

TUGAS AKHIR

ANALISIS PENURUNAN NILAI VISKOSITAS PADA 3 JENIS PELUMAS MESIN KENDARAAN BERMOTOR AKIBAT PENGARUH KENAIKAN TEMPERATUR MENGGUNAKAN VISKOMETER BOLA JATUH



Rifky Nur Fauzi

NPM: 2017720007

PROGRAM STUDI FISIKA
FAKULTAS TEKNOLOGI INFORMASI DAN SAINS
UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN
2022

FINAL PROJECT

**ANALYSIS OF DECREASING VISCOSITY ON THREE TYPES
OF MOTOR VEHICLE ENGINE LUBRICANTS DUE TO THE
INFLUENCE OF INCREASING TEMPERATURE USING
FALLING BALL VISCOMETER**



Rifky Nur Fauzi

NPM: 2017720007

**DEPARTMENT OF PHYSICS
FACULTY OF INFORMATION TECHNOLOGY AND SCIENCES
PARAHYANGAN CATHOLIC UNIVERSITY
2022**

LEMBAR PENGESAHAN

ANALISIS PENURUNAN NILAI VISKOSITAS PADA 3 JENIS PELUMAS MESIN KENDARAAN BERMOTOR AKIBAT PENGARUH KENAIKAN TEMPERATUR MENGGUNAKAN VISKOMETER BOLA JATUH

Rifky Nur Fauzi

NPM: 2017720007

Bandung, 19 Januari 2022

Menyetujui,

Pembimbing



Philips Nicolas Gunawidjaja, Ph.D.

Ketua Tim Penguji



Aloysius Rusli, Ph.D.

Anggota Tim Penguji



Reinard Primulando, Ph.D.

Mengetahui,

Ketua Program Studi



Reinard Primulando, Ph.D.

PERNYATAAN

Dengan ini saya yang bertandatangan di bawah ini menyatakan bahwa tugas akhir dengan judul:

ANALISIS PENURUNAN NILAI VISKOSITAS PADA 3 JENIS PELUMAS MESIN KENDARAAN BERMOTOR AKIBAT PENGARUH KENAIKAN TEMPERATUR MENGGUNAKAN VISKOMETER BOLA JATUH

adalah benar-benar karya saya sendiri, dan saya tidak melakukan penjiplakan atau pengutipan dengan cara-cara yang tidak sesuai dengan etika keilmuan yang berlaku dalam masyarakat keilmuan.

Atas pernyataan ini, saya siap menanggung segala risiko dan sanksi yang dijatuhkan kepada saya, apabila di kemudian hari ditemukan adanya pelanggaran terhadap etika keilmuan dalam karya saya, atau jika ada tuntutan formal atau non-formal dari pihak lain berkaitan dengan keaslian karya saya ini.

Dinyatakan di Bandung,
Tanggal 19 Januari 2022



Rifky Nur Fauzi
NPM: 2017720007

ABSTRAK

Minyak pelumas yang digunakan pada kendaraan bermotor memiliki kode SAE yang menunjukkan kekentalan minyak pelumas tersebut. Dalam bidang fisika, koefisien kekentalan suatu fluida dapat diukur menggunakan viskometer bola jatuh dan Hukum *Stokes*. Tugas akhir ini akan membahas pengaruh kenaikan temperatur terhadap viskositas minyak pelumas mesin kendaraan bermotor menggunakan metode viskometer bola jatuh. Semakin tinggi temperatur maka akan semakin rendah nilai viskositas pada minyak pelumas. Metode penelitian dilakukan dengan cara bola dijatuhkan tanpa kecepatan awal ke dalam tabung silinder yang diisi minyak pelumas yang sudah dipanaskan pada temperatur 30 °C, 40 °C, 50 °C, 60 °C, 70 °C, 80 °C, 90 °C, dan 100 °C. Pengukuran waktu bola jatuh dilakukan hanya ketika bola berada antara titik A dan titik B dengan jarak antara kedua titik adalah 0.2 m menggunakan *stopwatch*. Jarak antara titik A dan titik B ditentukan menggunakan *software tracker video analysis* dimana pada jarak tersebut kecepatan jatuh bola adalah konstan. Hasil viskositas yang diperoleh untuk minyak pelumas *Shell Advance Ultra Scooter 5W-40*, *Shell Advance AX7 Scooter 10W-40*, dan *Shell Advance AX5 15W-40* yang digunakan sebagai sampel memiliki hasil yang berbeda dengan referensi, tapi memiliki pola yang sama dengan referensi yaitu semakin tinggi temperatur maka akan semakin rendah nilai viskositas. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh kenaikan temperatur terhadap viskositas fluida menggunakan viskometer bola jatuh.

