



**KAJIAN PENGARUH SUHU TERHADAP VISKOSITAS
MINYAK GORENG SEBAGAI RANCANGAN BAHAN
AJAR PETUNJUK PRAKTIKUM FISIKA**

SKRIPSI

Oleh:

YANISA DAMAYANTI

NIM: 140210102064

**PROGRAM STUDI PENDIDIKAN FISIKA
JURUSAN PENDIDIKAN MIPA
FAKULTAS KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN
UNIVERSITAS JEMBER**

2018





**KAJIAN PENGARUH SUHU TERHADAP VISKOSITAS
MINYAK GORENG SEBAGAI RANCANGAN BAHAN
AJAR PETUNJUK PRAKTIKUM FISIKA**

SKRIPSI

diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat
untuk menyelesaikan Program Studi Pendidikan Fisika (S1)
dan mencapai gelar Sarjana Pendidikan

Oleh:

YANISA DAMAYANTI

NIM: 140210102064

**PROGRAM STUDI PENDIDIKAN FISIKA
JURUSAN PENDIDIKAN MIPA
FAKULTAS KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN
UNIVERSITAS JEMBER**

2018

PERMSEMBAHAN

Dengan menyebut nama Allah Yang Maha Pengasih dan Maha Penyayang serta shalawat dan salam kepada Nabi Muhammad SAW, kupersembahkan karyaku kepada:

1. Ayahanda Alm. Nuryadi dan ibunda Nurhayati tercinta. Terima kasih atas segala kesabaran dan dukungan yang telah diberikan. Terimakasih atas kepercayaan yang telah diberikan yang membuat saya percaya bahwa saya mampu menyelesaikan karya ini;
2. Guru-guru TK Negeri Pembina, SDN 1 Mojopanggung, SMPN 1 Banyuwangi, SMAN 1 Glagah dan dosen-dosen Program Studi Pendidikan Fisika FKIP Universitas Jember tersayang yang telah memberikan saya ilmu dan bimbingan dengan penuh kesabaran; dan
3. Almamater Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Jember yang saya banggakan.

MOTO

“Barang siapa menghendaki kehidupan dunia maka wajib baginya memiliki ilmu, dan barang siapa menghendaki kehidupan akhirat maka wajib baginya memiliki ilmu, dan barang siapa menghendaki keduanya maka wajib baginya memiliki ilmu”. (HR. Tirmidzi)^{*}



*Albani, M. N. (1997). Shahih Sunan Tirmidzi Seleksi Hadits Shahih dari Kitab Sunan Tirmidzi. Jakarta: Pustaka Azzam

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Yanisa Damayanti

NIM : 140210102064

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi yang berjudul “Kajian Pengaruh Suhu terhadap Viskositas Minyak Goreng sebagai Rancangan Bahan Ajar Petunjuk Praktikum Fisika” adalah benar benar hasil karya sendiri, kecuali kutipan yang sudah saya sebutkan sumbernya, belum pernah diajukan pada institusi manapun, dan bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa adanya tekanan dan paksaan dari pihak manapun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata dikemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, April 2018

Yang menyatakan.

Yanisa Damayanti

140210102064

PENGESAHAN

Skripsi berjudul “Kajian Pengaruh Suhu terhadap Viskositas Minyak Goreng sebagai Rancangan Bahan Ajar Petunjuk Praktikum Fisika” telah diuji dan disahkan oleh Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Jember pada:

Hari, tanggal :

Tempat : Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Jember

Tim Penguji :

Ketua

Anggota I,

Drs. Albertus Djoko Lesmono, M.Si
NIP. 19641230 199302 1 001

Drs. Trapsilo Prihandono, M.Si
NIP. 19620401 198702 1 001

Anggota II,

Anggota III,

Drs. Bambang Supriadi, M.Sc
NIP. 19680710 199302 1 001

Drs. Sri Handono B. P., M.Si
NIP. 19580318 198503 1 004

Mengesahkan
Dekan Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan
Universitas Jember

Prof. Drs. Dafik, M.Sc., Ph.D
NIP. 19680802 199303 1 004

RINGKASAN

Kajian Pengaruh Suhu terhadap Viskositas Minyak Goreng sebagai Rancangan Bahan Ajar Petunjuk Praktikum Fisika; Yanisa Damayanti, 140210102064; 2018; 95 halaman; Prodi Pendidikan Fisika; Jurusan Pendidikan MIPA; Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Jember.

