

**PENGARUH PENAMBAHAN KONSENTRASI LARUTAN SURFAKTAN
SODIUM LAURYL SULFATE (SLS) TERHADAP TEGANGAN
PERMUKAAN DAN VISKOSITAS OLI MESIN PERTAMINA ENDURO 4
*STROKE***

SKRIPSI

Diajukan Kepada Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Universitas Negeri Yogyakarta

Untuk Memenuhi Sebagian Persyaratan Guna Memperoleh Gelar Sarjana Sains



Oleh:

AWIM DEWANGGA ALVAUZI

NIM. 10306144038

PROGRAM STUDI FISIKA

JURUSAN PENDIDIKAN FISIKA

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM

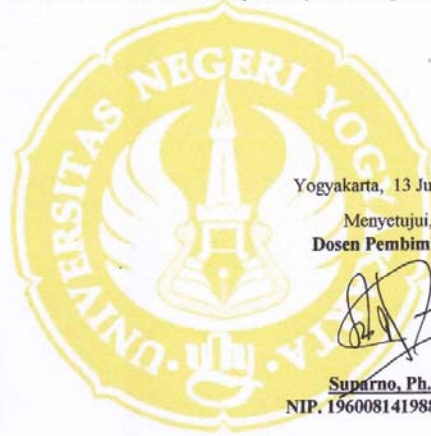
UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA

2017

i

PERSETUJUAN

Skripsi yang berjudul "PENGARUH PENAMBAHAN KONSENTRASI LARUTAN SURFAKTAN *SODIUM LAURYL SULFATE* (SLS) TERHADAP TEGANGAN PERMUKAAN DAN VISKOSITAS OLI MESIN PERTAMINA ENDURO 4 *STROKE*" yang disusun oleh Awim Dewangga Alvauzi, NIM 10306144038 ini telah disetujui oleh pembimbing untuk diujikan.



Yogyakarta, 13 Juli 2017

Menyetujui,
Dosen Pembimbing

Suparno, Ph.D
NIP. 196008141988031003

PENGESAHAN

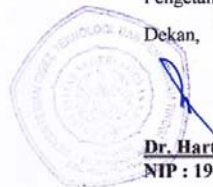
Skripsi yang berjudul "PENGARUH PENAMBAHAN KONSENTRASI LARUTAN SURFAKTAN *SODIUM LAURYL SULFATE* (SLS) TERHADAP TEGANGAN PERMUKAAN DAN VISKOSITAS OLI MESIN PERTAMINA ENDURO 4 *STROKE*" yang disusun oleh Awim Dewangga Alvaazi, NIM 10306144038 ini telah dipertahankan di depan Dewan Penguji pada tanggal 18 Juli 2017 dan dinyatakan lulus.

Nama	Jabatan	Tanda Tangan	Tanggal
<u>Suparno, Ph.D.</u> 196008141988031003	Ketua Penguji		21-07-2017
<u>Denny Darmawan, M.Sc.</u> 197912022003121002	Sekretaris Penguji		20-07-2017
<u>Drs. Sumarna, M.Si., M.Eng.</u> 196103081991011001	Penguji I (Utama)		20-07-2017

Yogyakarta, 14 Juli 2017

Fakultas Matematika dan Ilmu
Pengetahuan Alam

Dekan,



Dr. Hartono

NIP : 19620329 198702 1 002

PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Awim dewangga Alvauzi

NIM : 10306144038

Program Studi : Fisika

Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Judul Skripsi : Pengaruh Penambahan Konsentrasi Larutan Surfaktan *Sodium Lauryl Sulfate (SLS)* Terhadap Tegangan Permukaan dan Viskositas Oli Mesin Pertamina Enduro 4 *Stroke*.

Menyatakan bahwa karya ilmiah ini adalah hasil karya saya sendiri dan sepanjang pengetahuan saya tidak berisi materi yang telah dipublikasikan atau telah ditulis oleh orang lain atau telah digunakan sebagai persyaratan menyelesaikan studi di Perguruan Tinggi lain, kecuali pada bagian-bagian tertentu yang saya ambil sebagai acuan atau kutipan dengan mengikuti tata penulisan karya ilmiah yang lazim.

Apabila terbukti pernyataan ini tidak benar, segala konsekuensi sepenuhnya menjadi tanggung jawab saya pribadi.

Yogyakarta, 13 Juli 2017

Yang menyatakan,

Awim Dewangga Alvauzi
NIM. 10306144038

MOTTO & PERSEMBAHAN

❖ MOTTO :

“Berhentilah menunggu, dan lakukan sendiri. Karena tidak ada yang akan melakukan untuk kesuksesan orang lain”

“Tidak ada takdir, kecuali apa yang kita perbuat” (Sarah Connor)

❖ Karya ini ku persembahkan untuk :

1. Ayah, dan Ibuku tercinta. Terima kasih atas doa – doamu dan jerih payahmu untuk anak – anakmu. Bentuk terima kasihku tidak akan berhenti sampai disini.
2. Keluargaku. Kalian benar-benar keluarga.
3. *“Masa depanku”*
4. Sahabat, kekasih, dan kawan kawanku. Thanks for all you’ve given.
5. Fisika E 2010. Thank you all. There’s a lot going on.

**PENGARUH PENAMBAHAN KONSENTRASI LARUTAN SURFAKTAN
SODIUM LAURYL SULFATE (SLS) TERHADAP TEGANGAN
PERMUKAAN DAN VISKOSITAS OLI MESIN PERTAMINA ENDURO 4
STROKE**

**Oleh:
Awim Dewangga Alvauzi
10306144038**

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan konsentrasi surfaktan terhadap tegangan permukaan dan viskositas oli mesin Pertamina Enduro 4 *stroke* SAE 20W-50.

Surfaktan yang digunakan yaitu SLS (*Sodium Lauryl Sulfate*) dengan molaritas 0,5 M, 0,75 M, dan 1 M. Setiap molaritas surfaktan dimasukkan ke dalam oli dengan variasi konsentrasi berupa persen volume surfaktan dalam larutan yaitu 2%, 4%, 6%, 8%, 10%, 15%, 20%, 25%, dan 30%. Metode yang digunakan untuk menentukan tegangan permukaan larutan adalah metode Cincin *Du Nouy* dan dalam menentukan viskositas larutan menggunakan Viskometer Redwood

Hasil penelitian oli mesin Enduro 4 *Stroke* murni pada 27°C memiliki nilai tegangan permukaan $(11,8 \pm 0,0) 10^{-3}$ N/m dan nilai viskositas $(6528,65 \pm 270,11)$ Poise. Pengaruh penambahan konsentrasi surfaktan ke dalam oli akan cenderung menurunkan nilai tegangan permukaan oli. Kenaikan nilai tegangan permukaan tertinggi, teruji pada molaritas surfaktan 1 M dengan konsentrasi 2%V yaitu $(12,3 \pm 0,2) 10^{-3}$ N/m. Sedangkan pengaruh penambahan konsentrasi surfaktan ke dalam oli, akan cenderung menurunkan nilai viskositas oli. Kenaikan nilai viskositas tertinggi, teruji pada penambahan molaritas surfaktan 0,75 M dengan konsentrasi 10% V yaitu $(10643,97 \pm 360,29)$ Poise.

Kata kunci : Oli Mesin Enduro 4 *Stroke*, Surfaktan, Tegangan Permukaan, Viskositas.

THE EFFECT OF ADDING CONCENTRATION SURFACTANT *SODIUM LAURYL SULFATE* (SLS) ON THE SURFACE TENSION AND VISCOSITY OF PERTAMINA ENDURO 4 STROKE ENGINE OIL

By:

Awim Dewangga Alvauzi

10306144038

ABSTRACT

This study aims to determine the effect of adding a surfactant concentration to the surface tension and viscosity of the Pertamina Enduro 4 Stroke engine oil SAE 20W-50.

The surfactant used was SLS (Sodium Lauryl Sulfate) with molarity of 0.5 M, 0.75 M, and 1 M. Each surfactant molarity was introduced into the oil with concentration variation in the percent volume of surfactant in solution, this concentration used was 2%, 4%, 6 %, 8%, 10%, 15%, 20%, 25%, and 30%. The method used to determine the surface tension of the solution is the Du Nouy Ring method and in determining the viscosity of the solution is using the Redwood Viskometer.

The results of the experiment of enduro 4 stroke engine oil at 27°C have surface tension value $(11,8 \pm 0,0) 10^{-3}$ N/m and viscosity value is $(6528,65 \pm 270,11)$ Poise. The effect of adding surfactant concentration to the oil will tend to decrease the oil surface tension value. The highest increase in surface tension value, tested on molarity of surfactant 1 M with concentration 2% V $(12,3 \pm 0,2) 10^{-3}$ N/m. While the effect of adding the concentration of surfactant into the oil, will tend to decrease the oil viscosity value. The highest increase of viscosity value, tested on the addition of surfactant molarity of 0.75 M with a concentration of 10% V $(10643,97 \pm 360,29)$ Poise.

Keywords: Enduro 4 Stroke Engine Oil, surfactant, Surface Tension, Viscosity.

KATA PENGANTAR

Segala puji hanya bagi Allah SWT, Rabb Semesta Alam yang senantiasa melimpahkan hidayah dan taufiq-Nya kepada penulis, sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir skripsi dengan judul **“Pengaruh Penambahan Konsetrasi Surfaktan *Soudium Lauryl Sulfate (SLS)* Terhadap Tegangan Permukaan dan Viskositas Oli Mesin Pertamina Enduro 4 Stroke”** .

Penyusunan skripsi ini diajukan sebagai salah satu syarat menyelesaikan studi untuk memperoleh gelar Sarjana Strata Satu (S-1) pada program studi Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Yogyakarta. Penyelesaian penulisan skripsi ini tidak terlepas dari pihak-pihak yang telah membantu, memotivasi dan membimbing penulis. Oleh karena itu penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Dr. Hartono selaku Dekan FMIPA UNY beserta seluruh staf jajarannya atas segala fasilitas dan telah berkenan memberikan kemudahan dan kelancaran khususnya dalam pengesahan berkas administrasi.
2. Bapak Yusman Wiyatmo, M.Si. selaku Ketua Jurusan Pendidikan Fisika FMIPA Universitas Negeri Yogyakarta, yang telah berkenan memberikan kemudahan dan kelancaran dalam pengesahan berkas – berkas administrasi.
3. Bapak Nur Kadarisman, M.Si. selaku Ketua Program Studi Fisika Universitas Negeri Yogyakarta, yang telah berkenan memberikan kemudahan dan kelancaran khususnya dalam proses penentuan jadwal persidangan dan berkas administrasi yang lain.
4. Bapak Suparno, Ph.D. selaku dosen pembimbing skripsi yang telah memberikan izin penelitian, atas bimbingan dan arahnya, dan terima kasih atas persetujuannya untuk menjalani proses persidangan tugas akhir.
5. Bapak Bambang Ruwanto M.Si. selaku Penasehat Akademik, yang selalu memberikan motivasi dan arahan selama ini.
6. Dosen-dosen Jurusan Pendidikan Fisika, FMIPA UNY yang telah berbagi ilmu pengetahuan.

7. Ibu tercinta, terimakasih atas doa – doamu.
8. Sahabat, kawan, dan rekan yang terlibat, yang telah banyak membantu.

Penulis menyadari bahwa masih banyak kekurangan dalam menyelesaikan penelitian dan penyusunan skripsi ini. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun sangat penulis harapkan.

Akhirnya semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi pihak-pihak yang peduli terhadap kemajuan ilmu pengetahuan dan dunia pendidikan terutama fisika serta bagi rekan mahasiswa pada khususnya. Aamiin.

Yogyakarta, Juli 2017

Awim Dewangga Alvauzi
NIM. 10306144038

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERSETUJUAN	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
HALAMAN PERNYATAAN	iv
MOTTO & PERSEMBAHAN.....	v
ABSTRAK	vi
ABSTRACT	vii
KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR ISI	x
BAB I PENDAHULUAN	
A. Latar Belakang	1
B. Identifikasi Masalah	4
C. Batasan Masalah	4
D. Rumusan Masalah	5
E. Tujuan Penelitian	5
F. Manfaat Penelitian	6
BAB II KAJIAN PUSTAKA	
A. Kajian Teori	7
1. Minyak Bumi	7
a. Senyawa Kimia Penyusun Minyak Bumi	8
2. Oli Mesin	8
a. Pelumas	9
b. Kriteria Pelumas Yang Baik	10
c. <i>Lube Base Oil</i>	11
1) Komposisi <i>Lube base Oil</i>	11
d. Kode SAE pada Oli Mesin	13

3. Tegangan Permukaan	14
a. Mengukur Tegangan Permukaan.....	15
4. Viskositas	16
a. Metode Penentuan Viskositas menggunakan Viskositas Ostwald	17
b. Metode Penentuan Viskositas menggunakan Viskositas Redwood...	18
c. Faktor – faktor yang mempengaruhi Viskositas.....	19
5. Surfaktan	20
a. Jenis-Jenis Surfaktan Berdasarkan Jenis Pelarut.....	22
b. Macam – macam Surfaktan Berdasarkan Hidrofilik.....	22
c. Karakteristik Surfaktan.....	24
6. <i>Soduim Lauryl Sulfate (SLS)</i>	25
7. Kerangka Berpikir	26

BAB III METODE PENELITIAN

A. Waktu dan Tempat Penelitian	28
1. Waktu Penelitian	28
2. Tempat Penelitian	28
B. Alat dan Bahan Penelitian	28
1. Alat yang Digunakan dalam Penelitian	28
a. Alat pembuatan sampel	28
b. Alat untuk mengukur Tegangan Permukaan.....	28
c. Alat untuk mengukur Viskositas	29
2. Bahan yang Dibutuhkan dalam Penelitian	29
C. Variabel Penelitian	29
1. Variabel Bebas	29
2. Variabel Terikat	30
3. Variabel Kontrol	30
D. Desain Penelitian	31
1. Desain Penelitian Tegangan Permukaan	31
2. Desain Penelitian Viskositas	32
E. Teknik Pengambilan Data	33

1. Pengambilan Data Sampel	33
2. Pengukuran Tegangan Permukaan dan Viskositas Oli Enduro	
4 stroke	36
a. Tahap Persiapan.....	36
b. Tahap Pengukuran Langsung	37
1) Pengukuran Tegangan Permukaan	37
2) Pengukuran Viskositas	38
F. Teknik Analisa Data	39
1. Analisis Data Tegangan Permukaan	39
2. Analisis Data Viskositas Larutan	40
G. Diagram alir Penelitian	42

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Penelitian	43
1. Tegangan Permukaan Oli Pertamina Enduro 4 <i>Stroke</i>	43
a. Data Simpangan θ_1 dan θ_2	43
b. Hasil Tegangan Permukaan Larutan Oli Pertamina	
Enduro 4 <i>stroke</i>	44
1) Tegangan Permukaan Oli murni endure 4 <i>stroke</i>	44
2) Tegangan Permukaan (Oli + SLS 0,5M).....	44
3) Tegangan Permukaan (Oli + SLS 0,75M).....	45
4) Tegangan Permukaan (Oli + SLS 1M).....	46
2. Viskositas Larutan Oli Pertamina Enduro 4 <i>Stroke</i>	47
a. Waktu Alir Larutan.....	47
b. Hasil Viskositas Larutan Oli Pertamina Enduro 4 <i>Stroke</i>	48
1) Viskositas Oli Pertamina Enduro 4 <i>stroke</i>	48
2) Viskositas Larutan (Oli + SLS 0,5M)	48
3) Viskositas Larutan (Oli + SLS 0,75M)	49
4) Viskositas Larutan (Oli + SLS 1M)	50
B. Pembahasan	51

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan	63
B. Saran	64
DAFTAR PUSTAKA	65
LAMPIRAN I	67
LAMPIRAN II	70

DAFTAR GAMBAR

Gambar

1. Terjadinya Tegangan Muka	14
2. Cincin <i>Du Nuoy</i> Tepat Lepas dari Permukaan Zat Cair	15
3. Penentuan Koefisien Viskositas Fluida.....	17
4. Molekul Surfaktan pada Permukaan Zat Cair	21
5. Seperangkat Tensiometer <i>Du Nuoy</i>	31
6. Desain Alat Viskometer Redwood.....	33
7. Diagram Alir Penelitian	42
8. Tegangan Permukaan Larutan Oli + SLS 0,5 M.....	51
9. Tegangan Permukaan Larutan Oli + SLS 0,75 M.....	53
10. Tegangan Permukaan Larutan Oli + SLS 1 M.....	54
11. Perbandingan Nilai Tegangan Permukaan 0,5M, 0,75M, dan 1M.....	56
12. Viskositas Larutan Oli + SLS 0,5M.....	58
13. Viskositas Larutan Oli + SLS 0,75M.....	59
14. Viskositas Larutan Oli + SLS 1M.....	60
15. Perbandingan Nilai Viskositas 0,43M, 0,65M, dan 0,87M.....	61

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang Masalah

Di era moderen ini banyak hal yang telah mengalami perkembangan secara pesat. Kemajuan sumber daya manusia telah berhasil menciptakan inovasi-inovasi canggih guna mempermudah segala bentuk aktivitas manusia. Alat transportasi misalnya, adalah salah satu karya terbaik manusia. Tidak hanya daratan, bahkan alat transportasi di udara dan laut kini telah berhasil diciptakan, mulai dari alat yang sederhana hingga alat transportasi yang lebih moderen dan canggih. Alat transportasi telah menjadi kebutuhan pokok bagi masyarakat di kehidupan yang serba instan ini. Segala macam aspek kehidupan baik sosial maupun ekonomi tidak bisa lepas dari kebutuhan akan alat transportasi.