Kata-kata kunci: Viskositas, temperatur, viskometer bola jatuh.

ABSTRACT

Lubricating oil used in motorized vehicles has an SAE code which indicates the viscosity of the lubricating oil. Viscosity coefficient of a fluid can be measured using a falling ball viscometer and Stokes' law. This final project will discuss the effect of increasing temperature on the viscosity of motorized vehicle engine lubricating oil using the falling ball viscometer method. The higher the temperature, the lower the viscosity value of the lubricating oil. The method is carried out by dropping a ball without initial velocity into a cylindrical tube filled with lubricating oil that has been heated at temperatures of 30 °C, 40 °C, 50 °C, 60 °C, 70 °C, 80 °C, 90 °C, and 100 °C. The measurement of the ball's falling time is carried out using a stopwatch between two points with a distance of 0.2 m. The two points are determined to be the points where the ball has reached its terminal velocity. The position of the two points are found using a video tracker analysis software. The viscosity results obtained for lubricating oils Shell Advance Ultra Scooter 5W-40, Shell Advance AX7 Scooter 10W-40, and Shell Advance AX5 15W-40 which is used as a sample has different results from the reference, but has the same pattern as the reference, namely the higher the temperature, the lower the viscosity value. The purpose of this study was to determine the effect of increasing temperature on fluid viscosity using a falling ball viscometer.

Keywords: Viscosity, temperature, falling ball viscometer.

KATA PENGANTAR

Salam Sejahtera,

Segala puji dan syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir yang berjudul " Analisis Penurunan Nilai Viskositas Pada 3 Jenis Pelumas Mesin Kendaraan Bermotor Akibat Pengaruh Kenaikan Temperatur Menggunakan Viskometer Bola Jatuh". Tugas akhir ini dibuat sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan pendidikan Sarjana Sains di Fakultas Teknologi Informasi dan Sains Universitas Katolik Parahyangan dan sebagai bukti nyata dalam mewujudkan pengembangan institusi dalam bidang penelitian.

Penulis menyadari dalam penyusunan skripsi ini tidak dapat terselesaikan tanpa adanya pihak-pihak yang mendukung baik secara moral dan juga materil. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis mengucapkan banyak terimakasih kepada:

