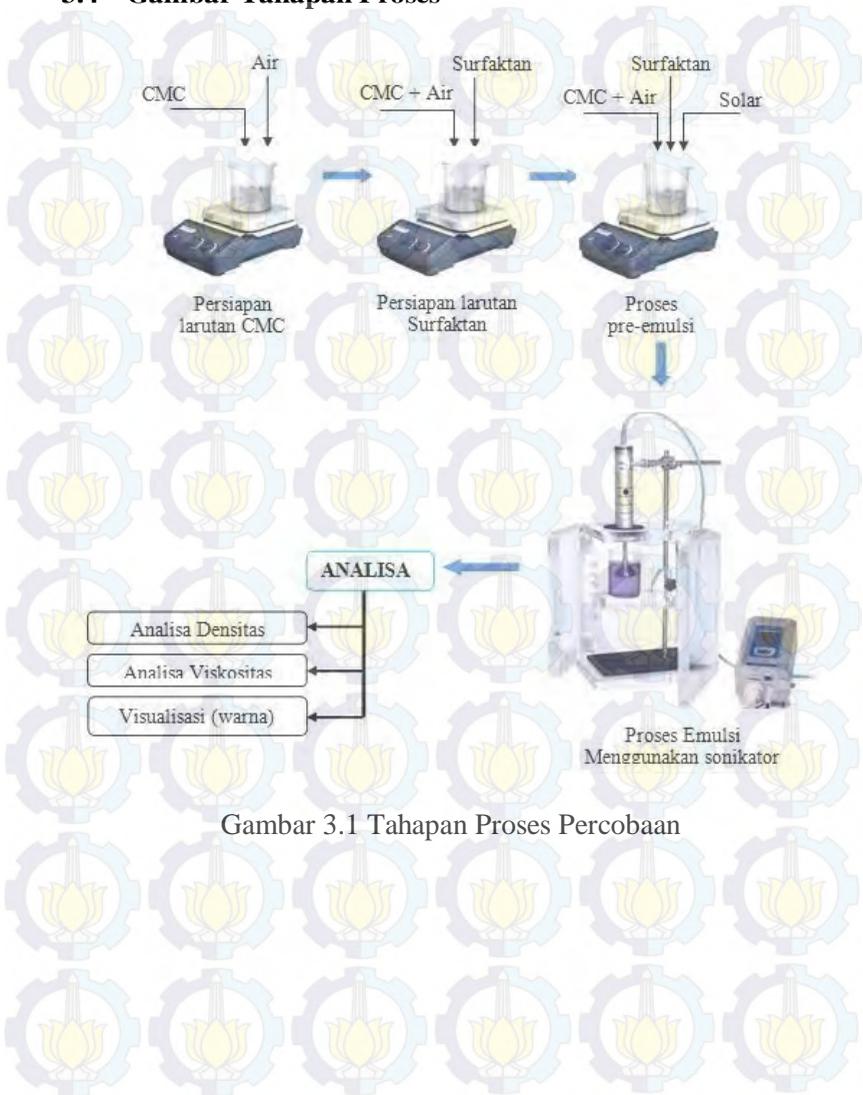
### 3.2.3 Visualisasi (warna)

Mengamati pembentukan lapisan dengan perubahan warna dari sampel terhadap fungsi waktu.

## 3.3. Peralatan yang Digunakan

1. Sonikator : sebagai alat untuk pembuatan bahan berukuran nano dengan metode emulsifikasi
2. Gelas Ukur : sebagai pengukur jumlah larutan yang digunakan
3. *Mixer* : sebagai alat pengaduk pada proses pre-emulsi
4. *Beaker Glass* : sebagai tempat mencampurkan larutan
5. *Magnetic Stirrer* : sebagai alat pengaduk untuk surfaktan dan air
6. Pipet Ukur : sebagai pengukur jumlah larutan yang digunakan