Alat transportasi darat seperti kendaraan roda dua menjadi pilihan utama untuk semua kalangan. Hal ini dikarenakan kendaraan roda dua bisa lebih mudah, murah dan pastinya lebih menyingkat waktu ditengah padatnya lalu lintas. Dapat dilihat angka pertumbuhan kendaraan bermotor dari tahun 2000 hingga tahun 2013 tercatat sepeda motor adalah kendaraan dengan angka pertumbuhan terbanyak di setiap tahun dan selalu meningkat dari tahun ke tahun.

Tabel 1. Pertumbuhan Kendaraan Bermotor

Tahun	mobil penumpang	bus	truk	sepeda motor	Jumlah
2000	3 038 913	666 280	1 707 134	13 563 017	18 975 344
2001	3 189 319	680 550	1 777 293	15 275 073	20 922 235
2002	3 403 433	714 222	1 865 398	17 002 130	22 985 183
2003	3 792 510	798 079	2 047 022	19 976 376	26 613 987
2004	4 231 901	933 251	2 315 781	23 061 021	30 541 954
2005	5 076 230	1 110 255	2 875 116	28 531 831	37 623 432
2006	6 035 291	1 350 047	3 398 956	32 528 758	43 313 052
2007	6 877 229	1 736 087	4 234 236	41 955 128	54 802 680
2008	7 489 852	2 059 187	4 452 343	47 683 681	61 685 063
2009	7 910 407	2 160 973	4 498 171	52 767 093	67 336 644
2010	8 891 041	2 250 109	4 687 789	61 078 188	76 907 127
2011	9 548 866	2 254 406	4 958 738	68 839 341	85 601 351
2012	10 432 259	2 273 821	5 286 061	76 381 183	94 373 324
2013	11 484 514	2 286 309	5 615 494	84 732 652	104 118 969

(<http://www.bps.go.id/linkTabelStatis/view/id/1413>)

Untuk kendaraan bermotor khususnya sepeda motor perlu diperhatikan dalam memilih jenis bahan bakar yang sesuai dengan jenis mesin guna menghasilkan performa terbaik. Semakin tinggi nilai oktan semakin baik proses pembakarannya, maka semakin maksimal pula kinerja motor.

Selain bensin ada hal lain yang tidak kalah penting guna menunjang kinerja motor, yaitu oli. Oli berfungsi sebagai pelumas untuk meminimalisir gesekan yang terjadi pada komponen mesin, khususnya piston. Lebih dari itu oli juga berfungsi untuk mencegah korosi, membersihkan mesin pada sisa pembakaran, dan mendinginkan mesin. Oli yang baik yaitu yang bisa melapisi seluruh komponen yang mengalami gesekan. Faktor kekentalan atau viskositas

dan bahan dasar memegang peranan penting dalam pembuatan oli. Terlalu kental oli akan menempel kuat sehingga komponen menjadi lebih berat ketika sedang beroperasi, dalam arti membutuhkan tenaga lebih untuk mengoperasikannya. Sedangkan terlalu encer juga berakibat oli tidak melapisi seluruh komponen. Sehingga diperlukan kekentalan yang pas.

Pelumas memiliki *grade* yang diatur oleh SAE (*Society of Automotive Engineers*) sebagai standarisasi. Berbeda nilai SAE berbeda pula kekentalannya. Bila pada kemasan pelumas tersebut tertera angka SAE 5W-30 berarti 5W (*Winter*) menunjukkan pada suhu dingin pelumas bekerja pada kekentalan 5 dan pada suhu terpanas akan bekerja pada kekentalan 30 (Stefan Rahardjo, 2012).

Semakin lama jangka waktu pemakaian oli mesin dapat menyebabkan nilai tegangan permukaan dan viskositasnya menurun, sehingga akan meningkatkan gaya gesek antar komponen mesin. Hal itu dapat menurunkan performa mesin. Berdasarkan fakta yang ada, terlambat dalam mengganti oli mesin dapat berakibat kendaraan 4 *stroke* menjadi berasap, suara mesin terdengar kasar dan kinerja mesin menjadi tidak maksimal.

Pada umumnya penambahan surfaktan SLS kedalam larutan berbasis air akan menurunkan tegangan permukaannya, tetapi dalam pelarut minyak penambahan surfaktan ini diharapkan mampu mengembalikan tegangan permukaannya.

B. Identifikasi Masalah

Berdasarkan uraian yang dikemukakan pada latar belakang, dapat diidentifikasi beberapa masalah sebagai berikut.

Pemakaian oli mesin dalam jangka waktu yang lama, akan menurunkan tegangan permukaannya. Semakin rendah tegangan permukaan maka akan meningkatkan gesekan antar komponen mesin, karena oli tidak seluruhnya menempel pada mesin. Apabila gesekan antar komponen mesin menjadi semakin besar maka akan menyebabkan komponen-komponen mesin menjadi aus dan panas. Akibatnya performa mesin akan menurun, mesin akan terasa lebih kasar, dan jika dibiarkan terlalu lama akan mengakibatkan kerusakan pada komponen mesin.

Penambahan surfaktan SLS ke dalam larutan berbasis air akan menurunkan tegangan permukaannya, tetapi dalam larutan minyak penambahan surfaktan ini diharapkan mampu mengembalikan tegangan permukaannya.

C. Batasan Masalah

Batasan-batasan masalah dalam melakukan penelitian ini antara lain sebagai berikut.

1. Oli mesin yang digunakan dalam penelitian adalah Oli Pertamina Enduro 4 *stroke* SAE 20W-50 jarak tempuh 0 km.
2. Surfaktan yang digunakan adalah *Sodium Lauryl Sulfate* (SLS).

3. Konsentrasi dalam penelitian ini adalah %V (persen volume), yaitu volume surfaktan per satuan volume larutan. Sedangkan Molaritas Surfaktan menyatakan jumlah mol per satuan liter larutan.
4. Penelitian dilakukan pada suhu ruang 27°C.

D. Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian pada identifikasi masalah dan batasan masalah tersebut, maka dapat dirumuskan masalah sebagai berikut.

1. Bagaimana pengaruh molaritas larutan surfaktan SLS terhadap tegangan permukaan oli Pertamina Enduro 4 *stroke*?
2. Bagaimana pengaruh persen volume larutan surfaktan SLS terhadap tegangan permukaan oli Pertamina Enduro 4 *stroke*?
3. Bagaimana pengaruh molaritas larutan surfaktan SLS terhadap viskositas oli Pertamina Enduro 4 *Stroke*?
4. Bagaimana pengaruh persen volume larutan surfaktan SLS terhadap viskositas oli Pertamina Enduro 4 *Stroke*?

E. Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang ada, penelitian ini mempunyai tujuan sebagai berikut.

1. Mengetahui pengaruh molaritas larutan surfaktan SLS terhadap tegangan permukaan oli Pertamina Enduro 4 *stroke*.
2. Mengetahui pengaruh persen volume larutan surfaktan SLS terhadap tegangan permukaan oli Pertamina Enduro 4 *stroke*.
3. Mengetahui pengaruh molaritas larutan surfaktan SLS terhadap viskositas oli Pertamina Enduro 4 *Stroke*.
4. Mengetahui pengaruh persen volume larutan surfaktan SLS terhadap viskositas oli Pertamina Enduro 4 *Stroke*.

F. Manfaat Penelitian

Dari penelitian ini diharapkan akan bermanfaat untuk:

1. Memberikan informasi tentang pengaruh tingkat konsentrasi surfaktan SLS terhadap tegangan permukaan dan viskositas oli Pertamina Enduro 4 *stroke*.
2. Memberikan informasi konsentrasi surfaktan SLS yang sesuai untuk meningkatkan tegangan permukaan dan viskositas oli Pertamina Enduro 4 *stroke*.
3. Memberikan wawasan dan referensi kepada peneliti lain yang mencoba mengembangkan penelitian di bidang oli mesin.

BAB II

KAJIAN PUSTAKA

A. Kajian Teori

1. Minyak bumi

Menurut Teori Pembentukan Minyak Bumi, khususnya Teori Binatang Engler dan teori Tumbuh – tumbuhan (Hofer, 1996), senyawa – senyawa penyusun minyak bumi merupakan hasil alamiah proses dekomposisi tumbuhan selama berjuta – juta tahun. Oleh karena itu, minyak bumi dikenal juga sebagai bahan bakar fosil, selain batubara dan gas alam.

Semua bahan bakar fosil dihasilkan oleh senyawa karbohidrat dengan rumus kimia $(CH_2O)_n$ yang memfosil. Karbohidrat tersebut dihasilkan oleh tumbuhan dengan mengubah energy matahari menjadi energy kimia melalui proses fotosintesis. Kebanyakan bahan bakar fosil diproduksi kira – kira 325 juta tahun yang lalu, yaitu pada abad Carboniferous dalam era Paleozoic bumi. Setelah tumbuhan mati, maka karbohidrat dapat berubah menjadi senyawa hidrokarbon dengan rumus senyawa $C_x H_y$ akibat tekanan dan temperatur yang tinggi serta tidak tersedianya oksigen (anaerob).

Hal yang sama dikemukakan pula oleh Chator dan Somerville (1978) yang menjelaskan bahwa minyak bumi merupakan salah satu produk minyak mentah alami yang dihasilkan dari konversi biomasa pada temperatur dan tekanan yang tinggi (Nugroho, 2006:5).

a. Senyawa Kimia Penyusun Minyak Bumi

Persentase komposisi utama minyak mentah adalah 80-89% karbon, 12-14% hidrogen, 2-3% oksigen, 0-3% sulfur, dan 0,3-1% nitrogen. Didalam minyak bumi, komponen hidrokarbon relatif lebih besar daripada komponen senyawa non-hidrokarbon. Kadar dari komponen senyawa non-hidrokarbon di dalam minyak bumi secara umum hanya beberapa persen. Walaupun demikian keberadaannya tidak dapat diabaikan karena sebagian besar dari senyawa – senyawa ini bersifat toksik bagi mikroba dan relatif larut ke dalam air. . Komponen non-hidrokarbon dapat berupa unsur – unsur logam atau yang sifatnya menyerupai logam, serta komponen organik lainnya yang bukan hidrokarbon, seperti belerang 10%, nitrogen 0,9%, dan oksigen 2%. Sedangkan komponen logam dalam minyak bumi berkisar antara 0,03 hingga lebih dari 300 mg/l, namun yang paling dominan adalah nikel dan vanadium (Nugroho, 2006:8).

2. Oli Mesin

Oli adalah pelumas untuk mencegah karat dan mengurangi gesekan karena viskositasnya cukup besar. Oli dihasilkan dari distilasi minyak bumi pada suhu antara 350-500°C (Busrah, 2011). Hal itu dikarenakan oli tidak dapat menguap di antara suhu tersebut.

a. Pelumas

Pelumas terdiri dari dua komponen utama, yaitu *lube base oil* dan zat *aditif*. *Lube base oil* merupakan komponen pokok dalam pelumas. Hal ini dikarenakan *lube base oil* inilah yang sebenarnya memiliki segala kemampuan dasar yang dibutuhkan dalam pelumasan. Tanpa tambahan *aditif* pun, *lube base oil* cukup mampu untuk menjalankan tugas pelumasan. Zat *aditif* merupakan zat tambahan yang berfungsi untuk meningkatkan performa pelumasan dari *lube base oil*.

Pelumas mempunyai pengaruh besar terhadap efisiensi kerja mesin. Untuk dapat menentukan jenis pelumas yang tepat digunakan pada suatu sistem mesin perlu diketahui beberapa parameter mesin, antara lain: kondisi kerja, suhu, dan tekanan di daerah yang memerlukan pelumasan. Daerah yang bersuhu rendah tentu akan menggunakan pelumas yang berbeda dengan daerah yang bersuhu tinggi, demikian pula dengan daerah yang berkondisi kerja berat akan menggunakan pelumas yang berbeda pula dengan daerah yang berkondisi kerja ringan (Anton, 1985).

Menurut Heverly (2012), pelumas memiliki fungsi antara lain mengurangi gesekan, menurunkan suhu, mengurangi korosi, dan membersihkan kotoran.

b. Kriteria Pelumas Yang Baik

Pelumas yang bagus harus memiliki sifat-sifat sebagai berikut agar dapat menjalankan fungsinya dengan baik.

1). Volatilitas rendah

Volatilitas adalah sifat kemudahan menguap. Pelumas harus memiliki volatilitas rendah agar penguapan pelumas saat pemakaian dapat dihindari.

2). Stabil terhadap panas dan oksidasi

Senyawa-senyawa hidrokarbon penyusun pelumas diharapkan tidak berubah terhadap perubahan suhu, tekanan, kontaminan, oksidasi maupun reaksi dengan logam. Senyawa yang stabil ini berarti akan mencegah keausan berlebih, tidak membentuk lumpur endapan, dan memberi selang waktu yang lama dalam pengantiannya.

3). Viskositas kinematik tinggi

Viskositas kinematik merupakan hasil bagi antara viskositas dinamik dengan massa jenis zat. Viskositas dinamik merupakan hasil bagi antara tegangan geser dengan kecepatan geser. Perubahan suhu maupun tekanan akan berpengaruh terhadap ikatan molekul yang mengakibatkan perubahan viskositasnya. Untuk pelumas diperlukan viskositas kinematik yang tinggi agar pelumas tetap dapat membentuk lapisan tipis pada bagian mesin yang dilumasi pada kondisi kerja yang berat.

4). Titik tuang (*pour point*) rendah

Pour point yang rendah memungkinkan pelumas akan tetap bekerja dalam kondisi lingkungan yang dingin khususnya saat mesin hendak dihidupkan

c. *Lube Base Oil*

Lube base oil merupakan fraksi berat dari minyak bumi yang memiliki titik didih tinggi ($> 400^{\circ}\text{C}$, $> 750^{\circ}\text{F}$) sesuai dengan viskositasnya yang tinggi. *Lube base oil* merupakan hasil pengolahan lebih lanjut dari *long residue* dengan bahan dasar *crude oil* yang memiliki kandungan *sulfur* tinggi (Speight, 1998: 800).

1). Komposisi *Lube Base Oil*

Komponen penyusun *lube base oil* terdiri dari fraksi dengan kelompok sebagai berikut.

- a) *Parafinik*, terdiri dari normal *parafin* dan *iso parafin*.
- b) *Naphtenik* atau *cycloparafin*.
- c) *Aromatik* meliputi *mono*, *di*, serta *polyaromatic*.

Adapun pengaruh dari masing-masing komponen terhadap karakteristik utama *lube base oil* di atas adalah sebagai berikut.

Tabel 2. Pengaruh Komponen *Lube Base Oil* terhadap Karakteristiknya

Komponen	Parameter				
	Viskositas	Indeks Viskositas	<i>Oxidation Stability</i>	<i>Pour Point</i>	<i>Solvency</i>
Normal <i>parafin</i>	Rendah	Tinggi	Baik	Tinggi	Rendah
<i>Iso parafin</i>	Rendah	Tinggi	Baik	Medium	Rendah
<i>Cyclo parafin</i>	Medium	Medium	Medium	Rendah	Baik
<i>Aromatic</i>	Tinggi	Rendah	Rendah	Rendah	Baik

Adapun secara umum komposisi ideal yang diharapkan dalam fraksi produk *lube base oil* adalah sebagai berikut.

- a) Komponen normal *parafin* perlu dihilangkan disebabkan sifat komponen ini menimbulkan tingginya parameter *pour point* (suhu terendah dimana cairan masih dapat mengalir) produk *lube base oil*.
- b) Komponen *iso parafin* tetap dipertahankan mengingat sifat komponen ini yang sesuai dengan karakteristik produk *lube base oil*.
- c) Komponen *cyclo parafin* sebagian besar dipertahankan disebabkan komponen ini memiliki sifat *solvency* yang baik.
- d) Komponen *aromatic* sebagian perlu tetap dipertahankan. Sejumlah komponen *monoaromatic* dan sebagian kecil komponen *polyaromatic* perlu tetap dipertahankan untuk menjaga sifat *solvency* produk *lube base oil*.

