

**PENGARUH MASSA KEMIRI TERHADAP VOLUME DAN  
KARAKTERISASI MINYAK KEMIRI HASIL PENGOLAHAN  
TRADISIONAL SEBAGAI BAHAN DASAR *BIOFUEL***

**SKRIPSI**

Diajukan kepada Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Universitas Negeri Yogyakarta

Untuk Memenuhi Sebagian Persyaratan Guna Memperoleh Gelar Sarjana Sains



Oleh

Lia Desi Parwati

NIM 13306144006

PROGRAM STUDI FISIKA  
JURUSAN PENDIDIKAN FISIKA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA  
2017

## PERSETUJUAN

Skripsi yang berjudul **“PENGARUH MASSA KEMIRI TERHADAP VOLUME DAN KARAKTERISASI MINYAK KEMIRI HASIL PENGOLAHAN TRADISIONAL SEBAGAI BAHAN DASAR BIOFUEL”** yang disusun oleh **LIA DESI PARWATI, NIM 13306144006** ini telah disetujui oleh pembimbing untuk diujikan.



## PENGESAHAN

Skripsi yang berjudul **“PENGARUH MASSA KEMIRI TERHADAP VOLUME DAN KARAKTERISASI MINYAK KEMIRI HASIL PENGOLAHAN TRADISIONAL SEBAGAI BAHAN DASAR BIOFUEL”** yang disusun oleh LIA DESI PARWATI, NIM 13306144006 ini telah dipertahankan di depan Dewan Penguji pada tanggal 14 Juli 2017 dan dinyatakan lulus.

### DEWAN PENGUJI

Nama	Jabatan	Tanda Tangan	Tanggal
<u>Suparno, Ph. D</u> 196008141988031003	Ketua Penguji		23 - 8 - 2017
<u>Agus Purwanto, M. Sc</u> 196508131995121001	Sekretaris Penguji		21 - 8 - 2017
<u>Dr. Warsono, M. Si</u> 196811011999031002	Penguji Utama		20 - 7 - 2017

Yogyakarta, 23 Agustus 2017

Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Dekan,

Dr. Hartono

NIP. 196203291987021002

## **SURAT PERNYATAAN**

Yang bertandatangan di bawah ini:

Nama : Lia Desi Parwati

NIM : 13306144006

Program Studi : Fisika

Jurusan : Pendidikan Fisika

Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Judul skripsi : **“Pengaruh Massa Kemiri Terhadap Volume dan Karakterisasi Minyak Kemiri Hasil Pengolahan Tradisional Sebagai Bahan Dasar Biofuel”**

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi ini benar-benar karya saya sendiri. Sepanjang pengetahuan saya tidak terdapat karya atau pendapat yang ditulis atau diterbitkan orang lain kecuali sebagai acuan atau kutipan dengan mengikuti tata penulisan karya ilmiah yang telah lazim.

Tanda tangan dosen pengaji yang tertera dalam halaman pengesahan adalah asli. Jika tidak asli, saya siap menerima sanksi ditunda yudisium pada periode berikutnya.

Yogyakarta, 5 Juli 2017

Yang menyatakan,



Lia Desi Parwati

NIM 13306144006

## MOTTO

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Tidak ada yang bisa mengatakan “tidak” kecuali ALLAH SWT

My Family My inspiration

Do the best and get the best

Bayangkan setiap hari yang kita jalani adalah hari terakhir kita berada di dunia ini, maka  
lakukan yang terbaik dan maksimal untuk hari ini.

## **PERSEMBAHAN**

Skripsi ini saya persembahkan untuk ibu dan bapak saya

Surtini dan Dwi Yanto

## UCAPAN TERIMAKASIH

Dalam menyelesaikan skripsi ini tak luput oleh dukungan dan motivasi dari semua pihak, oleh karena itu saya mengucapkan terimakasih kepada :

### ALLAH SWT

1. **Ibu saya ibuk Surtini**
2. **Ibu saya ibuk Surtini**
3. **Ibu saya ibuk Surtini** Terimakasih atas motivasi dan dukungan secara batin hanya ibuk yang dapat memberikan saya kekuatan mental untuk mengerjakan skripsi ini
4. **Bapak saya Bapak Dwi Yanto** Terimakasih atas dukungan secara moril dan materiil
5. **Beauty Boarding House** (Miftacul, Inayah, Zumrotus, Anjar, Ria, Elisabeth, Kiky,Tika) terimakasih telah menjadi keluarga pertama saya di Yogyakarta
6. **Ciwi-ciwiku** (Uma, tiffa, lilis, novi) makasih selalu menemani dan mendukung walaupun sering merepotkan
7. Makasih buat **Penghuni Pav Angkasa** ( Ami dan mb pit)
8. **Teman-teman Fisika E 2013** tengkyuu sudah menjadi keluarga dari mulai semester 1 sampai sekarang
9. **Keluarga KKN 14ND (pipit comek, novia, kiky, Rahma, Nurul, Ucup, Septian, Nyonyot, Mas halim, pak dukuh, pak'e dan mak'e)** terimakasih pengalaman nya dalam 1 bulan kkn
10. **Laboran** yang selalu kurepotkan “mas haris dan mas nasrul” tenkyuu yaa
11. Semua pihak yang tidak dapat saya sebutkan satu per satu terimakasih banyak atas dukunganya

**PENGARUH MASSA KEMIRI TERHADAP VOLUME DAN  
KARAKTERISASI MINYAK KEMIRI HASIL PENGOLAHAN  
TRADISIONAL SEBAGAI BAHAN DASAR *BIOFUEL***

Oleh :

Lia Desi Parwati

13306144006

**ABSTRAK**

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh massa kemiri terhadap volume minyak kemiri dan mengetahui sifat-sifat fisik (Viskositas, Massa Jenis, Kekkeruhan, Tegangan Permukaan) minyak kemiri.

Variabel bebas penelitian ini yaitu massa kemiri, variabel terikat yaitu volume, massa jenis, tegangan permukaan, viskositas dan kekeruhan yang ditentukan dengan cara terbalik yaitu dengan mengukur kejernihan menggunakan sistem transmisi. Variabel kontrolnya yaitu suhu minyak saat dilakukan pengukuran yaitu 27°C dan massa cincin Du Nouy yaitu sebesar 0,2 gram. Pembuatan minyak kemiri ini dengan cara tradisional yaitu dengan menghaluskan kemiri kemudian diambil santan kemiri lalu dimasak di atas kompor hingga mendidih dan kemudian memperoleh hasil minyak kemiri dengan memisahkan ampas kemiri dengan minyak kemiri.

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa semakin banyak massa kemiri yang digunakan sebagai bahan pembuatan minyak, maka volume hasil minyak kemiri akan semakin besar. Kemudian karakterisasi fisik minyak kemiri yaitu sebagai berikut: massa jenis minyak kemiri masuk dalam rentang massa jenis kemiri yaitu sebesar  $(0,932 \pm 0,002)$  g/cm<sup>3</sup>, kekeruhan minyak kemiri yang diukur dengan sistem transmisi cahaya diperoleh rata-rata sebesar  $(72 \pm 2)\%$ , viskositas sebesar  $(11,80 \pm 0,06)$  Ns/m<sup>2</sup>, dan tegangan permukaan minyak kemiri diperoleh sebesar  $(114,8 \pm 0,6)$  mN/m.

Kata Kunci : Kemiri, Minyak Kemiri, Karakterisasi Minyak Kemiri,

**THE EFFECT OF MASS OF HAZELNUT ON THE VOLUME OF  
TRADITIONALLY PROCESSED HAZELNUT OIL AS THE  
FUNDAMENTAL SUBSTANCE OF BIOFUEL AND ITS  
CHARACTERITATION**

By :

Lia Desi Parwati

13306144006

**ABSTRACT**

This study aimed to determine the effect of hazelnut mass on the production of hazelnut oil and to know the physical properties (Viscosity, Mass Type, Turbidity, Surface Stress).

The independent variable of this study are hazelnut mass, dependent variables are volume, density, surface tension, light intensity, and viscosity. Control variable of the temperature oil was 27°C and the mass ring of Du Nouy was 0.2 grams. Hazelnut oil was made in a traditional manner by smoothing hazelnut and then coconut milk from hazelnut was taken and being heated until it was boiled and then seperated the dreg to produce hazelnut oil.

The results of this study showed that the more mass of hazelnut used as an oil-making material hence the greater the yield of the hazelnut oil, then the Characteristic Physical of the hazelnut oil are as follows, the mass of the type of hazelnut oil entering the susceptible type of nutrient ie  $(0.932 \pm 0.002)$  gr/cm<sup>3</sup>, light transmission of hazelnut oil obtained an average of  $(72 \pm 2)\%$  the viscosity of  $(11.8 \pm 0.06)$  Ns / m<sup>2</sup>, and the surface tension of hazelnut oil obtained at  $(114.8 \pm 0.6)$  mN/m.

Keywords: Hazelnut, Hazelnut Oil, Physical Characteristics of the hazelnut oil

## KATA PENGANTAR

Puji Syukur penulis ucapkan kepada Allah SWT, Rabb Semesta Alam yang telah melimpahkan kekuatan, rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir skripsi dengan judul **“Pengaruh Massa Kemiri Terhadap Volume Minyak Kemiri Hasil Pengolahan Tradisional Sebagai Bahan Dasar Biofuel”**

Penulis menyadari bahwa tanpa bantuan dari berbagai pihak, tugas akhir skripsi ini tidak akan terwujud dengan baik. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis dengan segala kerendahan hati ingin menyampaikan ucapan terimakasih kepada :

1. Bapak Dr. Hartono, M.Si selaku Dekan FMIPA UNY beserta staf atas segala fasilitas dan bantuannya untuk memperlancar administrasi tugas akhir.
2. Bapak Yusman Wiyatmo, M.Si selaku Ketua Jurusan Pendidikan Fisika FMIPA Universitas Negeri Yogyakarta yang telah memberikan izin dalam pelaksanaan penelitian skripsi.
3. Bapak Nur Kadarisman, M.Si selaku Ketua Program Studi Fisika Universitas Negeri Yogyakarta, yang telah memberikan izin dalam pelaksanaan skripsi ini.
4. Ibu Laila Katriana, M.Si selaku Penasehat Akademik yang selalu memberikan motivasi dan arahan mulai dari awal semester hingga skripsi ini selesai.

5. Bapak Suparno, Ph.D selaku Dosen Pembimbing dalam penelitian ini dari awal sampai akhir yang membimbing dengan penuh kesabaran, motivasi, semangat dan dukungan baik dukungan secara moral maupun spiritual.
6. Mas Haris Murtanto selaku Laboran Laboratorium Fisika Lanjut yang telah memberikan bantuan dan izin dalam melakukan penelitian ini di Laboratorium Koloid.
7. Mas Nasrul selaku Laboran Laboratorium Fisika Dasar yang telah memberikan bantuan dan izin dalam melakukan penelitian ini di Laboratorium Fisika Dasar.
8. Dosen-dosen Jurusan Pendidikan Fisika, FMIPA UNY yang telah mendidik dan membekali ilmu pengetahuan kepada penulis.
9. Rekan-Rekan Fisika E 2013 yang telah memberikan motivasi dan dukungan kepada penulis.
10. Semua pihak yang telah membantu menyelesaikan tugas akhir skripsi ini yang tidak dapat saya sebutkan satu-persatu.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan dan memiliki banyak kekurangan. Sebagai koreksi penulis mengharapkan kritik dan saran untuk proses penyempurnaan skripsi ini. Semoga sepotong karya ilmiah ini menyumbangkan pengetahuan, khususnya pada cabang ilmu Fisika Koloid di Indonesia.

Yogyakarta, 5 Juli 2017

Penulis

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
PERSETUJUAN .....	ii
PENGESAHAN .....	iii
SURAT PERNYATAAN.....	iv
MOTTO .....	v
PERSEMBAHAN .....	vi
UCAPAN TERIMAKASIH.....	vii
ABSTRAK .....	viii
ABSTRACT .....	ix
KATA PENGANTAR .....	x
DAFTAR ISI.....	xii
DAFTAR GAMBAR .....	xiv
DAFTAR TABEL.....	xv
DAFTAR LAMPIRAN .....	xvi
<b>BAB I PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
A. Latar Belakang Masalah.....	1
B. Identifikasi Masalah.....	3
C. Pembatasan Masalah .....	3
D. Perumusan Masalah .....	3
E. Tujuan Penelitian .....	3
F. Manfaat Penelitian .....	4
<b>BAB II KAJIAN PUSTAKA .....</b>	<b>5</b>
A. Deskripsi Teori.....	5
1. Kemiri.....	5
2. Minyak.....	9
3. Minyak Kemiri .....	10
4. <i>Biofuel</i> .....	12
5. Emulsi.....	14
6. Pemecahan Emulsi .....	15
7. Viskositas .....	17
8. Massa Jenis.....	28

9. Lux Meter .....	29
10. Sistem Transmisi Cahaya.....	29
11. Tegangan Muka .....	31
B. Kerangka Berfikir.....	42
<b>BAB III <u>METODE PENELITIAN</u>.....</b>	<b>44</b>
A. WAKTU DAN TEMPAT PENELITIAN .....	44
B. SAMPEL PENELITIAN.....	44
C. VARIABEL PENELITIAN .....	44
D. ALAT DAN BAHAN .....	45
E. PROSEDUR PENELITIAN.....	48
F. TEKNIK ANALISIS DATA.....	51
G. DIAGRAM ALIR PENELITIAN .....	53
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>54</b>
<b>BAB V <u>KESIMPULAN DAN SARAN</u>.....</b>	<b>62</b>
A. Kesimpulan .....	62
B. Saran.....	62
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>64</b>
<b>LAMPIRAN .....</b>	<b>66</b>

## DAFTAR GAMBAR

<b>GAMBAR 2.1</b> VISKOMETER REDWOOD .....	27
<b>GAMBAR 2.2</b> DEFINISI TEGANGAN MUKA .....	32
<b>GAMBAR 2.3</b> GAYA TEGANGAN MUKA MENAHAN JARUM.....	33
<b>GAMBAR 2.4</b> SUDUT KONTAK.....	35
<b>GAMBAR 2.5</b> KENAIKAN KAPILER DAN TEGANGAN MUKA.....	36
<b>GAMBAR 2.6</b> PENETAPAN DENGAN CARA DU NUOY .....	38
<b>GAMBAR 3.1</b> KEMIRI.....	44
<b>GAMBAR 3.2</b> SKEMA ALAT TRANSMISI CAHAYA .....	47
<b>GAMBAR 3.3</b> TENSIOMETER <i>DU NOUY'S</i> .....	50
<b>GAMBAR 3.4</b> SKEMA PENELITIAN.....	53
<b>GAMBAR 4.1</b> PENGARUH MASSA KEMIRI VOLUME MINYAK KEMIRI.	58

## DAFTAR TABEL

<b>TABEL 2.1</b> SIFAT FISIK DAN KIMIA MINYAK KEMIRI .....	11
<b>TABEL 2.2</b> SYARAT MUTU BIODIESEL.....	13
<b>TABEL 2.3</b> NILAI TEGANGAN PERMUKAAN .....	41
<b>TABEL 4.1</b> HUBUNGAN MASSA VOLUME HASIL MINYAK KEMIRI....	55
<b>TABEL 4.3</b> KEKERUHAN MINYAK KEMIRI .....	57
<b>TABEL 4.4</b> VISKOSITAS MINYAK KEMIRI.....	59
<b>TABEL 4.5</b> TEGANGAN PERMUKAAN MINYAK KEMIRI .....	60

## **DAFTAR LAMPIRAN**

<b>LAMPIRAN 1.1 DATA HASIL ANALISIS .....</b>	<b>67</b>
<b>LAMPIRAN 1.2 RUMUS DAN PERHITUNGAN RALAT.....</b>	<b>71</b>
<b>LAMPIRAN 1.3 ANALISIS DATA .....</b>	<b>77</b>
<b>LAMPIRAN 1.4 DOKUMENTASI .....</b>	<b>95</b>

## **BAB I**

### **PENDAHULUAN**

#### **A. Latar Belakang Masalah**

Indonesia merupakan negara tropis yang banyak ditumbuhi oleh tanaman rempah seperti Ketumbar, Merica, dan Kemiri. Ketaren, S menyatakan bahwa tanaman kemiri merupakan tanaman tropis yang dapat tumbuh subur pada tanah yang berpasir dan tanah yang kurang subur sekalipun. Tanaman ini biasanya ditemukan pada ketinggian (150 – 1000) meter di atas permukaan laut (Arlene, 2013: 6). Kemiri (*Aleurites moluccana*) adalah tanaman yang berasal dari family Euphorbiceae. Kemiri pada mulanya berasal dari Hawai kemudian tersebar sampai ke Polynesia Barat lalu ke Indonesia dan Malaysia. Di Indonesia sendiri, kemiri tersebar ke berbagai propinsi dan dapat tumbuh dengan baik. Kemudahan kemiri untuk tumbuh di berbagai tempat membuat produksi kemiri meningkat dari tahun ke tahun sehingga kemiri menjadi komoditas dalam negeri dan ekspor dari Indonesia. Umumnya kemiri diekspor ke Singapura, Hongkong dan Eropa. Di kalangan masyarakat Hawaii, kemiri dikenal sebagai *candlenut* karena fungsinya sebagai bahan penerangan. Kegunaan tanaman kemiri sangat beragam. Bagian tanaman kemiri dapat dimanfaatkan untuk keperluan manusia. Batang kayunya digunakan sebagai bahan pembuat pulp dan batang korek, daunnya dapat digunakan sebagai obat tradisional, bijinya biasa digunakan sebagai bumbu masak,

sedangkan tempurung bijinya digunakan untuk obat nyamuk bakar dan arang. Kandungan minyak dalam biji kemiri tergolong tinggi, yaitu (55 – 66)% dari berat bijinya. Komponen utama penyusun minyak kemiri adalah asam lemak tak jenuh, namun mengandung juga asam lemak jenuh dengan persentase yang relatif kecil. Minyak kemiri yang terkandung dalam bijinya juga memiliki banyak manfaat, antara lain bahan pembuat cat, pernis, sabun, obat, kosmetik, dan bahan bakar (Ariestya dkk, 2010:2). Penghasil kemiri di Indonesia sangat melimpah meskipun belum ada perkebunan yang khusus yang ditanami tanaman kemiri. Kurangnya pengetahuan tentang kemiri bagi masyarakat mengakibatkan kemiri hanya digunakan untuk bumbu masak dan obat tradisional. Selain pemanfaatan sebagai bumbu dapur dan obat tradisional kemiri juga dibuat sebagai minyak namun pembuatan minyak kemiri ini dalam jumlah yang relatif sedikit karena jarang masyarakat yang menggunakannya pada kehidupan sehari-hari. Ketaren, S menyatakan bahwa di Indonesia belum dilakukan penelitian standarisasi minyak kemiri, karena jarang diolah menjadi minyak, sehingga sampai saat ini belum ada standar mutu bagi minyak kemiri Indonesia. Minyak kemiri seperti minyak-minyak yang lain dapat dipergunakan sebagai bahan dasar bahan bakar hayati (*biofuel*); untuk itu kemiri harus dicampur dengan bahan-bahan yang lain. Seberapa efektif minyak kemiri sebagai bahan bakar hayati belum diketahui, begitu pula sifat-sifat fisika seperti massa jenis, viskositas dan tegangan permukaan minyak kemiri tersebut. Bahkan berapa banyak minyak yang dihasilkan

dari sebutir kemiri belum juga diketahui. Oleh karena itu peneliti bermaksud untuk meneliti tentang pengaruh massa kemiri terhadap volume produksi minyak kemiri sebagai bahan bakar hayati (*biofuel*).

## **B. Identifikasi Masalah**

1. Kemiri sebagai bahan bakar hayati belum diketahui besar berapa volume minyak yang dihasilkan apabila dibuat menjadi minyak
2. Karakterisasi minyak kemiri berupa sifat fisik massa jenis, kekeruhan, viskositas dan tegangan permukaan belum diketahui

## **C. Pembatasan Masalah**

Berdasarkan identifikasi masalah di atas permasalahan dalam penelitian dibatasi yaitu jenis kemiri yang dimaksud dalam penelitian ini merupakan kemiri sebagai bumbu dapur yang ada di pasaran.

## **D. Perumusan Masalah**

Dari batasan masalah di atas, dapat dirumuskan permasalahan penelitian sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh massa kemiri terhadap volume minyak kemiri?
2. Bagaimana sifat fisik minyak kemiri berupa Viskositas, Massa Jenis, Kekeruhan, Tegangan Permukaan?