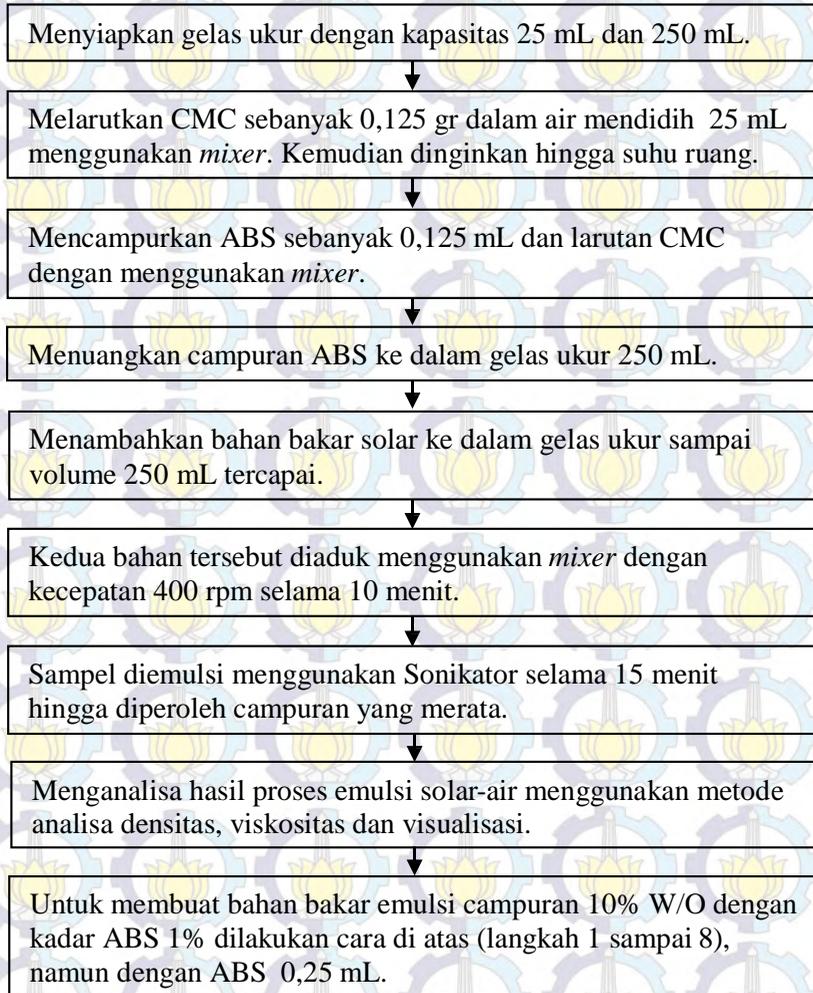
### 3.4 Gambar Tahapan Proses



Gambar 3.1 Tahapan Proses Percobaan

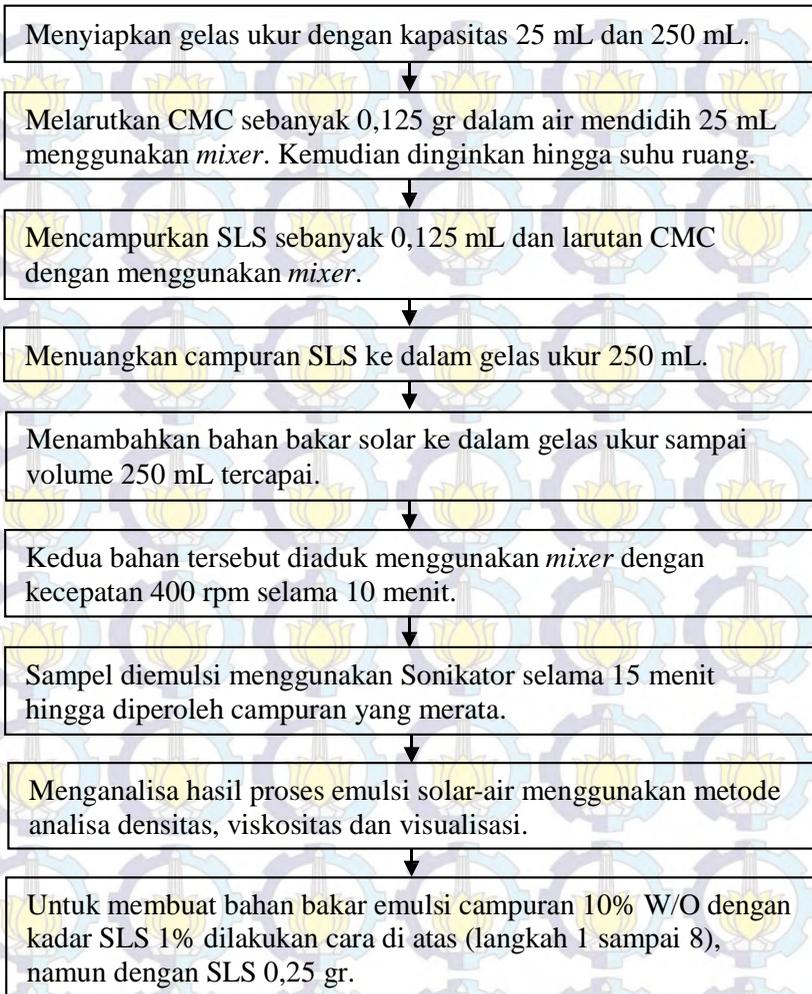
### 3.5 Block Diagram

#### Percobaan 1



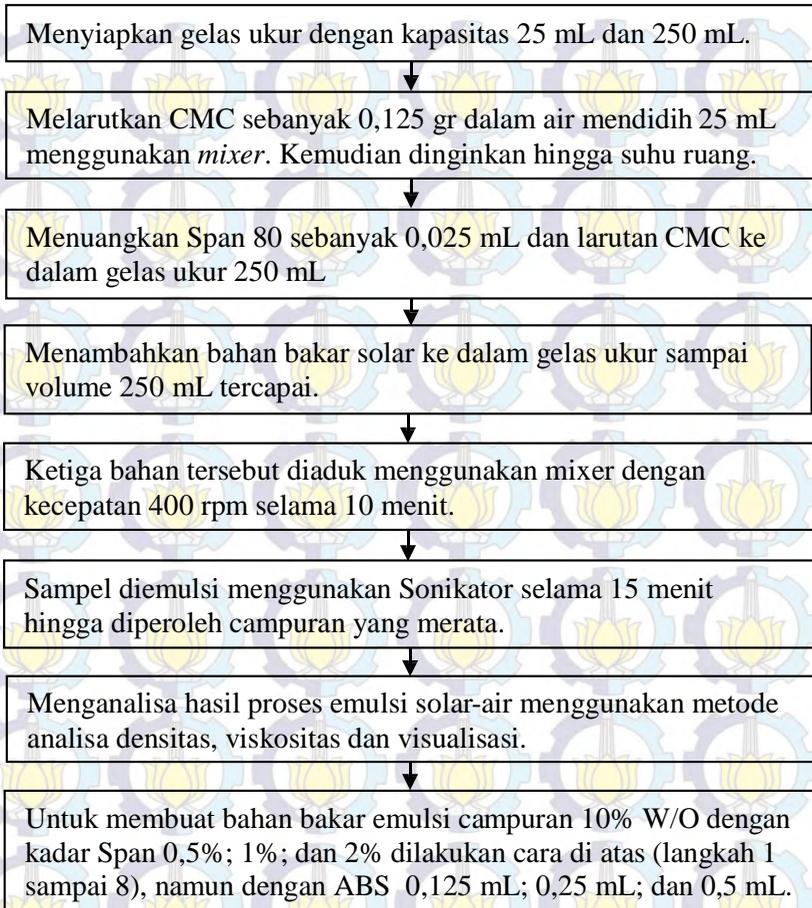
Gambar 3.2 Blok diagram pembuatan campuran 10% W/O dengan 0,5% & 1% Surfaktan *Alkylbenzene sulphonic acid* (ABS) (Percobaan 1)

## Percobaan 2

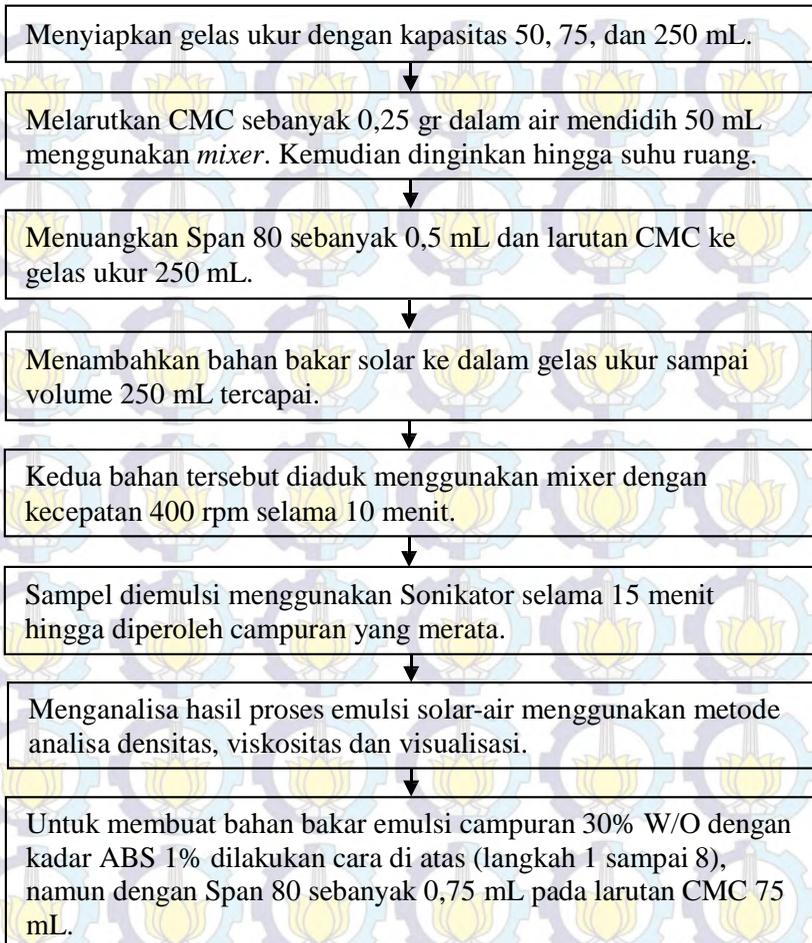


Gambar 3.3 Blok diagram pembuatan campuran 10% W/O dengan 0,5% & 1% Surfaktan *Sodium lauryl sulfate* (SLS) (Percobaan 2)

### Percobaan 3



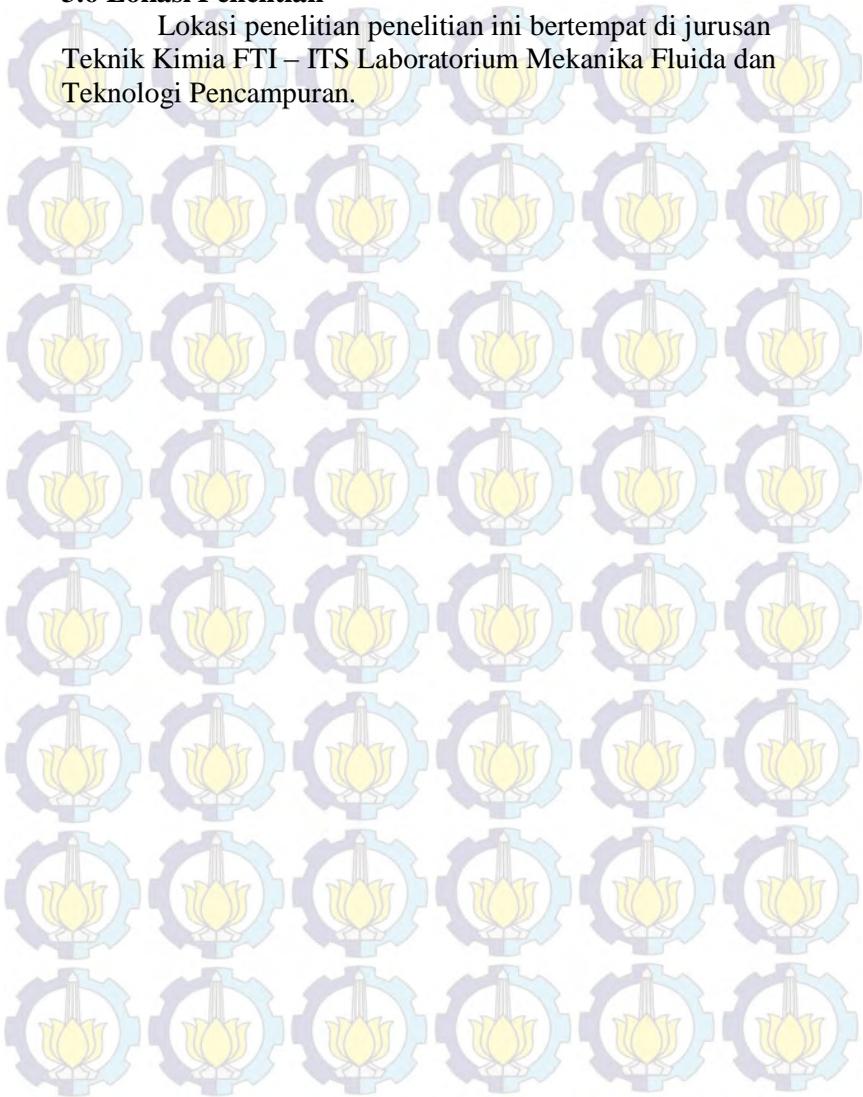
Gambar 3.4 Blok diagram pembuatan campuran 10% W/O dengan 0,1%, 0,5%, 1%, dan 2% Surfaktan *Sorbitan Monooleate* (Span 80) (Percobaan 3)

**Percobaan 4**

Gambar 3.5 Blok diagram pembuatan campuran 20% dan 30% W/O dengan 1% Surfaktan *Sorbitan Monooleate* (Span 80) (Percobaan 4)

### 3.6 Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian penelitian ini bertempat di jurusan Teknik Kimia FTI – ITS Laboratorium Mekanika Fluida dan Teknologi Pencampuran.