- e) Komponen *heterocompound* yaitu komponen hidrokarbon yang mengikat gugus lain dalam hal ini komponen nitrogen dan *sulfur*. Komponen nitrogen perlu dihilangkan karena dapat mengakibatkan pembentukan *sludge* dan komponen bersifat asam hasil *degradasi* pada saat temperatur tinggi dan menurunkan *oxidation stability*. Komponen *sulphur* dalam batasan tertentu perlu dipertahankan mengingat komponen *sulphur* dapat mencegah proses oksidasi.

d. Kode SAE pada oli mesin

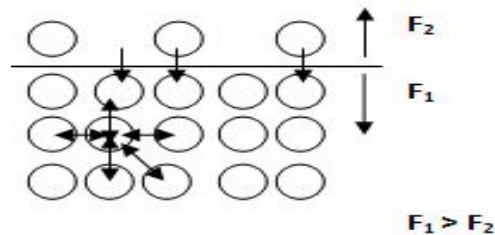
Kekentalan merupakan sifat karakteristik fisik oli mesin yang sangat penting. Dalam istilah oli mesin kekentalan biasa dikenal sebagai viskositas. SAE (*Society of Automotive Engineer*) adalah lembaga standarisasi seperti ISO, DIN atau JIS, yang mengkhususkan diri di bidang otomotif. Untuk oli pelumas otomotif dikenal dengan *lube oil grade*, yang kemudian oleh SAE di uji pada temperatur tertentu sehingga dikenal oli *multi grade* 10W40, 20W50 serta oli *mono grade* seperti SAE 20, 40 dan sebagainya.

Berbeda nilai SAE berbeda pula kekentalannya. Bila pada kemasan pelumas tersebut tertera angka SAE 5W-30 berarti 5W (*Winter*) menunjukkan pada suhu dingin pelumas bekerja pada kekentalan 5 dan pada suhu terpanas akan bekerja pada kekentalan 30 (Stefan Rahardjo, 2012).

3. Tegangan permukaan

Tegangan permukaan adalah 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 lebih kecil daripada 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 (Sukardjo, 1985:100).



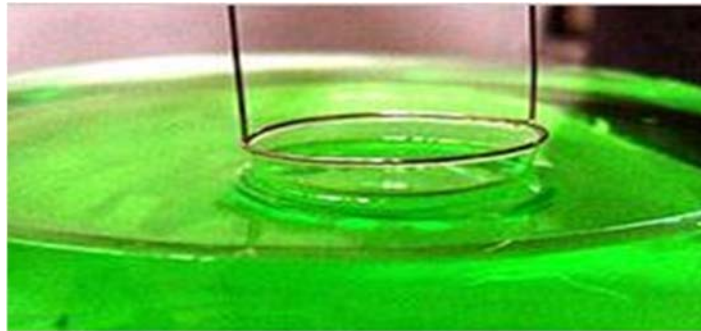
Gambar 1. Terjadinya tegangan muka

Permukaan cairan berperilaku seperti lapisan yang memiliki tegangan. Molekul-molekul cairan memberikan gaya tarik satu dengan yang lainnya. Terdapat gaya total yang besarnya nol pada molekul di dalam volume cairan. Tetapi molekul permukaan ditarik ke dalam volume. Sehingga cairan cenderung memperkecil luas permukaannya, hanya dengan memegang lapisan. Molekul cairan yang terletak di permukaan ditarik oleh molekul cairan yang berada di samping dan bawahnya. Akibatnya, pada permukaan cairan terdapat gaya total yang berarah ke bawah. Karena adanya gaya total yang arahnya ke bawah, maka cairan yang terletak di permukaan cenderung memperkecil luas permukaannya dengan menyusut sekuat mungkin. Hal ini yang menyebabkan lapisan cairan pada permukaan seolah-olah tertutup oleh selaput elastis yang tipis. Fenomena

yang ini dikenal dengan istilah tegangan permukaan (Grinting, M. Hendra S. dan Netti Herlina. 2002).

a. Mengukur Tegangan Permukaan

Pada prinsipnya pengukuran tegangan permukaan ialah dengan mengukur gaya yang diperlukan untuk memperluas permukaan film cairan. Namun cara itu sulit dilakukan dan hasilnya tidak memuaskan. Menggunakan pipa kapiler juga hal memungkinkan akan tetapi terdapat kesulitan cara mengukur jari – jari kapiler secara tepat. Maka di cari cara yang lebih praktis yaitu dengan menggunakan cincin du Nouy.



Gambar 2. Cincin Du Nouy tepat lepas dari permukaan zat cair

Mula – mula dilakukan percobaan blanko untuk mengetahui berapa besar puntiran yang diperlukan untuk mengangkat cincin sampai pada ketinggian tertentu. Sebelum dilakukan pengukuran, piringan dibuat datar lebih dahulu, kemudian zat cair yang akan diukur dituangkan ke piringan yang di dalamnya

sudah terdapat cincin. Cincin di angkat dengan gaya puntiran sampai cincin itu lepas dari cairan, kemudian dihitung berapa besar gaya puntiran. Besar gaya ini sama dengan $2(2 \pi R) \gamma$, dengan F = gaya puntiran, R = jari – jari cincin, dan γ = besar gaya per satuan panjang (tegangan permukaan). Dikalikan 2 sebab cincin itu ditarik oleh tegangan permukaan di bagian dalam dan luar. Tebal cincin untuk bagian yang kasar dapat diabaikan, namun untuk perhitungan yang lebih teliti perlu adanya faktor koreksi. Sehingga besar gaya tersebut sama dengan $2(2 \pi R) \gamma f$, dimana f adalah faktor koreksi yang merupakan fungsi jari – jari bagian dalam dan luar cincin, dan biasanya nilai f sudah terdapat di dalam literatur (Wiryoatmojo, 1988:60).

4. Viskositas

Viskositas adalah gesekan internal fluida. Gaya viskos melawan gerakan sebagian fluida relatif terhadap yang lain. Fluida viskos cenderung melekat pada permukaan padat yang bersentuhan dengannya. Fluida yang mengalir dengan mudah seperti air, memiliki viskositas yang lebih rendah daripada cairan kental seperti oli. Viskositas seluruh fluida sangat bergantung pada suhu (Young, 2001: 443).

Dalam fluida, semakin kental fluida tersebut, maka semakin besar gaya yang dibutuhkan untuk menggerakkan benda di dalamnya. Konstanta pembanding untuk persamaan ini didefinisikan sebagai koefisien viskositas seperti pada Persamaan 1. berikut .

$$\eta = \frac{F l}{v A} \quad (1)$$

keterangan:

η = koefisien viskositas

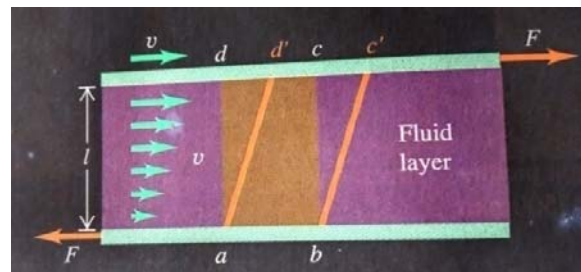
F = gaya untuk menggerakkan benda

l = jarak perpindahan

A = luas penampang benda

v = Laju perpindahan

Koefisien viskositas semua fluida dipresentasikan pada Gambar 3. berikut.



Gambar 3. Penentuan koefisien viskositas fluida (Young, 1996)

Satuan SI untuk η adalah $1 \text{ N.s/m}^2 = 1 \text{ Pa.s}$. Pada sistem cgs, satuan tersebut adalah dyne.s/cm^2 yang mana satuan ini disebut poise (P). Viskositas sering dinyatakan dalam sentipoise (cP), yang besarnya $1/100$ poise (Douglas, 1999: 347).

a. Metode Penentuan Viskositas dengan Viscometer Ostwald

Viskositas dapat diukur dengan mengukur laju alir cairan melalui pipa kaca berbentuk silinder. Cara ini merupakan salah satu cara yang paling mudah

dan dapat digunakan baik dalam cairan maupun gas. Pengukuran dengan viskometer Ostwald dapat dihitung dengan hukum Poiseulle seperti pada Persamaan (2) berikut.

$$\eta = \frac{\pi P r^4 t}{8 V l} \quad (2)$$

keterangan:

η = viskositas larutan

V = volume larutan

t = waktu yang dibutuhkan larutan dengan volume V untuk mengalir melalui viskometer

P = tekanan yang bekerja pada cairan

l = panjang pipa

b. Metode Penentuan Viskositas dengan Viscometer Redwood

Redwood Viscometer mampu menentukan viskositas pada temperature tinggi, sehingga amat baik untuk mengukur fluida yang memiliki viskositas tinggi. Viskositas dapat ditentukan dengan mengukur waktu alir sampel ketika sampel mulai keluar dari tangki Redwood Viscometer sampai sampel berhenti mengalir. Pengukuran viskositas menggunakan Redwood Viscometer dapat dihitung dengan Persamaan berikut.

$$\eta = v \times d \quad (3)$$

$$d = \frac{mg}{V} \quad (4)$$

$$v = (A \times t) - \left(\frac{B}{t}\right) \quad (5)$$

$$\eta = \frac{mg}{V} \times \left\{A t - \left(\frac{B}{t}\right)\right\} \quad (6)$$

Keterangan :

η : viskositas larutan (stokes)

d : berat jenis larutan (dyne/cm^3)

g : percepatan gravitasi ($980 \text{ cm}/\text{s}^2$)

m : masa larutan (gram)

V : volume larutan (ml)

v : viskositas kinematik (cm^2/s)

t : waktu alir larutan (sekon)

A & B : konstanta Viskometer Redwood,

dimana untuk waktu alir lebih dari 100 detik,

A : 0,0026 & B :1,72. Sedangkan untuk waktu

alir kurang dari 100 detik, A : 0,00247 & B :0,5

c. Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Viskositas

Ada beberapa faktor yang mempengaruhi viskositas, yaitu:

- 1) Tekanan

Viskositas cairan naik dengan naiknya tekanan, sedangkan viskositas gas tidak dipengaruhi oleh tekanan.

2) 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, di mana molekul- molekul saling bertumbukan, sehingga tahanan pada fluida akan semakin tinggi (Sukardjo:2002:108).

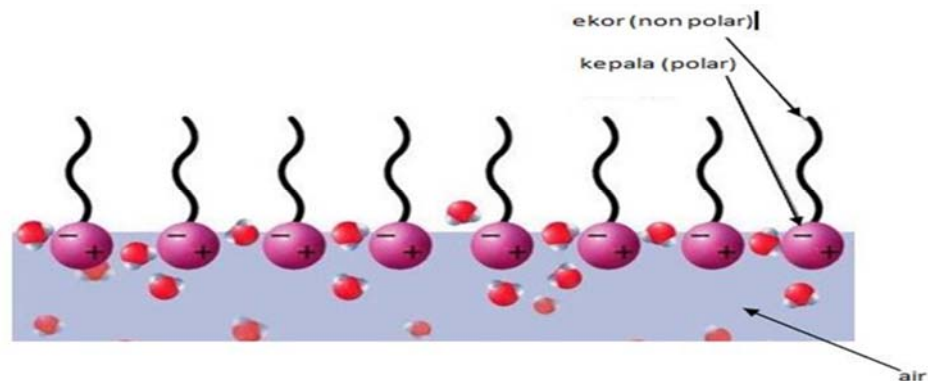
3) Konsentrasi

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

5. Surfaktan

Surfaktan adalah senyawa yang dapat menurunkan tegangan permukaan air atau larutan. Aktivitas surfaktan diperoleh karena memiliki sifat ganda dari molekulnya. Molekul surfaktan memiliki sifat polar (gugus hidrofilik) dapat dengan mudah larut di dalam air dan sifat non polar (gugus

hidrofobik) yang mudah larut dalam minyak. Jika proses interaksi dengan fasa air lebih kuat dibandingkan dengan fasa minyak, hal ini menunjukkan bahwa jumlah gugus hidrofiliknya lebih banyak. Sebagai akibatnya, tegangan permukaan air menjadi lebih rendah sehingga dengan mudah menyebar dan menjadi fasa kontinu. Demikian pula sebaliknya, jika interaksi dengan fasa minyak lebih kuat dibandingkan dengan fasa air, yang diakibatkan oleh jumlah gugus hidrofobik yang lebih dominan. Hal ini akan mengakibatkan tegangan permukaan minyak menjadi lebih rendah sehingga dengan mudah menyebar dan menjadi fasa kontinu (Tang & Suendo, 2011).



Gambar 4. molekul surfaktan pada permukaan zat cair

Istilah surfaktan merupakan singkatan dari *surface active agent* yang berarti zat yang bekerja aktif pada permukaan. Dengan kata lain karakteristik surfaktan adalah kecenderungannya untuk terabsorpsi pada permukaan (*surface*) atau antar muka (*interface*). Surfaktan biasanya merupakan suatu senyawa

organik yang amfipatik, yaitu memiliki gugus hidrofobik (non polar pada ekor) dan hidrofilik (polar pada kepala). Oleh karena itu surfaktan dapat terlarut dalam pelarut organik dan air (Jonsson et.al, 1999).

Tegangan muka suatu larutan akan bergantung pada zat pelarut. Apabila surfaktan mempunyai gugus hidrofilik dan lipofilik sekaligus, kemudian ditambahkan ke dalam air, maka tegangan muka air akan turun. Sebaliknya apabila ditambah kedalam minyak maka tegangan muka akan cenderung naik (Rosen, 2004).

a. Jenis – jenis surfaktan berdasarkan jenis pelarut

1) Surfaktan yang larut dalam minyak

Ada tiga yang termasuk dalam golongan ini, yaitu senyawa polar berantai panjang, senyawa fluorokarbon, dan senyawa silikon.

2) Surfaktan yang larut dalam air

Golongan ini banyak digunakan sebagai zat pembasah, zat pembusa, zat pengemulsi, zat anti busa, detergen, zat flotasi, pencegah korosi, dan lain-lain. Ada empat yang termasuk dalam golongan ini, yaitu surfaktan anion yang bermuatan negatif, surfaktan kation yang bermuatan positif, surfaktan nonion yang tak terionisasi dalam larutan, dan surfaktan amfoter yang bermuatan negatif dan positif bergantung pada pH-nya.

b. Macam – Macam Surfaktan Berdasarkan Hidrofilik (Suryanti, 2008)

1) Surfaktan anionik

Surfaktan anionik adalah surfaktan yang gugus hidrofiliknya bermuatan negatif. Surfaktan anionik dalam penggunaannya dibagi 4 kelompok yaitu karboksilat, surfonat, sulfat, fosfat. Surfaktan anionik digunakan secara luas pada industri sabun dan minyak karena surfaktan ini mudah dibuat dan harganya lebih murah.

2) Surfaktan kationik

Surfaktan kationik adalah surfaktan yang gugus hidrofiliknya bermuatan positif. Surfaktan kationik umumnya mengandung atom nitrogen seperti rantai panjang amina dan garam amonium kuartener. Surfaktan ini sering digunakan di industri tekstil sebagai bahan pelembut kain.

3) Surfaktan nonionik

Surfaktan nonionik adalah jenis surfaktan yang gugus hidrofiliknya tidak bermuatan. Surfaktan ini tidak sensitif terhadap air sadah, tidak dipengaruhi oleh elektrolit serta terabsorpsi secara kuat pada permukaan yang bermuatan sehingga sukar larut didalam air. Surfaktan ini banyak digunakan di industri tekstil.

4) Surfaktan zwiterionik

Surfaktan zwiterionik adalah jenis surfaktan yang gugus hidrofiliknya mengandung muatan positif dan negatif. Surfaktan ini umumnya stabil dalam asam dan basa serta tidak larut dalam pelarut organik.

c. Karakterisasi Surfaktan

1) Tegangan Muka

Surfaktan adalah suatu zat yang dapat mengurangi atau menurunkan tegangan permukaan zat cair, misalnya sabun atau detergen, asam sulfonat dan zat – zat organik tertentu. Surfaktan dapat pula disebut zat aktif permukaan atau zat pembasah (Arsyad, 2001).

2) Kestabilan Busa

Salah satu fenomena khas dari larutan surfaktan adalah kemampuannya dalam membentuk busa. Busa terbentuk ketika larutan surfaktan diaduk atau dialiri udara (Indraswari, 2006).