Viskositas merupakan salah satu materi fluida statis yang dipelajari dalam perkuliahan fisika dasar. Terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi nilai viskositas suatu fluida salah satunya adalah suhu. Namun pengaruh suhu terhadap viskositas masih jarang dibahas dalam pembelajaran. Praktikum fisika dasar yang biasa dilakukan tidak memperhitungkan pengaruh suhu terhadap viskositas fluida padahal suhu membawa pengaruh yang besar terhadap viskositas fluida. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji pengaruh suhu terhadap viskositas minyak goreng dan membuat rancangan bahan ajar petunjuk praktikum fisika berdasarkan hasil kajian pengaruh suhu terhadap viskositas minyak goreng.

Fluida yang digunakan dalam penelitian ini adalah minyak goreng kelapa sawit kemasan yang terdiri dari Bimoli, Filma dan Kunci Mas. Dalam penelitian ini dipaparkan pengaruh suhu terhadap viskositas minyak goreng menggunakan metode hukum stokes. Hasil penelitian pengaruh suhu terhadap viskositas minyak goreng digunakan sebagai dasar penyusunan rancangan bahan ajar petunjuk praktikum fisika. Metode pengumpulan data yang digunakan dalam penelitian ini adalah dengan melakukan eksperimen laboratorium. Ketiga merk minyak goreng diukur terlebih dahulu massa jenis dan viskositasnya sebelum dipanaskan. Lalu setelah itu dipanaskan hingga suhu 60°C , kemudian dimasukkan ke dalam viskometer bola jatuh untuk direkam kecepatan bola melewati minyak goreng. Digunakan 5 kali perubahan suhu yaitu 55°C , 50°C , 45°C , 40°C , 35°C sehingga terdapat 5 kali pengukuran massa jenis menggunakan hidrometer serta 5 kali perekaman kecepatan terminal bola di setiap merk minyak goreng. Kecepatan terminal dianalisis menggunakan *software tracker video analysis*. Hasil analisis

kecepatan terminal bola lalu dimasukkan ke dalam rumus untuk mencari viskositas setiap perubahan suhu.

Berdasarkan hasil penelitian didapatkan hasil viskositas minyak goreng semakin menurun seiring bertambahnya suhu. Hal ini ditunjukkan dengan semakin menurunnya massa jenis minyak goreng. Penurunan nilai viskositas terjadi karena ketika minyak goreng dipanaskan, partikel di dalam minyak goreng menjadi lebih renggang sehingga kohesi molekuler minyak goreng semakin berkurang. Akibat penurunan massa jenis menyebabkan peningkatan kecepatan terminal bola. Berdasarkan persamaan regresi linier dapat dikatakan bahwa nilai viskositas minyak goreng berbanding terbalik terhadap suhu karena “X” bernilai negatif. Nilai R pada setiap persamaan menunjukkan korelasi antara suhu terhadap viskositas sangat kuat karena nilai R mendekati 1. Hasil analisis data penelitian digunakan sebagai sumber untuk menyusun bahan ajar petunjuk praktikum untuk mahasiswa yang menempuh fisika dasar. Bahan ajar petunjuk praktikum pengaruh suhu terhadap viskositas terdiri dari beberapa bagian antara lain judul, tujuan, alat dan bahan, landasan teori mengenai pengaruh suhu terhadap viskositas, langkah percobaan, tabel hasil percobaan, serta pertanyaan.