1. Tuhan Yang Maha Esa atas anugerah-Nya penulis selalu diberikan kekuatan, semangat keyakinan, keikhlasan, kemudahan dan kelancaran dalam mengerjakan tugas akhir ini.
2. Orang tua tercinta, Atang Komarudin dan Elyanti Lim yang selalu memberikan dukungan moral, materi, pengorbanan dan doa tulus selama penulis menjalani program pendidikan, serta menjadi alasan utama penulis untuk menyelesaikan pendidikan Sarjana ini dengan sebaik-baiknya.
3. Bapak Philips Nicolas Gunawidjaja, Ph.D., selaku dosen wali sekaligus dosen pembimbing yang selalu memberi masukan dan nasihat agar tugas akhir dilakukan dengan baik.
4. Bapak Aloysius Rusli, Ph.D., selaku dosen penguji yang memberi masukan dan nasihat agar tugas akhir dilakukan dengan baik.
5. Bapak Reinard Primulando, Ph.D., selaku dosen penguji yang memberi masukan dan nasihat agar tugas akhir dilakukan dengan baik.
6. Bapak dan Ibu Dosen Program Studi Fisika yang telah mendidik dan memberikan penulis ilmu pengetahuan yang cukup banyak yang bermanfaat bagi kehidupan sehari-hari.
7. Zila Septyasningrum Abdiyusih, S.Ak, yang telah membantu dan menyemangati penulis agar menyelesaikan pendidikan Sarjana.
8. Bimo Surya Pratama, S.si yang sudah membantu dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
9. Teman-teman mahasiswa Program Studi Fisika yang tidak bisa penulis sebutkan satu persatu yang telah memberikan semangat dan dukungan dalam penulisan penelitian ini.
10. Seluruh pihak yang telah membantu baik secara langsung maupun tidak langsung dan memberi dukungan, bantuan sehingga presentasi kasus ini dapat terselesaikan.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan tugas akhir ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu, penulis mengharapkan saran dan kritik yang bersifat membangun untuk perbaikan di masa yang akan datang dan penulis berharap tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi kita semua. Semoga Tuhan Yang Maha Esa, memberikan balasan atas jasa yang telah diberikan dan menjadi yang terbaik bagi kita semua.

Bandung, Januari 2022

Penulis

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	xv
DAFTAR ISI	xvii
DAFTAR GAMBAR	xix
DAFTAR TABEL	xxi
1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan	2
1.4 Batasan Masalah	2
1.5 Manfaat	2
1.6 Metodologi	2
1.7 Sistematika Pembahasan	3
2 LANDASAN TEORI	5
2.1 Minyak pelumas	5
2.1.1 Tiga Jenis Minyak Pelumas	5
2.1.2 Standar Pelumas Mesin	5
2.2 Viskositas	7
2.3 Hukum Stokes	7
2.4 Pengukuran viskositas menggunakan viskometer bola jatuh	9
2.5 Pengaruh temperatur terhadap viskositas	9
2.6 Viskometer Ostwald	10
2.7 Pengukuran nilai viskositas menggunakan viskometer Ostwald	10
3 METODE PENELITIAN	11
3.1 Bagan Alur Penelitian	11
3.2 Tempat Penelitian	11
3.3 Alat dan Bahan	12
3.4 Desain Viskometer Bola Jatuh	17
3.5 Prosedur Percobaan Menggunakan Viskometer Bola Jatuh	17
3.6 Penentuan Posisi Bola Mencapai Kecepatan Terminal	18
3.7 Prosedur Percobaan Menggunakan Viskometer Ostwald	20
3.8 Analisis	21
4 HASIL DAN PEMBAHASAN	23
4.1 Hasil	23
4.2 Pembahasan	26
5 KESIMPULAN DAN SARAN	33
5.1 Kesimpulan	33