3) CMC (*Critical Micelle Concentration*)

Penambahan surfaktan dalam larutan akan menyebabkan turunnya tegangan permukaan larutan. Setelah mencapai konsentrasi tertentu, tegangan permukaan akan konstan walaupun konsentrasi surfaktan ditingkatkan. Bila surfaktan ditambahkan melebihi konsentrasi ini maka surfaktan mengagregasi membentuk misel. Penambahan surfaktan akan meningkatkan konsentrasi micelle sehingga bila surfaktan terus ditambahkan akan tercapai konsentrasi kritis micelle yang disebut *Critical Micelle Concentration* (CMC). Tegangan permukaan akan menurun hingga CMC tercapai. Setelah CMC tercapai, tegangan permukaan akan konstan

yang menunjukkan bahwa antar muka menjadi jenuh dan terbentuk misel yang berada dalam keseimbangan dinamis dengan monomernya (Genaro, 1990).

Critical Micelle Concentration atau CMC merupakan sifat penting surfaktan yang menunjukkan batas konsentrasi kritis surfaktan dalam suatu larutan. Di atas batas tersebut, surfaktan akan membentuk *micelle* atau agregat. Dosis optimum pemakaian surfaktan berada di sekitar batas CMC nya. Penggunaan dosis surfaktan yang jauh dia atas batas CMC mengakibatkan terjadinya emulsi balik (*remulsification*). Penentuan CMC pada umumnya dengan cara mengukur tegangan muka atau tegangan antar muka dari larutan surfaktan sebagai fungsi dari konsentrasi. Makin tinggi konsentrasi surfaktan menyebabkan tegangan muka makin rendah sampai mencapai suatu konsentrasi di mana tegangan antar mukanya konstan (Broto, 2010).

6. *Sodium lauryl Sulfate (SLS)*

Sodium Lauryl Sulfate (SLS) adalah jenis surfaktan anion yang biasa terdapat dalam produk-produk pembersih. Garam kimia ini adalah organosulfur anion yang mengandung 12-ekor karbon terikat ke gugus sulfat, membuat zat kimia ini mempunyai sifat ambifilik yang merupakan syarat sebagai detergen.

SLS dengan rumus kimia ($C_{12}H_{25}SO_4Na$) ini merupakan jenis surfaktan yang sangat kuat dan umum digunakan dalam produk-produk pembersih noda minyak dan kotoran. Surfaktan ini banyak ditemukan dalam konsentrasi tinggi

pada produk-produk industri seperti pembersih mesin (*engine degreaser*), pembersih lantai, dan shampo mobil. SLS digunakan dalam kadar rendah di dalam pasta gigi, shampo dan busa pencukur. Zat kimia ini merupakan bahan utama di dalam formulasi kimia untuk mandi busa karena efek pengentalnya dan kemampuan untuk menghasilkan busa. SLS juga dapat digunakan untuk membantu pemecahan sel pada saat ekstraksi DNA dan menguraikan protein. SLS ini biasa digunakan untuk menyiapkan protein untuk proses elektroforesis.

SLS bukan merupakan bahan karsinogen ketika dioleskan pada kulit maupun dikonsumsi, tetapi berdasarkan riset SLS dapat menyebabkan iritasi pada kulit dan wajah ketika dioleskan dalam waktu yang lama dan terus-menerus pada remaja.

Surfaktan jenis ini disintetis dengan mencampur *dodecanol* dengan gas sulfur trioksida atau oleum atau asam klorinsulfur untuk menghasilkan *hydrogen lauryl sulfate*. Metode industrial biasanya menggunakan gas sulfur trioksida. Hasilnya lalu dinetralkan dengan sodium hidroksida atau sodium karbonat. Alkohol lauryl biasanya dihasilkan dari minyak kelapa atau minyak biji kelapa sawit melalui hidrolisis, yang memisahkan asam lemaknya, kemudian direduksi menjadi alkohol.

B. Kerangka Berpikir

Penambahan surfaktan kedalam larutan berbasis air akan menurunkan tegangan permukaan larutan. Tetapi dengan minyak sebagai pelarutnya, dan

adanya sifat hidrofilik dan lipofilik pada surfaktan, maka penambahan surfaktan akan menaikkan tegangan permukaannya.

Penambahan larutan surfaktan kedalam larutan berbasis air akan menurunkan tingkat kepekatan larutan sehingga viskositasnya menurun. Tetapi dengan minyak sebagai pelarutnya, dan adanya sifat elektrolit pada surfaktan yang akan mempengaruhi gaya kohesi dan adhesi, maka penambahan larutan surfaktan akan menaikkan viskositasnya.

Pada penelitian ini molaritas surfaktan yang digunakan adalah 0,5M, 0,75M, dan 1M, selanjutnya masing – masing molaritas diformulasikan dengan oli mesin berdasarkan variasi konsentrasi berupa persen volume (%V) yaitu volume surfaktan per satuan volume larutan, dengan rincian volume total larutan = volume oli + volume surfaktan.

Dengan formulasi tersebut dapat di ketahui molaritas dan konsentrasi (persen volume) yang sesuai untuk menaikkan tegangan permukaan oli mesin Pertamina Enduro 4 *stroke*.

BAB III

METODE PENELITIAN

A. Waktu dan Tempat Penelitian

1. Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian dilaksanakan pada bulan April sampai Juni 2017, bertempat di Laboratorium Fisika Dasar FMIPA UNY.

B. Alat dan Bahan Penelitian

1. Alat yang Digunakan Dalam Penelitian

a. Alat yang Digunakan dalam pembuatan Sampel

- 1) Botol Plastik 90 ml sebanyak 30 buah.
- 2) Gelas Ukur 100 ml 1 buah.
- 3) Gelas Ukur 150 ml 1 buah.
- 4) Gelas Ukur 10 ml 1 buah.
- 5) Gelas Kimia 250 ml 1 buah.
- 6) Timbangan (neraca) massa.
- 7) Batang kaca pengaduk.

b. Alat yang Digunakan Dalam Pengukuran Tegangan Permukaan

- 1) Satu Set Perangkat Pengukur Tegangan Permukaan (*Tensiometer du Nouy*).
- 2) Jangka Sorong.
- 3) Timbangan (neraca) massa.

c. Alat yang Digunakan Dalam Pengukuran Viskositas Larutan

- 1) Satu Set Perangkat Viscometer Redwood.
- 2) Timbangan (neraca) massa.
- 3) Gelas kimia 75 ml.
- 4) Pencatat waktu (stopwatch).

2. Bahan yang Dibutuhkan dalam Penelitian

- a. Oli Pertamina Enduro 4 *Stroke* (SAE 20W-50).
- b. Surfaktan SLS (*Sodium lauryl Sulfate*).
- c. Air (pelarut).

C. Variabel Penelitian

1. Variabel Bebas

Variabel bebas dalam penelitian ini yaitu:

- a. Molaritas larutan surfaktan SLS. Molaritas merupakan besaran yang digunakan untuk menyatakan konsentrasi atau kepekatan suatu larutan yang dinyatakan dalam jumlah mol zat terlarut dalam tiap liter larutan. Molaritas surfaktan SLS yang digunakan yaitu 0,5M, 0,75M, dan 1M.
- b. Konsentrasi surfaktan SLS dalam larutan. Konsentrasi suatu larutan merupakan ukuran yang digunakan untuk menyatakan kuantitas zat terlarut dalam suatu larutan. Konsentrasi surfaktan SLS dalam oli dinyatakan dalam persen volume (%V) yaitu volume zat terlarut dibandingkan jumlah volume

larutan. Persen volume larutan yang digunakan dalam penelitian yaitu 2%, 4%, 6%, 8%, 10%, 15%, 20%, 25%, dan 30%.

2. Variabel Terikat

Variabel terikat pada penelitian ini adalah tegangan permukaan dan viskositas oli Enduro 4 *Stroke* yang sudah diformulasikan dengan larutan surfaktan.

3. Variabel Kontrol

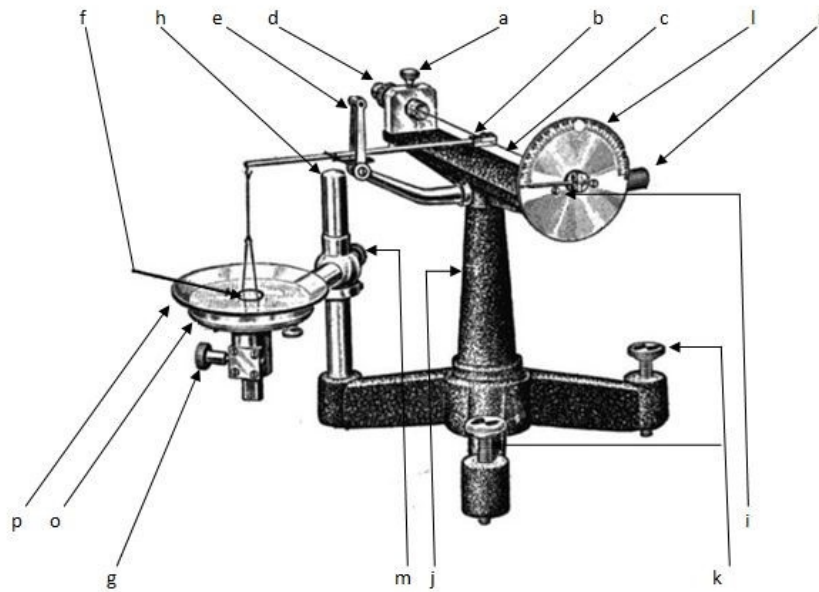
Variabel kontrol pada penelitian ini yaitu:

- a. Oli Pertamina Enduro 4 *Stroke* (SAE 20W-50) jarak tempuh 0 km.
- b. Suhu larutan yang diuji nilai tegangan permukaannya yaitu suhu ruang 27°C.

D. Desain Penelitian

1. Desain Penelitian Tegangan Permukaan

Penelitian ini menggunakan sebuah perangkat *Tensiometer Du Nouy* seperti Gambar 5. sebagai berikut.



Gambar 5. Tensiometer Du Nouy

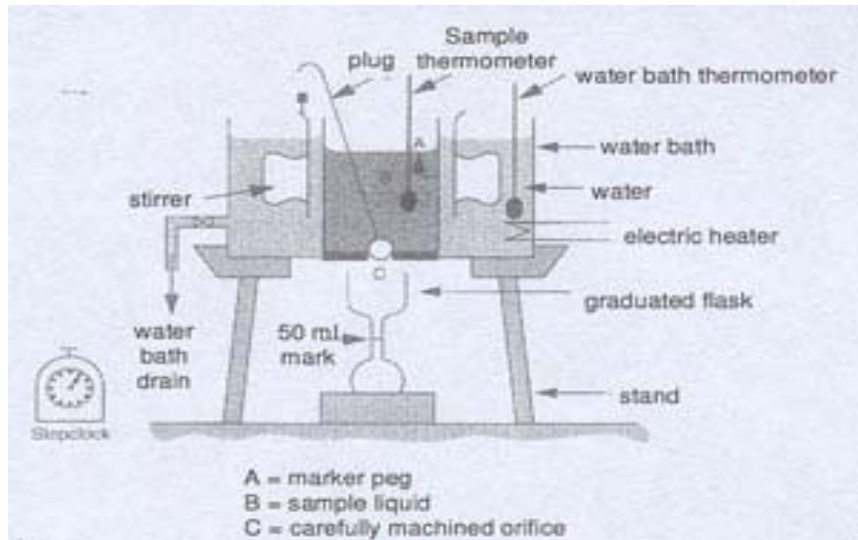
keterangan:

- a. Sekrup Pengendali Kawat.
- b. Lengan Cincin.
- c. Kawat.

- d. Sekrup Pemutar Tegangan Kawat.
- e. Penahan Besi Pengungkit Lengan Cincin.
- f. Cincin *Du Nouy*.
- g. Sekrup Pengontrol Naik Turunnya Penampang Bejana.
- h. Poros Penyangga Lengan Penampang Bejana Dangkal.
- i. Kalibrasi Indikator.
- j. Badan *Tensiometer Du Nouy*.
- k. Sekrup Pengatur Keseimbangan Kinggi Kaki *Tensiometer Du Nouy*.
- l. Skala Sudut Putar.
- m. Sekrup Pengontrol Tinggi Rendahnya Lengan Penampang Bejana.
- n. Pemutar Jarum Penunjuk Skala.
- o. Penampang Bejana Dangkal.
- p. Bejana Dangkal.

2. Desain Penelitian Viskositas

Perangkat yang digunakan dalam pengukuran viskositas larutan yaitu menggunakan Viscometer Redwood seperti pada Gambar 6. berikut.



Gambar 6. Desain Alat Viskometer Redwood

E. Teknik Pengambilan Data

1. Pengambilan Data Sampel

Langkah kerja pengambilan data sampel yang pertama yaitu dengan membuat konsentrasi molaritas larutan masing - masing sebesar 0,5M , 0,75M dan 1M. Pembuatan molaritas surfaktan dilakukan dengan cara menentukan masa molekul relatif dari SLS dengan rumus molekul $C_{12}H_{25}SO_4Na$.

Tabel 3. Penentuan masa molekul C₁₂H₂₅SO₄Na

atom	masa atom	jumlah atom	masa atom
C	12	12	144
H	1	25	25
O	16	4	64
S	32	1	32
Na	23	1	23
masa total molekul			288

Setelah diketahui masa molekul SLS kemudian membuat konsentrasi yang ingin ditentukan dengan persamaan berikut

$$M = \frac{m}{Mr} \times \frac{1000}{V} \quad (8)$$

Dari persamaan (8) dapat diperoleh nilai massa surfaktan SLS yang dibutuhkan untuk membuat konsentrasi larutan tertentu dengan persamaan (9) berikut.

$$m = \frac{M \times Mr \times V}{1000} \quad (9)$$

Dari rumus di atas dapat diperoleh komposisi bahan untuk membuat konsentrasi larutan SLS seperti pada tabel 5.

Tabel 4. pembuatan konsentrasi larutan SLS dengan volume 100ml

Konsentrasi (M)	Volume Larutan (ml)	Mr SLS (g/mol)	Massa surfaktan (g)
0,5	100	288	14,4
0,75	100	288	21,6
1	100	288	28,8

Pembuatan molaritas dilakukan dengan menambahkan pelarut (air) kedalam gelas kimia 250 ml yang telah berisi sejumlah surfaktan dengan massa yang telah ditentukan, sampai volume mencapai 100 ml, kemudian mengaduknya hingga surfaktan terlarut seluruhnya.

Langkah selanjutnya yaitu memformulasikan setiap molaritas larutan dengan oli mesin kedalam botol plastik 90ml dengan variasi konsentrasi dalam bentuk persen volume (%V) surfaktan dengan rincian volume total (50ml) = volume larutan surfaktan + volume oli. Konsentrasi larutan dapat diperoleh berdasarkan persamaan berikut (Syukri,1994).

$$\%V = \frac{\text{liter zat terlarut}}{\text{liter larutan}} \times 100\% \quad (10)$$

Variasi konsentrasi larutan (%V) yang digunakan adalah 2%, 4%, 6%, 8%, 10%, 15%, 20%, 25%, dan 30%. Perbandingan volume antara larutan surfaktan dan oli ditentukan untuk memperoleh tingkat konsentrasi surfaktan dalam oli seperti Tabel 5.

Tabel 5. Penentuan tingkat konsentrasi larutan

Persen Volume (ml)	Volume SLS (ml)	Volume Oli (ml)	Volume Larutan (ml)
2	1	49	50
4	2	48	50
6	3	47	50
8	4	46	50
10	5	45	50
15	7,5	42,5	50
20	10	40	50
25	12,5	37,5	50
30	15	35	50

2. Pengukuran Tegangan Permukaan dan Viskositas Oli Enduro 4 Stroke

a. Tahap Persiapan

- 1) Menyiapkan alat dan bahan penelitian
- 2) Membuat Larutan Oli dan Surfaktan SLS dengan konsentrasi yang telah ditentukan, kemudian memasukkan kedalam botol plastik 90 ml.
- 3) Mengukur diameter luar (d_2) dan diameter dalam (d_1) cincin *du Nouy*
- 4) Menimbang massa cincin
- 5) Mencuci kemudian mengeringkan cincin *du Nouy*

b. Tahap Pengukuran Langsung

1) Pengukuran Tegangan Permukaan

- a) Mengkalibrasi *tensiometer du Nouy* dengan memutar kalibrasi indikator (i) hingga menunjukkan skala sudut putar (l) pada angka nol, mengatur sekrup pengendali kawat (a) agar kawat mengencang dan kemudian memutar sekrup pengatur tegangan kawat (d) hingga lengan penahan cincin (b) mengambang, setelah itu menguatkan kembali pengendali kawat (a).
- b) Memasang cincin *du Nouy* (f) pada ujung lengan penahan cincin (b), kemudian memutar sekrup penunjuk skala sudut putar (n) hingga lengan penahan cincin (b) mengambang seperti posisi semula.
- c) Mencatat nilai sudut putar yang ditunjuk oleh kalibrasi indikator (i) sebagai nilai Θ_1
- d) Mengocok sampel larutan didalam botol plastic 90 ml yang akan diukur selama 45 detik.
- e) Menuangkan larutan ke dalam bejana dangkal (p) dan meletakkannya di atas penampang bejana dangkal (o) seperti pada gambar 3.1.
- f) Mengatur letak cincin *du Nouy* (f) tepat di tengah bejana dangkal dengan kedalaman permukaan atas cincin setara dengan permukaan larutan.