Berdasarkan hasil penelitian didapatkan kesimpulan bahwa Suhu berpengaruh terhadap viskositas minyak goreng. Hal ini dapat diketahui melalui nilai R mendekati 1 pada ketiga merk minyak goreng sehingga hubungan antara suhu terhadap viskositas sangat kuat. Pengaruh suhu terhadap viskositas minyak goreng dilihat dari persamaan regresi linier adalah berbanding terbalik. Semakin tinggi suhu maka viskositas minyak goreng semakin rendah. Rancangan bahan ajar petunjuk praktikum pengaruh suhu terhadap viskositas minyak goreng terdiri dari beberapa bagian antara lain judul, tujuan, alat dan bahan, landasan teori mengenai pengaruh suhu terhadap viskositas, langkah percobaan, tabel hasil percobaan, serta pertanyaan.

PRAKATA

Puji syukur kepada Allah atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Kajian Pengaruh Suhu terhadap Viskositas Minyak Goreng sebagai Rancangan Bahan Ajar Petunjuk Praktikum Fisika”. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat menyelesaikan pendidikan strata satu (S1) pada Jurusan Pendidikan MIPA Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Jember.

Penyusunan skripsi ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan terimakasih kepada:

1. Prof. Drs. Dafik, M.Sc., Ph.D., selaku Dekan Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Jember;
2. Dr. Dwi Wahyuni, M.Kes., selaku Ketua Jurusan Pendidikan MIPA Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Jember;
3. Drs. Bambang Supriadi, M.Sc., selaku Ketua Program Studi Pendidikan Fisika yang telah membuat sistem tugas akhir lebih teratur mulai dari panghuan judul hingga perizinan lainnya.
4. Drs. Albertus Djoko Lesmono, M.Si., selaku dosen pembimbing utama dan Drs. Trapsilo Prihandono, M.Si., selaku dosen pembimbing anggota yang telah meluangkan waktu, pikiran dan perhatiannya guna memberikan bimbingan demi terselesaikannya penulisan skripsi ini;
5. Drs. Bambang Supriadi, M.Sc., selaku dosen penguji utama dan Drs. Sri Handono B.P., M.Si., selaku dosen penguji anggota yang telah meluangkan waktu dan pikirannya guna memberikan saran dan masukan;
6. Drs. Alex Harijanto, M.Si., selaku Kepala Laboratorium Pendidikan Fisika yang telah memberikan izin melakukan penelitian;
7. Alm. Nuryadi dan Nurhayati., selaku orang tua yang telah memberikan dorongan dan doanya demi terselesaikannya skripsi ini;
8. Esa Ria, Fiska Fibi, Fitria Wahyu dan Arlin Muzdalifah., selaku teman yang telah membantu dalam melakukan penelitian.

Penulis juga menerima segala kritik dan saran dari semua pihak demi kesempurnaan skripsi ini. Akhir kata, penulis berharap semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi kita semua.