## **E. Tujuan Penelitian**

Sesuai dengan rumusan masalah yang telah diuraikan, maka penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk :

1. Mengetahui pengaruh massa kemiri terhadap volume minyak kemiri

2. Mengetahui sifat-sifat fisik Viskositas, Massa Jenis, Kekuruhan, Tegangan Permukaan minyak kemiri.

#### **F. Manfaat Penelitian**

Penelitian ini diharapkan dapat memberi manfaat sebagai berikut :

1. Memperoleh bahan dasar dari bahan bakar hayati yaitu kemiri.
2. Memberi kemudahan pada peneliti yang akan memerlukan informasi tentang sifat-sifat fisika minyak kemiri.
3. Memberi informasi kepada peneliti yang akan meneliti lebih lanjut tentang karakterisasi minyak kemiri.

## BAB II

### KAJIAN PUSTAKA

#### A. Deskripsi Teori

##### 1. Kemiri

Kemiri (*Aleurites moluccana*) yang dikenal secara internasional sebagai *candlenut* termasuk ke dalam family Euphorbiaceae dan sub family Crotonoideae. Tanaman ini termasuk ke dalam Genus *Aleurites*, spesies *Aleurites moluccana* (Natasha, 2008: 5).

Tanaman kemiri (*Aleurites moluccana*) berpohon besar dengan tinggi (25-40) meter, beranting banyak, mempunyai tunas muda yang tertutup rapat oleh bulu yang berwarna putih keabu-abuan atau coklat. Daun muda, berlekuk tiga atau lima, sedang daun tua berbentuk bulat dengan ujung meruncing. Daun tersebut mempunyai kelenjar berwarna hijau kekuningan (Ketaren, 1986:261). Batang pohon kemiri tegak, dengan permukaan batangnya terdapat banyak lentisel, dengan percabangan simpodial, dan berwarna cokelat. Tanaman kemiri berakar tunggang ( Nathasya, 2008: 6). Bunga kemiri merupakan bunga majemuk yang berumah satu, berwarna putih dan bertangkai pendek. Buah kemiri berkulit keras berdiameter 5 cm di dalamnya terdapat satu atau dua biji yang diselubungi kulit biji yang keras dengan permukaan kasar dan beralur. Buah kemiri tidak dapat langsung dimakan mentah karena beracun, yang disebabkan oleh toxalbumin. Persenyawaan toxalbumin dihilangkan dengan cara pemanasan dan dapat dinetralkan dengan

penambahan bumbu lainnya seperti garam, merica dan terasi. Bila terjadi keracunan karena kemiri, dapat dinetralkan dengan meminum air kelapa (Ketaren, 1986:261-263).

Tanaman kemiri (*Aleurites moluccana*) berasal dari daerah kepulauan Maluku, dan menurut Burkill (1935) berasal dari Malaysia. Tanaman kemiri menyebar dari sebelah timur Asia hingga Fiji di kepulauan Pasifik. Di Indonesia tanaman kemiri tersebar luas di hampir seluruh wilayah Nusantara. Luasnya penyebaran kemiri di Nusantara terlihat juga dari beragamnya nama daerah dari kemiri. Di Sumatera, kemiri disebut kereh, kemili, kembiri, tanoan, kemiling, atau buwa kare: di Jawa, disebut midi, pidekan, miri, kemiri, atau muncang (Sunda); sedangkan di Sulawesi, disebut wiau, lana, boyau, bontalo dudulaa atau saketa (Achmad, 2006: 1). Tanaman kemiri terdiri dari beberapa jenis, antara lain; *Aleuritus moluccana* berasal dari semenanjung Malaya; *aleuritus fordii* berasal dari China Tengah; *A. trisperma* berasal dari Philipina; *A. Montana* tumbuh di daerah subtropics dan diduga berasal dari China Selatan dan Indocina; dan *A. cordata* berasal dari Jepang, banyak tumbuh di pulau-pulau dekat Tokyo (Achmad, 2006: 1). Berikut merupakan kandungan yang ada pada biji kemiri : Gliserida, Asam linoleat, Palmitat, Stearate, Miristat, Asam minyak, Protein, Vitamin B1, dan Zat lemak (Suparni dan Ari Wulandari, 2012: 146).

Manfaat kemiri yaitu mengatasi demam, memperlancar buang air besar, mengatasi diare, menyembuhkan sakit perut, menyembuhkan

disentri, menyembuhkan sariawan, mengatasi sakit gigi, mencegah gigi rusak, mengatasi kapalan (kulit menebal), menyembuhkan bisul, mengatasi rambut rontok, menyembuhkan bisul, menyuburkan rambut (Suparni dan Ari Wulandari, 2012: 146).

Sifat dari jenis-jenis tanaman kemiri ini berbeda-beda satu dengan lainnya; *Aleurites moluccana* wild tinggi tanaman dapat mencapai 39 m dengan diameter batang 11 cm. Tanaman ini pernah ditanam sebagai tanaman reboisasi untuk menutupi bukit-bukit berpasir di Jawa, buah kemiri ini banyak dimanfaatkan sebagai bumbu masak, minyaknya berkualitas cukup tinggi dan mempunyai nilai ekonomis yang tinggi; *Aleurites trisperma Blanco*, kemiri ini di Jawa Barat diberi nama kemiri cina, tinggi sekitar 15 m, bertajuk penah dan berdaun hijau tua, mulai berbuah umur 8 tahun, buahnya bila dipisahkan dari daging bijinya akan menjadi keriput, tempurungnya lebih mudah dipisahkan. Buah kemiri ini beracun dan berpotensi sebagai bahan insektisida: *Aleurites fordii Hemsley*. Jenis ini banyak ditanam di China dan Florida, karena minyaknya yang bermutu tinggi, namun sulit dibudidayakan di dataran rendah. Tinggi tanaman kemiri jenis ini tidak lebih dari 1 m. Habitusnya seperti semak dengan daun, berbentuk hati, berwarna kemerahan. Kualitas minyak dari kemiri jenis ini lebih baik dibandingkan dengan kemiri jenis lain, laku keras di pasar dunia dengan sebutan minyak tung (*tung oil*), Chinese houtolie, atau minyak kayu cina. *Aleurites Montana* Wilson, tanaman ini dapat mencapai tinggi 18 m, berbatang kurus dengan

percabangan teratur, daunya berlekuk, tajuk daun putih dengan tulang daun yang kelihatan jelas, dan mempunyai (3-5) tangkai daun yang mengandung kelenjar. *Aleurites cordata* R.Br, tanaman kemiri jenis ini disebut juga abura-giri. Minyak disebut tang oil, digunakan sebagai bahan bakar lampu dan digunakan dalam industri mesin. Minyak ini kurang mempunyai arti penting dalam perdagangan dunia karena cepat sekali mengental (Achmad Mangga Barani, 2006:1).

Tanaman kemiri berkembang di Indonesia di daerah-daerah seperti Sumatera Barat, Bengkulu, Lampung, Sumatera Selatan, Sumatera Timur, Bali, Lombok, Sulawesi, Maluku, Timor, Kalimantan Barat, Bau-bau dan sekitarnya. Walaupun tanaman kemiri mudah tumbuh, namun sampai saat ini pengusahaannya hanya oleh petani belum dikembangkan secara perkebunan (Achmad Mangga Barani, 2006:2).

Buah berbentuk bulat hingga bulat telur, berbulu lembut, agak gepeng. Memiliki (1-3) ruang yang berisi biji kemiri. Warna buah waktu muda berwarna hijau, setelah masak berwarna coklat tua atau kehitaman. Kulit buah tebalnya sekitar (5-7) mm dan membungkus biji kemiri di dalamnya. Buah masak mempunyai ukuran sekitar (5-7) cm, dengan panjang (5-6) cm. Biji tergolong buah batu karena berkulit keras menyerupai tempurung dengan permukaan luar yang kasar berlekuk. Tempurung biji ini tebalnya sekitar (3-5) mm, berwarna cokelat atau kehitaman. Biji kemiri memiliki bentuk membulat atau limas, agak gepeng, dimana pada salah satu ujungnya meruncing. Diameter daging biji

mencapai (1.5-2) cm. di dalam biji terdapat daging biji berwarna putih yang kaku (endosperm dengan kotiledon di dalamnya). Bila dilihat buah secara keseluruhan, terdapat kulit luar, daging buah, lapisan kayu, kulit biji tempurung, daging biji (Achmad Mangga Barani, 2006:3).

## 2. Minyak

Lemak dan minyak yang dapat dimakan (*edible fat*), dihasilkan oleh alam, yang dapat bersumber dari bahan nabati atau hewani. Dalam tanaman atau hewan, minyak tersebut berfungsi sebagai sumber cadangan energi. Minyak dan lemak dapat diklasifikasikan berdasarkan sumbernya, sebagai berikut:

1. Bersumber dari tanaman
  - a. Biji-bijian palawija: minyak jagung, biji kapas, kacang, *rape seed*, wijen, kedelai, bunga matahari
  - b. Kulit buah tanaman tahunan: minyak zaitun dan kelapa sawit
  - c. Biji-bijian dari tanaman tahunan: kelapa, cokelat, inti sawit, babassu, cohune dan sejenisnya
2. Bersumber dari hewani
  - a. Susu hewan peliharaan: lemak susu
  - b. Daging hewan peliharaan: lemak sapi dan turunannya *oleo stearin*, *oleo oil* dari *oleo stock*, lemak babi, dan *mutton tallow*.
  - c. Hasil laut: minyak ikan sardine, menhadan dan sejenisnya, dan minyak ikan paus.

Jenis minyak mengering (*drying oil*) adalah minyak yang mempunyai sifat dapat mengering jika kena oksidasi, dan akan berubah menjadi lapisan tebal, bersifat kental dan membentuk sejenis selaput jika dibiarkan di udara terbuka. Istilah minyak “setengah mengering”, berupa minyak dapat mempunyai daya mengering lebih lambat (Ketaren, 1986:12-13).

### 3. Minyak Kemiri

Mula-mula minyak kemiri dipakai sebagai pengganti *linseed oil*, yaitu minyak yang dapat digunakan sebagai cat dan pernis, karena mempunyai sifat yang lebih baik dari *linseed oil*. Minyak kemiri mempunyai sifat lebih mudah menguap dibanding dengan *linseed oil*, sehingga minyak kemiri termasuk golongan minyak yang mudah menguap. Bagian buah (biji) mengandung minyak sebesar (55-65) persen, dan kadar dalam tempurung sebesar 60 persen. Asam lemak yang terkandung dalam minyak terdiri dari 55 persen asam palmitat, 6,7 persen stearat, 10,5 persen oleat, 48,5 persen linoleat, dan 28,5 persen linolenat. Asam lemak palmitat dan stearate termasuk golongan asam lemak jenuh, sedangkan asam oleat, linoleat dan linolenat termasuk golongan asam lemak tidak jenuh. Daging kemiri diperoleh setelah melepaskan biji dari kulit biji yang keras. Kulit biji dapat dilepaskan dengan memanaskan buah langsung di atas api kemudian segera direndam dalam air dingin atau buah dibanting sehingga pecah, atau dapat juga dengan merebus selama 5-6 jam, kemudian ditumbuk. Cara tradisional lainnya ialah dengan penjemuran lalu ditumbuk

dan menghasilkan minyak yang berwarna pucat. Cara yang lebih mudah yaitu pemanasan dengan oven, kemudian direndam selama satu malam dalam air dingin, dan keesokan harinya biji akan pecah dengan sendirinya. Cara yang paling baik adalah dengan pemanasan 100°C, selanjutnya direndam dalam air dingin. Di beberapa daerah, biji diletakkan di dalam lubang yang dangkal ditutupi jerami, kemudian dibakar. Biji yang telah dipanaskan tersebut dimasukan dalam air sehingga kulit biji akan pecah. Dengan cara perebusan akan diperoleh biji yang berwarna putih kecoklat-coklatan, sehingga minyak yang dihasilkan berwarna gelap. Cara extraksi minyak yang biasa dilakukan adalah dengan menjemur biji kemudian dipecah dengan tangan dan daging dikeluarkan dengan alat yang runcing. Dengan pengepresan dingin (*cold press*) dihasilkan minyak berwarna kuning, sedang pengepresan panas akan menghasilkan minyak yang berwarna kuning sampai coklat (Ketaren, 1986:261-262).

Sifat fisik dan kimia minyak kemiri adalah sebagai berikut :

**TABEL 2. 1 SIFAT FISIK DAN KIMIA MINYAK KEMIRI**

Karakterisasi	Nilai
Bilangan Penyabunan	188-202
Bilangan Asam	6,3-8
Bilangan Iod	136-167
Bilangan Thiocyanogen	97-107

Bilangan Hidroksil	Tidak ada
Bilangan Reichert Meissl	0,1-0,8
Bilangan Polenske	Tidak ada
Indeks Bias pada 25°C	1,473-1,479
Komponen tidak tersabunkan	(0,3-1) persen
Bobot jenis pada 15°C	0,942-0,929

(Ketaren, 1986:261-262).

#### 4. *Biofuel*

**Biofuel** adalah energi yang terbuat dari materi hidup, biasanya tanaman. **Bioetanol**, **biodiesel**, dan **biogas** adalah jenis *biofuel*. *Biofuel* dianggap energi terbarukan, mengurangi peran dari bahan bakar fosil, dan telah mendapat perhatian dalam transisi ke ekonomi rendah karbon (Lauren Demates, 2014). Standar Nasional Indonesia (SNI) untuk Biodiesel dikeluarkan oleh BSN dengan nomor SNI 7182:2015 yang sudah merevisi SNI 04-7182-2006 dan SNI 7182:2012 - Biodiesel. Adapun syarat mutu biodiesel tersebut dapat dilihat dari tabel berikut:

**TABEL 2. 2 SYARAT MUTU BIODIESEL**

No	Parameter Uji	Satuan, min/maks	Persyar atan	Metode Uji
1	Massa jenis pada 40°C	kg/m <sup>3</sup>	850 - 890	ASTM D 1298 atau ASTM D 4052
2	Viskositas Kinematik pada 40°C	mm <sup>2</sup> /s (cSt)	2,3 - 6,0	ASTM D 445
3	Angka setana	Min	51	ASTM D 613 atau ASTM D 6890
4	Titik nyala (mangkok tertutup)	°C, min	100	ASTM D 93
5	Titik kabut	°C, maks	18	ASTM D 2500
6	Korosi lempeng tembaga (3 jam pada 50°C)		nomor 1	ASTM D 130
7	Residu karbon	%-massa,		ASTM D 4530 atau ASTM D

No	Parameter Uji	Satuan, min/maks	Persyaratan	Metode Uji
	- dalam per contoh asli, atau	maks	0,05	189
	- dalam 10% ampas distilasi		0,3	
8	Air dan sedimen	%-vol, maks	0,05	ASTM D 2709
9	Temperatur distilasi 90%	°C, maks	360	ASTM D 1160
10	Abu tersulfatkan	%-massa, maks	0,02	ASTM D 874

## 5. Emulsi

Emulsi berasal dari kata “emulgeo” artinya menyerupai susu dan warna emulsi memang putih seperti susu. Emulsi dapat didefinisikan sebagai sediaan yang mengandung bahan cair atau larutan obat, yang terdispersikan dalam cairan pembawa distabilkan dengan zat pengemulsi atau surfaktan yang cocok. Klasifikasi tipe emulsi berdasarkan fase terdispersinya digolongkan menjadi dua tipe yaitu

tipe O/W (*Oil On Water*) atau M/A (Minyak dalam Air) dan emulsi tipe W/O (*Water On Oil*) atau A/M (Air dalam Minyak). Emulsi tipe O/W atau M/A adalah emulsi yang terdiri atas butiran minyak yang tersebar atau terdispersi dalam air. Minyak sebagai fase internal dan air sebagai fase eksternal. Untuk emulsi tipe W/O atau A/M adalah emulsi yang terdiri atas butiran air yang terdispersi ke dalam minyak (Heni: 1). Emulgator atau zat pengemulsi merupakan komponen penting dalam kestabilan emulsi. Emulgator dapat mencegah terjadinya koalesensi yaitu penyatuan tetesan kecil menjadi tetesan besar dan akhirnya menjadi satu fase tunggal yang memisah. Emulgator juga dapat mengurangi tegangan permukaan antar fase, sehingga meningkatkan proses emulsifikasi selama pencampuran (Heni: 2). Dalam penelitian ini santan kemiri atau sari kemiri merupakan salah satu jenis emulsi minyak dalam air.

## 6. Pemecahan Emulsi

Menurut Sakidja dalam (Frida Agung R, 2004:15) , pemecahan emulsi akan terjadi bilamana lapisan tipis dan muatan listrik yang terjerap fase terdispersi dihilangkan. Hal ini dapat dilakukan dengan cara fisika, kimia atau cara elektroforesis. Menurut Sukardjo dalam (Frida Agung R, 2004:15) , emulsi dapat dirusak dengan :

### 1) Pemanasan

Kebanyakan emulsi akan stabil pada temperatur  $40^{\circ}\text{C} - 45^{\circ}\text{C}$ , yang dikenal dengan temperatur normal. Pemanasan dilakukan pada

temperatur di atas temperatur normal. Pemanasan akan memberi tekanan terhadap emulsi sehingga menyebabkan robeknya lapisan pelindung.

2) Pembekuan

Pembekuan dapat lebih merusak emulsi dari pada pemanasan, karena kelarutan pengemulsi lebih sensitif terhadap pembekuan dari pada pemanasan. Pembekuan akan memberi tekanan terhadap emulsi sehingga menyebabkan robeknya lapisan pelindung.

3) Penggojogan

Penggojogan dapat memecah emulsi dengan cara memberi energi terhadap butir-butir terdispersi sehingga butir-butir terdispersi bergerak memisahkan diri dari butir-butir pendispersi.

4) Sentrifugasi

Sentrifugasi menyebabkan terjadinya pemisahan fase terdispersi karena terjadinya creaming atau koalesan. Hukum Stoke menunjukkan bahwa creaming adalah fungsi gaya grafitasi. Kenaikan gaya grafitasi akan mempercepat pemisahan minyak dan air.

5) Penambahan elektrolit

Penambahan elektrolit akan menyebabkan emulsi menjadi terbalik.

6) Destruksi emulgator dengan zat-zat kimia

Misalkan dengan pengasaman, yaitu penambahan asam dalam jumlah tertentu pada santan kelapa sehingga pH santan kelapa menjadi 4.5.

Dalam penelitian ini emulsi dirusak menggunakan metode pemanasan dengan temperatur di atas temperature normal sehingga minyak dan air dapat terpisah.

## 7. Viskositas

Kekentalan atau *viskositas* adalah tingkat kekentalan fluida yang menyatakan besar kecilnya gaya gesek pada fluida. Dengan semakin kentalnya fluida atau zat cair yang melewati pembuluh, semakin besar gesekan terhadap dinding pembuluh dan sebagai konsekuensinya diperoleh tahanan semakin besar yang tentunya akan berpengaruh terhadap debit pada fluida (Ahmadi, 2007:71). Dalam fluida yang bergerak, setiap elemen dari fluida mengalami tegangan yang didesakkan padanya oleh elemen-elemen yang lain yang mengelilinginya. Tegangan pada setiap bagian dari permukaan suatu elemen diuraikan ke dalam komponen-komponen normal dan tangensial terhadap arah gerakan fluida yang dikenal berturut-turut sebagai tekanan dan tegangan geser (Dugdale, 1981:21). Viskositas adalah pemindahan momen, seperti halnya pemindahan panas adalah pemindahan energi. Bila dua permukaan yang satu diam yang lain bergerak dengan kecepatan  $u$ , maka untuk menggerakkan permukaan itu diperlukan gaya guna mengatasi tarikan atau viskositas cairan yang ada di antara dua permukaan tersebut (Suyono Wiryoatmojo, 1988: 30)

Viskositas berkaitan dengan keadaan atau fase viskeus, yakni fase diantara padat dan cair yang terjadi sewaktu bahan padat menjadi lembek sebelum menjadi cair sewaktu dipanaskan. Tidak semua bahan padat

mengalami fase viskeus sebelum menjadi cair. Dalam fase viskeus demikian, mengalirnya bahan tidak leluasa seperti cairan karena adanya hambatan diantara bagian-bagiannya atau antara lapisan-lapisannya dalam gerakan alirannya. Viskositas tak lain membicarakan masalah gesekan antara bagian-bagian atau lapisan-lapisan cairan atau fluida pada umumnya, yang bergerak satu terhadap yang lain. Tentunya gesekan atau hambatan tersebut ditimbulkan oleh gaya tarik menarik antara molekul-molekul di satu lapisan dengan molekul-molekul di lapisan lain. Gaya interaktif itu terutama ialah gaya elektrostatika, yaitu gaya antara muatan-muatan listrik (Peter Soedojo, 1999:45).