- g) Memutar sekrup pemutar jarum penunjuk skala (n) perlahan-lahan searah jarum jam hingga cincin lepas dari permukaan larutan, kemudian mencatat besar sudut yang ditunjuk jarum (i) sebagai nilai Θ_2 .

2) Pengukuran Viskositas

- a) Menyiapkan alat Viscometer Redwood.
- b) Menimbang tiap sampel larutan, untuk mendapatkan berat jenis tiap sampel.
- c) Menyiapkan *stopwatch* untuk menghitung waktu yang dibutuhkan larutan untuk menetes.
- d) Menimbang gelas kimia 75 ml dan menempatkannya dibawah lubang tangki Viscometer Redwood, untuk menampung larutan.
- e) Menempatkan batang penyumbat kedalam tangki.
- f) Memasukkan larutan 50 ml kedalam tangki Viscometer Redwood.
- g) Mengangkat batang penyumbat dalam tangki viscometer redwood kemudian secara bersamaan menekan tombol *start* pada *stopwatch*, setelah larutan berhenti menetes kemudian menekan tombol *stop* pada *stopwatch* dan mencatat waktunya.
- h) Menimbang masa larutan untuk pengukuran yang selanjutnya.

F. Teknik Analisis Data

1. Analisis Data Tegangan Permukaan

Dalam proses analisis, nilai tegangan permukaan diperoleh menggunakan bantuan *software* komputer *Microsoft Excel* dengan menggunakan persamaan berikut.

$$\gamma = \frac{F}{\pi(d_1 + d_2)} \quad (11)$$

$$F = m g \frac{\theta_1}{\theta_2} \quad (12)$$

$$\gamma = \frac{m g \theta_1}{\pi \theta_2 (d_1 + d_2)} \quad (13)$$

Keterangan :

γ : tegangan permukaan (N/m)

θ_1 : sudut putar saat cincin tercelup

θ_2 : sudut putar tepat setelah cincin terangkat

d_1 : diameter dalam cincin (m)

d_2 : diameter luar cincin (m)

g : percepatan gravitasi (ms^{-2})

m : masa cincin (kg)

Untuk memperoleh ketidakpastian nilai tegangan permukaannya digunakan persamaan berikut.

$$\Delta\gamma = \sqrt{\left(\frac{\delta\gamma}{\delta\theta_1}\right)^2 (\Delta\theta_1)^2 + \left(\frac{\delta\gamma}{\delta\theta_2}\right)^2 (\Delta\theta_2)^2 + \left(\frac{\delta\gamma}{\delta d_1}\right)^2 (\Delta d_1)^2 + \left(\frac{\delta\gamma}{\delta d_2}\right)^2 (\Delta d_2)^2} \quad (14)$$

$$\Delta\gamma = \sqrt{\left(\frac{m \cdot g}{\pi \theta_2 (d_1 + d_2)}\right)^2 (\Delta\theta_1)^2 + \left(\frac{m \cdot g \theta_1}{\pi \theta_2^2 (d_1 + d_2)}\right)^2 (\Delta\theta_2)^2 + \left(-\frac{m \cdot g \theta_1}{\pi \theta_2 (d_1 + d_2)^2}\right)^2 (\Delta d_1)^2 + \left(-\frac{m \cdot g \theta_1}{\pi \theta_2 (d_1 + d_2)^2}\right)^2 (\Delta d_2)^2} \quad (15)$$

2. Analisis Data Viskositas Larutan

Dalam proses analisis, nilai viskositas diperoleh dengan bantuan *software* komputer *Microsoft Excel* menggunakan persamaan berikut.

$$\eta = \nu d \quad (16)$$

$$d = \frac{mg}{V} \quad (17)$$

$$\nu = A t - \frac{B}{t} \quad (18)$$

Sehingga persamaan menjadi :

$$\eta = \frac{mg}{V} x \left\{ A t - \left(\frac{B}{t} \right) \right\} \quad (19)$$

Keterangan :

η : viskositas larutan (Poise)

d : berat jenis larutan (dyne/cm³)

g : percepatan gravitasi (cm/s²)

m : masa larutan (gram)

V : volume larutan (ml)

v : viskositas kinematik

t : waktu alir larutan (second)

A & B : konstanta Viskometer Redwood

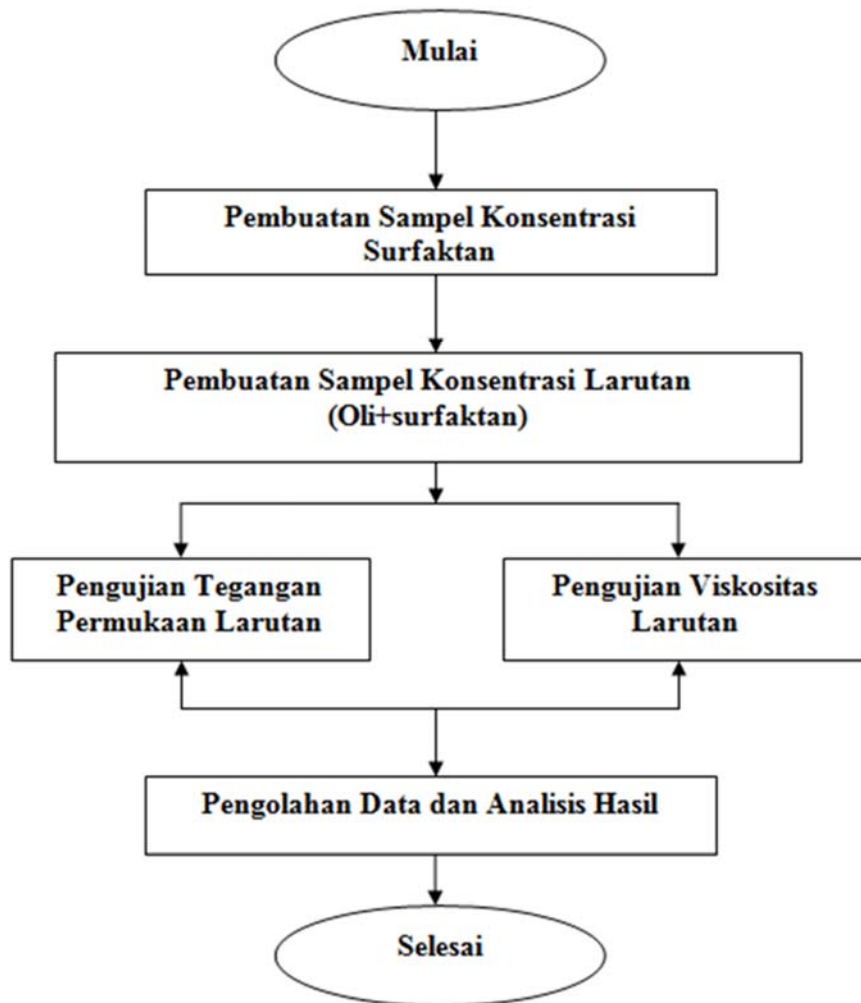
Untuk memperoleh ketidakpastian nilai viskositasnya digunakan persamaan berikut.

$$\Delta\eta = \sqrt{\left(\frac{\delta\eta}{\delta m}\right)^2 (\Delta m)^2 + \left(\frac{\delta\eta}{\delta t}\right)^2 (\Delta t)^2} \quad (20)$$

$$\Delta\eta = \sqrt{\left(\frac{g}{V} \left(A t - \frac{B}{t}\right)\right)^2 (\Delta m)^2 + \left(\frac{mg}{V} \left(A + \frac{B}{t^2}\right)\right)^2 (\Delta t)^2} \quad (21)$$

G. Diagram Alir Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan mengikuti langkah kerja sebagaimana digambarkan dalam diagram alir penelitian berikut.



Gambar 7. Diagram alir penelitian

BAB IV
HASIL DAN PEMBAHASAN

A. HASIL PENELITIAN

1. Tegangan Permukaan Oli Pertamina Enduro 4 Stroke

a. Data Simpangan θ_1 dan θ_2

Data hasil penelitian ini diperoleh dari pengukuran langsung menggunakan *Tensiometer Du Nouy* yaitu berupa besarnya nilai simpangan jarum penunjuk skala sudut saat cincin dicelupkan ke dalam larutan sebagai θ_1 dan simpangan jarum penunjuk skala sudut tepat setelah cincin *Du Nouy* terangkat dari larutan sebagai θ_2 .

Tabel 6. Data simpangan θ_1 dan θ_2

Konsentrasi	%V SLS	θ_1 rata2 (derajat)	θ_2 rata2 (derajat)
0.5 M	2	36.9 ± 0.0	73.5 ± 0.2
	4	36.6 ± 0.3	73.5 ± 0.0
	6	36.3 ± 0.1	73.4 ± 0.4
	8	36.1 ± 0.4	74.4 ± 0.2
	10	36.3 ± 0.1	75.0 ± 0.4
	15	36.5 ± 0.0	76.4 ± 0.5
	20	36.3 ± 0.2	76.1 ± 0.8
	25	36.0 ± 0.5	75.9 ± 0.4
30	36.2 ± 0.0	76.7 ± 0.2	
0,75M	2	35.8 ± 0.2	72.3 ± 0.8
	4	35.4 ± 0.2	72.1 ± 0.2
	6	36.3 ± 0.2	74.4 ± 0.7
	8	36.0 ± 0.5	72.6 ± 1.2

	10	36.4 ± 0.2	75.3 ± 0.9
	15	35.3 ± 0.2	74.2 ± 0.4
	20	35.7 ± 0.2	76.0 ± 1.1
	25	36.0 ± 0.2	77.3 ± 0.3
	30	36.0 ± 0.3	78.2 ± 0.3
1M	2	36.8 ± 0.5	72.1 ± 0.4
	4	36.2 ± 0.8	71.9 ± 1.2
	6	36.4 ± 0.4	73.8 ± 1.2
	8	34.3 ± 0.8	73.9 ± 0.4
	10	34.6 ± 0.1	75.5 ± 0.3
	15	36.0 ± 0.6	77.9 ± 0.9
	20	35.5 ± 0.7	75.8 ± 0.6
	25	36.1 ± 0.3	75.6 ± 0.1
	30	34.9 ± 0.2	75.2 ± 0.8
Oli enduro		36.2 ± 0.1	74.6 ± 0.2

b. Hasil Tegangan Permukaan Larutan Oli Pertamina Enduro 4 Stroke

Hasil tegangan permukaan ini diperoleh dari analisa data nilai simpangan jarum penunjuk skala sudut saat cincin *Du Nouy* dicelupkan dan setelah cincin terangkat dari larutan.

1) Tegangan Permukaan Oli Murni Enduro 4 Stroke

Dari analisis data pengukuran tegangan permukaan oli mesin Pertamina Enduro 4 *Stroke* diperoleh hasil tegangan permukaan oli Enduro murni sebesar $(11.8 \pm 0.0) 10^{-3}$ N/m

2) Tegangan Permukaan Larutan (Oli + SLS 0,5M)

Hasil analisis data tegangan permukaan oli mesin Pertamina Enduro 4 *Stroke* diformulasikan dengan larutan surfaktan SLS 0,5 M sebagai berikut pada Tabel 7.

Table 7. Hasil Tegangan Permukaan larutan (Oli+SLS 0,5 M)

Larutan	Konsentrasi Surfaktan (%V)	$\gamma \pm \Delta\gamma$ (10^{-3}) N/m
Oli + SLS 0,5 M	2	12.1 \pm 0.0
	4	12.1 \pm 0.1
	6	12.0 \pm 0.0
	8	11.7 \pm 0.1
	10	11.7 \pm 0.0
	15	11.6 \pm 0.0
	20	11.5 \pm 0.1
	25	11.5 \pm 0.2
	30	11.4 \pm 0.0

3) Tegangan Permukaan Larutan (Oli + SLS 0,75M)

Hasil analisis data tegangan permukaan oli mesin Pertamina Enduro 4 *Stroke* diformulasikan dengan larutan surfaktan SLS 0,75 M sebagai berikut pada Tabel 8.

Table 8. Hasil Tegangan Permukaan larutan (Oli+SLS 0,75 M)

Larutan	Konsentrasi Surfaktan (%V)	$\gamma \pm \Delta\gamma$ (10^{-3}) (N/m)
Oli + SLS 0,75 M	2	12.0 \pm 0.1
	4	11.9 \pm 0.1
	6	11.8 \pm 0.1
	8	12.0 \pm 0.2
	10	11.7 \pm 0.1
	15	11.5 \pm 0.1
	20	11.4 \pm 0.1
	25	11.3 \pm 0.1
	30	11.1 \pm 0.1

4) Tegangan Permukaan Larutan (Oli + SLS 1M)

Hasil analisis data tegangan permukaan oli mesin Pertamina Enduro 4 *Stroke* diformulasikan dengan larutan surfaktan SLS 1M sebagai berikut ditampilkan pada Tabel 9.

Table 9. Hasil Tegangan Permukaan larutan (Oli+SLS 1 M)

Larutan	Konsentrasi Surfaktan (%V)	$\gamma \pm \Delta\gamma$ (10^{-3}) (N/m)
Oli + SLS 1M	2	12.3 \pm 0.2
	4	12.2 \pm 0.3
	6	11.9 \pm 0.1
	8	11.2 \pm 0.3
	10	11.1 \pm 0.0
	15	11.2 \pm 0.2
	20	11.4 \pm 0.2

	25	11.5 ± 0.1
	30	11.2 ± 0.1

2. Viskositas Larutan Oli Pertamina Enduro 4 Stroke

a. Waktu Alir Larutan

Data viskositas diperoleh dengan menggunakan alat *Viscometer Redwood* yaitu berupa lama waktu alir yang dibutuhkan 50 ml larutan Oli Enduro 4 Stroke yang sudah diformulasikan dengan larutan surfaktan SLS. Pengukuran waktu dimulai saat larutan mulai mengalir dari tangki *viscometer redwood* sampai larutan berhenti mengalir.

Tabel 10. Waktu alir larutan

Konsentrasi	%V SLS	waktu alir rata2 (detik)	Masa larutan rata2 (gram)
0.5 M	2	4324 ± 16	42.4 ± 0.5
	4	4289 ± 30	42.5 ± 0.4
	6	4271 ± 47	42.7 ± 0.5
	8	4217 ± 44	42.8 ± 0.5
	10	3316 ± 49	43.5 ± 0.4
	15	2681 ± 43	44.5 ± 0.5
	20	2167 ± 14	44.5 ± 0.4
	25	1990 ± 40	44.7 ± 0.5
	30	1109 ± 33	44.8 ± 0.4
0,75M	2	3592 ± 69	42.5 ± 0.4
	4	3401 ± 70	42.7 ± 0.2
	6	3750 ± 87	42.5 ± 0.4
	8	4862 ± 158	42.9 ± 0.4
	10	3617 ± 138	43.8 ± 0.4
	15	1116 ± 85	44.5 ± 0.4
	20	569 ± 41	44.4 ± 0.5

	25	439 ± 76	44.6 ± 0.5
	30	366 ± 54	44.5 ± 0.4
1M	2	3095 ± 121	42.5 ± 0.4
	4	3474 ± 130	42.4 ± 0.4
	6	3096 ± 128	42.5 ± 0.4
	8	3065 ± 181	42.4 ± 0.5
	10	3973 ± 135	42.6 ± 0.5
	15	1566 ± 98	42.9 ± 0.4
	20	1020 ± 65	42.7 ± 0.3
	25	885 ± 67	44.0 ± 0.9
	30	539 ± 83	44.7 ± 0.2
Oli enduro		3008 ± 47	42.6 ± 0.4

b. Hasil Viskositas Larutan Oli Pertamina Enduro 4 Stroke

1) Viskositas Oli Pertamina Enduro 4 Stroke

Hasil analisis data viskositas permukaan oli mesin Pertamina Enduro 4 *Stroke* diperoleh nilai viskositas Oli Enduro 4 *stroke* murni yaitu (6528.65 ± 121.20) Poise

2) Viskositas Larutan (Oli + SLS 0,5M)

Hasil analisis data viskositas oli mesin Pertamina Enduro 4 *Stroke* diformulasikan dengan larutan surfaktan 0,5 M sebagai berikut Tabel 11.