Jember, April 2018

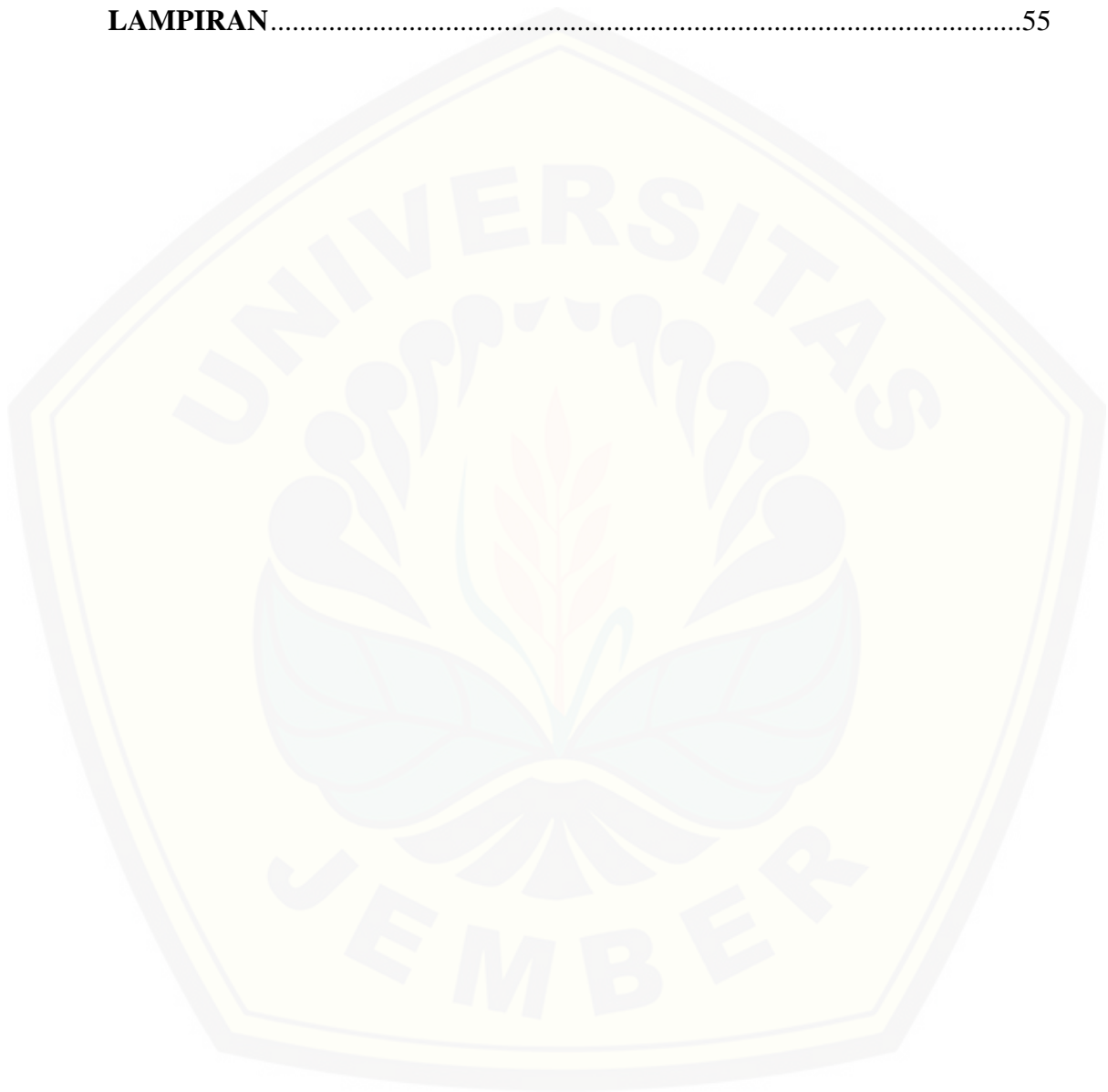
Penulis



DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL	i
HALAMAN PERSEMBAHAN.....	ii
HALAMAN MOTO.....	iii
HALAMAN PERNYATAAN.....	iv
HALAMAN PENGESAHAN	v
RINGKASAN	vi
PRAKATA	viii
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan	4
1.4 Batasan Masalah	4
1.5 Manfaat	4
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Fluida	5
2.2 Viskositas	6
2.3 Hukum Stokes	8
2.4 Minyak Goreng	11
2.5 Tracker Video Analysis	13
2.5.1 Langkah penggunaan <i>tracker</i>	13
2.6 Bahan Ajar	16
2.7 Petunjuk Praktikum	17
BAB 3. METODE PENELITIAN	19
3.1 Jenis Penelitian	19
3.2 Tempat dan Waktu Penelitian	19
3.3 Definisi Operasional Variabel Penelitian	19
3.4 Alat dan Bahan Penelitian	20
3.4.1 Alat Penelitian	20
3.4.2. Bahan Penelitian	20
3.5 Desain Alat Ukur	21
3.6 Alur Penelitian	21
3.7 Teknik Pengumpulan Data	22
3.8 Teknik Analisa Data	24
3.9 Rancangan Bahan ajar	28
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN	30
4.1 Hasil.....	30
4.1.1 Analisis data hasil penelitian.....	30
4.1.2 Rancangan bahan ajar	32