Cairan mempunyai gaya gesek yang lebih besar untuk mengalir dari pada gas, hingga cairan mempunyai koefisien viskositas yang lebih besar dari pada gas. Viskositas gas bertambah dengan naiknya temperatur, sedang viskositas cairan turun dengan naiknya temperatur. Koefisien viskositas gas pada tekanan tidak terlalu besar, tidak tergantung tekanan, tetapi untuk cairan naik dengan naiknya tekanan (Sukardjo, 1997:108). Viskositas gas meningkat dengan suhu, tetapi viskositas cairan berkurang dengan naiknya suhu (Victor, 1999:8).

Kemampuan cairan untuk mengalir biasanya diukur dengan viskositasnya. Makin besar viskositas cairan, makin sulit cairan itu mengalir. Pada zat-zat yang ikatan antar molekulnya kuat, kemampuannya mengalir kecil, karena untuk mengalir harus dapat mengatasi gaya van der Waals. Jika zat cair itu sudah dapat mengalir, proporsi kecepatan molekul

sesuai dengan distribusi Boltzmann. Viskositas zat cair itu akan terasa bila bagian-bagian zat cair yang saling berdekatan itu mengalir (bergerak) dengan kecepatan yang tidak sama. Misalkan zat cair dalam pipa yang mengalir, bagian tengah pipa zat cair mengalir cepat sedang bagian yang menempel di dinding pipa adalah diam, maka akan terlihat bahwa zat cair yang viskositasnya tinggi sulit mengalir, sedang yang viskositasnya rendah cepat mengalir (Suyono Wiryoatmojo, 1988: 30-31)

1) Tetapan atau Koefisien Viskositas

Kalau gaya gesekan antara permukaan-permukaan dua benda padat sebanding dengan gaya tekan satu permukaan terhadap yang lain, maka gaya gesekan antara permukaan benda padat dengan medium dimana benda itu bergerak sebanding dengan kecepatan gerak benda tersebut terhadap mediumnya, sedangkan gaya gesekan antara lapisan-lapisan cairan akan sebanding dengan gradient kecepatan aliran lapisan-lapisan itu, sepanjang tegak-lurus arah mengalirnya cairan (Peter Soedojo, 1999:45).

Viskositas cairan ditentukan berdasarkan persamaan Poiseuille.

Besarnya koefisien viskositas untuk fluida:

$$\eta = \frac{\pi P r^4 t}{8 l V} \quad (2.1)$$

dengan  $V$  = volume cairan,  $\eta$  = viskositas yang mengalir,  $t$  = waktu  $r$  = jari-jari tabung kapiler dan  $l$  = panjang,  $P$  = tekanan dyne/cm<sup>2</sup> (Sukardjo, 1997:108).

## 2) Faktor-faktor yang mempengaruhi viskositas

Faktor yang mempengaruhi viskositas yaitu sebagai berikut :

### a. Tekanan

Viskositas cairan naik dengan naiknya tekanan, sedangkan viskositas gas tidak dipengaruhi oleh tekanan (Andri, 2015:16)

### b. Temperatur

Viskositas cairan akan turun dengan adanya kenaikan temperatur karena interaksi dan ikatan antar molekul fluida pada zat cair akan berkurang (gaya kohesi melemah), sehingga tahanan pada fluida pada zat cair akan semakin rendah, sedangkan viskositas gas akan naik dengan naiknya temperatur karena interaksi dan ikatan molekul fluida pada gas akan semakin tinggi, dimana molekul-molekul saling bertumbukan, sehingga tahanan pada fluida akan semakin tinggi (Sukardjo, 2002:108).

### c. Konsentrasi

Viskositas suatu larutan tergantung pada konsentrasi atau kepekatan, yaitu larutan dengan konsentrasi tinggi maka viskositasnya juga tinggi (Sukardjo, 2002:108).

## 3) Pengukuran Koefisien Viskositas

Pada umumnya pengukuran koefisien viskositas fluida, khususnya cairan, adalah berdasarkan hambatan gerakan benda dalam fluida,

misalnya dengan mengukur kecepatan berputarnya silinder pada sumbunya bila silinder itu dibenamkan di dalam cairan yang hendak ditentukan koefisien viskositasnya, seperti dalam apa yang hendak kita namakan percobaan silinder putar. Penentuan koefisien viskositas cairan dapat juga dilakukan dengan menerapkan rumus Stokes terhadap kelereng alumunium yang sedang jatuh bebas di dalam cairan yang hendak ditentukan koefisien viskositasnya, dalam apa yang hendak kita sebut percobaan kelereng jatuh (Peter Soedojo, 1999:50).

Pada dasarnya penentuan  $\eta$  dengan menggunakan rumus Stokes sangatlah sederhana. Hanya saja untuk itu secara teknis diperlukan kelereng dari bahan yang amat ringan, misalnya dari aluminium, serta berukuran kecil, misalnya dengan jari-jari sekitar 1 cm saja. Sewaktu kelereng dijatuhkan ke dalam bejana kaca yang berisi cairan yang hendak ditentukan koefisien viskositasnya, oleh gaya beratnya, kelereng akan semakin cepat jatuhnya. Tetapi sesuai dengan rumus Stokes, makin cepat gerakannya, makin besar gaya gesekannya sehingga akhirnya gaya berat itu tepat seimbang dengan gaya gesekan dan jatuhnya kelerengpun dengan kecepatan tetap sebesar  $v$  sehingga berlaku persamaan :

$$mg = 6\pi r \eta v \quad (2.2)$$

Akan tetapi sebenarnya kelereng juga bekerja gaya ke atas Archimedes sebesar berat cairan yang dipindahkan, yaitu sebesar:

$$F_{Arch} = V \rho^1 g = \left(\frac{4}{3}\right) \pi r^3 \rho^1 g \quad (2.3)$$

dengan  $V$  ialah volume kelereng dan  $\rho^1$  ialah massa jenis cairan. Dengan menuliskan

$$m = V \rho = \left(\frac{4}{3}\right) \pi r^3 \rho g \quad (2.4)$$

dengan nilai  $\rho$  ialah massa jenis bahan pembuat kelereng, persamaan di atas terkoreksi menjadi:

$$\left(\frac{4}{3}\right) \pi r^3 \rho g - \left(\frac{4}{3}\right) \pi r^3 \rho^1 g = 6 \pi r n v \quad (2.5)$$

Yang lalu menghasilkan :

$$\eta = \frac{2}{9} r^2 \frac{\rho - \rho^1}{v} g \quad (2.6)$$

Jadi dengan mengukur jari-jari kelereng  $r$ , kecepatan jatuh  $v$  sewaktu kecepatan itu tetap, dan diketahuinya  $\rho, \rho^1$  dan  $g$ , dapatlah dihitung koefisien viskositas cairan  $\eta$  di dalam bejana itu (Peter Soedojo, 1999:52).

Viskositas dinamik biasanya disebut viskositas mutlak atau absolut atau biasa disebut viskositas saja. Viskositas adalah perbandingan tegangan geser terhadap laju perubahan fluida

$$\eta = \frac{\tau}{\left(\frac{du}{dy}\right)} \quad (2.7)$$

dengan  $\tau$  adalah tegangan geser dan  $\left(\frac{du}{dy}\right)$  adalah laju perubahan fluida.

Fluida yang tegangan gesernya berhubungan secara linier terhadap laju tegangan geser digolongkan sebagai fluida Newtonian. Untuk zat cair persamaan empiris yang digunakan adalah :

$$\eta = D e^{\frac{B}{T}} \quad (2.8)$$

dengan  $D$  dan  $B$  adalah konstanta dan  $T$  adalah suhu mutlak.

Persamaan (2.8) sering disebut sebagai persamaan Andrade. Viskositas ini harus diketahui sekurang-kurangnya untuk dua kali nilai temperature sehingga dua konstanta dapat ditentukan (Munson 2003:3).

Satuan SI viskositas dinamik adalah  $\frac{Nm^2}{s/m} = \frac{pascal}{1/s} = pa.s =$

$kg.m^{-1}.s.s^{-2} = kg.m^{-1}s^{-1}$  serupa dengan viskositas dinamik dalam bentuk integral ( $F/A$ ) dan regangan. Sedangkan satuan CGS

viskositas dinamik adalah  $\frac{dyne/cm^2}{cm/cm} = \frac{dynes}{cm^2} =$  poise. Satuan SI dan

satuan CGS dalam viskositas dinamik saling berhubungan yaitu poise

$= \frac{10^{-1}Ns}{10^{-1}m^2} = 10^{-1}Pa.s = 0,1$  Pa.s (menurut Gupta S.V, 2013: 3 dalam

Ari Mugiyantingsih (2015)).

Sekitar tahun 1838 Poiseuille melakukan penelitian experimental tentang aliran pada pipa kapiler dan menemukan bahwa debit berbanding lurus dengan tekanan dan berbanding lurus dengan diameter pipa pangkat 4 serta berbanding terbalik dengan panjang pipa, yang secara matematis dinyatakan oleh:

$$\frac{Q}{t} = \frac{\pi P d^4}{128 \eta l} \quad (2.9)$$

dengan:

$\eta$  = viskositas

$Q$  = volume dalam waktu  $t$

$P$  = perbedaan tekanan antara 2 ujung tabung atas dengan bawah

$l$  = panjang tabung dengan diameter  $d$

Persamaan (2.9) dapat dituliskan dalam bentuk

$$\eta = \frac{\pi P d^4 t}{128 Q l} \quad (2.10)$$

dengan:

$$P = \gamma g h \quad (2.11)$$

Jika persamaan (2.11) disubtitusikan ke persamaan (2.10) akan diperoleh

$$\eta = \frac{\pi \gamma g h d^4 t}{128 Q l} \quad (2.12)$$

Persamaan (2.9) akan memberikan hasil yang cukup akurat untuk tabung yang sangat panjang, tetapi memerlukan koreksi untuk sebagian besar viscometer yang digunakan. Karena sebagian dari tekanan itu harus digunakan untuk memulai gerak cairan dan tidak untuk mengatasi hambatan karena viskositas, maka "koreksi energi kinetik"

harus dikurangkan dari  $P$  agar diperoleh tekanan efektif dan nilai viskositas yang dihitung dari persamaan (2.9) akan terlalu tinggi.

Seperti ditunjukkan oleh Coutte panjang tabung  $l$  memerlukan koreksi “efek ujung”. Dengan memasukkan koreksi terhadap  $P$  dan terhadap  $l$ , persamaan (2.12) dapat ditulis dalam bentuk

$$\frac{\eta}{\gamma} = \frac{\pi \gamma g h d^4 t}{128 Q (l + \lambda)} \left( h - \frac{mv^2}{g} \right) \quad (2.13)$$

$\eta$  = viskositas (poise)

$d$  = diameter tabung (cm)

$(l+\lambda)$  = panjang tabung efektif (cm)

$Q$  = debit dalam waktu  $t$  (s)

$v$  = kecepatan aliran di dalam tabung (cm/s)

$m$  = koefisien koreksi energi kinetik

$g$  = percepatan gravitasi (cm/s<sup>2</sup>)

$h$  = rata-rata ujung tabung (cm)

$\gamma$  = berat jenis (dyne/cm<sup>3</sup>)

Selanjutnya persamaan (2.13) dapat disederhanakan menjadi :

$$\frac{\eta}{\gamma} = \frac{\pi g h d^4 t}{128 Q (l + \lambda)} - \frac{\pi d^4 h^2 m}{128 Q (l + \lambda) t} \quad (2.14)$$

Jika didefinisikan

$$A = \frac{\pi g h d^4}{128 Q (l + \lambda)} \quad (2.15)$$

$$B = \frac{Q m}{8 \pi (l + \lambda)} \quad (2.16)$$

maka persamaan (2.14) dapat dituliskan menjadi

$$\frac{\eta}{\gamma} = A t - \frac{B}{t} \quad (2.17)$$

(Menurut Harschel Winslow H, 1917: 6-8 dalam Ari Mugianingsih (2015)) dimana  $A$  dalam  $\text{cm}^2/\text{m}^2$  dan  $B$  dalam  $\text{cm}^2/\text{s}$ .

Menurut Harschel Winslow H (1917:229) ukuran yang digunakan dalam Viskometer Redwood yaitu sebagai berikut:

$$d = 0,1583 \text{ cm}$$

$$h = 8,61 \text{ cm}$$

$$Q = 50 \text{ ml}$$

$$l+\lambda = 1 \text{ cm}$$

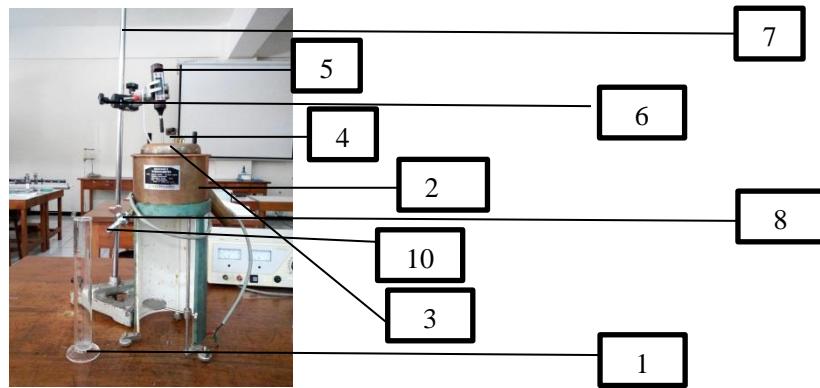
Jadi rumus yang digunakan untuk menentukan viskositas dinamik viscometer Redwood adalah

$$\eta = \left( 0,00260t - \frac{1,715}{t} \right) \gamma \quad (2.18)$$

dimana  $t$  adalah waktu alir (secon).

Kekentalan zat cair dapat ditentukan menggunakan viscometer Redwood. Dengan instrument ini dapat dilakukan pengukuran waktu alir yang diperlukan oleh 50 ml sampel pada suhu konstan. Waktu hasil pengukuran tersebut dikenal Redwood's sec atau viskositas konvensional. Jangkau ukur instrument ini bervariasi santara 30 s sampai dengan 2000 s.

Bagian-bagian viscometer Redwood meliputi :



**GAMBAR 2.1 VISKOMETER REDWOOD**

Keterangan:

- |                          |                                     |
|--------------------------|-------------------------------------|
| 1. Gelas ukur            | 5. thermometer                      |
| 2. tabung minyak         | 6. pemegang thermometer<br>(holder) |
| 3. penutup tabung minyak | 7. tabung alir                      |
| 4. katub berbentuk bola  | 8. kran penutup                     |

Persamaan berikut diberikan oleh N.P.L (*National Physical*

*laboratory*) Inggris yang mengungkapkan hubungan antara viscositas Redwood dengan viscositas absolut:

$$\eta = \left( 0,00260t - \frac{1,715}{t} \right) \gamma \quad (2.19)$$

dimana  $\eta$  menyatakan viscositas absolut,  $t$  adalah Redwood sec, dan  $\gamma$  adalah berat jenis sampel (Tim Fisika Dasar, 2008: 39-44). Pada penetapan viscositas penentuan suhu adalah penting karena viscositas dapat berubah sesuai suhu; secara umum viscositas akan menurun dengan naiknya suhu.

## 8. Massa Jenis

Salah satu sifat penting dari suatu zat adalah massa jenis ( $\rho$ ) atau kerapatan. Huruf Yunani ( $\rho$ ) kuno biasanya digunakan untuk menyatakan massa jenis (Ahmadi, 2007:63). (Massa jenis (kerapatan) suatu zat didefinisikan sebagai *massa per satuan volume*. Zat yang berbeda juga memiliki massa jenis yang berbeda karena perbedaan massa dan susunan atomnya ( Serway, 2009:22)

$$\rho \equiv \frac{m}{v} \quad (\text{Serway, 2009:11}) \quad (2.20)$$

Satuan massa jenis dalam cgs adalah g/cm<sup>3</sup>. Bila kerapatan atau massa jenis suatu benda lebih besar dari kerapatan air, maka benda akan tenggelam dalam air. Bila kerapatan benda lebih kecil maka benda akan mengapung. Kerapatan air dipengaruhi oleh temperatur. Semakin tinggi temperatur air maka massa jenis air semakin kecil karena jarak antar partikelnya semakin besar sehingga untuk menampung sejumlah atom diperlukan volume yang besar, demikian juga sebaliknya, semakin rendah suhu air maka kerapatannya semakin besar karena jarak antar atomnya semakin kecil sehingga sejumlah atom cukup menempati volume yang kecil (Ahmadi, 2007:64).

Bobot jenis dari minyak dan lemak biasanya ditentukan pada temperatur 25°C, akan tetapi dalam hal ini dianggap penting juga untuk diukur pada temperatur 40°C atau 60°C untuk lemak yang titik cairnya tinggi. Pada penetapan bobot jenis temperatur dikontrol dengan hati-hati dalam kisaran temperatur yang pendek (Ketaren, 1986:25).

## 9. Lux Meter

Lux meter adalah suatu alat yang digunakan untuk mengukur besarnya intensitas cahaya. Lux diambil dari candela (satuan intensitas cahaya), sebagai unit standar untuk mengukur kekuatan cahaya. Candela adalah sebuah unit energi, candela mempunyai unit yang dikenal dengan lumen, yang dapat mengukur cahaya yang sama dalam bentuk persepsi berdasarkan mata manusia. Lux meter berfungsi dengan cara menangkap cahaya. Kemudian lux meter mengubah cahaya tersebut menjadi *electrical current* (arus listrik). Mengukur arus ini memungkinkan alat untuk mengkalkulasi nilai lux dari cahaya yang ditangkap. Ada 2 macam bentuk lux meter, yang pertama adalah bentuk lux meter analog dan yang kedua adalah lux meter digital. Lux meter digital lebih memudahkan semua orang dalam membaca hasil pengukuran dan bisa membaca hasil pengukuran yang sangat kecil. Akan tetapi harga lux meter digital lebih mahal dibandingkan lux meter analog (Unangalim, 2012: 21-22).

## 10. Sistem Transmisi Cahaya

Titik kekeruhan ditetapkan dengan cara mendinginkan campuran minyak atau lemak dengan pelarut lemak. Seperti diketahui, minyak atau lemak kelarutannya terbatas. Campuran tersebut kemudian dipanaskan sampai terbentuk larutan yang sempurna. Kemudian didinginkan dengan perlahan-lahan sampai minyak atau lemak dengan pelarutnya mulai terpisah dan mulai menjadi keruh. Temperature pada waktu mulai terjadi

kekeruhan, dikenal sebagai titik kekeruhan (*turbidity point*) (Ketaren, 1986:25-26).

Sistem transmisi cahaya biasa digunakan dalam bidang teknologi hamburan cahaya untuk mengetahui kondisi larutan. Dengan prinsip cahaya dirambatkan secara lurus kemudian ditabrakkan ke suatu larutan kemudian diteruskan agar menabrak detector. Sumber cahaya pada sistem transmisi cahaya dapat menggunakan laser ataupun sumber cahaya konvensional. Untuk laser sudah merupakan sumber cahaya yang sifatnya monokromatis dengan lebar pita spektrum yang lebih sempit sehingga mudah dikontrol. Untuk sumber cahaya yang berupa sinar polikromatis harus diperlakukan secara khusus dengan melewatkannya melalui pinhole. Seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.2 rangkaian transmisi cahaya menggunakan cahaya polikromatis yang berasal dari lampu pijar yang diarahkan lurus menggunakan 2 buah pinhole. Terdapat beberapa cara untuk memperoleh sinar yang monokromatis antara lain dengan pinhole seperti Gambar 3.2 dan prisma. Prisma digunakan jika memerlukan sinar yang mempunyai panjang gelombang yang diinginkan karena sifat prisma yang menguraikan sinar. Cahaya yang datang dan melalui pinhole akan dipancarkan ke wadah yang berisi cairan. Kemudian cahaya yang sudah menabrak larutan dalam wadah akan merambat lagi dengan kondisi yang berbeda dengan kondisi cahaya mula-mula menuju detektor. Dari detektor ini dapat dilihat dan dianalisis apa yang terjadi

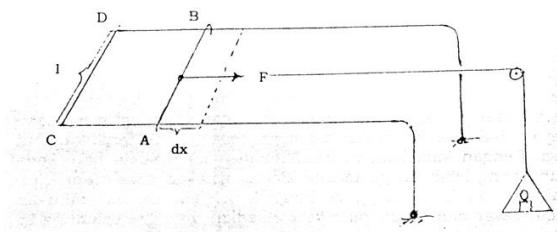
pada cahaya yang dipengaruhi oleh larutan yang dilewatinya (Unangalim, 2012: 22).