Tabel 11. Nilai Viskositas Larutan (Oli+ SLS 0,5 M)

Larutan	Konsentrasi Surfaktan (%V)	$\eta \pm \Delta\eta$ (Poise)
Oli+SLS 0,5M	2	9349.22 \pm 113.28
	4	9295.42 \pm 110.98
	6	9291.98 \pm 155.05
	8	9197.45 \pm 142.67
	10	7355.76 \pm 129.60
	15	6083.88 \pm 116.08
	20	4921.92 \pm 59.47
	25	4536.88 \pm 102.57
	30	2534.33 \pm 78.25

3) Viskositas Larutan (Oli + SLS 0.75M)

Hasil analisis data viskositas oli mesin Pertamina Enduro 4 *Stroke* diformulasikan dengan larutan surfaktan 0,75 M sebagai berikut Tabel 12.

Tabel 12. Nilai Viskositas Larutan (Oli + SLS 0,75M)

Larutan	Konsentrasi Surfaktan (%V)	$\eta \pm \Delta\eta$ (Poise)
Oli+SLS 0,75 M	2	7790.94 \pm 166.79
	4	7406.30 \pm 158.95
	6	8127.26 \pm 204.96
	8	10643.97 \pm 360.29
	10	8078.05 \pm 316.68

	15	2529.84 ± 193.88
	20	1287.55 ± 93.12
	25	998.44 ± 173.03
	30	831.92 ± 122.97

4) Viskositas Larutan (Oli + SLS 1M)

Hasil analisis data viskositas oli mesin Pertamina Enduro 4 *Stroke* diformulasikan dengan larutan surfaktan 1 M, seperti berikut pada Tabel 13.

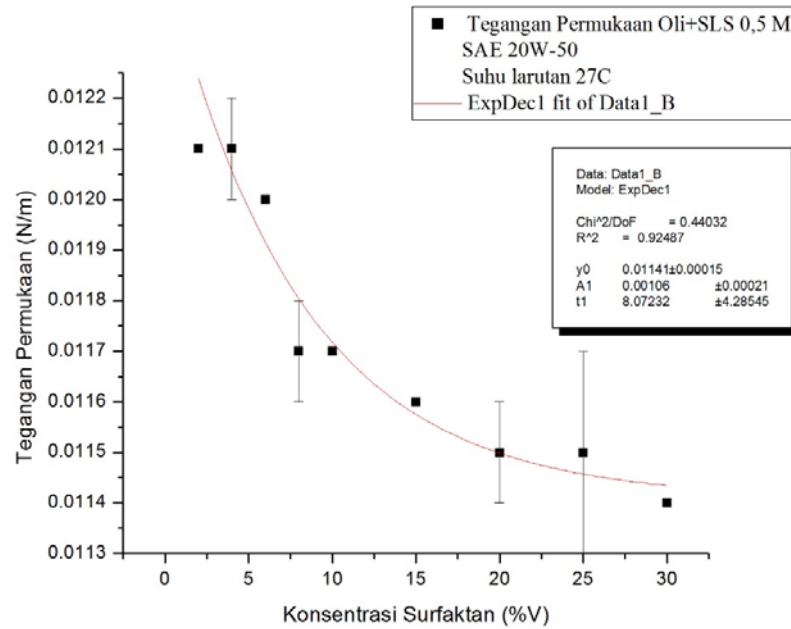
Tabel 13. Nilai Viskositas Larutan (Oli+SLS 1M)

Larutan	Konsentrasi Surfaktan (%V)	$\eta \pm \Delta\eta$ (Poise)
Oli+SLS 1 M	2	6707.70 ± 270.11
	4	7517.28 ± 289.00
	6	6703.88 ± 285.25
	8	6622.56 ± 398.90
	10	8636.85 ± 309.15
	15	3428.55 ± 217.03
	20	2221.74 ± 142.19
	25	1984.22 ± 155.47
	30	1229.38 ± 189.75

B. PEMBAHASAN

1. Tegangan Permukaan Larutan (Oli + SLS 0,5M)

Hasil *plotting* nilai tegangan permukaan Tabel 7. menggunakan *fitting* data *exponential decay* dengan persamaan garis $y = y_0 + A_1 e^{-\frac{x}{t_1}}$, sebagai berikut pada Gambar 8.



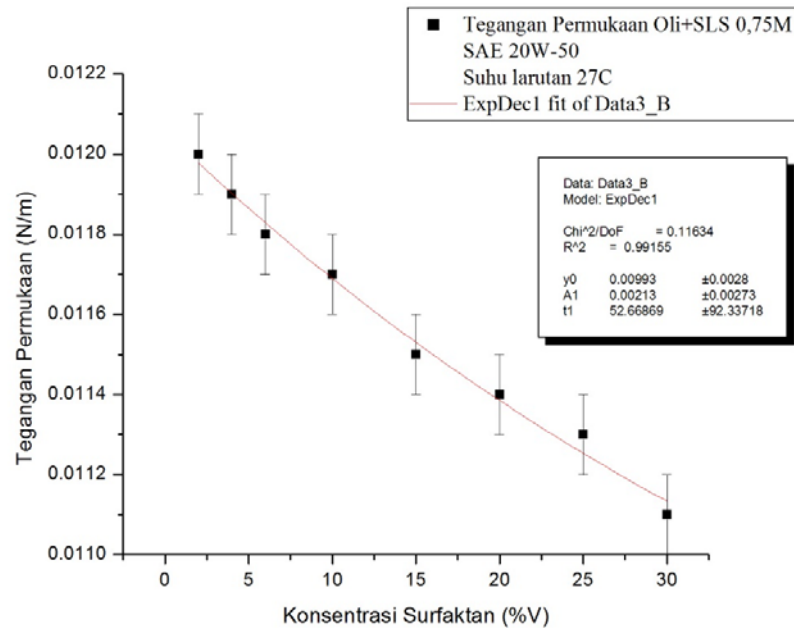
Gambar 8. Tegangan Permukaan Larutan Oli + SLS 0,5 M

Berdasarkan Gambar 8. yang merupakan grafik hubungan antara konsentrasi larutan (%V) dan tegangan permukaan larutan dengan molaritas larutan SLS 0,5M menunjukkan bahwa semakin tinggi konsentrasi larutan SLS maka semakin rendah nilai tegangan permukaannya. Hal ini sesuai dengan teori bahwa penambahan surfaktan kedalam suatu larutan akan menurunkan tegangan

permukaannya. Meskipun demikian ada beberapa konsentrasi yang nilai tegangan permukaannya berada diatas nilai tegangan permukaan Oli Enduro 4 *Stroke* murni $(11.8 \pm 0,0) 10^{-3} \text{N/m}$ yaitu pada konsentrasi 2% $(12.1 \pm 0,0) 10^{-3} \text{N/m}$, 4% $(12.1 \pm 0,1) 10^{-3} \text{N/m}$ dan konsentrasi 6% $(12.0 \pm 0,0) 10^{-3} \text{N/m}$. Nilai tegangan permukaan tersebut didapatkan melalui perhitungan dan dengan pembulatan angka penting. Nilai tegangan permukaan tertinggi berada pada larutan dengan konsentrasi 2% $(12.1 \pm 0,0) 10^{-3} \text{N/m}$ dan tegangan permukaan terendah berada pada konsentrasi 30% $(11.4 \pm 0,0) 10^{-3} \text{N/m}$.

2. Tegangan Permukaan Larutan (Oli + SLS 0,75M)

Hasil *plotting* nilai tegangan permukaan Tabel 8. menggunakan *fitting* data *exponential decay* dengan persamaan garis $y = y_0 + A_1 e^{-\frac{x}{t_1}}$, sebagai berikut pada Gambar 9.

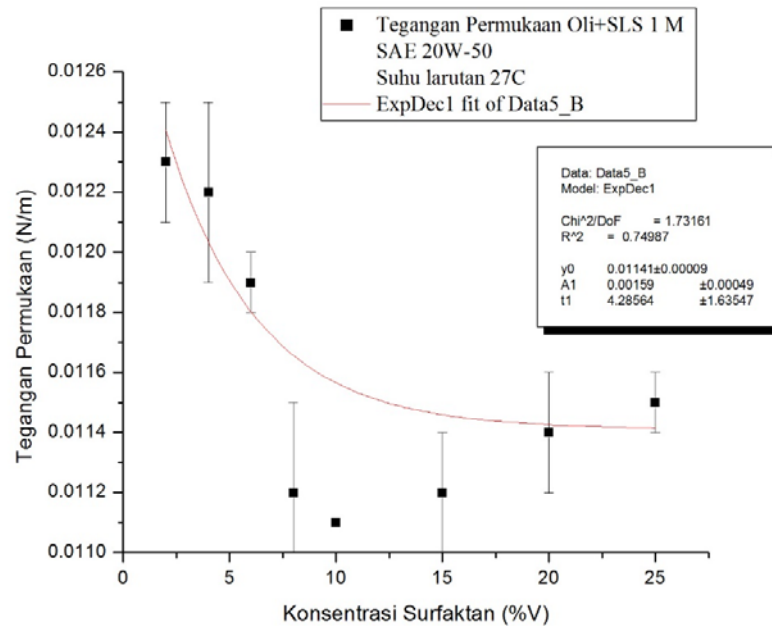


Gambar 9. Tegangan Permukaan Larutan Oli + SLS 0,75M

Berdasarkan Gambar 9. yang merupakan grafik hubungan antara konsentrasi larutan (%V) dan tegangan permukaan larutan dengan molaritas larutan SLS 0,75 M menunjukkan bahwa semakin tinggi konsentrasi larutan SLS maka semakin rendah tegangan permukaannya. Nilai tegangan permukaan tertinggi berada pada konsentrasi 2% $(12.0 \pm 0,1) 10^{-3}$ N/m, dan tegangan permukaan terendah berada pada konsentrasi larutan 30% $(11.1 \pm 0,1) 10^{-3}$ N/m.

3. Tegangan Permukaan Larutan (Oli + SLS 1M)

Hasil *plotting* nilai tegangan permukaan Tabel 9. menggunakan *fitting* data *exponential decay* dengan persamaan garis $y = y_0 + A_1 e^{-\frac{x}{t_1}}$, sebagai berikut pada Gambar 10.



Gambar 10. Tegangan Permukaan Larutan Oli + SLS 1M

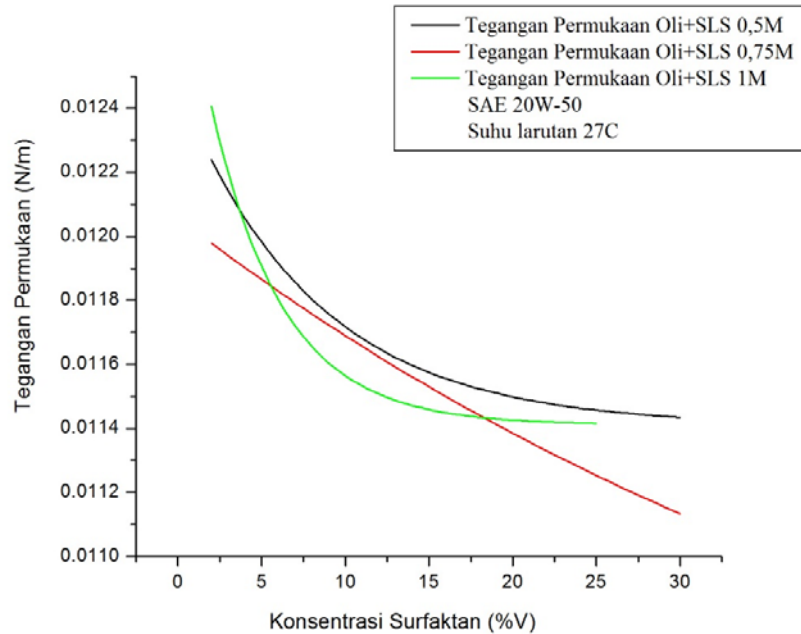
Berdasarkan Gambar 10. yang merupakan grafik hubungan antara konsentrasi larutan (%V) dan tegangan permukaan larutan dengan molaritas larutan SLS 1M menunjukkan bahwa semakin tinggi konsentrasi larutan SLS maka semakin rendah tegangan permukaannya. Tetapi terjadi kenaikan tegangan permukaan mulai dari konsentrasi 15%, 20%, 25%. Secara teori bahwa, penambahan konsentrasi surfaktan yang semakin tinggi akan mengakibatkan penjumlahan konsentrasi larutan menuju CMC (*Critical Micelle Concentration*), yang mana menunjukkan batas konsentrasi kritis surfaktan dalam suatu larutan. Penggunaan dosis surfaktan yang jauh di atas harga CMC mengakibatkan terjadinya emulsi balik (*remulsification*) yang mana berpengaruh pada tegangan permukaan (Broto, 2010).

Berdasarkan pada teori tersebut, konsentrasi 10% dengan molaritas 1M merupakan batas maksimum konsentrasi kritis CMC, sehingga penambahan konsentrasi di atasnya akan mengakibatkan emulsi balik yaitu meningkatnya tegangan permukaan.

Keterbatasan dari alat ukur *Tensiometer Du Nouy*, khususnya pada pemutar jarum skala penunjuk yang tidak stabil ketika diputar, mengakibatkan besarnya ralat pada nilai tegangan permukaannya.

4. Perbandingan Tegangan Permukaan 0,5 M, 0,75 M, dan 1 M

Dari hasil penelitian dengan penambahan molaritas surfaktan 0,5 M, 0,75 M, dan 1 M ke dalam oli mesin Pertamina Enduro 4 *stroke*, dapat dibandingkan nilai tegangan permukaan pada Gambar 11.



Gambar 11. Perbandingan Nilai Tegangan Permukaan 0,5M, 0,75M dan 1M

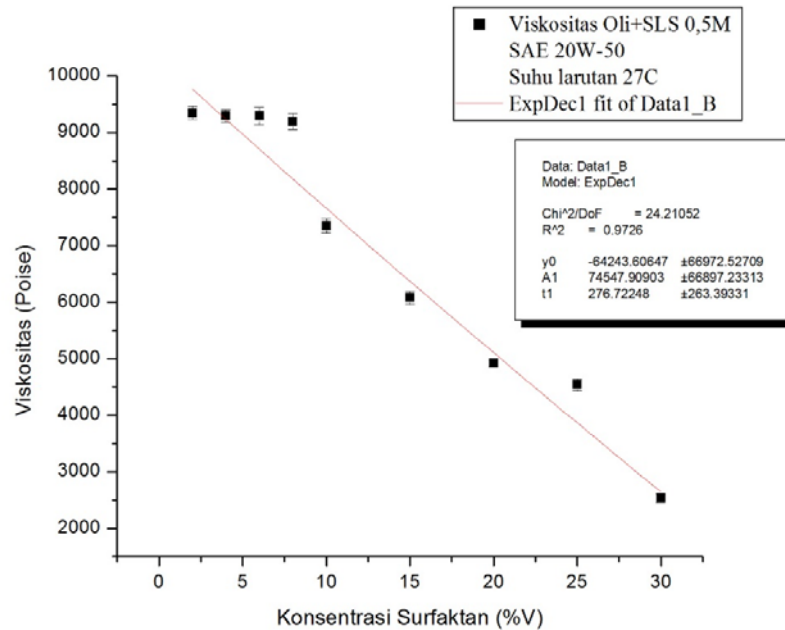
Dari gambar 11. dapat dilihat bahwa dari penambahan molaritas surfaktan dari 0,5 M menjadi 0,75 M mengakibatkan penurunan tegangan permukaan. Sesuai teori, surfaktan adalah senyawa yang dapat menurunkan tegangan permukaan air atau larutan. Aktivitas surfaktan diperoleh karena memiliki sifat ganda dari molekulnya. Molekul surfaktan memiliki sifat polar (gugus hidrofilik) dapat dengan mudah larut di dalam air dan sifat non polar (gugus hidrofobik) yang mudah larut dalam minyak. Jika proses interaksi dengan fasa air lebih kuat dibandingkan dengan fasa minyak, hal ini menunjukkan bahwa jumlah gugus hidrofiliknya lebih banyak. Sebagai akibatnya, tegangan permukaan air menjadi lebih rendah sehingga dengan mudah menyebar dan menjadi fasa kontinu (Tang & Suendo, 2011).

Penambahan molaritas surfaktan dari 0,75M menjadi 1M mengakibatkan kenaikan tegangan permukaan pada konsentrasi 2%V, 4%V, dan 25%V. Tetapi dapat dikatakan bahwa semakin tinggi molaritas surfaktan yang diformulasikan ke dalam oli mesin Pertamina Enduro 4 *stroke* mengakibatkan tegangan permukaannya semakin rendah.

Nilai tegangan permukaan tertinggi terjadi pada larutan dengan konsentrasi 2%V dengan molaritas 1M ($12.3 \pm 0,2$) 10^{-3} N/m, dan nilai tegangan permukaan terendah terjadi pada larutan dengan konsentrasi 10%V dengan molaritas 1M ($11.1 \pm 0,0$) 10^{-3} N/m.