*Halaman ini sengaja dikosongkan*

## BAB IV HASIL DAN PENGAMATAN

Berdasarkan tujuan penelitian yang telah dijelaskan sebelumnya, pada penelitian ini diinginkan untuk menghasilkan emulsi solar-air yang memiliki ukuran partikel nanometer sehingga memberikan kondisi kestabilan terbaik. Untuk mendapatkan emulsi tersebut dilakukan beberapa tahapan penelitian. Tahapan tersebut terbagi menjadi beberapa variabel penelitian yaitu variasi kondisi sonikasi, jenis surfaktan, konsentrasi surfaktan terhadap air yang ditambahkan, dan perbandingan air dan surfaktan yang digunakan.

Berdasarkan variabel yang telah dilakukan, maka pembahasan hasil penelitian dibagi menjadi beberapa poin, yaitu:

1. Pembuatan emulsi solar-air dengan penambahan *co-emulsifier*, penggunaan *pulser* di sonikasi, dan penambahan pengadukan saat sonikasi.
2. Pembuatan larutan surfaktan dengan variasi jenis surfaktan yang digunakan.
3. Pembuatan larutan surfaktan dengan variasi konsentrasi surfaktan terhadap air.
4. Pembuatan emulsi solar-air dengan variasi perbandingan air dan surfaktan yang digunakan.

Beberapa variabel digunakan bertujuan untuk mendapatkan kondisi operasi terbaik dalam membuat emulsi solar-air.

### **4.1 Pengaruh *co-emulsifier*, *Pulser* di Sonikasi, dan Pengadukan Saat Sonikasi**

Bahan yang digunakan pada pembuatan emulsi solar-air adalah Solar Dex produksi Pertamina yang memiliki *cetane number* (angka setana) sebesar 53 dengan kandungan sulfur di bawah 300 ppm. *Cetane number* ini menunjukkan kualitas bahan bakar untuk mesin diesel. Angka ini mempengaruhi proses pembakaran yang terjadi di mesin diesel. Semakin tinggi nilainya,

semakin mudah proses pembakaran sehingga akan mengurangi beban mesin dan diesel akan semakin halus. Bahan ini dipilih karena memiliki *cetane number* yang sudah tinggi dan baik untuk mesin diesel.

Emulsi yang dibuat pada penelitian ini merupakan emulsi jenis *water-in-oil emulsion* atau dikenal dengan *w/o emulsion* yaitu emulsi air dalam solar. Emulsi ini dilakukan dengan penambahan kadar air pada solar melalui proses emulsifikasi dengan menggunakan surfaktan. Pada emulsi jenis ini, air (*water*) merupakan fase terdispersi (bagian dalam) sementara solar (*oil*) merupakan fase pendispersi (bagian luar).

Pembuatan emulsi solar-air ini menggunakan dua tahapan pencampuran yaitu pengadukan cepat dan sonikasi. Pengadukan cepat dilakukan menggunakan *High Power Mixer* dengan kecepatan putar 400 rpm dan waktu pengadukan 10 menit. Selanjutnya sonikasi dilakukan menggunakan *Ultrasonic Processor VCX-500 frequency* 20 kHz dengan *amplitude* 30% dan *probe* berukuran 13 mm. pada proses sonikasi dilakukan pengamatan dua variabel yaitu penggunaan *pulser* dan penambahan pengadukan. Pada proses tanpa *pulser*, sonikasi dilakukan selama 15 menit. Pada proses menggunakan *pulser*, sonikasi dilakukan selama total 19 menit dengan *pulse* 5 menit sebanyak tiga kali dan *pulser* 2 menit sebanyak dua kali. Sementara penambahan pengadukan dilakukan saat sonikasi dengan menggunakan *magnetic stirrer*.

Selain itu, digunakan variabel penambahan surfaktan tambahan (*co-surfactant*) atau yang biasa disebut dengan *co-emulsifier* atau *stabilizer*. Pengaruh penambahan *emulsifier* ini dilakukan tanpa dan dengan menambahkan *Carboxy Methyl Cellulose* (CMC) sebanyak 0.5% terhadap jumlah air yang digunakan.

Berdasarkan variabel yang diamati kemudian dilakukan analisis visual. Analisis visual yang dilakukan berupa pengamatan perubahan warna yang terjadi pada emulsi saat setelah selesai sonikasi, 3 jam setelah sonikasi, dan 24 jam setelah sonikasi.

Tabel 4.1 menunjukkan hasil pengamatan penambahan CMC. Tabel 4.2 menunjukkan hasil pengamatan yang dilakukan pada proses sonikasi.



(a)

(b)

(c)

Gambar 4.1 Emulsi tanpa CMC pada (a) setelah sonikasi, (b) 3 jam setelah sonikasi, dan (c) 24 jam setelah sonikasi



(a)

(b)

(c)

Gambar 4.2 Emulsi dengan CMC pada (a) setelah sonikasi, (b) 3 jam setelah sonikasi, dan (c) 24 jam setelah sonikasi

Tabel 4.1 Hasil pengamatan visual pengaruh penambahan *emulsifier*

Parameter	Setelah Sonikasi	3 jam setelah sonikasi	24 jam setelah sonikasi
Tanpa CMC	Berwarna putih keruh dan kekuningan	Emulsi semakin berwarna kekuningan, terbentuk lapisan kuning bening di bagian atas setinggi 7% dari tinggi total emulsi	Emulsi semakin kuning keruh, terbentuk lapisan kuning bening di bagian atas setinggi 50% dari tinggi total emulsi
Dengan CMC	Berwarna putih keruh dengan sedikit warna kekuningan	Sudah terbentuk lapisan kuning bening di bagian atas setinggi 5% dari total tinggi emulsi	Sudah terbentuk lapisan kuning bening di bagian atas setinggi 15% dari tinggi total emulsi



(a)

(b)

(c)

Gambar 4.3 Emulsi tanpa *pulser* dan tanpa pengadukan pada (a) setelah sonikasi, (b) 3 jam setelah sonikasi, dan (c) 24 jam setelah sonikasi



(a)

(b)

(c)

Gambar 4.4 Emulsi tanpa *pulser* dan dengan pengadukan pada (a) setelah sonikasi, (b) 3 jam setelah sonikasi, dan (c) 24 jam setelah sonikasi



(a)

(b)

(c)

Gambar 4.5 Emulsi dengan *pulser* dan tanpa pengadukan pada (a) setelah sonikasi, (b) 3 jam setelah sonikasi, dan (c) 24 jam setelah sonikasi



(a)

(b)

(c)

Gambar 4.6 Emulsi dengan *pulser* dan dengan pengadukan pada (a) setelah sonikasi, (b) 3 jam setelah sonikasi, dan (c) 24 jam setelah sonikasi

Tabel 4.2 Hasil pengamatan visual pengaruh *pulser* dan pengadukan saat sonikasi

<b>Parameter</b>	<b>Setelah Sonikasi</b>	<b>3 jam setelah sonikasi</b>	<b>24 jam setelah sonikasi</b>
Tanpa <i>pulser</i> , tanpa pengadukan	Berwarna putih keruh dengan sedikit warna kekuningan	Sudah terbentuk lapisan kuning bening di bagian atas setinggi 5% dari total tinggi emulsi	Sudah terbentuk lapisan kuning bening di bagian atas setinggi 15% dari tinggi total emulsi
Tanpa <i>pulser</i> , dengan pengadukan	Berwarna putih keruh	Belum muncul lapisan kuning bening di bagian atas	Sudah terbentuk lapisan kuning bening di bagian atas setinggi 5% dari tinggi total emulsi
Dengan <i>pulser</i> , tanpa pengadukan	Berwarna putih keruh dan kekuningan	Sudah terbentuk lapisan kuning bening di bagian atas setinggi 5% dari total tinggi emulsi	Sudah terbentuk lapisan kuning bening di bagian atas setinggi 35% dari tinggi total emulsi

Tabel 4.2 Hasil pengamatan visual pengaruh *pulser* dan pengadukan saat sonikasi (lanj.)