4.2 Pembahasan.....	47
BAB 5. PENUTUP.....	50
5.1 Kesimpulan	50
5.2 Saran.....	50
DAFTAR PUSTAKA	51
LAMPIRAN.....	55



DAFTAR TABEL

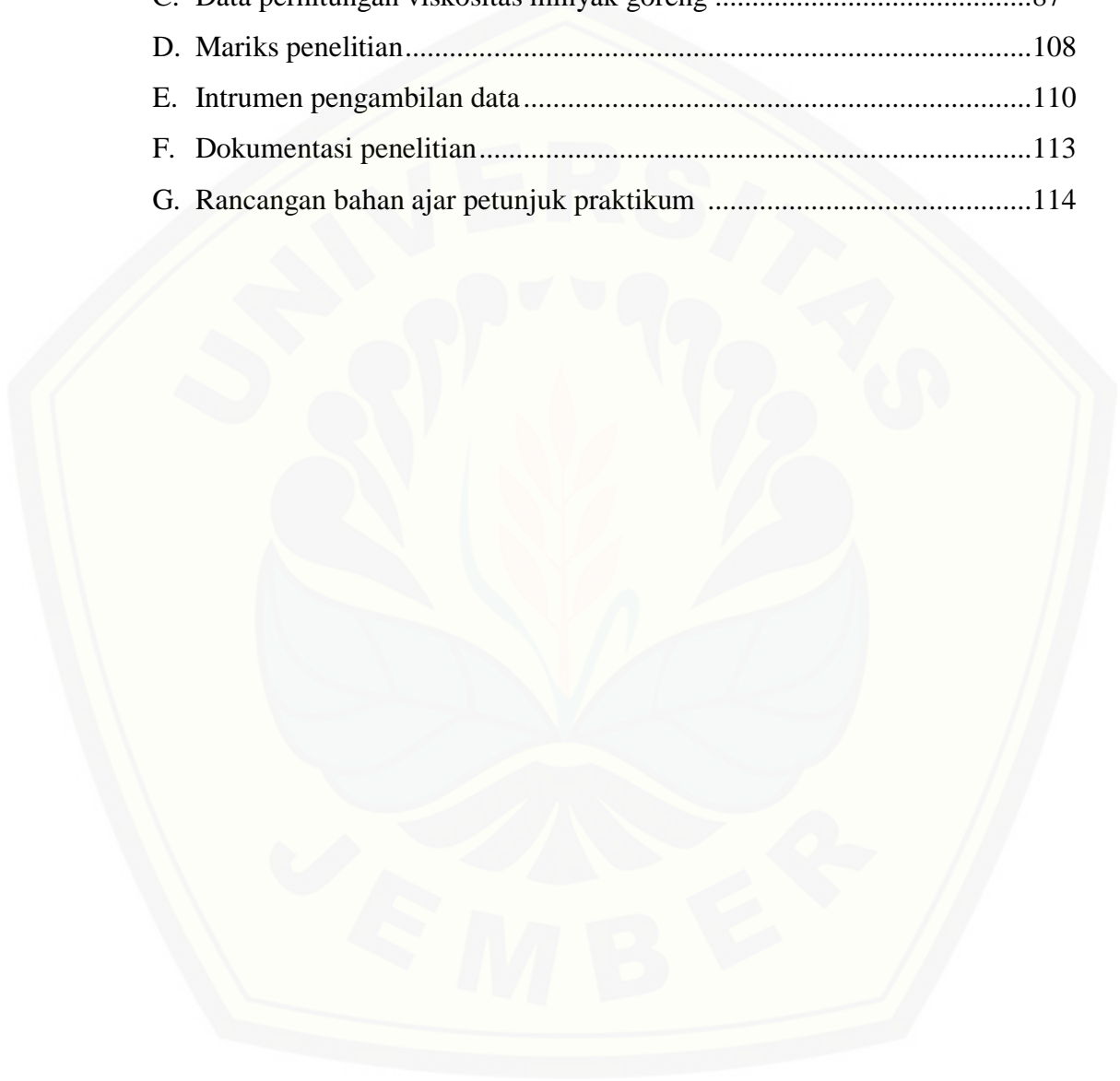
Tabel 2.1 Viskositas zat cair	8
Tabel 2.2 Sifat fisik minyak goreng pada suhu 20°C	12
Tabel 2.3 Nilai gizi minyak goreng.....	13
Tabel 3.1 Data hasil pengukuran massa dan jari jari bola	24
Tabel 3.2 Data hasil pengukuran massa jenis minyak goreng	26
Tabel 3.3 Data kecepatan terminal menggunakan <i>tracker</i>	26
Tabel 3.4 Data hasil observasi massa jenis minyak goreng	27
Tabel 4.1 Data hasil pengukuran massa dan jari jari kelereng.....	30
Tabel 4.2 Data hasil pengukuran massa jenis minyak goreng	32
Tabel 4.3 Data hasil pengukuran kecepatan terminal minyak bimoli 29°C, 35°C dan 40°C	32
Tabel 4.4 Data hasil pengukuran kecepatan terminal minyak bimoli 45°C, 50°C dan 55°C	34
Tabel 4.5 Data Hasil pengukuran kecepatan terminal minyak Filma 29°C, 35°C dan 40°C	36
Tabel 4.6 Data Hasil pengukuran kecepatan terminal minyak Filma 45°C, 50°C dan 55°C	38
Tabel 4.7 Data Hasil pengukuran kecepatan terminal minyak Kunci Mas 29°C, 35°C dan 40°C	39
Tabel 4.8 Data Hasil pengukuran kecepatan terminal minyak Kunci Mas 45°C, 50°C dan 55°C	41
Tabel 4.9 Analisis data viskositas minyak goreng	43