## 11. Tegangan Muka

### 1) Definisi Tegangan Muka

Mengapungnya pisau silet ataupun jarum jahit yang diletakkan pelan-pelan dan hati-hati di atas permukaan air di dalam bejana memperlihatkan seolah-olah permukaan air itu berkelakuan seperti permukaan selaput karet yang ditegangkan. Hal ini disebabkan oleh adanya gaya tarik menarik antara molekul air dan komponen mendatar gaya yang mengakibatkan adanya gaya tegangan molekul-molekul di permukaan air (Peter Soedojo, 1999:53). Gaya tarik molekul-molekul dalam cairan sama ke segala arah, tetapi molekul-molekul pada permukaan cairan lebih tertarik “ke dalam” cairan. Ini disebabkan karena jumlah molekul dalam fase uap < dari pada fase cair. Akibatnya zat cair selalu berusaha mendapatkan luas permukaan terkecil. Karena itu tetesan-tetesan cairan dan gelembung-gelembung gas berbentuk bulat, karena bentuk ini mempunyai luas permukaan terkecil. Untuk memperluas permukaan cairan, diperlukan kerja untuk membawa molekul-molekul dari bagian dalam dan melawan gaya tariknya. Tenaga permukaan adalah kerja yang diperlukan untuk memperbesar luas permukaan cairan sebesar  $1 \text{ cm}^2$ . Satuan tenaga permukaan =  $\text{erg/cm}^2$ . Adanya gaya-gaya ke arah dalam yang menyebabkan adanya kecenderungan untuk mengkerut, juga menyebabkan permukaan

cairan seakan-akan berada dalam keadaan tegang. Tegangan ini disebut tegangan muka, yang didefinisikan sebagai gaya dalam dyne yang bekerja sepanjang 1 cm pada permukaan zat cair. Satuan tenaga muka yaitu dyne/cm, jadi sama dengan satuan tenaga permukaan. (Sukardjo,1985:100-101). Suatu percobaan yang mendemonstrasikan adanya tegangan muka, di samping dengan mengapungnya pisau silet atau jarum jahit di atas permukaan air, adalah seperti yang dijelaskan pada Gambar 2.2.



### GAMBAR 2.2 DEFINISI TEGANGAN MUKA

Dengan membasahi tepi CD dengan suatu cairan dengan AB tertangkup ke CD lalu menarik kawat AB pelan-pelan ke kanan, maka akan terbentuk selaput cairan ABCD. Kalau gaya  $F$  itu dihilangkan, kawat AB segera akan menangkup kembali ke CD karena molekul-molekul cairan yang melekat sepanjang kawat AB itu ditarik oleh molekul-molekul lain di sebelahnya dengan gaya Van der Waals, dan molekul-molekul yang melekat itu lalu dengan sendirinya akan membawa serta kawat AB ke kiri. Pada keadaan setimbang, yaitu dimana kawat AB tak bergeser ke kanan atau ke kiri, gaya tarik  $F$  sama dengan gaya tegangan muka sepanjang kawat AB yang

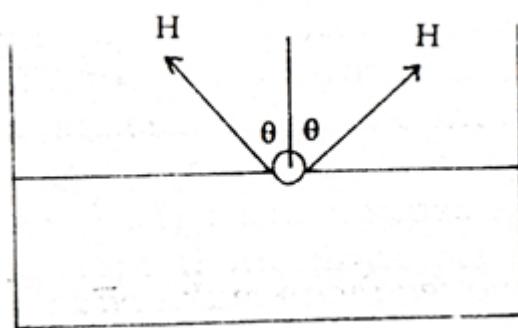
panjangnya  $l$ . Maka didefinisikanlah tegangan muka sebagai gaya tegangan muka persatuan panjang, yang dalam hal ini terukur sebesar:

$$H = \frac{F}{l} \quad (2.21)$$

**Tegangan muka dapat juga didefinisikan** sebagai usaha yang diperlukan untuk menambah satu satuan luas permukaan, sebab usaha untuk mengatasi tegangan muka untuk menggeser AB sajauh  $\Delta x$  adalah

$$\Delta U = F \Delta x = H l \Delta x = H \Delta A \quad (2.22)$$

dimana  $H = \frac{\Delta U}{\Delta x}$   $\Delta A = l \Delta x$  tak lain ialah penambahan luas ABCD akibat penggeseran AB sajauh  $\Delta x$  ke kanan. Demikianlah maka mengapungnya sepotong jarum jahit di atas permukaan air dapat diterangkan berdasarkan gaya Van der Waals pada molekul-molekul di sebelahnya seperti yang terlihat pada Gambar 2.3.



**GAMBAR 2.3 GAYA TEGANGAN MUKA YANG MENAHAN JARUM TERAPUNG**

dengan panjang jarum  $l$ , gaya tegangan muka yang mengangkat jarum itu di sebelah-menyebelah sisinya adalah  $lH$ . Komponen vertikal

gaya itulah yang mengimbangi gaya berat jarum sehingga jarum tidak tenggelam, menurut persamaan:

$$2IH \cos \theta = mg \quad (2.23)$$

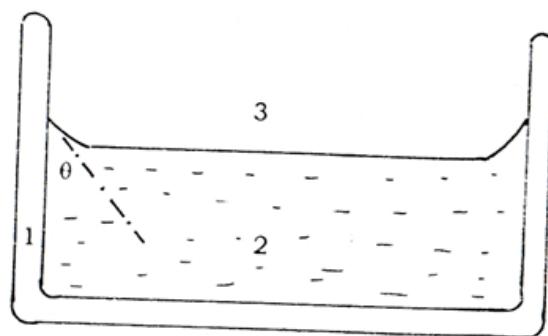
Jelas bahwa perlu ada perlengkungan permukaan di bawah jarum agar gaya tegangan muka mempunyai komponen vertical, yakni  $\cos \theta$  tidak sama dengan nol, yaitu  $\theta < \frac{1}{2} \pi$ .

Keterangan semacam ini juga dipakai untuk menerangkan terapungnya pisau silet di atas permukaan air (Peter Soedojo, 1999:56-58).

### 1) Sudut Kontak

Permukaan cairan cenderung mendatar sebab molekul-molekul cairan di bagian permukaan yang miring akan mengalami komponen gaya tegangan muka kearah yang melawan kemiringan seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 2.3. Tetapi tidaklah demikian halnya dengan molekul-molekul cairan di sebelah tepi bejana. Kalau gaya tarik oleh molekul-molekul bejana lebih besar daripada oleh molekul-molekul cairan, yakni gaya adhesi lebih besar dari pada gaya kohesi, bagian permukaan di sebelah tepi cenderung naik sehingga permukaan itu menjadi cekung. Sebaliknya, kalau gaya kohesi lebih besar dari pada gaya adhesi, permukaan akan cembung, seperti misalnya permukaan air raksa di dalam bejana kaca. Dengan pengertian tegangan muka, gejala di atas dapat diterangkan sebagai berikut. Gaya Van der Waals sudah

tentu berlaku juga antara satu jenis molekul dengan jenis molekul lainnya, sehingga untuk molekul di permukaan cairan, gaya tegangan mukanya tidak hanya yang berasal dari molekul cairan, tetapi juga yang berasal dari molekul uap ataupun udara di atas permukaan, di dalam setengah bulatan influensi bagian atas permukaan. Demikianlah secara umum tegangan muka ditentukan oleh jenis media di sebelah- menyebelah permukaan bidang batas dua media itu. Dengan notasi 1 untuk bahan kaca bejana tempat cairan, 2 untuk cairan serta 3 untuk udara di atas permukaan cairan, tegangan muka diperbatasan cairan dengan udara hendak kita tuliskan sebagai  $H_{23}$  dan yang di perbatasan cairan dengan bejana tempatnya sebagai sedang yang di perbatasan udara dengan bejana sebagai  $H_{31}$ . Untuk molekul di perbatasan tiga media di bagian tepi permukaan, berlaku syarat kesetimbangan:



**GAMBAR 2.4 SUDUT KONTAK**

$$H_{31} = H_{21} + H_{23} \cos \theta \quad (2.24)$$

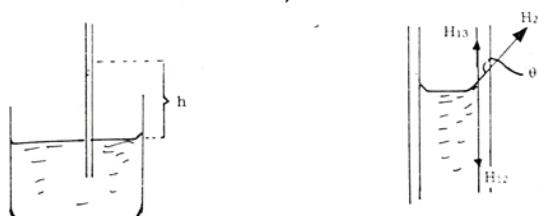
Sehingga apa yang dinamakan sudut kontak  $\theta$  memenuhi persamaan :

$$\cos \theta = (H_{31} - H_{21}) / H_{23} \quad (2.25)$$

yang langsung memperlihatkan bahwa permukaan akan cekung yaitu  $\theta > \frac{1}{2} \pi$  yaitu  $\cos \theta > 0$  bilamana  $H_{31} > H_{21}$ , dan cembung bila sebaliknya (Peter Soedojo, 1999:56-58).

## 2) Kenaikan Kapiler

Ternyata kenaikan kapiler terjadi jika lau permukaan cairannya cekung dan penurunan kapiler bila sebaliknya. Kenaikan dan penurunan kapiler itu memang erat hubungannya dengan masalah tegangan muka dalam hal ini terangkatnya kolom cairan di dalam buluh kapiler disebabkan oleh gaya adhesi pada dinding buluh atau lebih tepatnya oleh resultante gaya tegangan muka di sekeliling lingkaran tepi dalam buluh seperti yang dijelaskan oleh Gambar 2.5



**GAMBAR 2.5 KENAIKAN KAPILER DAN TEGANGAN MUKA**

Dari Gambar 2.5 terlihat bahwa dengan sudut kontak  $\theta$ , resultante gaya tegangan muka di sekitar tepi dalam buluh diberikan oleh:

$$F = 2\pi r (H_{13} - H_{12}) = 2\pi r H_{23} \cos \theta \quad (2.26)$$

Gaya  $F$  inilah yang mengimbangi gaya berat kolom cairan setinggi  $h$  didalam buluh, yang diberikan oleh:

$$W = \pi r^2 h \rho g \quad (2.27)$$

dengan  $\rho$  ialah massa jenis cairan dan  $g$  adalah percepatan gravitasi setempat, sehingga berlakulah persamaan

$$2\pi r H_{23} \cos \theta = \pi r^2 h \rho g \quad (2.28)$$

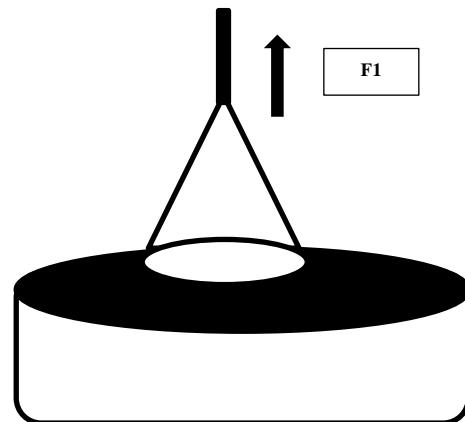
yang dengan  $\theta$  cukup kecil sehingga  $\cos \theta \approx 1$  menghasilkan

$$H_{23} = \frac{1}{2} r h \rho g \quad (2.29)$$

yang dapat dipakai untuk menentukan tegangan muka  $H$ . dari persamaan di atas terlihat bahwa kalau cairannya tak membasihi dinding tempatnya, yakni permukaanya cembung yaitu  $> \frac{1}{2}\pi$  , didapat  $h < 0$  yang berarti terjadi penurunan kapiler (Peter Soedojo, 1999:60-62).

### 3) Pengukuran Tegangan Muka Cara Tensiometer (Du Nuoy)

Suatu cincin Pt dimasukan dalam cairan yang diselidiki dan gaya yang diperlukan untuk memisahkan cincin dari permukaan cairan yang diukur. Besarnya gaya kebawah akibat tegangan muka :  $F^2 = 2ly$



**GAMBAR 2.6 PENETAPAN DENGAN CARA DU NUOY**

$\gamma$  = tegangan muka

$l$  = keliling lingkaran

$2$  = ada permukaan (luar dalam)

Pada saat tepat cincin lepas :

$$F_1 = F_2 \quad (2.30)$$

$$F_1 = 2l \gamma \quad (2.31)$$

$$\gamma = \frac{F_1}{2l} \quad (\text{Sukardjo, 1985:104}) \quad (2.32)$$

Dalam penelitian ini metode yang digunakan untuk mengukur tegangan permukaan yaitu metode Cincin Du Nuoy.

#### 4) Faktor-faktor yang mempengaruhi Tegangan Permukaan

##### a. Jenis Cairan

Pada umumnya cairan yang memiliki gaya tarik antara molekulnya besar, seperti air, maka tegangan permukaannya juga besar. Sebaliknya pada cairan seperti bensin karena gaya tarik antara molekulnya kecil, maka tegangan permukaannya juga kecil (Anita Ciptadi, 2014: 6).

##### b. Suhu

Tegangan permukaan menurun dengan meningkatnya suhu, karena meningkatnya energi kinetik molekul. Tegangan permukaan semua zat cair akan turun bila temperature naik dan nol pada temperature kritis (Sukardjo, 2002:103).

##### c. Zat Terlarut (Solute)

Adanya penambahan zat terlarut ke dalam suatu larutan dapat menurunkan tegangan permukaan karena zat terlarut menurunkan besarnya energi Gibbs (Sri, 2012). Menurut Yazid (2005) dalam Anita Ciptadi 2014 adanya zat terlarut pada cairan dapat menaikkan atau menurunkan tegangan permukaan. Untuk air adanya elektrolit anorganik dan non organik tertentu seperti sukrosa dan gliserin menaikkan tegangan permukaan. Sedangkan adanya zat-zat seperti sabun, detergen, dan alkohol adalah efektif dalam menurunkan tegangan permukaan (Anita Ciptadi, 2014: 6).

d. Elektrolit

Adanya elektrolit dapat menyebabkan kenaikan tegangan permukaan, sehingga disebut juga *negative surface activity* (Sukardjo, 2002:196).

e. Konsentrasi

Semakin besar konsentrasi maka nilai tegangan permukaan juga semakin besar (Sri, 2012). Konsentrasi zat terlarut (solute) suatu larutan biner mempunyai pengaruh terhadap sifat-sifat larutan termasuk tegangan muka dan adsorbsi pada permukaan larutan. Telah diamati bahwa yang ditambahkan ke dalam larutan akan menurunkan tegangan permukaan, karena mempunyai konsentrasi di permukaan yang lebih besar dari pada di dalam larutan. Sebaliknya solute yang penambahannya ke dalam larutan menaikkan tegangan muka mempunyai konsentrasi di permukaan yang lebih kecil dari pada di dalam larutan (Anita Ciptadi, 2014: 7)

5) Nilai Tegangan Beberapa bahan :

Menurut Hodgman, C, D. dkk, (1954) dalam Sugeng Riyadi (2015) umumnya tegangan permukaan fluida mengalami penurunan saat terjadi kenaikan suhu, (lihat tabel 2.2) memperlihatkan sifat untuk air. Saat pengaruh bertambah dan molekul cairan bergerak lebih cepat, pengaruh interaksi antar molekul akan bergerak lebih cepat, pengaruh interaksi antar

molekul akan berkurang pada gerakanya dan tegangan permukaan akan berkurang (hodgman, C, D. dkk, 1954: 168). Berikut merupakan Nilai tegangan beberapa bahan menurut Hodgman, C, D. dkk, (1954) dalam Sugeng Riyadi (2015) :

**TABEL 2.3 NILAI TEGANGAN PERMUKAAN BEBERAPA BAHAN TERHADAP UDARA.**

Cairan yang bersentuhan dengan udara	Suhu (°C)	Tegangan Permukaan (mN/m)
Benzena	20	28,9
Karbon Tetral Klorida	20	26,8
Etanol	20	22,3
Glisisn	20	63,1
Raksa	20	465
Minyak Zaitun	20	32
Air Sabun	20	25
Air	0	75,6
Air	20	72,8
Air	27	71,4
Air	60	66,2

Air	100	58,9
Oksigen	-193	15,7
Neon	-247	5,15
Helium	-256	0,12

(Hodgman, C, D, dkk, 1954:198)

- 6) Manfaat tegangan permukaan dalam bidang farmasi:
- Dalam mempengaruhi penyerapan obat pada bahan pembantu padat pada sediaan obat.
  - penetrasi molekul melalui membrane biologis.
  - pembentukan dan kestabilan emulsi dan dispersi partikel tidak larut dalam media cair untuk membentuk sediaan suspense
- (Anita Ciptadi, 2014: 9).

## B. Kerangka Berpikir

Minyak kemiri dapat dihasilkan melalui pengolahan tradisional atau cara ini dikenal dengan nama *krengseng*. Kemiri dihaluskan hingga mendapatkan sari kemiri atau seperti dalam pembuatan minyak kelapa dikenal sebagai santan maka dalam pembuatan minyak kemiri sari kemiri bisa disebut dengan santan kemiri. Santan merupakan jenis emulsi minyak dalam air (M/A). Suatu emulsi minyak dalam air artinya globula minyak dijerap oleh molekul-molekul surfaktan yang memiliki sifat hidrofobik dan hidrofilik. Surfaktan yang bersifat hidrofobik adalah berbasis minyak sehingga bagian ini dapat

menjerap ke dalam globula minyak, sedangkan bagian lain dari surfaktan yaitu *headgroupnya* berinteraksi dengan air.

Dalam penelitian ini santan kemiri dimasak hingga mendidih dan akhirnya mengalami proses penguapan maka yang tersisa adalah minyak. Massa kemiri dalam penelitian ini merupakan variabel bebas, sedangkan variabel terikatnya adalah hasil pemecahan emulsi yang diwakili oleh banyaknya volume minyak yang dihasilkan serta setelah minyak hasil didapatkan maka akan dilakukan pengukuran terhadap sifat-sifat fisik minyak kemiri berupa massa jenis, kekeruhan atau intensitas dengan sistem transmisi cahaya, viskositas, dan tegangan permukaan.

## **BAB III**

### **METODE PENELITIAN**

#### **A. WAKTU DAN TEMPAT PENELITIAN**

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Januari sampai Juni 2017 berlokasi di Laboratorium Koloid dan Laboratorium Fisika Dasar, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Yogyakarta.