Parameter	Setelah Sonikasi	3 jam setelah sonikasi	24 jam setelah sonikasi
Dengan <i>pulser</i> , dengan pengadukan	Berwarna putih keruh dan kekuningan	Sudah terbentuk lapisan kuning bening di bagian atas setinggi 5% dari total tinggi emulsi	Sudah terbentuk lapisan kuning bening di bagian atas setinggi 30% dari tinggi total emulsi

Warna emulsi yang diharapkan setelah proses emulsifikasi berupa pengadukan cepat dan sonikasi adalah warna putih keruh. Warna putih keruh ini menunjukkan kestabilan emulsi yang baik. Seiring dengan bertambahnya waktu pendiaman pada emulsi, warna putih keruh ini akan berubah menjadi kuning. Perubahan warna emulsi ini menunjukkan berkurangnya kestabilan emulsi. Sehingga pada akhir kestabilannya, emulsi tidak lagi berwarna putih keruh dan menjadi berwarna kuning seperti warna solar.

Pada kestabilan emulsi terdapat tiga kendala yang biasa terjadi yaitu fase pemisahan (*creaming* dan sedimentasi), *ostwald ripening*, dan proses agregasi (flokulasi, *coalescence*, koagulasi). Penambahan *co-emulsifier* berfungsi untuk mengurangi kendala-kendala tersebut sehingga menjaga kestabilan emulsi lebih lama. Berbeda dengan surfaktan yang berfungsi untuk mencampurkan dua cairan yang tidak saling bercampur secara natural (*immiscible liquid*), penambahan *co-emulsifier* diharapkan mampu meningkatkan kestabilan emulsi lebih lama.

Dapat dilihat dari Tabel 4.1 bahwa dengan penambahan CMC sebagai *co-emulsifier* didapatkan warna emulsi yang lebih baik. Pada emulsi menggunakan CMC warna emulsi yang dihasilkan lebih putih keruh dibandingkan tanpa penambahan CMC. Selain itu, warna kuning yang terlihat lebih sedikit dan lapisan kuning yang terbentuk lebih lambat dibandingkan tanpa penggunaan CMC. Hal ini menunjukkan kestabilan emulsi bertambah dengan penggunaan CMC. Pada penambahan CMC, warna yang dihasilkan lebih putih keruh dan lebih lama membentuk warna kuning.

Tabel 4.2 menunjukkan bahwa secara visual proses sonikasi yang menghasilkan emulsi terbaik didapatkan pada kondisi tanpa penggunaan *pulser* dan dengan penambahan pengadukan. Pada kondisi ini, emulsi yang didapatkan berwarna paling putih keruh dan paling lama menghasilkan lapisan kuning bening di bagian atas sehingga bisa dianggap paling lama memberikan kestabilan emulsi.

Kondisi dengan penambahan CMC, tanpa menggunakan *pulser* dan dengan penambahan pengadukan pada sonikasi seperti ini kemudian digunakan sebagai kondisi operasi seterusnya pada penelitian ini.

#### **4.2 Pengaruh Variasi Jenis Surfaktan**

Proses pembuatan emulsi solar-air dipengaruhi besar oleh penambahan surfaktan yang digunakan. Penambahan surfaktan ini mempengaruhi penurunan nilai tegangan permukaan yang masing-masing ada pada solar dan air. Semakin tinggi penurunan nilai tegangan permukaan, maka akan semakin baik emulsi yang dihasilkan.

Pengaruh jenis surfaktan yang digunakan untuk pembuatan emulsi ini dipelajari pada kandungan air terhadap total jumlah emulsi yang sama yaitu 10%. Untuk mempelajari pengaruh jenis surfaktan pada emulsi, digunakan 3 jenis surfaktan yaitu *Alkyl Benzene Sulfonate* (ABS), *Sodium Lauryl Sulfate* (SLS), dan Sorbitan Monooleate (Span 80). Pengamatan dilakukan pada dua

konsentrasi larutan surfaktan yang yaitu 0,5% dan 1% terhadap air yang digunakan.

Berdasarkan variabel yang diamati kemudian dilakukan analisis visual. Analisis visual yang dilakukan berupa pengamatan perubahan warna yang terjadi pada emulsi saat setelah selesai sonikasi, 3 jam setelah sonikasi, dan 24 jam setelah sonikasi. Tabel 4.3 dan Tabel 4.4 menunjukkan hasil pengamatan yang dilakukan pada berbagai jenis surfaktan.



(a)

(b)

(c)

Gambar 4.7 Emulsi menggunakan ABS 0,5% pada (a) setelah sonikasi, (b) 3 jam setelah sonikasi, dan (c) 24 jam setelah sonikasi



(a)

(b)

(c)

Gambar 4.8 Emulsi menggunakan SLS 0,5% pada (a) setelah sonikasi, (b) 3 jam setelah sonikasi, dan (c) 24 jam setelah sonikasi



(a)

(b)

(c)

Gambar 4.8 Emulsi menggunakan Span 80 0,5% pada (a) setelah sonikasi, (b) 3 jam setelah sonikasi, dan (c) 24 jam setelah sonikasi

Tabel 4.3 Hasil pengamatan visual pada berbagai jenis surfaktan konsentrasi 0,5%

<b>Surfaktan</b>	<b>Setelah Sonikasi</b>	<b>3 jam setelah sonikasi</b>	<b>24 jam setelah sonikasi</b>
ABS	Berwarna putih keruh kekuningan dan muncul endapan berwarna putih	Warna putih emulsi mulai menjadi semakin kekuningan, Sudah terbentuk lapisan kuning bening di bagian atas setinggi 3% dari total tinggi emulsi	Sudah terbentuk lapisan kuning bening di bagian atas setinggi 30% dari tinggi total emulsi
SLS	Berwarna putih keruh sedikit kekuningan dan muncul endapan berwarna putih	Warna putih emulsi mulai bertambah kekuningan, Sudah terbentuk lapisan kuning bening di bagian atas setinggi 3% dari total tinggi emulsi	Sudah terbentuk lapisan kuning bening di bagian atas setinggi 40% dari tinggi total emulsi

Tabel 4.3 Hasil pengamatan visual pada berbagai jenis surfaktan konsentrasi 0,5% (lanj.)

Surfaktan	Setelah Sonikasi	3 jam setelah sonikasi	24 jam setelah sonikasi
Span 80	Berwarna putih keruh lebih kekuningan	Warna emulsi bertambah semakin kekuningan, sudah muncul lapisan kuning bening di bagian atas setinggi 3% dari total tinggi emulsi	Warna emulsi sudah berubah menjadi kuning dengan sedikit warna putih yang tersebar di seluruh bagian emulsi, lapisan berwarna bening di bagian atas bertambah menjadi 10% dari tinggi total emulsi



(a)

(b)

(c)

Gambar 4.10 Emulsi menggunakan ABS 1% pada (a) setelah sonikasi, (b) 3 jam setelah sonikasi, dan (c) 24 jam setelah sonikasi



(a)

(b)

(c)

Gambar 4.11 Emulsi menggunakan SLS 1% pada (a) setelah sonikasi, (b) 3 jam setelah sonikasi, dan (c) 24 jam setelah sonikasi



(a)

(b)

(c)

Gambar 4.12 Emulsi menggunakan Span 80 1% pada (a) setelah sonikasi, (b) 3 jam setelah sonikasi, dan (c) 24 jam setelah sonikasi

Tabel 4.4 Hasil pengamatan visual pada berbagai jenis surfaktan konsentrasi 1%

Surfaktan	Setelah Sonikasi	3 jam setelah sonikasi	24 jam setelah sonikasi
ABS	Berwarna putih keruh kekuningan dan muncul endapan berwarna putih	Warna putih emulsi mulai menjadi semakin kekuningan, Sudah terbentuk lapisan kuning bening di bagian atas setinggi 5% dari total tinggi emulsi	Sudah terbentuk lapisan kuning bening di bagian atas setinggi 30% dari tinggi total emulsi

Tabel 4.4 Hasil pengamatan visual pada berbagai jenis surfaktan konsentrasi 1% (lanj.)