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Lapisan cairan antara dua plat paralel	6
Gambar 2.2 Gaya yang bekerja pada bola yang jatuh ke dalam fluida.....	9
Gambar 3.1 Desain alat ukur.....	21
Gambar 3.2 Bagan alur tahapan penelitian	21
Gambar 4.1 Grafik hubungan suhu terhadap viskositas Bimoli	44
Gambar 4.2 Grafik hubungan suhu terhadap viskositas Filma	44
Gambar 4.3 Grafik hubungan suhu terhadap viskositas Kunci Mas.....	44
Gambar 4.4 Diagram hubungan suhu terhadap massa jenis	45
Gambar 4.5 Grafik hubungan suhu terhadap kecepatan terminal.....	46

DAFTAR LAMPIRAN

A. Data kecepatan terminal	55
B. Analisis data kecepatan terminal	60
C. Data perhitungan viskositas minyak goreng	87
D. Mariks penelitian.....	108
E. Intrumen pengambilan data.....	110
F. Dokumentasi penelitian.....	113
G. Rancangan bahan ajar petunjuk praktikum	114



BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sains dan teknologi menjadi dua hal penting pada abad 21 ini. Sains yang terdiri dari fisika, kimia dan biologi merupakan landasan penting dalam pembangunan. Sains merupakan cara untuk mengetahui tentang alam secara sistematis guna menguasai pengetahuan, fakta-fakta, konsep-konsep, prinsip dan memiliki sikap ilmiah (Departemen Pendidikan Nasional, 2003:6). Salah satu cabang ilmu fisika yang dipelajari di universitas adalah fluida. Fluida memegang peranan penting dalam kehidupan manusia karena manusia meminum, menghirup bahkan berenang di dalam fluida. Fluida adalah zat yang dapat mengalir yang terdiri dari zat cair dan gas. Fluida dibagi menjadi dua yaitu fluida statis dan fluida dinamis. Fluida statis adalah fluida yang diam dalam keadaan setimbang sedangkan fluida dinamis adalah fluida yang bergerak dan jauh lebih kompleks (Young & Freedman, 2002: 424).