#### **B. SAMPEL PENELITIAN**

Sampel penelitian ini yaitu kemiri yang ada di pasaran:



**GAMBAR 3.1 KEMIRI**

#### **C. VARIABEL PENELITIAN**

1. Hubungan massa dengan volume hasil minyak kemiri
  - 1) Variabel bebas : massa
  - 2) Variabel terikat : volume minyak kemiri
  - 3) Variabel terkontrol : suhu
2. Karakterisasi minyak kemiri
  - 1) Penentuan massa jenis
    - a. Variabel bebas : volume

- b. Variabel terikat : massa
  - c. Variabel terkontrol : suhu
- 2) Penentuan kekeruhan
- a. Variabel bebas : panjang lintasan
  - b. Variabel terikat : intensitas
  - c. Variabel terkontrol : suhu dan intensitas awal
- 3) Penentuan tegangan permukaan
- a. Variabel bebas : sudut  $\theta_1$
  - b. Variabel terikat : sudut  $\theta_2$
  - c. Variabel terkontrol : massa cincin, percepatan gravitasi, diameter cincin  $d_1$  dan  $d_2$
- 4) Viskositas minyak kemiri
- a. Variabel bebas : volume
  - b. Variabel terikat : waktu
  - c. Variabel terkontrol : suhu dan percepatan gravitasi

## **D. ALAT DAN BAHAN**

### **a. Pembuatan minyak kemiri**

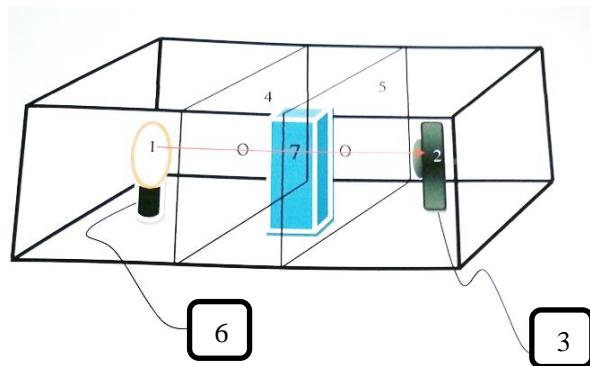
1. Kemiri 5 kg
2. Air secukupnya
3. Wajan satu buah
4. Kompor satu buah
5. Timbangan satu buah
6. Kain saring (30x30) cm<sup>2</sup>

7. Blender satu buah
8. Baskom satu buah
9. Spatula satu buah
10. Botol kaca 100 ml satu buah, 250 ml dua buah, 500 ml dua buah

**b. Pengukuran**

1. Volume
  - a. Gelas ukur 250 ml, 50 ml, 10 ml
  - b. Botol sampel 500 ml, 250 ml, 100 ml
2. Viskositas
  - a. Gelas ukur 50 ml
  - b. Viskometer satu buah
  - c. Stop watch satu buah
  - d. Thermometer digital satu buah
  - e. Corong satu buah
  - f. Batang statif satu buah
3. Massa Jenis
  - a. Timbangan digital satu buah
  - b. Gelas ukur 50 ml satu buah
4. Kekeruhan (intensitas transmisi cahaya)
  - 1) Kotak hitam dibuat dari alat dan bahan sebagai berikut :
    - a. Papan tripleks  $(60 \times 30) \text{ cm}^2$  dua buah,  $(40 \times 30) \text{ cm}^2$  5 buah,  $(60 \times 40) \text{ cm}^2$  satu buah
    - b. Lem kayu

- c. Kayu reng 60 cm empat buah, 40 cm empat buah
  - d. Paku tripleks
  - e. Cat kayu warna hitam
  - f. Bor listrik
  - g. List aluminium 30 cm enam buah
  - h. Penggaris, pensil, gergaji, amplas, kikir
- 2) Meja kayu
- 3) Lampu bohlam 60 watt
- 4) Lux meter
- 5) Dudukan luxmeter
- 6) Aquarium ukuran 7 cm x 10 cm x 10 cm (Unangalim A, 2012)



**GAMBAR 3.2 SKEMA ALAT TRANSMISI CAHAYA**

1. Sumber cahaya (lampu pijar 60 watt)
2. Wadah sampel larutan
3. Luxmeter
4. *Pinhole*
5. *Pinhole 2*
6. Sumbel Listrik AC

## 5. Tegangan Permukaan

- a. Satu set perangkat pengukur tegangan permukaan (*Tensiometer Du Nouy*)
- b. Thermometer berskala 100°C
- c. Jangka sorong

## E. PROSEDUR PENELITIAN

### 1. Pembuatan minyak kemiri

- 1) Menyiapkan semua alat dan bahan yang dibutuhkan.
- 2) Menghaluskan kemiri dengan campuran air secukupnya.
- 3) Menyaring dan memisahkan ampas kemiri dengan sari kemiri.
- 4) Sari kemiri direbus di atas kompor hingga minyak kemiri terpisah dengan sendirinya.
- 5) Minyak kemiri hasil olahan kemudian disaring menggunakan kain puring putih agar ampas kemiri tidak terbawa dalam minyak kemiri.
- 6) Minyak kemiri siap diukur.

### 2. Parameter yang diukur

- 1) Volume
  - a. Menyiapkan gelas ukur dan botol penampung sampel
  - b. Menuangkan minyak pada gelas ukur
  - c. Membaca hasil volume yang tertera pada skala gelas ukur

2) Viskositas

- a. Menyiapkan viscometer kemudian menaruh viscometer pada meja yang rata dan memastikan viscometer dalam keadaan seimbang dengan melihat bola kecil yang ada pada salah satu kaki viscometer.
- b. Menyiapkan sampel dengan volume sebanyak 50 ml dengan gelas ukur.
- c. Menutup lubang pada viscometer kemudian menuangkan sampel ke dalam alat Viskometer.
- d. Membuka tutup lubang viscometer bersamaan dengan menyalakan stop watch dan menunggu hingga minyak menetes semua ke dalam gelas ukur penampung.
- e. Mencatat waktu pada stopwatch yang diperlukan 50 ml sampel untuk mengalir ke bawah.
- f. Mengulangi 5 kali pengukuran viskositas pada setiap sampel.

**Catatan:** dengan alat dan suhu serta volume yang sama dilakukan juga pengukuran terhadap kekentalan minyak kelapa sawit sebagai pembanding dengan kekentalan minyak kemiri.

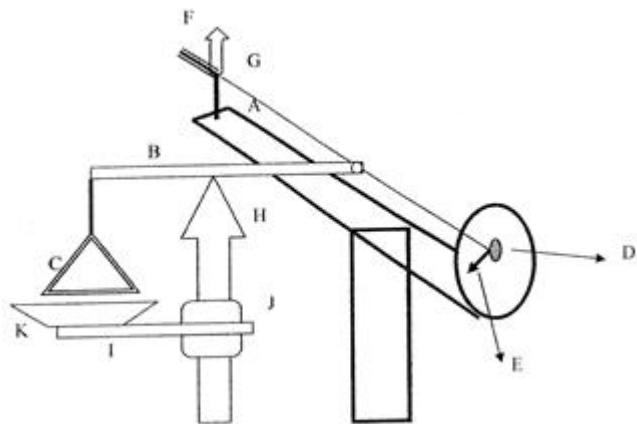
3) Massa Jenis

- a. Mengukur volume dengan gelas ukur.
- b. Menimbang minyak dengan cara menimbang gelas ukur kosong dan mereset ke nol timbangan kemudian memasukkan minyak yang sesuai dengan volume yang telah diukur.

4) Kekeruhan (intensitas transmisi cahaya)

- a. Memasukkan sampel pada tempat penampungan sampel.
- b. Menyalakan alat transmisi cahaya.
- c. Membaca skala pada luxmeter.
- d. Mengulangi dari langkah pertama untuk semua sampel dengan membersihkan sebelumnya tempat penampung dengan mencucinya.

5) Tegangan Permukaan



**GAMBAR 3.3 TENSIOMETER *DU NOUY'S***

- a. Menyiapkan alat tensiometer *Du Nouy*. Membersihkan dahulu cincin kawat dari kotoran, minyak, debu atau karatan dan mengusahakan selalu kering dalam setiap awal eksperimen.
- b. Menimbang massa cincin dan mengukur diameter dalam dan luar ( $d_1$  dan  $d_2$ ).
- c. Mengatur indikator (E) pada posisi  $0^\circ$  dengan mengatur sekrup (D). Selanjutnya membuka sekrup (F) dan mengatur pemutar (G) sampai batang (B) tetap pada tempatnya.

- d. Menggantungkan cincin kawat (C) pada ujung batang (B) dan mengatur sekrup (D) sampai batang (B) kembali ke posisi semula, mencatat kedudukan jarum indicator (E) sebagai  $\theta_1$ .
- e. Memasukkan sampel minyak pada bejana kurang lebih 2/3 dari bejana dan meletakkan pada penyangga (I), mengendorkan kunci (J) dan mengatur penyangga (I) sampai permukaan sampel dalam bejana menyentuh cincin kawat (C) dan stel kunci (J) agar posisi permukaan sampel yang menyentuh cincin tidak berubah.
- f. Mengatur sekrup (D) pelan-pelan agar cincin terangkat dan **hampir lepas dari permukaan minyak**. Pada saat ini mencatat kedudukan jarum indicator (E) sebagai  $\theta_2$  terhadap posisi  $\theta_1$
- g. Mengulangi pengukuran pada setiap sampel dengan membersihkan bejana tempat menampung sampel dan cincin yang digunakan. Pada setiap sampel dilakukan lima kali pengulangan dengan setiap pengulangan cincin yang digunakan dibersihkan dari minyak sebelumnya.

## F. TEKNIK ANALISIS DATA

### 1. Analisis Data Volume dan Massa

Ketidakpastian volume dan massa menggunakan satuan dalam alat yang digunakan untuk mengukur volume yaitu gelas ukur dan massa dengan menggunakan timbangan digital.

## 2. Analisa Data Massa Jenis

Ketidakpastian massa jenis dapat dicari menggunakan:

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

$$\Delta\rho = \frac{\partial\rho}{\partial m}\Delta m + \frac{\partial\rho}{\partial V}\Delta V$$

$$\Delta\rho = \left| \frac{1}{V} \right| |\Delta m| + \left| -\frac{m}{V^2} \right| |\Delta V|$$

## 3. Analisis Data Tegangan Permukaan

Data penelitian tegangan permukaan minyak dianalisis dengan persamaan:

$$\gamma = \frac{F_2}{\pi(d_1 + d_2)}$$

$$\Delta\gamma = \sqrt{\left[ \frac{mg}{\pi\theta_2(d_1 + d_2)} \right]^2 [\Delta\theta_1]^2 + \left[ \frac{mg\theta_1}{\pi\theta_2^2(d_1 + d_2)} \right]^2 [\Delta\theta_2]^2 + \left( \frac{mg\theta_1}{\pi\theta_2} \right)^2 (d_1 + d_2)^2 (\Delta d_1^2 + \Delta d_2^2)}$$

## 4. Analisis Data Kekeruhan

Ketidakpastian dapat dicari dengan persamaan:

$$\Delta I_T = \sum_{n=1}^{\infty} \sqrt{\frac{(x_n - \bar{x})^2}{n_t - 1}}$$

## 5. Analisa Data Viskositas

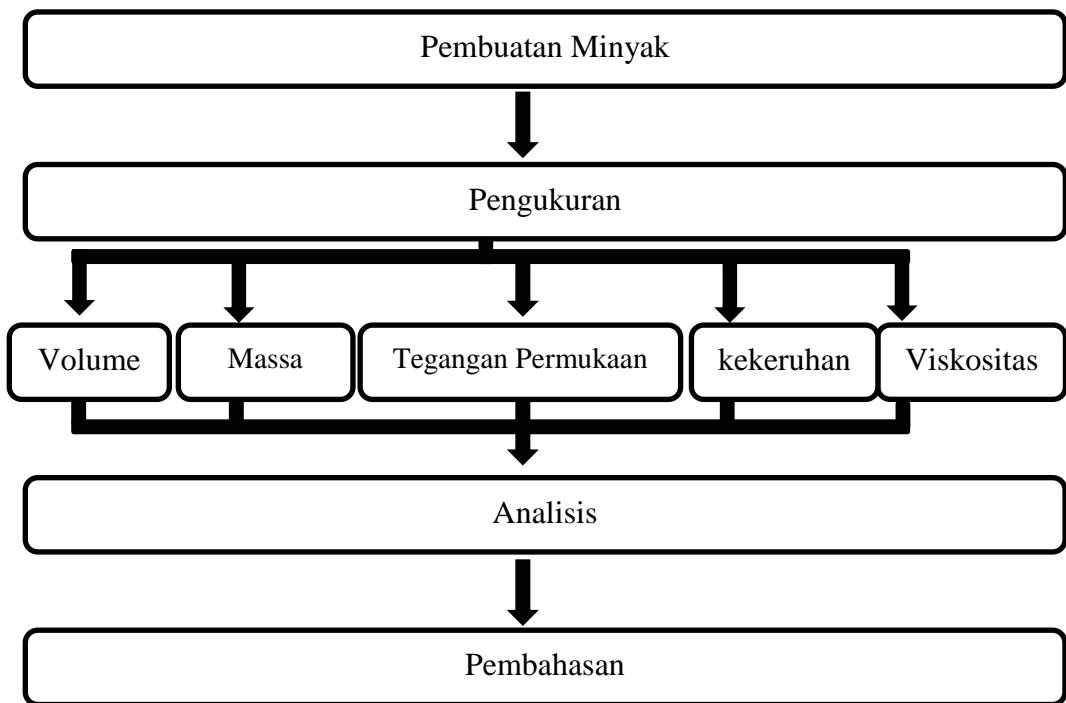
$$\bar{T} = \frac{T_N}{N}$$

$$\Delta\bar{T} = \sqrt{\frac{\sum_i^N (T_i - \bar{T})^2}{(N - 1)}}$$

$$\eta = \left(0,00260T - \frac{1,175}{T}\right)d = \left(0,00260T - \frac{1,175}{T}\right)\rho g$$

$$\Delta\eta = \left|\left(0,0026T - \frac{1,175}{T}\right)g\right| |\Delta\rho| + \left|\left(0,0026T - \frac{1,175}{T^2}\right)\rho \cdot g\right| |\Delta T|$$

#### G. DIAGRAM ALIR PENELITIAN



**GAMBAR 3.4 SKEMA PENELITIAN**

## **BAB IV**

### **HASIL DAN PEMBAHASAN**

Penelitian tentang pengaruh massa kemiri terhadap volume minyak kemiri hasil pengolahan tradisional sebagai bahan dasar *biofuel* ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh massa kemiri terhadap produksi minyak kemiri dan mengetahui sifat-sifat fisik (Viskositas, Massa Jenis, Kekeruhan, Tegangan Permukaan) minyak kemiri. Penelitian ini dilakukan di laboratorium Fisika Dasar dan Fisika Koloid FMIPA Universitas Negeri Yogyakarta. Selama pengambilan data viskositas, kekeruhan dan tegangan permukaan dilakukan pengulangan pada setiap sampelnya sebanyak lima kali pengulangan. Data yang diperoleh akan disajikan dalam lima bagian yaitu yang pertama hubungan massa dengan volume hasil minyak kemiri yang diperoleh, yang kedua yaitu massa jenis minyak kemiri, kemudian yang ketiga yaitu kekeruhan diukur dengan sistem transmisi cahaya, yang keempat yaitu viskositas minyak kemiri dan yang terakhir adalah tegangan permukaan minyak kemiri.

Berikut akan disajikan deskripsi data yang berbentuk tabel dan grafik. Data penelitian terdiri dari lima bagian, yaitu:

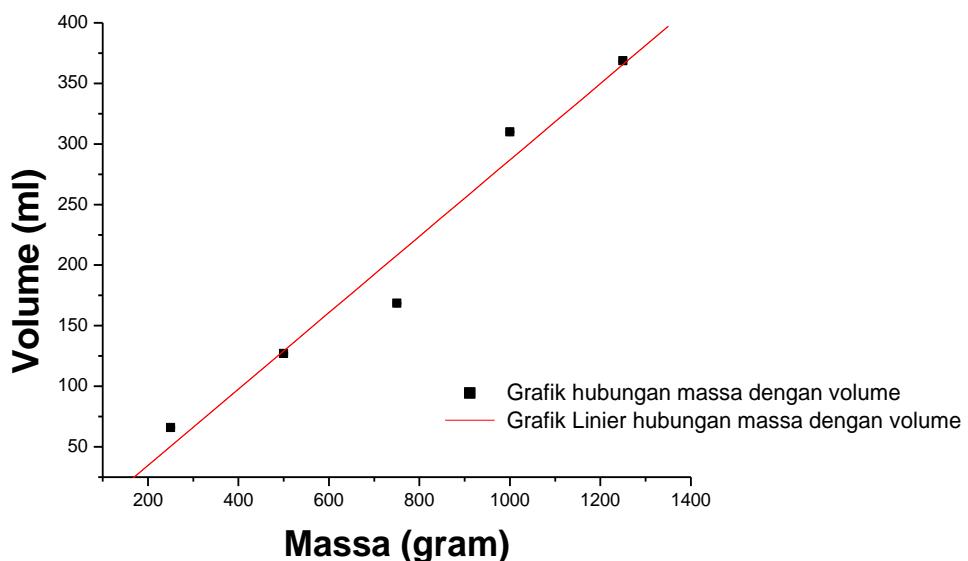
#### **1. Hubungan Massa Kemiri Dengan Volume Minyak Hasil**

Pada bagian pengaruh massa kemiri terhadap jumlah volume hasil minyak kemiri variabel bebas massa kemiri dan variabel terikat volume minyak kemiri yang dihasilkan saling berkaitan. Berikut hasil data disajikan dalam Tabel 4.1

**TABEL 4.1 HUBUNGAN MASSA KEMIRI DENGAN VOLUME HASIL MINYAK KEMIRI**

Sampel	Massa (gram)	$(V \pm \Delta V)$ ml
I	$250 \pm 0.05$	$66 \pm 0.5$
II	$500 \pm 0.05$	$127 \pm 0.5$
III	$750 \pm 0.05$	$168.5 \pm 0.5$
IV	$1000 \pm 0.05$	$310 \pm 0.5$
V	$1250 \pm 0.05$	$368.6 \pm 0.5$

Data hasil hubungan massa kemiri dengan volume minyak kemiri dapat disajikan dalam bentuk Gambar 4.1 agar terlihat perbedaan volume hasil minyak kemiri. Berikut grafik hubungan massa kemiri dengan volume hasil:



```

Linear Regression for Data1_B:
Y = A + B * X
Weight given by Data1_D error bars.

Parameter      Value      Error
-----
A              -28.44      0.5244
B              0.31528    6.32456E-4
-----
R              SD          N          P
-----  

0.98156      56.04384   5          0.003
-----
```

#### **GAMBAR 4.1 PENGARUH MASSA KEMIRI TERHADAP VOLUME MINYAK KEMIRI**

Berdasarkan data yang diperoleh, grafik di atas menunjukkan bahwa semakin banyak massa kemiri maka volume hasil minyak kemiri yang dihasilkan akan semakin banyak. Karena variabel  $x$  merupakan massa (gram) dan variabel  $y$  merupakan volume (ml) maka persamaan yang timbul yaitu  $Y=A+B*X$ . Dari data grafik di atas setelah dilakukan *fitting* diperoleh persamaan:  $Y=0,31528X+6,3\times10^{-4}$ . Karena  $Y$  mempunyai satuan ml dan  $X$  mempunyai satuan gram maka slope grafik adalah 0,31528 ml yang berarti setiap gram kemiri menghasilkan minyak sebesar 0,31528 ml.

#### **2. Massa Jenis Minyak Kemiri**

Massa jenis suatu bahan merupakan salah satu hal yang paling penting dalam suatu karakterisasi, karena massa jenis suatu bahan dapat berpengaruh pada penggunaan atau pemanfaatan bahan itu sendiri. Karakterisasi minyak kemiri ini juga diukur massa jenisnya dengan menerapkan persamaan berikut:

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

Dari persamaan tersebut dapat diketahui massa jenis minyak kemiri yaitu  $(0,932 \pm 0,010) \text{ g/cm}^3$ . Berdasarkan hasil massa jenis minyak kemiri di atas

dapat dilihat dan dibandingkan dengan sumber yang telah ada pada buku Ketaren (1986) menyatakan bahwa massa jenis minyak kemiri mempunyai rentang mulai dari **0,929** sampai **0,942**. Dari sini dapat dilihat bahwa hasil massa kemiri yang telah dilakukan berada pada rentang 0,929-0,942 massa jenis minyak kemiri sebesar **0,932** dengan ralat **0,010 g/cm<sup>3</sup>**.

### 3. Kekeruhan (Efisiensi transmisi cahaya) Hasil Penelitian

Kekeruhan dalam penelitian ini ditentukan dengan cara terbalik yaitu dengan cara mengukur melalui intensitas cahaya yang ditransmisi melalui minyak kemiri. Dengan sampel I hingga sampel ke V ditransmisikan untuk mengetahui kekeruhan minyak kemiri dalam bentuk prosentase. Efisiensi transmisi cahaya hasil dari pengukuran disajikan dalam Tabel 4.2 sebagai berikut :

**TABEL 4.2 EFISIENSI TRANSMISI CAHAYA MINYAK KEMIRI**

Sampel	$E_T$ (%)	$\Delta E_T$ (%)
<b>I</b>	80,0	1,5
<b>II</b>	76,9	1,5
<b>III</b>	68,5	1,5
<b>IV</b>	66,9	1,5
<b>V</b>	65,4	1,5
<b>Rata-rata</b>	<b>71,5</b>	<b>1,5</b>

Pada tabel tersebut setiap sampel memiliki efisiensi transmisi cahaya yang berbeda-beda namun dari sampel satu hingga sampel yang kelima dapat dirata-rata hingga memperoleh satu buah nilai yaitu sebesar  $(72 \pm 2)\%$ . Hasil pengukuran ini dapat dirata-rata karena tidak ada yang membedakan antara perlakuan pembuatan minyak kemiri sampel satu hingga sampel lima. Sampel satu hingga sampel lima hanya jumlah massanya saja yang berbeda namun perlakuan tetap sama. Rata-rata hasil pengukuran transmisi cahaya minyak kemiri tersebut diperoleh lebih besar dari pada transmisi cahaya minyak kelapa sawit yang diukur dengan sistem yang sama yaitu dengan sistem transmisi cahaya. Minyak kelapa sawit yang ditransmisikan memperoleh efisiensi rata-rata sebesar  $(62 \pm 2)\%$ . Dari sini didapatkan bahwa minyak kemiri lebih jernih dibandingkan dengan minyak kelapa sawit. Karena semakin besar hasil transmisi cahaya maka akan semakin jernih cairan yang diuji menggunakan sistem transmisi cahaya. Sebaliknya jika semakin keruh cairan, maka semakin rendah intensitas cahaya yang ditransmisikan.