<b>Surfaktan</b>	<b>Setelah Sonikasi</b>	<b>3 jam setelah sonikasi</b>	<b>24 jam setelah sonikasi</b>
SLS	Berwarna putih keruh sedikit kekuningan dan muncul endapan berwarna putih	Warna putih emulsi mulai bertambah kekuningan, Sudah terbentuk lapisan kuning bening di bagian atas setinggi 2% dari total tinggi emulsi	Sudah terbentuk lapisan kuning bening di bagian atas setinggi 20% dari tinggi total emulsi
Span 80	Berwarna putih keruh	Warna emulsi masih tetap putih keruh dengan sedikit warna kuning, belum muncul lapisan kuning bening di bagian atas	Sudah terbentuk lapisan kuning bening di bagian atas setinggi 10% dari tinggi total emulsi

Berdasarkan pengamatan pada Tabel 4.3 dapat dilihat bahwa ABS dan SLS memberikan warna emulsi yang lebih memuaskan dibandingkan dengan Span 80. ABS dan SLS berwarna hanya sedikit kekuningan, sementara Span 80 berwarna lebih kekuningan. Namun pada ABS dan SLS, setelah sonikasi langsung muncul endapan berwarna putih pada bagian bawah.

Padahal endapan ini tidak diharapkan. Sementara pada Span 80, endapan berwarna putih tetap muncul hanya saja tidak pada saat selesai sonikasi, tetapi pada pengamatan 3 jam setelah sonikasi. Selain itu, pada pengamatan 3 jam setelah sonikasi, warna emulsi menggunakan ABS dan SLS masih lebih unggul dibandingkan Span 80. Pada Span 80 warna emulsi sudah semakin kuning. Tetapi pada pengamatan lapisan bening bagian atas emulsi, Span 80 menghasilkan ketinggian yang lebih rendah dibandingkan SLS dan ABS. Baik pada pengamatan 3 jam maupun 24 jam. Pada pengamatan ini, SLS menunjukkan ketinggian lapisan kuning bening bagian atas emulsi paling banyak.

Pengamatan pada Tabel 4.4 menunjukkan hasil yang berbeda dibanding pengamatan pada Tabel 4.3. Pada penggunaan surfaktan sebesar 1%, Span 80 menunjukkan hasil emulsi yang lebih memuaskan. Hal ini ditunjukkan dari pengamatan setelah sonikasi. Span 80 menghasilkan warna putih keruh yang terbaik juga tidak terdapat endapan putih di bagian bawah. Sementara pada ABS dan SLS berwarna lebih kekuningan dan muncul endapan putih. Selain itu, pada pengamatan 3 jam setelah selesai sonikasi, Span 80 belum membentuk lapisan kuning bening bagian atas. ABS dan SLS sudah membentuk lapisan kuning bening masing-masing setinggi 5% dan 2% dari total tinggi emulsi. Setelah 24 jam, pengamatan menunjukkan hasil emulsi dengan ABS dan SLS lebih banyak membentuk lapisan kuning bagian atas. Sementara Span 80 lebih sedikit dalam pembentukan lapisan tersebut.

Berdasarkan dua pengamatan tersebut, diketahui bahwa Span 80 lebih unggul sebagai surfaktan dibandingkan ABS dan SLS. Hal ini ditinjau dari tidak langsung terbentuknya endapan putih saat pengamatan setelah sonikasi. Walaupun pada kandungan 0,5% Span 80 menunjukkan warna emulsi yang tidak memuaskan, Namun pada kandungan 1% Span 80 menunjukkan warna emulsi yang jauh lebih baik. Selain itu, pada kondisi 3 jam dan 24 jam hasil emulsi dengan Span 80 lebih memuaskan. Terlihat dari lapisan kuning bening di bagian atas emulsi menggunakan Span 80 lebih sedikit dibandingkan emulsi menggunakan ABS dan SLS.

Hal ini disebabkan oleh nilai *Hydrophilic Lipophilic Balance* (HLB) yang dimiliki oleh setiap surfaktan. SLS memiliki nilai HLB paling tinggi yaitu 40, ABS bernilai 13, dan Span 80 bernilai 4. Semakin tinggi nilai HLB, menunjukkan surfaktan semakin banyak memiliki senyawa yang menyukai air atau disebut tipe *hydrophilic surfactant*. Tipe ini tidak cocok digunakan untuk emulsi solar-air. Pada emulsi solar air, surfaktan yang paling cocok digunakan adalah surfaktan dengan tipe *lipophilic surfactant* yang memiliki nilai HLB 4-6.

### 4.3 Pengaruh Variasi Konsentrasi Surfaktan

Pengaruh konsentrasi surfaktan terhadap kestabilan emulsi diamati pada solar murni dan solar dengan penambahan air 10% menggunakan surfaktan Span 80 dengan konsentrasi 0,1%, 0,5%, 1%, dan 2%. Empat analisis dilakukan untuk mengamati pengaruh konsentrasi surfaktan. Analisis yang dilakukan adalah analisis visual, viskositas, densitas, dan pengamatan pembentukan lapisan kuning terhadap waktu selama 21 hari. Hasil pengamatan ditunjukkan pada Tabel 4.5, Tabel 4.6, dan Gambar 4.17.



Gambar 4.13 Emulsi menggunakan Span 80 0,1% pada (a) setelah sonikasi, (b) 3 jam setelah sonikasi, dan (c) 24 jam setelah sonikasi



(a)

(b)

(c)

Gambar 4.14 Emulsi menggunakan Span 80 0,5% pada (a) setelah sonikasi, (b) 3 jam setelah sonikasi, dan (c) 24 jam setelah sonikasi



(a)

(b)

(c)

Gambar 4.15 Emulsi menggunakan Span 80 1% pada (a) setelah sonikasi, (b) 3 jam setelah sonikasi, dan (c) 24 jam setelah sonikasi



(a)

(b)

(c)

Gambar 4.16 Emulsi menggunakan Span 80 2% pada (a) setelah sonikasi, (b) 3 jam setelah sonikasi, dan (c) 24 jam setelah sonikasi

Tabel 4.5 Hasil pengamatan visual pada variasi konsentrasi surfaktan

Konsentrasi Surfaktan	Setelah Sonikasi	3 jam setelah sonikasi	24 jam setelah sonikasi
0,1%	Berwarna putih keruh lebih kekuningan	Warna emulsi bertambah semakin kekuningan, sudah muncul lapisan kuning bening di bagian atas setinggi 10% dari total tinggi emulsi	Warna emulsi sudah berubah menjadi lebih kuning, lapisan berwarna bening di bagian atas bertambah menjadi 40% dari tinggi total emulsi

Tabel 4.5 Hasil pengamatan visual pada variasi konsentrasi surfaktan (lanj.)

Konsentrasi Surfaktan	Setelah Sonikasi	3 jam setelah sonikasi	24 jam setelah sonikasi
0,5%	Berwarna putih keruh lebih kekuningan	Warna emulsi bertambah semakin kekuningan, sudah muncul lapisan kuning bening di bagian atas setinggi 3% dari total tinggi emulsi	Warna emulsi sudah berubah menjadi kuning dengan sedikit warna putih yang tersebar, lapisan berwarna bening di bagian atas bertambah menjadi 10% dari tinggi total emulsi
1%	Berwarna putih keruh	Warna emulsi masih tetap putih keruh dengan sedikit warna kuning, belum muncul lapisan kuning bening di bagian atas	Sudah terbentuk lapisan kuning bening di bagian atas setinggi 5% dari tinggi total emulsi

Tabel 4.5 Hasil pengamatan visual pada variasi konsentrasi surfaktan (lanj.)