5.2 Saran	33
DAFTAR REFERENSI	35
A HASIL PENGUKURAN WAKTU BOLA JATUH	37

DAFTAR GAMBAR

2.1	Letak posisi kode SAE pada minyak pelumas.	6
2.2	Penentuan Viskositas.	7
2.3	Gaya yang bekerja pada bola yang jatuh ke dalam fluida.	8
2.4	Viskometer Ostwald.	10
3.1	Skema penelitian.	11
3.2	Neraca Digital.	12
3.3	Jangka sorong.	12
3.4	Corong Plastik.	12
3.5	Penggaris 30cm.	13
3.6	Panci.	13
3.7	Kompore.	13
3.8	Karet Gelang.	14
3.9	Tabung Silinder.	14
3.10	Bola.	14
3.11	Pinset.	15
3.12	Termometer Digital.	15
3.13	<i>StopwatchHandphone</i>	15
3.14	Minyak Pelumas.	15
3.15	Viskometer Ostwald.	16
3.16	Piknometer.	16
3.17	Pipet <i>Filler</i>	16
3.18	Pipet Gambar desain viskometer bola jatuh.	17
3.19	Grafik menentukan kecepatan terminal menggunakan minyak pelumas SAE 15W-40 pada temperatur 27.5 °C.	19
3.20	Grafik menentukan kecepatan terminal menggunakan minyak pelumas SAE 15W-40 pada temperatur 30 °C.	19
3.21	Grafik menentukan kecepatan terminal menggunakan minyak pelumas SAE 15W-40 pada temperatur 60 °C.	20
3.22	Grafik menentukan kecepatan terminal menggunakan minyak pelumas SAE 15W-40 pada temperatur 100 °C.	20
4.1	Grafik perbandingan viskositas minyak pelumas SAE 5W-40 dengan referensi pada temperatur 30 °C – 100 °C.	27
4.2	Grafik perbandingan viskositas minyak pelumas SAE 10W-40 dengan referensi pada temperatur 30 °C – 100 °C	27
4.3	Grafik perbandingan viskositas minyak pelumas SAE 15W-40 dengan referensi pada temperatur 30 °C – 100 °C	28
4.4	Grafik perbandingan viskositas dikurangi dengan 0.05 Pa.s dengan referensi.	29
4.5	Grafik perbandingan viskositas dikurangi dengan 0.05 Pa.s dengan referensi.	29
4.6	Grafik perbandingan viskositas dikurangi dengan 0.05 Pa.s dengan referensi.	30
4.7	Grafik perbandingan hasil viskositas minyak pelumas SAE 5W-40 pada temperatur ruangan (27.5 °C) dengan referensi.	30

4.8	Grafik perbandingan hasil viskositas minyak pelumas SAE 10W-40 pada temperatur ruangan (27.5 °C) dengan referensi.	31
4.9	Grafik perbandingan hasil viskositas minyak pelumas SAE 15W-40 pada temperatur ruangan (27.5 °C) dengan referensi.	31
A.1	Hasil pengukuran waktu bola jatuh pada minyak pelumas SAE 5W-40.	37
A.2	Hasil pengukuran waktu bola jatuh pada minyak pelumas SAE 10W-40.	38
A.3	Hasil pengukuran waktu bola jatuh pada minyak pelumas SAE 15W-40	38

DAFTAR TABEL

2.1	Nilai viskositas dalam satuan mPa.s pada temperatur 0-100 °C [1]	6
4.1	Tabel hasil pengukuran dan perhitungan massa jenis fluida <i>Shell Advance Ultra Scooter 5W-40</i>	23
4.2	Tabel hasil pengukuran dan perhitungan massa jenis fluida <i>Shell Advance AX7 Scooter 10W-40</i>	23
4.3	Tabel hasil pengukuran dan perhitungan massa jenis fluida <i>Shell Advance Advance AX5 15W-40</i>	24
4.4	Tabel hasil pengukuran dan perhitungan massa jenis bola.	24
4.5	Tabel nilai viskositas minyak pelumas <i>Shell Advance Advance AX7 Scooter 5W-40</i> yang diperoleh menggunakan persamaan 2.10.	24
4.6	Tabel nilai viskositas minyak pelumas <i>Shell Advance AX7 Scooter 10W-40</i> yang diperoleh menggunakan persamaan 2.10.	25
4.7	Tabel nilai viskositas minyak pelumas <i>Shell Advance AX5 15W-40</i> yang diperoleh menggunakan persamaan 2.10.	25
4.8	Tabel nilai viskositas air, massa jenis air diambil berdasarkan referensi [2] dan hasil pengukuran waktu ketika air mengalir dari batas A ke batas B yang akan digunakan pada persamaan 2.12.	25
4.9	Tabel hasil pengukuran waktu dan nilai viskositas minyak pelumas <i>Shell Advance Ultra Scooter 5W-40</i>	26
4.10	Tabel hasil pengukuran waktu dan nilai viskositas minyak pelumas <i>Shell Advance AX7 Scooter 10W-40</i>	26
4.11	Tabel hasil pengukuran waktu dan nilai viskositas minyak pelumas <i>Shell Advance AX5 15W-40</i>	26

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pada kehidupan sehari-hari biasanya masyarakat menggunakan berbagai jenis minyak seperti: minyak goreng dimanfaatkan sebagai bahan utama untuk memasak, minyak rambut digunakan untuk menata rambut agar menjadi lebih rapi, minyak wangi dimanfaatkan untuk memberikan aroma sedap pada bagian tubuh, dan minyak pelumas dimanfaatkan oleh masyarakat sebagai pelumas mesin pada kendaraan.