#### **4. Viskositas Minyak Kemiri**

Dalam penelitian ini kekentalan suatu minyak kemiri ditentukan menggunakan viscometer Redwood. Data viskositas minyak kemiri yang diperoleh disajikan dalam Tabel 4.4 sebagai berikut :

**TABEL 4.3 VISKOSITAS MINYAK KEMIRI**

<b>Sampel</b>	$\eta(\text{Ns/m}^2)$	$\Delta\eta (\text{Ns/m}^2)$
I	12,00	0,08
II	11,90	0,10
III	11,90	0,08
IV	11,60	0,04
V	12,00	0,03

Dari kelima sampel viskositas tersebut dapat dirata-rata menjadi  $(11,80 \pm 0,06) \text{ Ns/m}^2$ , sedangkan untuk viskositas minyak kelapa sawit mempunyai rata-rata sebesar  $(15,8 \pm 0,4) \text{ Ns/m}^2$ . Dengan menggunakan viscometer redwood volume yang digunakan untuk mengukur viskositas sebesar 50 ml, dimana semakin lama waktu yang dibutuhkan minyak untuk menetes maka viskositasnya semakin tinggi. Apabila suhu dinaikkan pada viscometer redwood maka menghasilkan waktu tetes yang lebih kecil dibandingkan dengan suhu ruangan. Dapat dilihat dari hasil viskositas minyak kemiri dengan minyak kelapa sawit bahwa minyak kemiri lebih encer dibandingkan dengan minyak kelapa sawit.

### **5. Tegangan Permukaan**

Hasil analisis data pengukuran minyak kemiri disajikan dalam tabel sebagai berikut :

**TABEL 4.4 TEGANGAN PERMUKAAN MINYAK KEMIRI**

<b>Sampel</b>	$\gamma(\text{mN/m})$	$\Delta\gamma(\text{mN/m})$
I	113,82	0,65
II	113,94	0,65
III	114,14	0,65
IV	115,79	0,66
V	116,20	0,66
<b>Rata-Rata</b>	<b>114,78</b>	<b>0,65</b>

Berdasarkan **Tabel 4.5** rata-rata nilai tegangan permukaan minyak kemiri yaitu  $(114,8 \pm 0,6)$  mN/m, sedangkan nilai tegangan permukaan minyak goreng sebesar  $(105,2 \pm 0,6)$  mN/m dengan pengukuran suhu dan metode pengukuran yang sama. Dapat dilihat bahwa minyak kemiri mempunyai nilai tegangan permukaan yang lebih besar dibandingkan dengan minyak goreng. Karena tegangan permukaan suatu zat cair tergantung pada jenis zat itu sendiri. Dalam penelitian ini karakterisasi minyak kemiri berkaitan dengan *biofuel* maka gaya tarik antara molekul pada minyak kemiri besar oleh karena itu tegangan permukaannya juga besar berbeda dengan bensin. Pada cairan seperti bensin karena gaya tarik antara molekulnya kecil, maka tegangan permukaannya juga kecil menurut Anita Ciptadi (2014) tanpa menyebutkan nilai tegangan permukaan cairan.

Apabila bensin mempunyai tegangan permukaan yang kecil maka minyak kemiri juga dapat diturunkan tegangan permukaannya agar dapat menjadi salah satu bahan dasar *biofuel*. Untuk menurunkan tegangan permukaan perlu ditambahkan zat-zat yang dapat menurunkan tegangan permukaan yang efektif yaitu seperti alkohol dan lain-lain. Minyak kemiri dapat dijadikan sebagai bahan dasar *biofuel* dengan menambahkan bahan lain supaya dapat menjadi bahan bakar. Syarat yang digunakan untuk menjadikan minyak sebagai bahan bakar dapat dilihat pada Tabel 2.2.

## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### A. Kesimpulan

Berdasarkan uraian dan pembahasan di atas dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Volume hasil minyak kemiri semakin banyak dengan bertambah banyaknya massa kemiri.
2. Sifat-sifat fisik dari minyak kemiri yaitu massa jenis minyak kemiri yang diperoleh yaitu sebesar  $(0.932 \pm 0,010)$  g/cm<sup>3</sup>, efisiensi transmisi cahaya minyak kemiri sebesar  $(72 \pm 2)\%$ , kemudian untuk viskositas minyak kemiri diperoleh rata-rata sebesar  $(11,80 \pm 0,06)$  Ns/m<sup>2</sup>, dan tegangan permukaan minyak kemiri diperoleh sebesar  $(114,8 \pm 0,6)$  mN/m.

#### B. Saran

1. Cara yang dilakukan untuk membuat minyak kemiri hanya dengan metode tradisional sehingga pada penelitian selanjutnya agar dengan metode yang lain sehingga dapat dibandingkan antara hasil minyak dengan metode tradisional dengan metode yang lainnya.
2. Sifat-sifat fisik dalam penelitian ini masih sangat terbatas, sehingga belum mencakup keseluruhan sifat-sifat fisik minyak kemiri lainnya. Oleh karena itu diharapkan ada yang melanjutkan penelitian ini dengan sifat-sifat fisik lain yang dapat memperluas sifat fisik minyak kemiri.

3. Cara yang digunakan untuk mengukur tegangan permukaan dan viskositas minyak kemiri sebaiknya menggunakan alat ukur yang lebih modern dengan sistem digital agar diperoleh data yang lebih akurat dan valid.

## DAFTAR PUSTAKA

- Achmad Mangga Barani. (2006). Pedoman Budidaya Kemiri (*aleurites molluccana willd*). Direktorat Jenderal Perkebunan Departemen Pertanian
- Ahmadi, R., H., & Handoko, Riwidikdo. (2007). Fisika Kesehatan. Yogyakarta. Mitra Cendekia
- Arlene, Ariestya. (2013). Ekstraksi Kemiri Dengan Metode Soxhlet Dan Karakterisasi Minyak Kemiri. Jurnal Teknik Kimia USU (Vol. 2, No. 2). Hlm. 6
- Arlene, Ariestya Ign. Suharto dan Jessica N.R. (2010). Pengaruh Temperatur dan Ukuran Biji Terhadap Perolehan Minyak Kemiri pada Ekstraksi Biji Kemiri dengan Penekanan Mekanis .Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia “Kejuangan”. Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Katolik Parahyangan
- Ciptadi, Anita. (2014). Tugas Fisika Farmasi Tegangan Permukaan. Diakses dari <https://www.scribd.com/doc/244020599/MAKALAH-TEGANGAN-PERMUKAAN-pdf>. Hari senin 3 Juli 2017 pukul 15:17 WIB
- Darmawan, Saptadi (--). Pembuatan Minyak Kemiri dan Pemurniannya Dengan Arang Aktif dan Bentonit. *Laporan Penelitian*.
- Heni Purwatinrum. (--). Formulasi Uji Sifat Fisik Emulsi minyak Jarak (*Oleum Ricini*) Dengan Perbedaan Emulgator Derivate Selulosa. *Laporan Penelitian*. Farmasi-Politeknik Harapan Bersama
- Lauren Demates. (2014). Apa Perbedaan Biofuel, Bioethanol, Biodiesel dan Biogas. Di akses dari <http://bioenerginusantara.com/apa-perbedaan-biofuel-bioethanol-biodiesel-dan-biogas/>. Hari Rabu 19 Juli 017
- Ketaren, S. (1986). Pengantar Teknologi Minyak dan Lemak Pangan. Jakarta: Universitas Indonesia Press
- M. W, Sri. (2012). *Linier Alkylbenzene Sulphonate* Terhadap Tegangan Antar Muka dan Viskositas Sistem Air Minyak Tanah. Medan: FMIPA Universitas Sumatera Utara
- Mugiyaningih, Ari (2015). Pengaruh Suhu dan Jarak Pemakaian Terhadap Nilai Viskositas Pelumas Sepeda Motor. *Skripsi*. FMIPA Universitas Negeri Yogyakarta
- Nur, Andri Priyatno. (2015). Pengaruh Penambahan Konsentrasi Larutan Surfaktan *Disodium Ethylenediaminetetraacetic Salt (Na2-EDTA)* Terhadap Tegangan Permukaan Dan Viskositas Oli Mesin Pertamina Endure 4 Stroke. *Skripsi*. FMIPA-UNY

- Pamata, Nathasya. (2008). Sintesis metil ester (biodiesel) dari minyak biji kemiri (*Aleurites molluccana*) hasil ekstraksi melalui metode ultrasonokimia. *Skripsi*. FMIPA-UI
- Rakhmadi Agung, Frida. (2004). Pemecahan Emulsi Minyak Dalam Air Dengan Menggunakan Teknik Elektroforesis. *Skripsi*. FMIPA-UNY
- Soedojo, Peter. (1999). Fisika Dasar. Yogyakarta. Andi Yogyakarta
- Suparno. (2012). Dinamika Partikel Koloid. Yogyakarta: UNY Press.
- Supri dan Amir Hamzah Siregar. (--). Sistensis Karakteristik Homopolimer Emulsi Poli (Metilmetakrilat) Dengan variasi Konsentrasi Surfaktan Dan Zat Pengalih Rantai. *Laporan Penelitian*. FMIPA-Universitas Sumatera Utara
- Subriyer Nasir dan Teguh Budi. (2011). Pengolahan Air Limbah Hasil Proses laundry Menggunakan filter Keramik Berbahan Campuran Tanah Liat Alam dan Zeolit. *Laporan Hibah Penelitian*. Ilmu Alat Pengetahuan-Universitas Sriwijaya
- Sukardjo. (1997). Kimia Fisika. Jakarta: PT Rineka Cipta
- Wiryoatmojo, Suyono. (1988). Kimia Fisika I. Jakarta: Departemen pendidikan dan kebudayaan direktorat jenderal pendidikan tinggi pengembangan lembaga pendidikan tenaga kependidikan.
- Sukardjo. (1985). Kimia Fisika. Yogyakarta: Bina Aksara
- Sukardjo. (2002). Fisika Kimia. Jakarta: PT Rineka Cipta
- Tim Fisika Dasar. (2008). Petunjuk praktikum Fisika Dasar I. Yogyakarta. Laboratorium Fisika Dasar FMIPA-UNY
- Unangalim Ardhiyadi. (2012). Pengaruh Absorbsi Karbon Aktif Kayu Asem Dan Pasir Kali Putih Terhadap Efisiensi Transmisi Cahaya Pada Proses Penjernihan Air Selokan Mataram. *Skripsi*. FMIPA-UNY
- Yogi Permana. (2012). Praktikum Viscositas (kekentalan). Zat cair. Diakses dari <http://www.atmosferku.com/2012/12/praktikum-viscositas-kekentalan-zat-cair.html>. Hari Selasa tanggal 20 Juni 2017 pukul 14:46 WIB
- <http://btbrd.bppt.go.id/index.php/26-pojok-biodiesel/94-sni-biodiesel> diakses pada hari Rabu pukul 15.13

# **LAMPIRAN**

## LAMPIRAN

### LAMPIRAN 1. 1 DATA HASIL ANALISIS

#### 1. Volume Hasil Penelitian

Sampel	m (gram)	$V$ (ml)	$\Delta V$ (ml)
I	250	66	0.05
II	500	127	0.05
III	750	168.5	0.05
IV	1000	310	0.05
V	1250	368.6	0.05

#### 2. Massa jenis Hasil Penelitian

Parameter	Rumus	Hasil
Volume Minyak	-	$50 \pm 0.5$ ml
Massa Minyak	-	$46.6 \pm 0.5$ gram
Massa Jenis Minyak	$\rho = \frac{m}{v}$	$0.9320 \pm 0.010$ gr/cm <sup>3</sup>

### 3. Kekeruhan (Intensitas) Hasil Penelitian

Sampel	m (gram)	I (Lux)	$\bar{I}$ (Lux)	$\Delta\bar{I}$ (Lux)
I	250	21	20.8	0.14
		22		
		20		
		21		
		20		
II	500	19	17.8	0.14
		18		
		17		
		18		
		17		
III	750	18	17.4	0.10
		17		
		17		
		18		
		17		
IV	1000	18	20	0.26
		20		
		22		
		19		
		21		
V	1250	16	17	0.13
		17		
		17		
		18		
		17		

#### 4. Waktu pengukuran Viskositas

Sampel	Waktu Pengulangan	Waktu Rata-Rata	$\eta$ (Ns/m <sup>2</sup> )	$\Delta\eta$ (Ns/m <sup>2</sup> )
I	08:25:10	08:30:28	12.085	0,08
	08:34:44			
	08:32:87			
	08:29:68			
	08:29:37			
II	08:27:15	08:20:62	11.866	0,10
	08:23:03			
	08:17:06			
	08:16:94			
	08:18:93			
III	08:27:18	08:23:82	11.943	0,08
	08:27:84			
	08:22:57			
	08:22:38			
	08:19:15			
IV	08:08:53	08:07:71	11.559	0,04
	08:06:72			
	08:07:44			
	08:05:72			
	08:10:18			
V	08:27:50	08:28:20	12.047	0,03
	08:29:85			
	08:27:35			
	08:29:34			
	08:26:25			

## 5. Tegangan Permukaan

Sampel	$\theta_1$	$\theta_2$	$\overline{\theta_1}$	$\overline{\theta_2}$	$\gamma(\text{N/m})$	$\Delta\gamma(\text{N/m})$
I	35°	75°	35,4°	76,2°	113,82	0,65
	36°	77°				
	38°	79°				
	34°	76°				
	34°	74°				
II	36°	77°	35,6°	76,6°	113,94	0,65
	34°	75°				
	36°	78°				
	37°	78°				
	35°	75°				
III	35°	73°	35,2°	75,6°	114,14	0,65
	34°	74°				
	36°	77°				
	36°	77°				
	35°	77°				
IV	37°	74°	35,8°	75,8°	115,79	0,66
	36°	78°				
	35°	76°				
	36°	77°				
	35°	74°				
V	35°	76°	35,2°	74,2°	116,20	0,66
	35°	76°				
	36°	73°				
	35°	74°				
	35°	72°				

## LAMPIRAN 1.2 RUMUS DAN PERHITUNGAN RALAT

### A. Persamaan Rambat Ralat Volume dan Massa

#### 1. Volume

Satuan terkecil dalam penelitian ini merupakan satuan alat ukur langsung yang digunakan dalam pengukuran volume yaitu gelas ukur

#### 2. Massa

Satuan terkecil dalam penelitian ini merupakan satuan alat ukur langsung yang digunakan dalam pengukuran massa yaitu Timbangan Digital

### B. Persamaan mencari Massa Jenis dan Rambat Ralat

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

$$\Delta\rho = \left| \frac{1}{V} \right| |\Delta m| + \left| -\frac{m}{V^2} \right| |\Delta V|$$

Keterangan :  $\rho$  : Massa Jenis

$m$  : Massa

$\Delta m$ : Rambat Ralat Massa

$V$  : Volume

$\Delta V$ : Rambat Ralat Volume

### C. Persamaan untuk Mencari Tegangan Permukaan dan Rambat Ralat

$$\frac{F_1}{F_2} = \frac{F_{t1}}{F_{t2}}$$

$$F_2 = \frac{F_1 F_{t2}}{F_{t1}}$$

$$F_2 = m g \frac{\theta_1}{\theta_2}$$

$$F_2 = \frac{m g \theta_1}{\theta_2}$$

$$\gamma = \frac{m g \theta_1}{\pi \theta_2 (d_1 + d_2)}$$

Keterangan :

$F_{t1}$  = Gaya tarik untuk mengangkat cincin sebelum dimasukan kedalam larutan (mN)

$F_{t2}$  = Gaya tarik untuk mengangkat cincin setelah dimasukan kedalam larutan (mN)

$F_2$  = Gaya permukaan larutan untuk mempertahankan permukaanya (mN)

$\gamma$  = Tegangan permukaan (mN/m)

$d_1$  = Diameter dalam cincin *Du Nouy* (m)

$d_2$  = Diameter luar cincin *Du Nouy* (m)

$g$  = Percepatan Gravitasi (m/s<sup>2</sup>)

$m$  = Massa Cincin *Du Nouy* (gram)

Untuk memperoleh ketidakpastian nilai tegangan permukaan dilakukan dengan penurunan dengan penurunan persamaan dibawah ini :

$$\gamma = \frac{F_2}{\pi(d_1 + d_2)}$$

$$\frac{\partial F_2}{\partial m} = \frac{\partial}{\partial m} \left( mg \frac{F_{t2}}{F_{t1}} \right) = g \frac{F_{t2}}{F_{t1}}$$

$$\frac{\partial F_2}{\partial F_{t2}} = \frac{\partial}{\partial F_{t2}} \left( mg \frac{F_{t2}}{F_{t1}} \right) = \frac{mg}{F_{t1}}$$

$$\frac{\partial F_2}{\partial F_{t1}} = \frac{\partial}{\partial F_{t1}} \left( mg \frac{F_{t2}}{F_{t1}} \right) = -mg \frac{F_{t2}}{(F_{t1})^2}$$

$$\Delta F_2 = \sqrt{\left(\frac{\partial F_2}{\partial m}\right)^2 (\Delta m)^2 + \left(\frac{\partial F_2}{\partial g}\right)^2 (\Delta g)^2 + \left(\frac{\partial F}{\partial F_{t1}}\right)^2 (\Delta F_{t1})^2 + \left(\frac{\partial F}{\partial F_{t2}}\right)^2 (\Delta F_{t2})^2}$$

$$\Delta F_2 = \sqrt{\left(g \frac{F_{t2}}{F_{t1}}\right)^2 (\Delta m)^2 + \left(\frac{mg}{F_{t2}}\right)^2 (\Delta F_{t2})^2 + \left(-\frac{mg F_{t2}}{(F_{t1})^2}\right)^2 (\Delta F_{t1})^2}$$

$$\frac{\partial \gamma}{\partial d_1} = \frac{-F_2(d_1 + d_2)}{\pi} = -\frac{F_2}{\pi(d_1 + d_2)^2}$$

$$\frac{\partial \gamma}{\partial d_2} = \frac{-F_2(d_1 + d_2)^{-1}}{\pi} = -\frac{F_2}{\pi(d_1 + d_2)^2}$$

$$\frac{\partial \gamma}{\partial F_2} = \frac{\partial}{\partial F_2} = \left(\frac{-F_2}{\pi(d_1 + d_2)}\right) = -\frac{1}{\pi(d_1 + d_2)}$$

$$\Delta \gamma = \sqrt{\left(\frac{\partial \gamma}{\partial F_2}\right)^2 (\Delta F_2)^2 + \left(\frac{\partial \gamma}{\partial \pi}\right)^2 (\Delta \pi)^2 + \left(\frac{\partial \gamma}{\partial d_1}\right)^2 (\Delta d_1)^2 + \left(\frac{\partial \gamma}{\partial d_2}\right)^2 (\Delta d_2)^2}$$

$$\gamma = \sqrt{\left(-\frac{1}{\pi(d_1 + d_2)}\right)^2 (\Delta F_2)^2 + \left(-\frac{F}{\pi(d_1 + d_2)^2}\right)^2 (\Delta d_1)^2 + \left(-\frac{F}{\pi(d_1 + d_2)^2}\right)^2 (\Delta d_2)^2}$$

$$\gamma = \sqrt{\left[\frac{mg}{\pi\theta_2(d_1 + d_2)}\right]^2 [\Delta\theta_1]^2 + \left[\frac{mg\theta_1}{\pi\theta_2^2(d_1 + d_2)}\right]^2 [\Delta\theta_2]^2 + \left[\frac{mg\theta_1 d_2}{\pi\theta_2 - (d_1 + d_2)^2}\right]^2 [\Delta d_1]^2 + \left[\frac{mg\theta_1 d_1}{\pi\theta_2 - (d_1 + d_2)^2}\right]^2 [\Delta d_2]^2}$$