<b>Konsentrasi Surfaktan</b>	<b>Setelah Sonikasi</b>	<b>3 jam setelah sonikasi</b>	<b>24 jam setelah sonikasi</b>
2%	Berwarna putih keruh	Warna emulsi masih tetap putih keruh, belum muncul lapisan kuning bening di bagian atas	Sudah terbentuk lapisan kuning bening di bagian atas setinggi 2% dari tinggi total emulsi

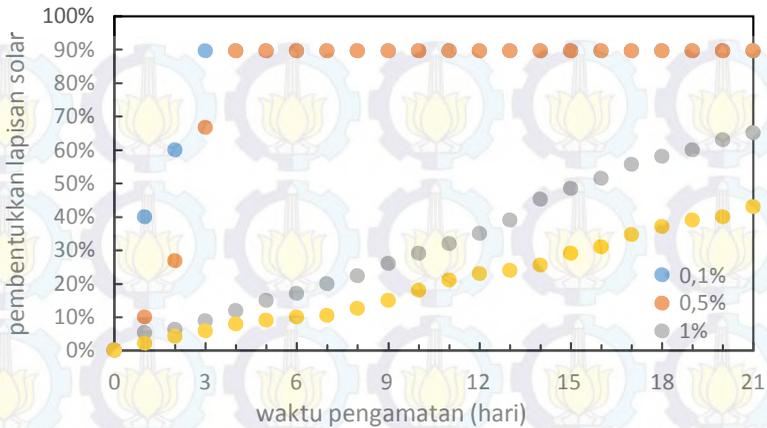
Berdasarkan pengamatan pada tabel 4.5 dapat dilihat bahwa pada pengamatan setelah sonikasi konsentrasi surfaktan 0,1% dan 0,5% menghasilkan warna emulsi yang lebih kuning dibandingkan pada konsentrasi 1% dan 2%. Pada konsentrasi 0,1% dan 0,5% emulsi berubah warna menjadi lebih kekuningan dengan cepat pada pengamatan 3 jam dan 24 jam. Pada konsentrasi 1% emulsi berubah menjadi hanya sedikit kekuningan pada pengamatan 3 jam. Sementara pada konsentrasi 2% emulsi masih berwarna putih keruh dan tidak berubah menjadi kekuningan pada pengamatan 3 jam dan 24 jam.

Tabel 4.6 Hasil pengamatan viskositas dan densitas pada berbagai konsentrasi surfaktan

<b>Konsentrasi Surfaktan</b>	<b>Viskositas (cp)</b>	<b>Densitas (cm/ml)</b>
0% (solar murni)	2,987	0,840
0,1%	5,693	0,840
0,5%	6,810	0,845
1,0%	3,929	0,852
2,0%	3,649	0,876

Berdasarkan pengamatan pada tabel 4.6 dapat dilihat bahwa pada analisis viskositas, nilai viskositas menurun dengan semakin tingginya konsentrasi surfaktan yang digunakan. Sehingga nilai tertinggi ada pada konsentrasi surfaktan 0,1% yaitu 5,693 cp dan terendah pada konsentrasi surfaktan 2% yaitu 3,649 cp. Viskositas pada konsentrasi surfaktan 2% paling mendekati properti solar murni tanpa surfaktan, yaitu 2,987 cp.

Sementara pada analisis densitas, nilai densitas meningkat dengan semakin tingginya konsentrasi surfaktan yang digunakan. Sehingga nilai tertinggi ada pada konsentrasi surfaktan 2% yaitu 0,876 cm/ml dan terendah pada konsentrasi surfaktan 0,1% yaitu 0,840 cm/ml. Densitas pada konsentrasi surfaktan 0,1% memiliki nilai yang sama dengan properti solar murni tanpa surfaktan, yaitu 0,840 cm/ml.



Gambar 4.17 Pembentukan tinggi lapisan kuning di emulsi pada berbagai konsentrasi surfaktan

Gambar 4.17 menunjukkan perubahan kestabilan yang dialami oleh emulsi. Pengamatan dilakukan dengan mengukur tinggi lapisan kuning yang terbentuk dibandingkan tinggi total emulsi setiap harinya selama 21 hari. Pada konsentrasi surfaktan 0,1% terjadi perubahan signifikan dimulai pada hari ke-1. Lapisan kuning yang terbentuk sudah tinggi, yaitu mencapai 40% total tinggi emulsi. Hari ke-3, lapisan kuning sudah terbentuk 90%. Pada kondisi ini, emulsi sudah berpisah sempurna. Pada pengamatan konsentrasi surfaktan 0,5%. Pembentukan lapisan kuning pada hari ke-1 adalah 10% dan mencapai 30% pada hari ke-2. Perubahan signifikan terbentuk di hari ke-3 yaitu mencapai 70% dan terbentuk 90% lapisan kuning pada hari ke-4. Sementara pada konsentrasi surfaktan 1% dan 2% pembentukan lapisan kuning cenderung lebih lambat. Di hari ke-1, keduanya membentuk kurang dari 10% lapisan kuning, yaitu masing-masing 5% dan 3%. Lapisan kuning selanjutnya terbentuk secara stabil dengan peningkatan 2-4% setiap harinya. Hingga hari ke-21 pengamatan, belum terbentuk

90% lapisan kuning, masing-masing terbentuk adalah 65% dan 43% Hal ini menunjukkan emulsi belum sepenuhnya berpisah.

Berdasarkan empat pengamatan tersebut, diketahui bahwa konsentrasi surfaktan mempengaruhi emulsi yang dihasilkan. Ada dua hal berbeda yang teramati. Semakin tinggi konsentrasi surfaktan yang digunakan, maka semakin mendekati nilai viskositas solar murni. Sebaliknya, semakin tinggi konsentrasi surfaktan yang digunakan, maka semakin menjauhi nilai densitas solar murni. Pada pembentukan lapisan kuning, semakin banyak surfaktan yang digunakan, semakin lambat pembentukannya. Hal ini disebabkan karena semakin banyak jumlah surfaktan yang digunakan, akan semakin tinggi penurunan nilai tegangan permukaan yang ada pada masing-masing liquid yang dicampur. Menurunnya nilai tegangan permukaan ini akan menyebabkan emulsi yang dihasilkan semakin baik.

#### **4.4 Pengaruh Variasi Kandungan Air**

Pengaruh variasi kandungan air yang digunakan terhadap kestabilan emulsi diamati pada kandungan surfaktan Span 80 1% dengan pada penambahan air 10%, 20%, dan 30% terhadap jumlah total emulsi. Empat analisis dilakukan untuk mengamati pengaruh konsentrasi surfaktan. Analisis yang dilakukan adalah analisis visual, viskositas, densitas, dan pengamatan visual pembentukan lapisan kuning terhadap waktu. Hasil pengamatan ditunjukkan pada Tabel 4.7, Tabel 4.8 dan Gambar 4.21.



(a)

(b)

(c)

Gambar 4.18 Emulsi dengan kandungan air 10% pada (a) setelah sonikasi, (b) 3 jam setelah sonikasi, dan (c) 24 jam setelah sonikasi



(a)

(b)

(c)

Gambar 4.19 Emulsi dengan kandungan air 20% pada (a) setelah sonikasi, (b) 3 jam setelah sonikasi, dan (c) 24 jam setelah sonikasi



(a) Emulsi dengan kandungan air 30% pada (a) setelah sonikasi, (b) 3 jam setelah sonikasi, dan (c) 24 jam setelah sonikasi

Tabel 4.7 Hasil pengamatan visual pada berbagai variasi kandungan air

Kandungan Air	Setelah Sonikasi	3 jam setelah sonikasi	24 jam setelah sonikasi
10%	Berwarna putih keruh	Warna emulsi masih tetap putih keruh dengan sedikit warna kuning, belum muncul lapisan kuning bening di bagian atas	Sudah terbentuk lapisan kuning bening di bagian atas setinggi 5% dari tinggi total emulsi

Tabel 4.7 Hasil pengamatan visual pada berbagai variasi kandungan air (lanj.)

Kandungan Air	Setelah Sonikasi	3 jam setelah sonikasi	24 jam setelah sonikasi
20%	Berwarna putih keruh	Warna emulsi masih tetap putih keruh dengan sedikit warna kuning, belum muncul lapisan kuning bening di bagian atas	Warna emulsi sudah berubah menjadi sedikit kekuningan, lapisan berwarna bening di bagian atas bertambah menjadi 4% dari tinggi total emulsi
30%	Berwarna putih keruh	Warna emulsi masih tetap putih keruh dengan sedikit warna kuning, belum muncul lapisan kuning bening di bagian atas	Warna emulsi sudah berubah menjadi lebih kekuningan, sudah terbentuk lapisan kuning bening di bagian atas setinggi 4% dari tinggi total emulsi

Berdasarkan pengamatan pada tabel 4.7 dapat dilihat bahwa pada pengamatan setelah sonikasi kandungan air 10%, 20%, dan 30% menghasilkan warna emulsi yang sama, yaitu putih keruh. Pada pengamatan 3 jam setelah sonikasi, pada masing-masing emulsi mulai terbentuk lapisan putih di bagian bawah dengan ketinggian yang berbeda dan emulsi mulai berubah warna menjadi lebih kekuningan namun belum membentuk lapisan berwarna kuning. Kandungan air 10% dan 30% berwarna lebih kekuningan dibandingkan dengan 20%. Pada pengamatan 24 jam, seluruh emulsi sudah menghasilkan lapisan kuning di bagian atas. Pada kandungan air 10% terbentuk 5% lapisan kuning dan pada kandungan air 20% dan 30% terbentuk 4% lapisan kuning.