Pada masa kini kendaraan bermotor menjadi salah satu alat transportasi utama dalam kehidupan masyarakat sehari-hari. Dikutip dari situs perusahaan Shell Indonesia, permintaan pelumas terus meningkat sehingga dilakukan perluasan lahan untuk membangun pabrik seluas sembilan hektare untuk memenuhi permintaan pelumas dalam negeri [3].

Kendaraan bermotor yang menggunakan sistem pembakaran pada mesin diperlukan perawatan secara berkala untuk menjaga performa mesin kendaraan. Perawatan dilakukan dengan mengganti minyak pelumas sesuai aturan kendaraan yang digunakan, misalnya pergantian dilakukan setelah kendaraan menempuh jarak 1.500 km – 4.000 km atau setiap satu sampai dua bulan sekali untuk sepeda motor[4] , dan 5.000 km – 10.000 km untuk mobil[5]. Minyak pelumas yang digunakan pada waktu tertentu (berdasarkan jarak tempuh atau waktu operasi) harus diganti dengan minyak pelumas baru karena viskositas minyak pelumas umumnya telah berubah (menjadi encer) [4]. Kualitas minyak pelumas seperti tingkat viskositas, dan jenis minyak pelumas (sintetis, semi-sintetis, dan mineral) yang digunakan dapat menentukan performa dan daya tahan mesin.

Minyak pelumas mesin memiliki salah satu ciri fisik yang penting yaitu viskositas. Viskositas dapat dikatakan sebagai ukuran kekentalan zat cair yang menyatakan seberapa besar atau kecil gesekan pada zat cair. Semakin besar viskositas zat cair, maka semakin sulit suatu zat cair untuk mengalir dan semakin sulit suatu benda untuk bergerak di dalam zat cair tersebut.

Minyak pelumas memiliki tingkat kekentalan yang disebut "*Viscosity-Grade*" yaitu ukuran viskositas untuk suatu zat cair. Untuk mengetahui viskositas pada kemasan minyak pelumas mesin adalah dengan diberikan kode SAE yang merupakan singkatan dari *Society of Automotive Engineers* [6]. Terdapat beberapa faktor yang memengaruhi nilai viskositas minyak pelumas salah satunya adalah temperatur. Ketika terjadi peningkatan temperatur pada suatu pelumas maka nilai viskositas akan menurun sehingga pelumas lebih mudah untuk mengalir, dan ketika terjadi penurunan temperatur pada suatu pelumas maka nilai viskositas akan meningkat yang mengakibatkan pelumas akan lebih sulit untuk mengalir.

Untuk mengetahui nilai viskositas ketika terjadi kenaikan atau penurunan temperatur perlu dilakukan upaya pengukuran nilai viskositas. Terdapat 4 metode yang dapat digunakan untuk menentukan nilai viskositas yaitu *Ostwald Viscometer*, *Rotary Viscometer*, *Falling Sphere Method*, dan *Industrial Viscometer* [7]. Pada tugas akhir ini pengukuran nilai viskositas minyak pelumas mesin dilakukan menggunakan metode sederhana yaitu *Falling Sphere Method* (metode viskometer bola jatuh). Metode dilakukan dengan cara mengukur waktu bola jatuh di dalam cairan yang diuji. Tujuan dilakukannya hal ini untuk mengetahui kecepatan terminal bola. Tugas akhir ini membahas mengenai pengaruh kenaikan temperatur terhadap nilai viskositas minyak pelumas mesin

menggunakan metode viskometer bola jatuh.