#### **D. Persamaan Rambat Ralat kekeruhan Minyak Kemiri**

$$\Delta I_T = \sqrt{\frac{(x_n - x)^2}{n_t - 1}}$$

Dimana :

$x_n$  = Data ke-n

$x$  = Rata-rata data

$n_t$  = Jumlah Data

#### **Efisiensi Transmisi**

$$E_T = \frac{I_T}{I_o} \times 100\%$$

Keterangan : Intensitas wadah sampel sebesar 26 lux

$E_T$  = Efisiensi penyerapan (%)

$I_T$  = Intensitas cahaya minyak (lux)

$I_o$  = Intensitas cahaya tempat sampel (26 lux)

#### **Ralat Efisiensi Transmisi**

$$\Delta E_T = \left| \frac{100\%}{I_o} \right| |\Delta I_T| + \left| -\frac{100\% I_T}{I_o} \right| |\Delta I_o|$$

Keterangan : Intensitas wadah sampel sebesar 26 lux

$\Delta E_T$  = Ketidakpastian efisiensi penyerapan (%)

$I_T$  = Intensitas cahaya minyak (lux)

$I_o$  = Intensitas cahaya tempat sampel (26 lux)

$\Delta I_T$  = Ketidakpastian intensitas cahaya

$\Delta I_o$  = Ketidakpastian intensitas cahaya awal

#### E. Persamaan untuk Mencari Viskositas dan Rambat Ralat

a.  $\bar{T} = \frac{T_n}{n}$

$$\Delta T = \sqrt{\frac{\sum_i^N (T_i - \bar{T})^2}{(N - 1)}}$$

Keterangan :

$\bar{T}$  = Waktu Rata-Rata (s)

$n$  = Jumlah Data

b.  $\eta = \left( 0,00260T - \frac{1,715}{T} \right) d$

$$\eta = \left( 0,00260T - \frac{1,715}{T} \right) \rho g$$

$$\Delta \eta = \left| \frac{d\eta}{dp} \right| |\Delta \rho| + \left| \frac{d\eta}{dT} \right| |\Delta T|$$

$$\Delta \eta = \left| \frac{\left( 0,0026T - \frac{1,715}{T} \right) \rho g}{d\rho} \right| |\Delta \rho| + \left| \frac{\left( 0,0026T - \frac{1,715}{T} \right) \rho g}{dT} \right| |\Delta T|$$

$$\Delta \eta = \left| \left( 0,0026T - \frac{1,715}{T} \right) g \right| |\Delta \rho| + \left| \left( 0,0026 - \frac{1,715}{T^2} \right) \rho \cdot g \right| |\Delta T|$$

Keterangan :

$\eta$  = Viskositas (Ns/m<sup>2</sup>)

$T$  = Waktu (Secon)

$\rho$  = Massa Jenis (gram/cm<sup>3</sup>)

$g$  = Percepatan gravitasi (m/s<sup>2</sup>)

## LAMPIRAN 1. 3 ANALISIS DATA

### 1. Volume

$$\Delta V = 0,5 \text{ mL}$$

### 2. Massa

$$\Delta m = 0,5 \text{ Gram}$$

### 3. Massa Jenis

$$\text{a. } \rho = \frac{m}{V} = \frac{46,6}{50} = 0,932 \text{ gr/cm}^3$$

$$\text{b. } \Delta \rho = \left| \frac{1}{V} \right| |\Delta m| + \left| -\frac{m}{V^2} \right| |\Delta V|$$

$$\Delta \rho = \left| \frac{1}{50} \right| |0,5| + \left| -\frac{46,6}{50^2} \right| |0,5|$$

$$= |0,01| + |-9,32 \times 10^{-4}|$$

$$= 0,01 \text{ gr/cm}^3$$

*Jadi massa jenis minyak kemiri sebesar  $(0,932 \pm 0,010) \text{ gr/cm}^3$*

### 4. Analisis Data Kekeruhan

$$\Delta I_T = \sqrt{\frac{\sum_{n=1}^{\infty} (x_n - \bar{x})^2}{n_t - 1}}$$

#### 1) Sampel I

$$\Delta I_T = \sqrt{\frac{(21 - 20,8)^2 + (22 - 20,8)^2 + (20 - 20,8)^2 + (21 - 20,8)^2 + (20 - 20,8)^2}{5 - 1}}$$

$$\Delta I_T = \sqrt{\frac{3,6}{4}}$$

$$\Delta I_T = 0,94 \text{ lux}$$

$$E_T = \frac{I_T}{I_o} \times 100\% = \frac{20,8}{26} \times 100\% = 80\%$$

$$\Delta E_T = \left| \frac{100\%}{I_o} \right| |\Delta I_T| + \left| -\frac{100\% I_T}{I_o} \right| |\Delta I_o|$$

$$\Delta E_T = \left| \frac{100\%}{0,26} \right| |0,005| + \left| -\frac{100\% 0,178}{0,26} \right| |0,005|$$

$$\Delta E_T = 1,9 + (-0,3)$$

$$\Delta E_T = 1,56 \text{ \%}$$

## 2) Sampel II

$$\Delta I_T = \sqrt{\frac{(18 - 20)^2 + (20 - 20)^2 + (22 - 20)^2 + (19 - 20)^2 + (21 - 20)^2}{5 - 1}}$$

$$\Delta I_T = \sqrt{\frac{10}{4}}$$

$$\Delta I_T = 1,58 \text{ lux}$$

$$E_T = \frac{I_T}{I_o} \times 100\% = \frac{20}{26} \times 100\% = 76,9\%$$

$$E_T = \frac{I_T}{I_o} \times 100\% = \frac{20,8}{26} \times 100\% = 80\%$$

$$\Delta E_T = \left| \frac{100\%}{I_o} \right| |\Delta I_T| + \left| -\frac{100\% I_T}{I_o} \right| |\Delta I_o|$$

$$\Delta E_T = \left| \frac{100\%}{0,26} \right| |0,005| + \left| -\frac{100\% 0,174}{0,26} \right| |0,005|$$

$$\Delta E_T = 1,9 + (-0,33)$$

$$\Delta E_T = 1,56 \%$$

### 3) Sampel III

$$\Delta I_T = \sqrt{\frac{(19 - 17,8)^2 + (18 - 17,8)^2 + (17 - 17,8)^2 + (18 - 17,8)^2 + (17 - 17,8)^2}{5 - 1}}$$

$$\Delta I_T = \sqrt{\frac{2,8}{4}}$$

$$\Delta I_T = 0,84 \text{ lux}$$

$$E_T = \frac{I_T}{I_o} \times 100\% = \frac{17,8}{26} \times 100\% = 68,5\%$$

$$E_T = \frac{I_T}{I_o} \times 100\% = \frac{20,8}{26} \times 100\% = 80\%$$

$$\Delta E_T = \left| \frac{100\%}{I_o} \right| |\Delta I_T| + \left| -\frac{100\% I_T}{I_o} \right| |\Delta I_o|$$

$$\Delta E_T = \left| \frac{100\%}{0,26} \right| |0,005| + \left| -\frac{100\% 0,20}{0,26} \right| |0,005|$$

$$\Delta E_T = 1,9 + (-0,38)$$

$$\Delta E_T = 1,52 \%$$

### 4) Sampel IV

$$\Delta I_T = \sqrt{\frac{(18 - 17,4)^2 + (17 - 17,4)^2 + (17 - 17,4)^2 + (18 - 17,4)^2 + (17 - 17,4)^2}{5 - 1}}$$

$$\Delta I_T = \sqrt{\frac{1,2}{4}}$$

$$\Delta I_T = 0,55 \text{ lux}$$

$$E_T = \frac{I_T}{I_o} \times 100\% = \frac{17,4}{26} \times 100\% = 66,9\%$$

$$E_T = \frac{I_T}{I_o} \times 100\% = \frac{20,8}{26} \times 100\% = 80\%$$

$$\Delta E_T = \left| \frac{100\%}{I_o} \right| |\Delta I_T| + \left| -\frac{100\% I_T}{I_o} \right| |\Delta I_o|$$

$$\Delta E_T = \left| \frac{100\%}{0,26} \right| |0,005| + \left| -\frac{100\% 0,178}{0,26} \right| |0,005|$$

$$\Delta E_T = 1,9 + (-0,38)$$

$$\Delta E_T = 1,52 \text{ %}$$

## 5) Sampel V

$$\Delta I_T = \sqrt{\frac{(16 - 17)^2 + (17 - 17)^2 + (17 - 17)^2 + (18 - 17)^2 + (17 - 17)^2}{5 - 1}}$$

$$\Delta I_T = \sqrt{\frac{2}{4}}$$

$$\Delta I_T = 0,70 \text{ lux}$$

$$E_T = \frac{I_T}{I_o} \times 100\% = \frac{17}{26} \times 100\% = 65,4\%$$

$$E_T = \frac{I_T}{I_o} \times 100\% = \frac{20,8}{26} \times 100\% = 80\%$$

$$\Delta E_T = \left| \frac{100\%}{I_o} \right| |\Delta I_T| + \left| -\frac{100\% I_T}{I_o} \right| |\Delta I_o|$$

$$\Delta E_T = \left| \frac{100\%}{0,26} \right| |0,005| + \left| -\frac{100\% 0,17}{0,26} \right| |0,005|$$

$$\Delta E_T = 1,9 + (-0,32) = 1,58 \%$$

## 6) Rata-Rata Rambat Ralat Efisiensi Transmisi Cahaya Sampel I-V

$$\Delta E_T = \frac{1,5 + 1,5 + 1,5 + 1,5 + 1,5}{5} = 1,5\%$$

## 7) Sampel Minyak Goreng Kelapa Sawit

$$\Delta I_T = \sqrt{\frac{(16,2 - 16)^2 + (16,4 - 16)^2 + (15,8 - 16)^2 + (16,4 - 16)^2 + (15,2 - 16)^2}{5 - 1}}$$

$$\Delta I_T = 0,50 \text{ lux}$$

## 5. Analisis Data Tegangan Permukaan

$$d_1 = 1,256 \times 10^{-3} \text{ m} \quad \Delta \theta_1 = 0,05^\circ$$

$$d_2 = 1,29 \times 10^{-3} \text{ m} \quad \Delta \theta_2 = 0,05^\circ$$

$$\Delta d_1 = 10^{-5} \text{ m} \quad \Delta d_2 = 10^{-5} \text{ m}$$

### a) Sampel I

$$\theta_1 = 35,4^\circ$$

$$\theta_2 = 76,2^\circ$$

$$\text{a. } F = m g \frac{\theta_1}{\theta_2}$$

$$F = 0,2 \times 9,8 \times \frac{35,4^\circ}{76,2^\circ}$$

$$= 0,91 \text{ mN}$$

$$\text{b. } \gamma = \frac{F}{\pi(d_1 + d_2)}$$

$$= \frac{0,91}{3,14 (1,256 x 10^{-3} + 1,29 x 10^{-3})}$$

$$= 113,82 \text{ mN/m}$$

$$\text{c. } \Delta\gamma = \sqrt{\left[ \frac{mg}{\pi\theta_2(d_1+d_2)} \right]^2 [\Delta\theta_1]^2 + \left[ \frac{mg\theta_1}{\pi\theta_2^2(d_1+d_2)} \right]^2 [\Delta\theta_2]^2 + \left( \frac{mg\theta_1}{\pi\theta_2} \right)^2 (d_1 + d_2)^2 (\Delta d_1^2 + \Delta d_2^2)}$$

$$\Delta\gamma = \sqrt{\left[ \frac{0,2 x 9,8}{3,14 x 76,2 (1,265 x 10^{-3} + 1,29 x 10^{-3})} \right]^2 [0,05]^2 + \left[ \frac{0,2 x 9,8 x 35,4}{3,14 x 76,2^2 (1,265 x 10^{-3} + 1,29 x 10^{-3})} \right]^2 [0,05]^2 + \left( \frac{0,2 x 9,8 x 35,4}{3,14 x 76,2} \right)^2 ((1,265 x 10^{-3} + 1,29 x 10^{-3}))^{-4} (10^{-5^2} + 10^{-5^2})}$$

$$\Delta\gamma = \sqrt{0,025 + 5,54 x 10^{-3} + 0,397}$$

$$\Delta\gamma = 0,65 \text{ mN/m}$$

### b) Sampel II

$$\theta_1 = 35,6^\circ$$

$$\theta_2 = 76,6^\circ$$

$$\text{a. } F = m g \frac{\theta_1}{\theta_2}$$

$$F = 0,2 x 9,8 x \frac{35,6^\circ}{76,6^\circ}$$

$$= 0,9109 \text{ mN}$$

$$\text{b. } \gamma = \frac{F}{\pi(d_1+d_2)}$$

$$= \frac{0,9109}{3,14 (1,256 x 10^{-3} + 1,29 x 10^{-3})}$$

$$= 113,94 \text{ mN/m}$$

$$\text{c. } \Delta\gamma = \sqrt{\left[ \frac{mg}{\pi\theta_2(d_1+d_2)} \right]^2 [\Delta\theta_1]^2 + \left[ \frac{mg\theta_1}{\pi\theta_2^2(d_1+d_2)} \right]^2 [\Delta\theta_2]^2 + \left( \frac{mg\theta_1}{\pi\theta_2} \right)^2 (d_1 + d_2)^2 (\Delta d_1^2 + \Delta d_2^2)}$$

$$\Delta\gamma = \sqrt{\left[ \frac{0,2 x 9,8}{3,14 x 76,6 (1,265 x 10^{-3} + 1,29 x 10^{-3})} \right]^2 [0,05]^2 + \left[ \frac{0,2 x 9,8 x 35,6}{3,14 x 76,6^2 (1,265 x 10^{-3} + 1,29 x 10^{-3})} \right]^2 [0,05]^2 + \left( \frac{0,2 x 9,8 x 35,6}{3,14 x 76,6} \right)^2 ((1,265 x 10^{-3} + 1,29 x 10^{-3}))^{-4} (10^{-5^2} + 10^{-5^2})}$$

$$\Delta\gamma = \sqrt{0,0254 + 5,66 x 10^{-3} + 0,398}$$

$$\Delta\gamma = 0,655 \text{ mN/m}$$

### c) Sampel III

$$\theta_1 = 35,2^\circ$$

$$\theta_2 = 75,6^\circ$$

$$\text{a. } F = m g \frac{\theta_1}{\theta_2}$$

$$F = 0,2 x 9,8 x \frac{35,2^\circ}{75,6^\circ}$$

$$= 0,9125 \text{ mN}$$

$$\text{b. } \gamma = \frac{F}{\pi(d_1+d_2)}$$

$$= \frac{0,9125}{3,14 (1,256 x 10^{-3} + 1,29 x 10^{-3})}$$

$$= 114,14 \text{ mN/m}$$

$$\text{c. } \Delta\gamma = \sqrt{\left[ \frac{mg}{\pi\theta_2(d_1+d_2)} \right]^2 [\Delta\theta_1]^2 + \left[ \frac{mg\theta_1}{\pi\theta_2^2(d_1+d_2)} \right]^2 [\Delta\theta_2]^2 + \left( \frac{mg\theta_1}{\pi\theta_2} \right)^2 (d_1 + d_2)^2 (\Delta d_1^2 + \Delta d_2^2)}$$

$$\Delta\gamma = \sqrt{\left[ \frac{0,2 x 9,8}{3,14 x 75,6 (1,265 x 10^{-3} + 1,29 x 10^{-3})} \right]^2 [0,05]^2 + \left[ \frac{0,2 x 9,8 x 35,2}{3,14 x 75,6^2 (1,265 x 10^{-3} + 1,29 x 10^{-3})} \right]^2 [0,05]^2 + \left( \frac{0,2 x 9,8 x 35,2}{3,14 x 75,6} \right)^2 ((1,265 x 10^{-3} + 1,29 x 10^{-3}))^{-4} (10^{-5^2} + 10^{-5^2})}$$

$$\Delta\gamma = \sqrt{0,0261 + 5,65 x 10^{-3} + 0,399}$$

$$\Delta\gamma = 0,656 \text{ mN/m}$$

#### d) Sampel IV

$$\theta_1 = 35,8^\circ$$

$$\theta_2 = 75,8^\circ$$

$$\text{a. } F = m g \frac{\theta_1}{\theta_2}$$

$$F = 0,2 x 9,8 x \frac{35,8^\circ}{75,8^\circ}$$

$$= 0,9257 \text{ mN}$$

$$\text{b. } \gamma = \frac{F}{\pi(d_1+d_2)}$$

$$= \frac{0,9257}{3,14 (1,256 x 10^{-3} + 1,29 x 10^{-3})}$$

$$= 115,79 \text{ mN/m}$$

$$\text{c. } \Delta\gamma = \sqrt{\left[ \frac{mg}{\pi\theta_2(d_1+d_2)} \right]^2 [\Delta\theta_1]^2 + \left[ \frac{mg\theta_1}{\pi\theta_2^2(d_1+d_2)} \right]^2 [\Delta\theta_2]^2 + \left( \frac{mg\theta_1}{\pi\theta_2} \right)^2 (d_1 + d_2)^2 (\Delta d_1^2 + \Delta d_2^2)}$$

$$\Delta\gamma = \sqrt{\left[ \frac{0,2 x 9,8}{3,14 x 75,8 (1,265 x 10^{-3} + 1,29 x 10^{-3})} \right]^2 [0,05]^2 + \left[ \frac{0,2 x 9,8 x 35,8}{3,14 x 75,8^2 (1,265 x 10^{-3} + 1,29 x 10^{-3})} \right]^2 [0,05]^2 + \left( \frac{0,2 x 9,8 x 35,8}{3,14 x 75,8} \right)^2 ((1,265 x 10^{-3} + 1,29 x 10^{-3}))^{-4} (10^{-5^2} + 10^{-5^2})}$$

$$\Delta\gamma = \sqrt{0,026 + 5,82 x 10^{-3} + 0,411}$$

$$\Delta\gamma = 0,665 \text{ mN/m}$$

#### e) Sampel V

$$\theta_1 = 35,8^\circ$$

$$\theta_2 = 75,8^\circ$$

$$\text{a. } F = m g \frac{\theta_1}{\theta_2}$$

$$F = 0,2 x 9,8 x \frac{35,2^\circ}{74,2^\circ}$$

$$= 0,929 \text{ mN}$$

$$\text{b. } \gamma = \frac{F}{\pi(d_1+d_2)}$$

$$= \frac{0,929}{3,14 (1,256 x 10^{-3} + 1,29 x 10^{-3})}$$

$$= 116,20 \text{ mN/m}$$

$$\text{c. } \Delta\gamma = \sqrt{\left[ \frac{mg}{\pi\theta_2(d_1+d_2)} \right]^2 [\Delta\theta_1]^2 + \left[ \frac{mg\theta_1}{\pi\theta_2^2(d_1+d_2)} \right]^2 [\Delta\theta_2]^2 + \left( \frac{mg\theta_1}{\pi\theta_2} \right)^2 (d_1 + d_2)^2 (\Delta d_1^2 + \Delta d_2^2)}$$

$$\Delta\gamma = \sqrt{\left[ \frac{0,2 x 9,8}{3,14 x 74,2 (1,265 x 10^{-3} + 1,29 x 10^{-3})} \right]^2 [0,05]^2 + \left[ \frac{0,2 x 9,8 x 35,2}{3,14 x 74,2^2 (1,265 x 10^{-3} + 1,29 x 10^{-3})} \right]^2 [0,05]^2 + \left( \frac{0,2 x 9,8 x 35,2}{3,14 x 74,2} \right)^2 ((1,265 x 10^{-3} + 1,29 x 10^{-3}))^{-4} (10^{-5^2} + 10^{-5^2})}$$

$$\Delta\gamma = \sqrt{0,027 + 6,09 x 10^{-3} + 0,414}$$

$$\Delta\gamma = 0,668 \text{ mN/m}$$

## 6. Analisis Data Viskositas

### 1) Sampel I

$$\text{a. } \bar{T} = \frac{T_n}{n} = \frac{T_1 + T_2 + T_3 + T_4 + T_5}{5} = \frac{505,1 + 514,44 + 512,87 + 509,68 + 509,37}{5} = 510,28 \text{ s}$$