5. Viskositas Larutan (Oli + SLS 0,5M)

Hasil *plotting* nilai tegangan permukaan Tabel 11. menggunakan *fitting* data *exponencial decay* dengan persamaan garis $y = y_0 + A_1 e^{-\frac{x}{t_1}}$, sebagai berikut pada gambar 12.



Gambar 12. Viskositas Larutan Oli + SLS 0,5M

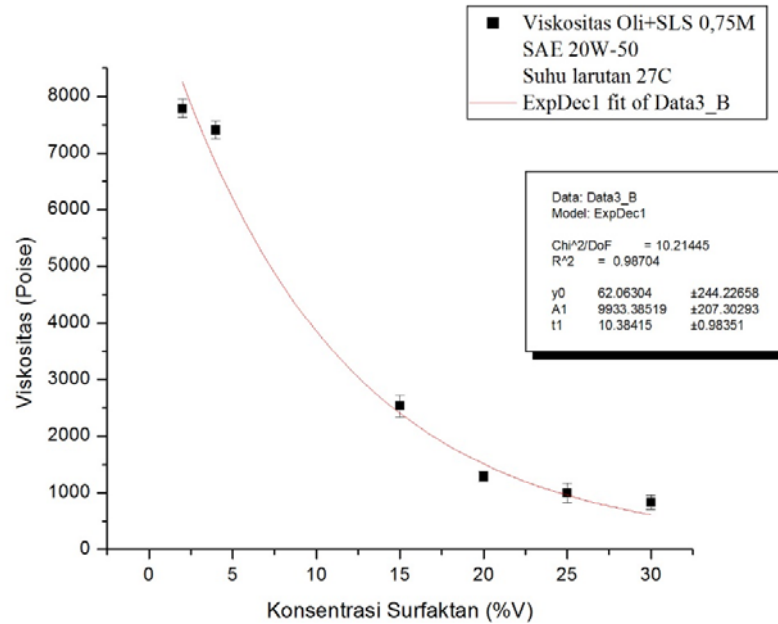
Berdasarkan Gambar 12. yang merupakan grafik hubungan antara konsentrasi larutan (%V) dan viskositas larutan pada konsentrasi surfaktan 0,5 M, menunjukkan bahwa semakin tinggi konsentrasi surfaktan yang ditambahkan, maka semakin rendah viskositas larutan oli Pertamina Enduro 4 *stroke*. Hal ini sesuai dengan teori, bahwa viskositas suatu larutan bergantung pada konsentrasi atau kepekatan, yaitu larutan dengan kepekatan tinggi maka viskositasnya juga tinggi. (Sukardjo, 2002:108).

Dari hasil pengamatan secara fisik, penambahan larutan SLS kedalam Oli Enduro 4 *Stroke* mengakibatkan tingkat kekentalan oli menjadi berkurang. Semakin tinggi konsentrasi SLS yang diformulasikan, maka semakin rendah tingkat kekentalan Oli.

Nilai Viskositas larutan tertinggi berada pada konsentrasi 2% (9349.22 ± 113.28) Poise, dan nilai viskositas terendah berada pada konsentrasi 30% (2534.33 ± 78.25) Poise.

6. Viskositas Larutan (Oli + SLS 0,75 M)

Hasil *plotting* nilai tegangan permukaan Tabel 12. menggunakan *fitting* data exponential decay dengan persamaan garis $y = y_0 + A_1 e^{-\frac{x}{t_1}}$ sebagai berikut pada gambar 13.



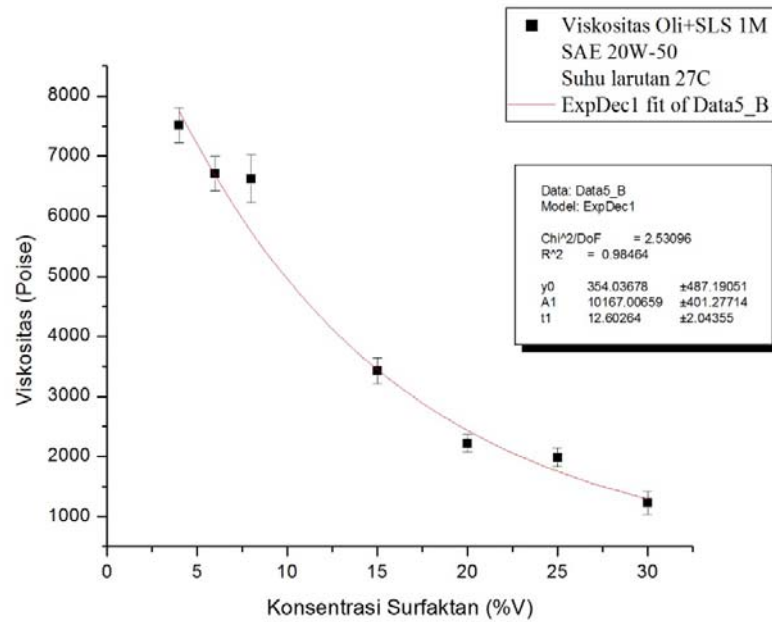
Gambar 13. Viskositas Larutan Oli + SLS 0,75 M

Berdasarkan Gambar 13. yang merupakan grafik hubungan antara konsentrasi larutan (%V) dengan viskositas larutan pada konsentrasi surfaktan

0,75 M, secara umum menunjukkan bahwa semakin tinggi konsentrasi surfaktan yang ditambahkan, maka viskositas larutan oli enduro 4 *stroke* semakin rendah. Nilai Viskositas tertinggi berada pada larutan dengan konsentrasi 2%V (7790.94 ± 166.79) Poise, dan nilai viskositas terendah terdapat pada larutan dengan konsentrasi 30% (831.92 ± 122.97) Poise.

7. Viskositas Larutan (Oli + SLS 1M)

Hasil *plotting* nilai tegangan permukaan Tabel 13. menggunakan *fitting* data *exponential decay* dengan persamaan garis $y = y_0 + A_1 e^{-\frac{x}{t_1}}$ sebagai berikut pada gambar 14.

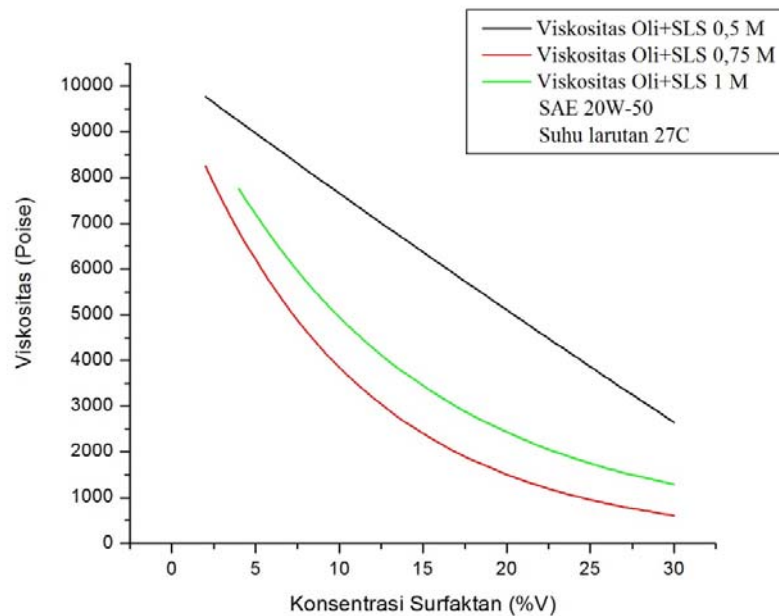


Gambar 14. Viskositas Larutan Oli + SLS 1 M

Berdasarkan Gambar 13. yang merupakan grafik hubungan antara konsentrasi larutan (%V) dan viskositas larutan menunjukkan bahwa semakin tinggi konsentrasi surfaktan SLS, maka nilai viskositas larutan semakin rendah. Nilai Viskositas tertinggi terdapat pada larutan dengan konsentrasi 2%V (6707.70 ± 270.11) Poise, dan nilai viskositas terendah terdapat pada larutan dengan konsentrasi 30% (1229.65 ± 121.20) Poise.

8. Perbandingan Viskositas Larutan 0,5M, 0,75M, dan 1M

Dari hasil penelitian dengan penambahan molaritas surfaktan 0,5 M, 0,75 M, dan 1 M ke dalam oli mesin Enduro 4 Tak, dapat dibandingkan nilai viskositas pada Gambar 15.



Gambar 15. Perbandingan Nilai Viskositas Larutan 0,5M, 0,75M, dan 1M

Dari gambar 15. dapat diperhatikan bahwa penambahan konsentrasi surfaktan dari molaritas 0,5M menjadi 0,75M mengakibatkan penurunan viskositasnya. Tetapi penambahan konsentrasi larutan dari molaritas 0,75M menjadi 1 M mengakibatkan viskositas larutannya menjadi naik. Hal ini diakibatkan, surfaktan pada konsentrasi 1M telah mencapai batas konsentrasi kritis CMC (*Critical Micelle Concentration*) sehingga penambahan surfaktan diatas batas kritis CMC akan mempengaruhi gaya kohesi dan adhesi oli mesin. Selain itu adanya sifat elektrolit pada surfaktan, kemungkinan akan meningkatkan gaya tarik menarik partikel didalam larutan, sehingga semakin besar gaya kohesi dan adhesi maka semakin besar nilai viskositasnya. Nilai viskositas tertinggi berada pada larutan dengan konsentrasi 2%V dengan molaritas 0,5M (9349.22 ± 113.28) Poise, dan nilai viskositas terendah terjadi pada larutan dengan konsentrasi 30%V dengan molaritas 0,75M (831.92 ± 122.97) Poise.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Dari penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa :

1. Pengaruh penambahan molaritas surfaktan SLS terhadap tegangan permukaan oli mesin Pertamina Enduro 4 *Stroke* yaitu semakin tinggi molaritas surfaktan yang ditambahkan, maka semakin rendah tegangan permukaan larutan. Tetapi penambahan molaritas surfaktan dari konsentrasi 0,75M menjadi 1M mengakibatkan kenaikan tegangan permukaan pada persen volume 2%, 4%, dan 25%.
2. Pengaruh penambahan persen volume surfaktan SLS terhadap tegangan permukaan oli mesin Pertamina Enduro 4 *Stroke* yaitu semakin tinggi persen volume surfaktan yang ditambahkan, maka semakin rendah tegangan permukaannya. Untuk molaritas surfaktan 1M, penambahan konsentrasi surfaktan di atas persen volume 10% mengakibatkan tegangan permukaan menjadi naik.
3. Pengaruh penambahan molaritas surfaktan SLS terhadap viskositas oli mesin Pertamina Enduro 4 *Stroke* yaitu penambahan molaritas surfaktan dari konsentrasi 0,5M menjadi 0,75M mengakibatkan nilai viskositas larutan menjadi turun. Tetapi penambahan molaritas surfaktan dari konsentrasi 0,75M menjadi 1M mengakibatkan kenaikan pada nilai viskositasnya.

4. Pengaruh penambahan persen volume surfaktan SLS terhadap viskositas oli mesin Pertamina Enduro 4 *Stroke* yaitu semakin tinggi persen volume surfaktan yang ditambahkan, maka semakin rendah nilai viskositas larutan..

B. Saran

Dari penelitian yang dilakukan, penulis memberikan saran dalam beberapa hal untuk pengembangan penelitian selanjutnya sebagai berikut :

1. Dalam mengukur tegangan permukaan dan viskositas zat cair sebaiknya menggunakan alat ukur yang lebih moderen dengan sistem digital agar diperoleh data yang lebih akurat dan valid.
2. Perlu adanya variasi surfaktan lain untuk penelitian lebih lanjut mengenai pengaruh penambahan konsentrasi surfaktan terhadap tegangan permukaan oli mesin Pertamina Enduro 4 *Stroke* guna mengetahui surfaktan terbaik untuk menaikkan nilai tegangan permukaan oli mesin Pertamina Enduro 4 *Stroke*.
3. Perlu adanya uji coba pada mesin guna mengetahui pengaruhnya terhadap kinerja mesin.

DAFTAR PUSTAKA

- Aryad, M.N. (2001). *Kamus Kimia Arti dan Penjelasan Istilah*. Jakarta : PT. Gramedia Pustaka Utama
- Boda, M.A, Bhasagi, P.N, Sawade, A.S, Andodgi, R.A. (2015). *International journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology about Analysis of Kinematic Viscosity for Liquid By Varying temperature*. India : N K Orchid College of Engineering and Technology.
- Busrah, M. (2011). *Minyak Bumi*. Sulawesi Selatan : Widyaiswara LPMP
- Broto, Wisnu. (2010). *Produksi Surfaktan Glukosa Ester dari Beras dan Berbagai Asam Lemak:Kajian Panjang Rantai Carbon Terhadap Kestabilan Emulsi*. Semarang: Universitas Diponegoro
- Douglas, Giancoli. (1999). *Fisika Edisi Kelima*. Jakarta : Erlangga
- Indraswari, Sekar (2006). *Pencirian Surfaktan Nonionik Ester Glukosa Laurat, Ester Glukosa Miristat, dan Ester Glukosa Stearat sebagai Pengemulsi, Retergen dan Pembusa*. Bogor : FMIPA IPB
- Jonsson. B,Lindman.B (1999). *Surfactants and Polymers in Aqueous Solution*. New York : John Wiley and Sons
- Nugroho, Astri. (2006). *Bioremediasi Hidrokarbon Minyak Bumi*. Yogyakarta: Graha Ilmu & FTI-Universitas Trisakti
- Rahardjo, Stefan & Sunarno, Hasto. (2012). *Identifikasi Fisis Viskositas Oli Mesin Kendaraan Bermotor terhadap Suhu dengan Laser Helium Neon*. Surabaya : FMIPA ITS
- Rosen, M.J. (2004). *Surfactan and Interfacial Phnomena, 3rd Edition*. New York : John Wiley and Sons & Inc

Risayekti. (2004). *Bahan Bakar Minyak dan Pelumas*. Cepu: Pusat Pendidikan dan Pelatihan Minyak dan Gas Bumi.

Sukardjo. (2002). *Fisika Kimia*. Jakarta: PT Rineka Cipta

Suryanti, A.D. (2008). *Sintesis dan Karakterisasi Hasil Amida Metil Risinokat*. Yogyakarta : FMIPA UGM

Tang,M & Suendo, V. (2011). *Pengaruh Penambahan Pelarut Organik terhadap Tegangan Permukaan Larutan Sabun*. Bandung : FMIPA ITB

Wijayanti, Agustina, B. (2013). *Sintesis dan Karakterisasi Surfaktan dari Amidasi N-Metil Glukamina dengan Minyak Jarak Pagar (*Jatropha Curcas Linn*)*. Yogyakarta : Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga

Young, D & Freedman. (2001). *Fisika Universitas*. Jakarta : Erlangga

(<http://www.bps.go.id/linkTabelStatis/view/id/1413>) diakses pada 5 Mei 2016

(<http://id.wikipedia.org/wiki/Pelumas>) diakses pada 5 Mei 2016

(http://id.wikipedia.org/wiki/Oli_mesin) diakses pada 21 Mei 2016

(https://id.wikipedia.org/wiki/Natrium_dodesil_sulfat) diakses pada 21 Mei 2016

(<http://refiners-notes.blogspot.com/2012/05/klasifikasi-lube-base-oil.html>) diakses pada 21 Mei 2016

(http://en.wikipedia.org/wiki/Du_No%C3%BCy_ring_method) diakses pada 21 Mei 2016

LAMPIRAN I

1. Surfaktan Sodium Lauryl Sulfate



Gambar 16. Surfaktan SLS (*Sodium Lauryl Sulfate*)