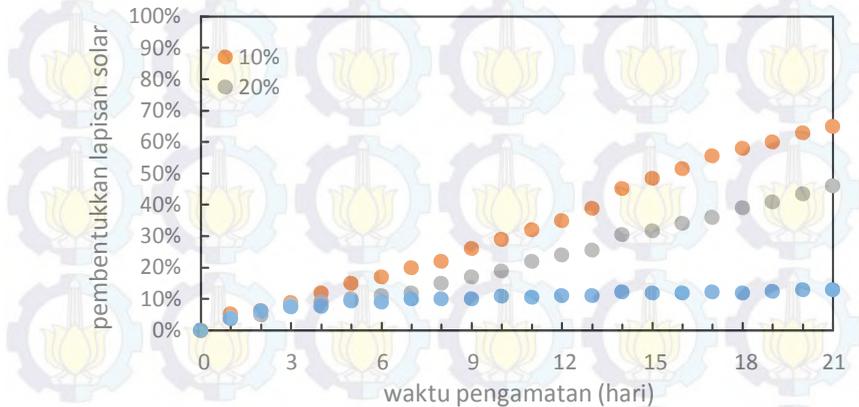
Tabel 4.8 Hasil pengamatan viskositas dan densitas pada berbagai kandungan air

<b>Kandungan Air</b>	<b>Viskositas (cp)</b>	<b>Densitas (cm/ml)</b>
0% (solar murni)	2,987	0,840
10%	3,929	0,852
20%	4,919	0,868
30%	9,220	0,897

Berdasarkan pengamatan pada tabel 4.6 dapat dilihat bahwa pada analisis viskositas, nilai viskositas meningkat dengan semakin tingginya konsentrasi surfaktan yang digunakan. Sehingga nilai tertinggi ada pada kandungan air 10% yaitu 9,220 cp dan terendah pada kandungan air 20% yaitu 3,929 cp. Viskositas pada kandungan air 10% paling mendekati properti solar murni tanpa penambahan air, yaitu 2,987 cp.

Pada analisis densitas, nilai densitas juga meningkat dengan semakin tingginya kandungan air yang digunakan. Sehingga nilai tertinggi ada pada kandungan air 30% yaitu 0,897 cm/ml dan terendah pada kandungan air 10% yaitu 0,852 cm/ml.

Densitas pada kandungan air 10% memiliki nilai yang sama dengan properti solar murni tanpa surfaktan, yaitu 0,840 cm/ml.



Gambar 4.21 Pembentukan tinggi lapisan kuning di emulsi pada berbagai variasi kandungan air

Gambar 4.21 menunjukkan perubahan yang dialami oleh emulsi. Pada kandungan air 10%, 20%, dan 30% pada hari ke-1 sampai hari ke-3 pembentukan tinggi lapisan kuning bernilai sama. Perbedaan pembentukan lapisan kuning terlihat dimulai di hari ke-4 hingga hari ke-21 dan paling signifikan pada hari ke-8 dan ke-14. Pada kandungan air 10% pembentukan lapisan paling cepat dan kandungan air 30% menunjukkan hasil yang paling lambat.

Berdasarkan empat pengamatan tersebut, diketahui bahwa kandungan air yang digunakan mempengaruhi emulsi yang dihasilkan. Semakin tinggi kandungan air yang digunakan, maka semakin mendekati properti solar murni, baik pada viskositas dan densitas. Juga pada pengamatan visual terhadap pembentukan lapisan kuning, semakin tinggi kandungan air semakin lama terbentuknya lapisan. Hal ini menunjukkan semakin banyak jumlah air yang ditambahkan, surfaktan Span 80 yang bersifat suka minyak lebih efektif dalam membentuk emulsi.

## BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

### 4.5 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan yang telah dibahas pada bab selanjutnya, maka dapat diambil kesimpulan:

1. Penambahan *Carboxy Methyl Cellulose* (CMC) sebagai *co-emulsifier (stabilizer)* mampu menambah kestabilan emulsi solar-air yang dihasilkan.
2. Sorbitan Monooleate (Span 80) dengan nilai *Hydrophilic Lipophilic Balance* (HLB) sebesar 4 merupakan surfaktan yang paling cocok digunakan untuk emulsi solar-air.
3. Surfaktan Span 80 dengan konsentrasi 2% menunjukkan hasil emulsi solar-air yang lebih baik dibandingkan konsentrasi 0,1%, 0,5%, dan 1%.
4. Melalui pengamatan visual, kandungan air 30% menunjukkan kestabilan emulsi solar-air paling lama dibandingkan kandungan air 10% dan 20%.

### 4.6 Saran

Dari penelitian yang telah dilakukan dalam pembuatan emulsi solar-air, kami menyarankan untuk penelitian selanjutnya:

1. Melakukan percobaan dengan menggunakan bahan bakar jenis lain terutama solar untuk mesin diesel stasioner.
2. Melakukan uji analisa *droplet size* dari emulsi solar-air yang dihasilkan.
3. Melakukan uji hasil emulsi solar-air pada mesin diesel.
4. Meningkatkan jumlah kandungan air yang ditambahkan hingga 40%.



## DAFTAR PUSTAKA

- Arismunandar, W. dan Tsuda, K. *Motor Diesel Putaran Tinggi*. Jakarta: PT. Pradya Padamita. 2002.
- Aziz, T. dan Tambunan, S.N. *Penentuan Massa Optimal Gom Akasia sebagai Surface Active Agent pada Pencampuran Minyak Goreng dengan Air dan Solar dengan Air*. Universitas Sriwijaya: Jurnal Teknik Kimia, 16 (2009) 59-65.
- Bedford, F., Rutland, C., Dittrich, P., Raab, A., and Wirbeleit, F. *Effects of Direct Water Injection on DI Diesel Engine Combustion*. Society of Automotive Engineers Paper, 2000-01-2938. 2000.
- Ben, E. S., Suardi, M., Chalid, T. C., dan Yulianto, T. *Optimasi Nanoemulsi Minyak Kelapa Sawit (Palm Oil) Menggunakan Sukrosa Monoester*. Jurnal Prosiding Seminar Nasional Perkembangan Terkini Sains Farmasi dan Klinik III, ISSN 2339-2592 (2013) 31-62.
- Borman, G.L. dan Ragland, K. W. *Combustion Engineering*. Boston: McGraw-Hill Book Company. 1998.
- Chen, G. dan Tao, D. *An Experimental Study of Stability of Oil-Water Emulsions*. Fuel Processing Technology, 86 (2005) 499-508.
- El-Din, M. R. N., El-Gamal, I. M., El-Hamouly, S. H., Mohamed, H. M., Mishrif, M. R., dan Ragab, A. M. *Rheological Behavior of Water-in-Diesel Nanoemulsions Stabilized by Mixed Surfactants*. Coloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects, 436 (2013) 318-324.
- Fingas, M. dan Fieldhouse, B. *Formation of Water-in-Oil Emulsions and Application to oil Spill Modelling*. Journal of Hazardous Materials, 107 (2004) 37-50.
- Fiveriati, A. dan Setiawan, A. *Study Eksperimen Pengaruh Penambahan Surfaktan terhadap Campuran Bahan Bakar*

*Biodiesel dan Ethanol Hydrous terhadap Performa Diesel Engine.* Jurnal Prosiding Seminar Nasional Manajemen Teknologi XVIII, ISBN: 978-602-97491-9-9 (2014) A-21-1:A-27-8.

Hapsari, B. W. *Sintesis Nanosfer Berbasis Ferrofluid dan Poly Lactid Acid (PLA) dengan Metode Sonikasi.* Institut Pertanian Bogor: Skripsi. 2009.

Hartono, A. dan Widiatmoko, M. C. *Emulsi dan Pangan Instan Berlesitin.* Yogyakarta: Andi Offset. 1993.

Hui, Y. H. *Bailey's Industrial Oil and Fat Products.* New York: Jhon Wiley & Sons Inc., Fifth Edition. 1996.

Ismail., Nova, D., Suparmanto, N., Rahayu, D., dan Rusliyanto. *Pengaruh Emulgator Buah Lerak (Sapindus rarak) dengan Emulsi Air dan Solar sebagai Bahan Bakar Motor Diesel Ramah Lingkungan.* Universitas Negeri Yogyakarta: Pelita VII (2012) 29-38.