$$\text{b. } \Delta\bar{T} = \sqrt{\frac{\sum_i^N (T_i - \bar{T})^2}{(N-1)}}$$

$$= \sqrt{\frac{(505,1 - 510,28)^2 + (514,44 - 510,28)^2 + (512,87 - 510,28)^2 + (509,68 - 510,28)^2 + (509,37 - 510,28)^2}{5-1}}$$

$$= \sqrt{\frac{26,8+17,3+6,7+0,36+0,82}{4}} = 3,6 \text{ s}$$

$$\text{c. } \eta = \left( 0,00260T - \frac{1,715}{T} \right) d$$

$$= \left( 0,00260 \times 510,28 - \frac{1,715}{510,28} \right) 0,932 \times 9,8$$

$$= (1,326728 - 3,3 \times 10^{-3}) \times 9,1336$$

$$= 12,09 \text{ Ns/m}^2$$

$$\Delta\eta = \left| \frac{\left( 0,0026T - \frac{1,715}{T} \right) \rho g}{d\rho} \right| |\Delta\rho| + \left| \frac{\left( 0,0026 - \frac{1,715}{T^2} \right) \rho g}{dT} \right| |\Delta T|$$

$$\Delta\eta = \left| \left( 0,0026T - \frac{1,715}{T} \right) g \right| |\Delta\rho| + \left| \left( 0,0026T - \frac{1,715}{T^2} \right) \rho \cdot g \right| |\Delta T|$$

$$\begin{aligned} \Delta\eta = & \left| \left( 0,0026 \times 510,28 - \frac{1,715}{510,28} \right) 9,8 \right| |6,8 \times 10^{-5}| \\ & + \left| \left( 0,0026 - \frac{1,715}{510,28^2} \right) 0,932 \times 9,8 \right| |3,6| \end{aligned}$$

$$\Delta\eta = 8,436 \times 10^{-4} + 0,085$$

$$\Delta\eta = 0,086$$

Jadi viskositas sampel pertama sebesar **12,09 ± 0,08** Ns/m<sup>2</sup>

## 2) Sampel II

$$\text{a. } \bar{T} = \frac{T_n}{n}$$

$$= \frac{T_1+T_2+T_3+T_4+T_5}{5} = \frac{507,15+503,03+497,06+496,94+498,18}{5} = 500,62 \text{ s}$$

$$\overline{\Delta T} = \sqrt{\frac{\sum_i^N (T_i - \bar{T})^2}{(N - 1)}}$$

$$\overline{\Delta T} = \sqrt{\frac{(507,15 - 500,62)^2 + (503,03 - 500,62)^2 + (497,06 - 500,62)^2 + (496,94 - 500,62)^2 + (498,18 - 500,62)^2}{5-1}}$$

$$\overline{\Delta T} = \sqrt{\frac{42,6 + 5,8 + 12,6 + 13,5 + 5,9}{4}} = 4,4 \text{ s}$$

$$\mathbf{b.} \quad \eta = \left( 0,00260T - \frac{1,715}{T} \right) d$$

$$\eta = \left( 0,00260 \times 500,62 - \frac{1,715}{500,62} \right) 0,932 \times 9,8$$

$$\eta = (1,301612 - 2,3 \times 10^{-3}) \times 9,1336$$

$$\eta = 11,866 \text{ Ns/m}^2$$

$$\Delta \eta = \left| \frac{\left( 0,0026T - \frac{1,715}{T} \right) \rho g}{d\rho} \right| |\Delta \rho| + \left| \frac{\left( 0,0026 - \frac{1,715}{T} \right) \rho g}{dT} \right| |\Delta T|$$

$$\Delta \eta = \left| \left( 0,0026T - \frac{1,715}{T} \right) g \right| |\Delta \rho| + \left| \left( 0,0026T - \frac{1,715}{T^2} \right) \rho \cdot g \right| |\Delta T|$$

$$\Delta \eta = \left| \left( 0,0026 \times 500,62 - \frac{1,715}{500,62} \right) 9,8 \right| |6,8 \times 10^{-5}|$$

$$+ \left| \left( 0,0026 - \frac{1,715}{500,62^2} \right) 0,932 \times 9,8 \right| |4,4|$$

$$\Delta \eta = 8,647 \times 10^{-4} \times 0,1043$$

$$\Delta \eta = 0,105 \text{ Ns/m}^2$$

Jadi viskositas sampel kedua sebesar **11,86 ± 0,10** Ns/m<sup>2</sup>

### 3) Sampel III

$$\text{a. } \bar{T} = \frac{T_n}{n} = \frac{T_1 + T_2 + T_3 + T_4 + T_5}{5} = \frac{507,18 + 507,84 + 502,57 + 502,38 + 499,15}{5} = 503,82 \text{ s}$$

$$\begin{aligned} \overline{\Delta T} &= \sqrt{\frac{\sum_i^N (T_i - \bar{T})^2}{(N - 1)}} \\ \overline{\Delta T} &= \sqrt{\frac{(507,18 - 503,82)^2 + (507,84 - 503,82)^2 + (502,57 - 503,82)^2 + (502,38 - 503,82)^2 + (499,15 - 503,82)^2}{5-1}} \\ \overline{\Delta T} &= \sqrt{\frac{11,3 + 16,1 + 1,5 + 2,1 + 21,8}{4}} = 3,6 \text{ s} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{b. } \eta &= \left( 0,00260T - \frac{1,715}{T} \right) d \\ \eta &= \left( 0,00260 \times 503,82 - \frac{1,715}{503,82} \right) 0,932 \times 9,8 \end{aligned}$$

$$\eta = (1,309932 - 2,3 \times 10^{-3}) \times 9,1336$$

$$\eta = 11,943 \text{ Ns/m}^2$$

$$\begin{aligned} \Delta \eta &= \left| \frac{\left( 0,0026T - \frac{1,715}{T} \right) \rho g}{d\rho} \right| |\Delta \rho| + \left| \frac{\left( 0,0026 - \frac{1,715}{T^2} \right) \rho g}{dT} \right| |\Delta T| \\ \Delta \eta &= \left| \left( 0,0026T - \frac{1,715}{T} \right) g \right| |\Delta \rho| + \left| \left( 0,0026T - \frac{1,715}{T^2} \right) \rho \cdot g \right| |\Delta T| \end{aligned}$$

$$\Delta\eta = \left| \left( 0,0026 \times 503,82 - \frac{1,175}{503,82} \right) 9,8 \right| \times 10^{-5} \\ + \left| \left( 0,0026 - \frac{1,175}{503,82^2} \right) 0,932 \times 9,8 \right| \times 10^{-5}$$

$$\Delta\eta = 8,714 \times 10^{-4} + 0,0853$$

$$\Delta\eta = 0,086 \text{ Ns/m}^2$$

Jadi viskositas sampel ketiga sebesar **11,94 ± 0,08** Ns/m<sup>2</sup>

#### 4) Sampel IV

$$\text{a. } \bar{T} = \frac{T_n}{n} \\ = \frac{T_1 + T_2 + T_3 + T_4 + T_5}{5} = \frac{488,53 + 486,72 + 487,44 + 485,72 + 490,18}{5} = 487,71 \text{ s}$$

$$\overline{\Delta T} = \sqrt{\frac{\sum_i^N (T_i - \bar{T})^2}{(N - 1)}} \\ \overline{\Delta T} = \sqrt{\frac{(488,53 - 487,71)^2 + (486,72 - 487,71)^2 + (487,44 - 487,71)^2 + (485,72 - 487,71)^2 + (490,18 - 487,71)^2}{5-1}} \\ \overline{\Delta T} = \sqrt{\frac{0,67 + 0,98 + 0,07 + 3,96 + 6,1}{4}} = 1,7 \text{ s}$$

$$\text{b. } \eta = \left( 0,00260T - \frac{1,715}{T} \right) d$$

$$\eta = \left( 0,00260 \times 487,71 - \frac{1,715}{487,71} \right) 0,932 \times 9,8$$

$$\eta = (1,268046 - 2,4 \times 10^{-3}) \times 9,1336$$

$$\eta = 11,559 \text{ Ns/m}^2$$

$$\Delta\eta = \left| \frac{(0,0026T - \frac{1,715}{T})\rho g}{d\rho} \right| |\Delta\rho| + \left| \frac{(0,0026 - \frac{1,715}{T})\rho g}{dT} \right| |\Delta T|$$

$$\Delta\eta = \left| \left( 0,0026T - \frac{1,715}{T} \right) g \right| |\Delta\rho| + \left| \left( 0,0026T - \frac{1,715}{T^2} \right) \rho \cdot g \right| |\Delta T|$$

$$\begin{aligned} \Delta\eta &= \left| \left( 0,0026 \times 487,71 - \frac{1,715}{487,71} \right) 9,8 \right| |6,8 \times 10^{-5}| \\ &\quad + \left| \left( 0,0026 - \frac{1,715}{487,71^2} \right) 0,932 \times 9,8 \right| |1,7| \end{aligned}$$

$$\Delta\eta = 8,434 \times 10^{-4} + 0,04$$

$$\Delta\eta = 0,041 \text{ Ns/m}^2$$

Jadi viskositas sampel keempat sebesar **11,55 ± 0,04** Ns/m<sup>2</sup>

### 5) Sampel V

$$\begin{aligned} \text{a. } \bar{T} &= \frac{T_n}{n} \\ &= \frac{T_1 + T_2 + T_3 + T_4 + T_5}{5} = \frac{507,50 + 509,85 + 507,35 + 509,34 + 506,25}{5} = 508,20 \text{ s} \end{aligned}$$

$$\Delta\bar{T} = \sqrt{\frac{\sum_i^N (T_i - \bar{T})^2}{(N - 1)}}$$

$$\Delta\bar{T} = \sqrt{\frac{(507,50 - 508,20)^2 + (509,85 - 508,20)^2 + (507,35 - 508,20)^2 + (509,34 - 508,20)^2 + (506,25 - 508,20)^2}{5-1}}$$

$$\Delta\bar{T} = \sqrt{\frac{0,49 + 2,7 + 0,72 + 1,14 + 3,8}{4}} = 1,4 \text{ s}$$

$$\text{b. } \eta = \left( 0,00260T - \frac{1,715}{T} \right) d$$

$$\eta = \left( 0,00260 \times 508,20 - \frac{1,715}{508,20} \right) 0,932 \times 9,8$$

$$\eta = (1,32132 - 2,3 \times 10^{-3}) \times 9,1336$$

$$\eta = 12,047 \text{ Ns/m}^2$$

$$\Delta\eta = \left| \frac{\left( 0,0026T - \frac{1,715}{T} \right) \rho g}{d\rho} \right| |\Delta\rho| + \left| \frac{\left( 0,0026 - \frac{1,715}{T} \right) \rho g}{dT} \right| |\Delta T|$$

$$\Delta\eta = \left| \left( 0,0026T - \frac{1,715}{T} \right) g \right| |\Delta\rho| + \left| \left( 0,0026T - \frac{1,715}{T^2} \right) \rho \cdot g \right| |\Delta T|$$

$$\begin{aligned} \Delta\eta &= \left| \left( 0,0026 \times 508,20 - \frac{1,715}{508,20} \right) 9,8 \right| |6,8 \times 10^{-5}| \\ &\quad + \left| \left( 0,0026 - \frac{1,715}{508,20^2} \right) 0,932 \times 9,8 \right| |1,4| \end{aligned}$$

$$\Delta\eta = 8,789 \times 10^{-4} + 0,03$$

$$\Delta\eta = 0,03 \text{ Ns/m}^2$$

Jadi viskositas sampel kelima sebesar **12.04 ± 0.03** Ns/m<sup>2</sup>

## 6) Sampel Minyak Kelapa Sawit

$$\begin{aligned} \text{a. } \bar{T} &= \frac{T_n}{n} \\ &= \frac{T_1 + T_2 + T_3 + T_4 + T_5}{5} = \frac{727,89 + 728,54 + 725,71 + 724,43 + 729}{5} = 727,13 \text{ s} \end{aligned}$$

$$\Delta\bar{T} = \sqrt{\frac{\sum_i^N (T_i - \bar{T})^2}{(N - 1)}}$$

$$\overline{\Delta T} = \sqrt{\frac{(727,89-727,13)^2 + (728,54-727,13)^2 + (725,71-727,13)^2 + (724,43-727,13)^2 + (729-727,13)^2}{5-1}}$$

$$\overline{\Delta T} = \sqrt{\frac{0,57+1,98+2,01+7,28+3,4}{4}} = 1,9 \text{ s}$$

$$\text{b. } \rho = \frac{m}{V} = \frac{44,2}{50} = 0,885 \text{ gr/cm}^3$$

$$\text{c. } \Delta\rho = \left| \frac{1}{V} \right| |\Delta m| + \left| -\frac{m}{V^2} \right| |\Delta V|$$

$$\Delta\rho = \left| \frac{1}{50} \right| |0,5| + \left| -\frac{44,2}{50^2} \right| |0,5|$$

$$\Delta\rho = |0,01| + |0,008|$$

$$\Delta\rho = 0,018$$

$$\text{d. } \eta = \left( 0,00260T - \frac{1,715}{T} \right) d$$

$$\eta = \left( 0,00260 \times 727,13 - \frac{1,715}{727,13} \right) 0,855 \times 9,8$$

$$\eta = (1,890538 - 1,6 \times 10^{-3}) \times 8,379$$

$$\eta = 15,827 \text{ Ns/m}^2$$

$$\Delta\eta = \left| \frac{\left( 0,0026T - \frac{1,715}{T} \right) \rho g}{d\rho} \right| |\Delta\rho| + \left| \frac{\left( 0,0026 - \frac{1,715}{T} \right) \rho g}{dT} \right| |\Delta T|$$

$$\Delta\eta = \left| \left( 0,0026T - \frac{1,715}{T} \right) g \right| |\Delta\rho| + \left| \left( 0,0026T - \frac{1,715}{T^2} \right) \rho \cdot g \right| |\Delta T|$$

$$\Delta\eta = \left| \left( 0,0026 \times 727,13 - \frac{1,715}{727,13} \right) 9,8 \right| |0,0018| + \left| \left( 0,0026 - \frac{1,715}{727,13^2} \right) 0,885 \times 9,8 \right| |1,9|$$

$$\Delta\eta = 0,03 + 0,401$$

$$\Delta\eta = 0,4 \text{ Ns/m}^2$$

Jadi viskositas sampel kelima sebesar **15.8 ± 0,4** Ns/m<sup>2</sup>

## 7. Tegangan Permukaan Minyak Goreng

$$\theta_1 = \frac{34^\circ + 35^\circ + 33^\circ + 34^\circ + 33^\circ}{5} = 33,8^\circ$$

$$\theta_2 = \frac{78^\circ + 79^\circ + 79^\circ + 80^\circ + 79^\circ}{5} = 78,8^\circ$$

$$\text{a)} \quad F = m \cdot g \cdot \frac{\theta_1}{\theta_2} = 0,2 \times 9,8 \times \frac{33,8^\circ}{78,8^\circ} = 0,84 \text{ mN}$$

$$\text{b)} \quad \gamma = \frac{F}{\pi(d_1 + d_2)} = \frac{0,84}{3,14 \cdot (1,265 \times 10^{-3} + 1,29 \times 10^{-3})} = 105,16 \text{ mN/m}$$

$$\text{c)} \quad \Delta\gamma = \sqrt{\left[ \frac{mg}{\pi\theta_2(d_1+d_2)} \right]^2 [\Delta\theta_1]^2 + \left[ \frac{mg\theta_1}{\pi\theta_2^2(d_1+d_2)} \right]^2 [\Delta\theta_2]^2 + \left( \frac{mg\theta_1}{\pi\theta_2} \right)^2 (d_1 + d_2)^2 (\Delta d_1^2 + \Delta d_2^2)}$$

$$\Delta\gamma = \sqrt{\left[ \frac{0,2 \times 9,8}{3,14 \times 78,8 \times (1,265 \times 10^{-3} + 1,29 \times 10^{-3})} \right]^2 [0,05]^2 + \left[ \frac{0,2 \times 9,8 \times 33,8}{3,14 \times 74,2^2 \times (1,265 \times 10^{-3} + 1,29 \times 10^{-3})} \right]^2 [0,05]^2 + \left( \frac{0,2 \times 9,8 \times 33,8}{3,14 \times 78,8} \right)^2 \left( (1,265 \times 10^{-3} + 1,29 \times 10^{-3}) \right)^{-4} (10^{-5^2} + 10^{-5^2})}$$

$$\Delta\gamma = \sqrt{(0,024) + (4,45 \times 10^{-3}) + (0,34)} = 0,58 \text{ mN/m}$$

## LAMPIRAN 1. 4 DOKUMENTASI



(Stopwatch)



(Cincin *Du Nouy*)



(Penampang Bejana Dangkal)



(Tensiometer *Du Nouy*)



(Viskometer)



(Gelas Ukur)



**(Gelas Ukur)**



**(Thermometer)**



**(Lux Meter Digital)**



**(Gelas Ukur)**



**(Timbangan Digital)**



**(Jangka Sorong)**



**(Kemiri)**



**(Proses Penimbangan Kemiri)**



**(Kemiri siap diolah menjadi minyak)**



**(Persiapan kemiri untuk dihaluskan)**



**(Proses Penghalusan kemiri)**



**(Proses penyaringan sari kemiri)**



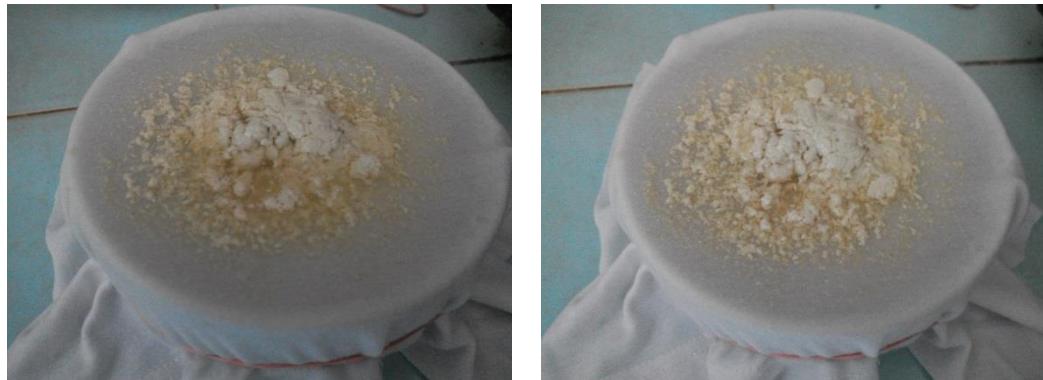
**(Sari dan Ampas kemiri)**



**(Proses Pemasakan)**



**(Minyak mulai terlihat)**



**(Proses Penyaringan Minyak dan Ampas)**



**(Ampas Minyak Kemiri)**



**(Minyak Kemiri Hasil Pengolahan)**



**(Proses Pengukuran Volume)**



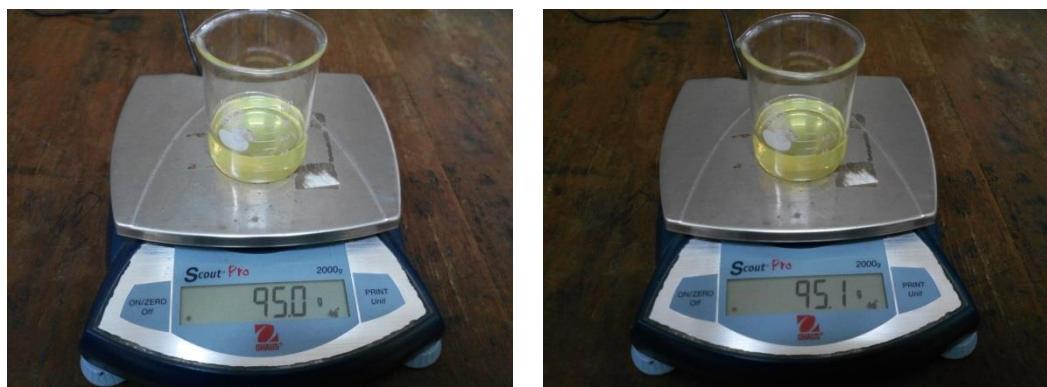
**(Proses Pengukuran Viskositas)**



**(Proses Pengukuran Tegangan Permukaan)**



**(Proses Pengukuran Intensitas Minyak Kemiri)**



**(Proses Pengukuran Massa Jenis)**