2. Oli Pertamina Enduro 4 stroke



Gambar 17. Oli Enduro 4 stroke

3. Pembuatan Sampel Konsentrasi Surfaktan



Gambar 18. Pembuatan Sampel Konsentrasi Surfaktan

4. Sampel Surfaktan yang diformulasikan dengan Oli Enduro 4 *stroke*



Gambar 19. Hasil formulasi SLS+Oli

4. Pengambilan Data Tegangan Permukaan



Gambar 20. Tensiometer Du Nouy

5. Pengambilan Data Viskositas



Gambar 21. Redwood Viscometer

LAMPIRAN II

Tabel 14. Data simpangan saat cincin Du Nouy tercelup dan tepat terangkat

Jenis	%V	P1		P2		P3		θ_1	$\Delta \theta_1$	θ_2	$\Delta \theta_2$
Molaritas	SLS	θ_1	θ_2	θ_1	θ_2	θ_1	θ_2	rata2	rata2	rata2	rata2
0.5 M	2	36.9	73.3	36.8	74	36.9	73.8	36.9	0.0	73.5	0.2
	4	36.8	73.5	36.2	74	36.8	73.6	36.6	0.3	73.5	0.0
	6	36.4	72.8	36.1	74	36.3	73.7	36.3	0.1	73.4	0.4
	8	36.6	74.1	35.8	75	35.9	74.6	36.1	0.4	74.4	0.2
	10	36.2	75.2	36.4	74	36.4	75.3	36.3	0.1	75.0	0.4
	15	36.5	76.7	36.5	77	36.5	75.6	36.5	0.0	76.4	0.5
	20	36.5	76.7	36.1	77	36.2	74.9	36.3	0.2	76.1	0.8
	25	36.7	76.5	35.5	76	35.9	75.5	36.0	0.5	75.9	0.4
	30	36.2	76.4	36.1	77	36.2	76.9	36.2	0.0	76.7	0.2
0,75M	2	35.8	71.4	35.5	73	36.1	72.3	35.8	0.2	72.3	0.8
	4	35.2	72.3	35.6	72	35.5	71.8	35.4	0.2	72.1	0.2
	6	36.1	75.1	36.5	74	36.2	74.5	36.3	0.2	74.4	0.7
	8	35.3	74.2	36.5	71	36.2	72.5	36.0	0.5	72.6	1.2
	10	36.2	74.1	36.4	76	36.7	76.1	36.4	0.2	75.3	0.9
	15	35.2	74.2	35.6	74	35.2	74.8	35.3	0.2	74.2	0.4
	20	35.9	74.6	35.4	77	35.7	76.1	35.7	0.2	76.0	1.1
	25	36.2	77.1	35.9	77	35.8	77.8	36.0	0.2	77.3	0.3
	30	35.7	77.8	35.8	78	36.4	78.5	36.0	0.3	78.2	0.3
1M	2	37	72.3	36.1	72	37.2	72.5	36.8	0.5	72.1	0.4
	4	35.2	70.2	37.1	73	36.4	72.3	36.2	0.8	71.9	1.2
	6	36.8	72.1	35.9	75	36.4	74.5	36.4	0.4	73.8	1.2
	8	34.4	74.2	35.2	74	33.3	73.3	34.3	0.8	73.9	0.4
	10	34.5	75.1	34.7	76	34.5	75.6	34.6	0.1	75.5	0.3
	15	36.7	77.5	35.9	79	35.3	77	36.0	0.6	77.9	0.9
	20	34.7	75.9	36.5	75	35.4	76.4	35.5	0.7	75.8	0.6
	25	36.1	75.5	36.4	76	35.7	75.6	36.1	0.3	75.6	0.1
	30	34.9	74.9	34.7	74	35.1	76.2	34.9	0.2	75.2	0.8
Oli enduro		36.1	74.7	36.4	75	36.2	74.3	36.2	0.1	74.6	0.2

Tabel 15. Waktu alir larutan dalam tangki Viskometer Redwood

Jenis	%V SLS	waktu alir larutan (sekon)			t rata2 (sekon)	Δt rata2	masa larutan (gram)			m rata2 (gram)
		t1	t2	t3			m1	m2	m3	
SLS 0.5 M	2	4345	4320	4307	4324	16	43	42.4	41.8	42.4
	4	4331	4276	4260	4289	30	43	42.5	42	42.5
	6	4333	4218	4261	4271	47	43.3	42.7	42	42.7
	8	4260	4235	4157	4217	44	43.4	42.7	42.2	42.8
	10	3313	3257	3378	3316	49	44	43.5	43	43.5
	15	2741	2661	2641	2681	43	45.1	44.4	44	44.5
	20	2178	2177	2147	2167	14	45.1	44.5	44	44.5
	25	2034	2000	1937	1990	40	45.3	44.6	44.2	44.7
	30	1155	1093	1080	1109	33	45.3	44.8	44.3	44.8
SLS 0.75 M	2	3670	3603	3503	3592	69	43	42.6	42	42.5
	4	3500	3363	3341	3401	70	43	42.7	42.4	42.7
	6	3863	3737	3650	3750	87	43	42.5	42	42.5
	8	5070	4826	4689	4862	158	43.5	42.8	42.5	42.9
	10	3767	3650	3433	3617	138	44.3	43.7	43.4	43.8
	15	1217	1121	1009	1116	85	44.9	44.5	44	44.5
	20	623	558	525	569	41	44.9	44.5	43.8	44.4
	25	526	450	341	439	76	45.2	44.6	44	44.6
	30	435	361	303	366	54	45.1	44.5	44	44.5
SLS 1 M	2	3251	3078	2956	3095	121	43	42.5	42	42.5
	4	3623	3493	3306	3474	130	42.9	42.4	42	42.4
	6	3260	3078	2949	3096	128	43	42.5	41.9	42.5
	8	3312	3002	2882	3065	181	43	42.3	41.8	42.4
	10	4124	3997	3797	3973	135	43.2	42.7	42	42.6
	15	1685	1568	1445	1566	98	43.4	43	42.4	42.9
	20	1099	1022	940	1020	65	43.1	42.6	42.4	42.7
	25	977	858	820	885	67	44.8	44.4	42.7	44.0
	30	657	481	480	539	83	45	44.5	44.6	44.7
Oli Mesin 4 tak		3055	3025	2943	3008	47	43	42.7	42	42.6

Tabel 16. Analisis data tegangan permukaan menggunakan software Microsoft Excel

Jenis	No	%V SLS	P1		P2		P3		θ_1 rata2	$\Delta\theta_1$ rata2	θ_2 rata2	$\Delta\theta_2$ rata2	m cincin (kg)	g (m/s ²)	π
			θ_1	θ_2	θ_1	θ_2	θ_1	θ_2							
SLS 0.5M	1	2	36.9	73.3	36.8	73.5	36.9	73.8	36.9	0.0	73.5	0.2	0.0002	9.8	3.14
	2	4	36.8	73.5	36.2	73.5	36.8	73.6	36.6	0.3	73.5	0.0	0.0002	9.8	3.14
	3	6	36.4	72.8	36.1	73.6	36.3	73.7	36.3	0.1	73.4	0.4	0.0002	9.8	3.14
	4	8	36.6	74.1	35.8	74.6	35.9	74.6	36.1	0.4	74.4	0.2	0.0002	9.8	3.14
	5	10	36.2	75.2	36.4	74.4	36.4	75.3	36.3	0.1	75.0	0.4	0.0002	9.8	3.14
	6	15	36.5	76.7	36.5	76.8	36.5	75.6	36.5	0.0	76.4	0.5	0.0002	9.8	3.14
	7	20	36.5	76.7	36.1	76.7	36.2	74.9	36.3	0.2	76.1	0.8	0.0002	9.8	3.14
	8	25	36.7	76.5	35.5	75.8	35.9	75.5	36.0	0.5	75.9	0.4	0.0002	9.8	3.14
	9	30	36.2	76.4	36.1	76.8	36.2	76.9	36.2	0.0	76.7	0.2	0.0002	9.8	3.14
SLS 0,75 M	1	2	35.8	71.4	35.5	73.3	36.1	72.3	35.8	0.2	72.3	0.8	0.0002	9.8	3.14
	2	4	35.2	72.3	35.6	72.2	35.5	71.8	35.4	0.2	72.1	0.2	0.0002	9.8	3.14
	3	6	36.1	75.1	36.5	73.5	36.2	74.5	36.3	0.2	74.4	0.7	0.0002	9.8	3.14
	4	8	35.3	74.2	36.5	71.2	36.2	72.5	36.0	0.5	72.6	1.2	0.0002	9.8	3.14
	5	10	36.2	74.1	36.4	75.7	36.7	76.1	36.4	0.2	75.3	0.9	0.0002	9.8	3.14
	6	15	35.2	74.2	35.6	73.7	35.2	74.8	35.3	0.2	74.2	0.4	0.0002	9.8	3.14
	7	20	35.9	74.6	35.4	77.3	35.7	76.1	35.7	0.2	76.0	1.1	0.0002	9.8	3.14
	8	25	36.2	77.1	35.9	77.1	35.8	77.8	36.0	0.2	77.3	0.3	0.0002	9.8	3.14
	9	30	35.7	77.8	35.8	78.2	36.4	78.5	36.0	0.3	78.2	0.3	0.0002	9.8	3.14
SLS 1M	1	2	37.0	72.3	36.1	71.5	37.2	72.5	36.8	0.5	72.1	0.4	0.0002	9.8	3.14
	2	4	35.2	70.2	37.1	73.1	36.4	72.3	36.2	0.8	71.9	1.2	0.0002	9.8	3.14
	3	6	36.8	72.1	35.9	74.7	36.4	74.5	36.4	0.4	73.8	1.2	0.0002	9.8	3.14
	4	8	34.4	74.2	35.2	74.1	33.3	73.3	34.3	0.8	73.9	0.4	0.0002	9.8	3.14
	5	10	34.5	75.1	34.7	75.7	34.5	75.6	34.6	0.1	75.5	0.3	0.0002	9.8	3.14
	6	15	36.7	77.5	35.9	79.1	35.3	77.0	36.0	0.6	77.9	0.9	0.0002	9.8	3.14
	7	20	34.7	75.9	36.5	75.0	35.4	76.4	35.5	0.7	75.8	0.6	0.0002	9.8	3.14
	8	25	36.1	75.5	36.4	75.8	35.7	75.6	36.1	0.3	75.6	0.1	0.0002	9.8	3.14
	9	30	34.9	74.9	34.7	74.4	35.1	76.2	34.9	0.2	75.2	0.8	0.0002	9.8	3.14
Enduro 4 stroke			36.1	74.7	36.4	74.8	36.2	74.3	36.2	0.1	74.6	0.2	0.0002	9.8	3.14

Lanjutan Tabel 16. Analisis data tegangan permukaan menggunakan software Microsoft Excel

d1 (meter)					d1 rata2 (meter)	Δd1 rata2 (meter)	d2 (meter)					d2 rata2 (meter)	Δd2 rata2 (meter)	ST (N/m)	ΔST (N/m)
1	2	3	4	5			1	2	3	4	5				
0.012	0.013	0.013	0.013	0.013	0.01258	0.0000257	0.013	0.013	0.013	0.013	0.013	0.0000245	0.0121	0.0000	
					0.01258	0.0000257						0.0132	0.0000245	0.0121	0.0001
					0.01258	0.0000257						0.0132	0.0000245	0.0120	0.0000
					0.01258	0.0000257						0.0132	0.0000245	0.0117	0.0001
					0.01258	0.0000257						0.0132	0.0000245	0.0117	0.0000
					0.01258	0.0000257						0.0132	0.0000245	0.0116	0.0000
					0.01258	0.0000257						0.0132	0.0000245	0.0115	0.0001
					0.01258	0.0000257						0.0132	0.0000245	0.0115	0.0002
					0.01258	0.0000257						0.0132	0.0000245	0.0114	0.0000
					0.01258	0.0000257						0.0132	0.0000245	0.0120	0.0001
					0.01258	0.0000257						0.0132	0.0000245	0.0119	0.0001
					0.01258	0.0000257						0.0132	0.0000245	0.0118	0.0001
					0.01258	0.0000257						0.0132	0.0000245	0.0120	0.0002
					0.01258	0.0000257						0.0132	0.0000245	0.0117	0.0001
					0.01258	0.0000257						0.0132	0.0000245	0.0115	0.0001
					0.01258	0.0000257						0.0132	0.0000245	0.0114	0.0001
					0.01258	0.0000257						0.0132	0.0000245	0.0113	0.0001
					0.01258	0.0000257						0.0132	0.0000245	0.0111	0.0001
					0.01258	0.0000257						0.0132	0.0000245	0.0123	0.0002
					0.01258	0.0000257						0.0132	0.0000245	0.0122	0.0003
					0.01258	0.0000257						0.0132	0.0000245	0.0119	0.0001
					0.01258	0.0000257						0.0132	0.0000245	0.0112	0.0003
					0.01258	0.0000257						0.0132	0.0000245	0.0111	0.0000
					0.01258	0.0000257						0.0132	0.0000245	0.0112	0.0002
					0.01258	0.0000257						0.0132	0.0000245	0.0114	0.0002
					0.01258	0.0000257						0.0132	0.0000245	0.0115	0.0001
					0.01258	0.0000257						0.0132	0.0000245	0.0112	0.0001
					0.01258	0.0000257						0.0132	0.0000245	0.0118	0.0000

Tabel 17. Analisis data viskositas menggunakan software Microsoft Excel

Jenis	%V SLS	waktu alir larutan (sekon)			t rata2 (sekon)	Δt rata2	masa larutan (gram)			m rata2 (gram)	Δm rata2 (gram)
		t1	t2	t3			m1	m2	m3		
SLS 0.5 M	2	4345	4320	4307	4324	16	43	42.4	41.8	42.4	0.5
	4	4331	4276	4260	4289	30	43	42.5	42	42.5	0.4
	6	4333	4218	4261	4271	47	43.3	42.7	42	42.7	0.5
	8	4260	4235	4157	4217	44	43.4	42.7	42.2	42.8	0.5
	10	3313	3257	3378	3316	49	44	43.5	43	43.5	0.4
	15	2741	2661	2641	2681	43	45.1	44.4	44	44.5	0.5
	20	2178	2177	2147	2167	14	45.1	44.5	44	44.5	0.4
	25	2034	2000	1937	1990	40	45.3	44.6	44.2	44.7	0.5
	30	1155	1093	1080	1109	33	45.3	44.8	44.3	44.8	0.4
SLS 0.75 M	2	3670	3603	3503	3592	69	43	42.6	42	42.5	0.4
	4	3500	3363	3341	3401	70	43	42.7	42.4	42.7	0.2
	6	3863	3737	3650	3750	87	43	42.5	42	42.5	0.4
	8	5070	4826	4689	4862	158	43.5	42.8	42.5	42.9	0.4
	10	3767	3650	3433	3617	138	44.3	43.7	43.4	43.8	0.4
	15	1217	1121	1009	1116	85	44.9	44.5	44	44.5	0.4
	20	623	558	525	569	41	44.9	44.5	43.8	44.4	0.5
	25	526	450	341	439	76	45.2	44.6	44	44.6	0.5
	30	435	361	303	366	54	45.1	44.5	44	44.5	0.4
SLS 1 M	2	3251	3078	2956	3095	121	43	42.5	42	42.5	0.4
	4	3623	3493	3306	3474	130	42.9	42.4	42	42.4	0.4
	6	3260	3078	2949	3096	128	43	42.5	41.9	42.5	0.4
	8	3312	3002	2882	3065	181	43	42.3	41.8	42.4	0.5
	10	4124	3997	3797	3973	135	43.2	42.7	42	42.6	0.5
	15	1685	1568	1445	1566	98	43.4	43	42.4	42.9	0.4
	20	1099	1022	940	1020	65	43.1	42.6	42.4	42.7	0.3
	25	977	858	820	885	67	44.8	44.4	42.7	44.0	0.9
	30	657	481	480	539	83	45	44.5	44.6	44.7	0.2
Oli Mesin 4 tak		3055	3025	2943	3008	47	43	42.7	42	42.6	0.4

Lanjutan Tabel 17. Analisis data viskositas menggunakan software Microsoft Excel

Volume (ml)	ΔV (ml)	g (cm/s ²)	ρ (gram/ml)	Viskositas (Poise)	$\Delta\eta$ (Poise)
50	0.5	981	0.848000	9349.22	113.28
50	0.5	981	0.850000	9295.42	110.98
50	0.5	981	0.853333	9291.98	155.05
50	0.5	981	0.855333	9197.45	142.67
50	0.5	981	0.870000	7355.76	129.60
50	0.5	981	0.890000	6083.88	116.08
50	0.5	981	0.890667	4921.92	59.47
50	0.5	981	0.894000	4536.88	102.57
50	0.5	981	0.896000	2534.33	78.25
50	0.5	981	0.850667	7790.94	166.79
50	0.5	981	0.854000	7406.30	158.95
50	0.5	981	0.850000	8127.26	204.96
50	0.5	981	0.858667	10643.97	360.29
50	0.5	981	0.876000	8078.05	316.68
50	0.5	981	0.889333	2529.84	193.88
50	0.5	981	0.888000	1287.55	93.12
50	0.5	981	0.892000	998.44	173.03
50	0.5	981	0.890667	831.92	122.97
50	0.5	981	0.850000	6707.70	270.11
50	0.5	981	0.848667	7517.28	289.00
50	0.5	981	0.849333	6703.88	285.25
50	0.5	981	0.847333	6622.56	398.90
50	0.5	981	0.852667	8636.85	309.15
50	0.5	981	0.858667	3428.55	217.03
50	0.5	981	0.854000	2221.74	142.19
50	0.5	981	0.879333	1984.22	155.47
50	0.5	981	0.894000	1229.38	189.75
50	0.5	981	0.851333	6528.65	121.20