Jiao, J dan Burgess, D. J. *Rheology and Stability of Water-in-Oil-in-Water Multiple Eulsions Containing Span 83 and Tween 80.* Journal of Pharmacy Sciences, 5 (2003) e7.

Kamel, B. S., *Emulsifier.* New York: van Nostrand Reinhoi. 1991.

Kannan, K. dan Udayakumar, *NOx and PM emission control using water emulsified diesel in single cylinder diesel engine.* Journal of Engineering and Applied Sciences, 4 (2009) 59-62.

Nakahira, A., Nakamura, S., dan Horimoto, M. *Synthesis of Modified Hydroxyapatite (HAP) Substituted with Fe Ion for DDS Application.* Journal of Transactions on Magnetic, 43 (2007) 2465-2467.

Orji, A.N. Dibofori. *Critical Processes Involved in Formulation of Water-in-Oil Fuel Emulsions, Combustion Efficiency of the Emulsified Fuels and Their Possible Environment Impacts.* Journal of Applied Sciences, Engineering and Technology, 3 (2011) 701-706.

Rosen, M. J. *Surfactants and Interfacial Phenomena.* New York: Wiley Interscience. 1989.

Roussean, D. *Fat Crystals and Emulsion Stability a Review*. International Journal of Food Research International, 33 (2000) 3-14.

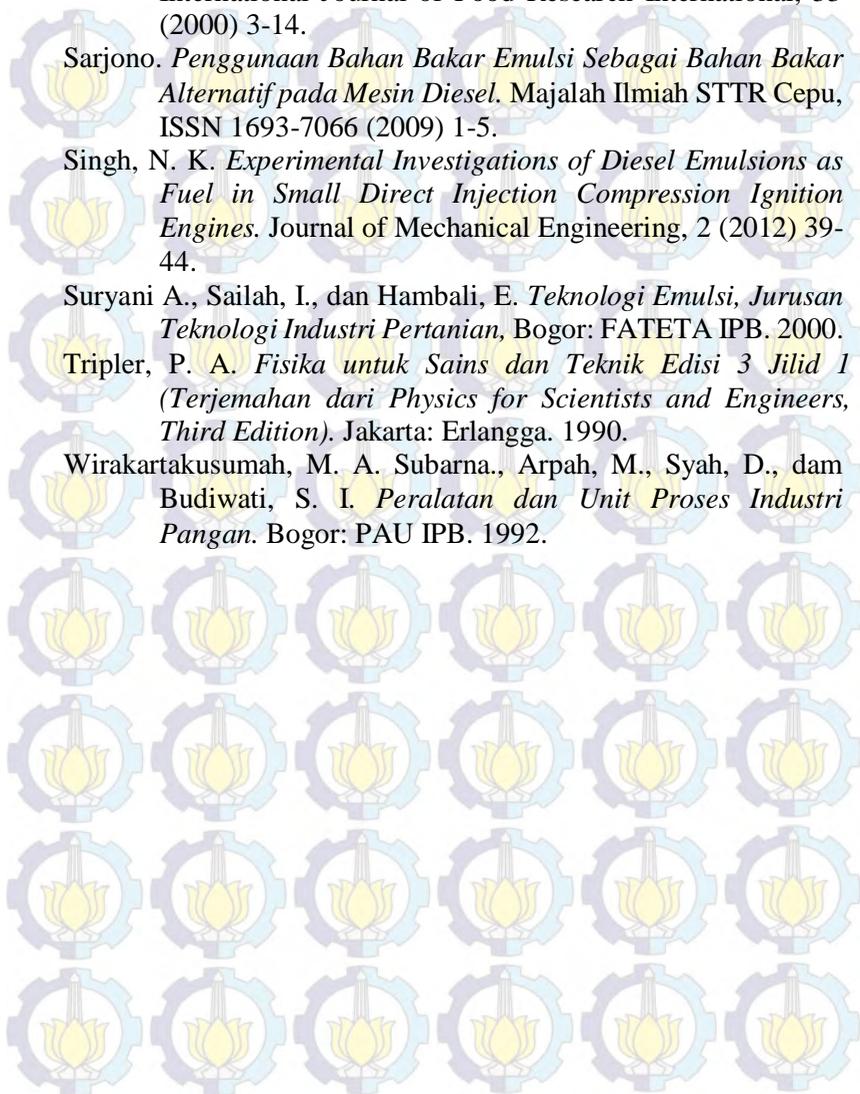
Sarjono. *Penggunaan Bahan Bakar Emulsi Sebagai Bahan Bakar Alternatif pada Mesin Diesel*. Majalah Ilmiah STTR Cepu, ISSN 1693-7066 (2009) 1-5.

Singh, N. K. *Experimental Investigations of Diesel Emulsions as Fuel in Small Direct Injection Compression Ignition Engines*. Journal of Mechanical Engineering, 2 (2012) 39-44.

Suryani A., Sailah, I., dan Hambali, E. *Teknologi Emulsi, Jurusan Teknologi Industri Pertanian*, Bogor: FATETA IPB. 2000.

Tripler, P. A. *Fisika untuk Sains dan Teknik Edisi 3 Jilid 1 (Terjemahan dari Physics for Scientists and Engineers, Third Edition)*. Jakarta: Erlangga. 1990.

Wirakartakusumah, M. A. Subarna., Arpah, M., Syah, D., dan Budiwati, S. I. *Peralatan dan Unit Proses Industri Pangan*. Bogor: PAU IPB. 1992.





## Biodata Penulis



### **LUTHFIANA AZMI**

Putri pertama pasangan Bpk. Bakori dan Ibu Meri Mariam ini dilahirkan pada hari Senin, 26 Oktober 1992. Pada tahun 1998 penulis memulai pendidikan formalnya di SDN II Pamijahan, kemudian untuk jenjang sekolah menengah di MTS Salafiyah Bode pada tahun 2004 dan jenjang menengah atas di MAN 2 Cirebon pada tahun 2007. Penulis yang sejak awal SMA tertarik dengan Teknik Kimia berhasil mendapatkan satu bangku jurusan tersebut di Diploma III Universitas Diponegoro pada 2010, kemudian melanjutkan S-1 di Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya pada 2014. Saat akhir masa studinya penulis berhasil menyelesaikan tugas akhir Pradesain Pabrik Biogas dari Limbah Cair Pabrik Minyak Kelapa Sawit dan penulisan buku skripsi ini di Laboratorium Mekanika Fluida dan Pencampuran di bawah bimbingan Prof. Dr. Ir. Sugeng Winardi, M.Eng. dan Dr. Kusdianto, ST., M.Sc.Eng.

Alamat : Jl. Angkasa No. 91 RT.04 RW.10 Penggung  
Utara Kec. Harjamukti Kota Cirebon

Telepon : 081322837480

Email : luthfiana.azmii@gmail.com

Motto : Percaya diri dan jangan takut untuk berkembang.



Gita Nur Sajida lahir di kota Bandung, 10 Februari 1991. Penulis menyelesaikan pendidikan formal di SD Negeri Sarijadi 6 Bandung tahun 1997-2003, SMP Negeri 1 Cimahi tahun 2003-2006 dan SMA Negeri 2 Cimahi tahun 2006-2009. Penulis melanjutkan pendidikan D3 di jurusan Teknik Kimia Politeknik Negeri Bandung (Polban) pada tahun 2009-2012. Semasa kuliah, penulis aktif berorganisasi di Himatek Polban di departemen Rohani Islam (Rohis), LDK Assalam Polban, BKKMTKI Daerah II, dan KAMMI Polban dan Bandung. Pada awal 2014 penulis melanjutkan pendidikannya pada program Lanjut Jenjang (LJ) di Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri (FTI) Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya. Semasa kuliah di ITS aktif di LDK Tim Pembinaan Kerohanian Islam Jamaah Masjid manarul Iimi (TPKI JMMI) dan KAMMI Surabaya. Penulis melakukan kerja praktek di PT. Petrokimia, Gresik. Di akhir masa studi, penulis memilih Laboratorium Mekanika Fluida dan Pencampuran untuk pengerjaan tugas akhir. Bersama partnernya dan di bawah bimbingan Prof. Dr. Ir Sugeng Winardi, M.Eng serta Dr. Kusdianto, ST, MSc.Eng, penulis berhasil menyelesaikan tugas akhir Pra Desain Pabrik Biogas dari POME dan penulisan buku skripsi ini.