1.2 Rumusan Masalah

Dalam tulisan ini akan dibahas pengaruh temperatur terhadap nilai viskositas pada tiga jenis pelumas mesin kendaraan bermotor dengan rumusan masalah:

- Bagaimana mengukur nilai viskositas menggunakan viskometer bola jatuh?
- Mengetahui nilai viskositas dari ketiga jenis minyak pelumas yang dipanaskan pada temperatur 30 °C, 40 °C, 50 °C, 60 °C, 70 °C, 80 °C, 90 °C, dan 100 °C.
- Minyak pelumas yang digunakan pada percobaan ini merupakan minyak pelumas dalam kondisi baru (belum digunakan sama sekali).

1.3 Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh kenaikan temperatur terhadap nilai viskositas, mengetahui nilai viskositas terendah dari ketiga jenis pelumas yang digunakan, mengetahui bagaimana cara menggunakan metode viskometer bola jatuh, dan menghitung nilai viskositas menggunakan Hukum Stokes.

1.4 Batasan Masalah

Penelitian ini difokuskan pada pengaruh temperatur pada penurunan nilai viskositas minyak pelumas. Agar tidak menyimpang dari permasalahan yang diteliti maka permasalahan akan dibatasi:

1. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui nilai viskositas minyak pelumas akibat pengaruh kenaikan temperatur.
2. Perhitungan dan pengukuran viskositas dilakukan dengan menggunakan viskometer bola jatuh.
3. Jenis minyak pelumas yang digunakan adalah *Shell Advance Ultra Scooter 5W - 40*, *Shell Advance AX7 Scooter 10W - 40*, *Shell Advance AX5 15W - 40*, karena jenis minyak pelumas tersebut diproduksi oleh perusahaan yang dinobatkan sebagai pemasok pelumas terbaik dunia yang telah dinobatkan selama 14 tahun berturut-turut.
4. Volume minyak pelumas yang digunakan konstan bertujuan agar posisi awal bola jatuh selalu sama.

1.5 Manfaat

Memberikan wawasan mengenai berapa nilai viskositas dari ketiga jenis pelumas yang digunakan dalam satuan Pa.s (pascal second), dan cara menggunakan metode viskometer bola jatuh serta menggunakan Hukum Stokes untuk menentukan nilai viskositas.

1.6 Metodologi

Metode dalam penelitian ini dilakukan menggunakan metode viskometer bola jatuh. Minyak pelumas dipanaskan hingga mencapai temperatur yang ditentukan, minyak pelumas yang telah dipanaskan dituang ke dalam tabung silinder, bola dijatuhkan pada permukaan minyak pelumas

yang telah dituang ke tabung silinder, waktu bola jatuh diukur ketika bola berada antara titik A dan titik B menggunakan *stopwatch*. Dari eksperimen tersebut didapatkan data hasil eksperimen yang akan diolah dan dianalisis.

1.7 Sistematika Pembahasan

1. Bab 1 Pendahuluan

Terdiri dari latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, batasan masalah, manfaat penelitian, metodologi dan sistematika pembahasan.

2. Bab 2 Tinjauan Pustaka

Berisi beberapa teori yang digunakan dalam penulisan tugas akhir. Teori yang digunakan berkaitan dengan minyak pelumas, viskositas, standar pelumas mesin Hukum Stokes, pengaruh temperatur terhadap viskositas, viskometer bola jatuh.

3. Bab 3 Metode Penelitian

Mekanisme mencari waktu yang dibutuhkan bola saat bergerak dari titik A dan B di dalam pelumas mesin dan perhitungan untuk mencari nilai viskositas.

4. Bab 4 Hasil dan Pembahasan

Berisi hasil dan pembahasan yang telah ditunjukkan dari perhitungan untuk mencari nilai viskositas.

5. Bab 5 Kesimpulan dan Saran

Berisi kesimpulan dan saran yang dapat diberikan terkait dengan laporan dari pemodelan sederhana yang telah dilakukan.