Viskositas merupakan salah satu materi fluida statis yang dipelajari saat perkuliahan fisika dasar. Terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi viskositas fluida salah satunya adalah suhu. Namun pengaruh suhu terhadap viskositas masih jarang dibahas dalam pembelajaran. Praktikum fisika dasar yang biasa dilakukan tidak memperhitungkan pengaruh suhu terhadap viskositas fluida padahal suhu membawa pengaruh yang besar terhadap viskositas fluida. Menurut Lumbatoruan dan Yulianti (2016), suhu berhubungan erat dengan viskositas dimana semakin tinggi suhu maka semakin kecil nilai viskositas. Dalam penelitian sebelumnya telah diketahui pengaruh suhu terhadap viskositas beberapa sirup yang hasilnya: viskositas sirup Kokum, sirup Koronda, sirup apel Cashew, dan bubur mangga berkurang dengan cepat seiring dengan kenaikan suhu (Swami *et al.*, 2013).

Salah satu contoh fluida yang dapat digunakan untuk menjelaskan materi viskositas adalah minyak goreng. Minyak goreng merupakan salah satu contoh fluida yang erat kaitannya dengan kehidupan siswa sehari-hari sehingga diharapkan dapat membuat siswa lebih mudah memahami materi viskositas. Minyak goreng banyak dimanfaatkan oleh masyarakat karena minyak goreng

mampu menghantarkan panas, memberikan cita rasa (gurih), tekstur (renyah), warna (coklat), dan mampu meningkatkan nilai gizi (Aladedunye dan Przybylski 2009). Terdapat berbagai jenis minyak goreng di Indonesia misalnya minyak kelapa sawit, minyak kelapa, minyak kedelai, minyak jagung, minyak kacang tanah dan lain lain. Pada penelitian sebelumnya telah dilakukan penelitian untuk mengetahui pengaruh kecepatan pemusingan terhadap viskositas minyak goreng bekas menggunakan Hukum Poiseuille (metode aliran) dan disimpulkan bahwa kecepatan pemutar pemusingan mempengaruhi viskositas minyak goreng bekas. Semakin tinggi kecepatan putaran maka nilai viskositas minyak goreng bekas semakin kecil (Sutikno, 2005). Namun penelitian tersebut tidak menjelaskan salah satu faktor penting yang mempengaruhi viskositas yaitu suhu.

Pembelajaran fisika mengarahkan siswa untuk mencari tahu dan berbuat sehingga dapat membantu siswa memperoleh pemahaman yang lebih dalam mengenai peristiwa fisika yang terdapat di alam sekitar. Namun yang masih menjadi hambatan selama ini adalah pembelajaran fisika yang kurang mampu menghubungkan antara materi pembelajaran dengan kehidupan sehari hari siswa. Hal ini menyebabkan sebagian siswa mengalami kesulitan dalam memahami konsep konsep fisika. Akibat kesulitan tersebut siswa menjadi tidak tertarik untuk mempelajari fisika karena siswa menganggap bahwa fisika adalah pelajaran yang terlalu abstrak.

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh Yudhittara *et al.* (2017) diketahui bahwa tingkat tahu konsep siswa mengenai subbab viskositas dan satuannya sebesar 0%, tingkat tahu konsep tapi kurang yakin siswa sebesar 2%, tingkat miskonsepsi siswa sebesar 25,5% dan tingkat tidak tahu konsep siswa sebesar 72,5%. Hal ini menunjukkan bahwa sebagian besar siswa masih kurang memahami materi viskositas dan satuannya. Hal ini disebabkan oleh faktor sistem pembelajaran, cara berpikir siswa, buku teks pembelajaran, pengalaman dan pengetahuan yang kurang mendalam (Yudiattara *et al.*, 2017:89).

Salah satu cara untuk mengatasi kesulitan mahasiswa dalam memahami konsep viskositas adalah dengan memberikan sumber belajar yang sesuai serta berbasis kontekstual. Johnson (2002) menyatakan bahwa pembelajaran

kontekstual memungkinkan siswa untuk menghubungkan materi pembelajaran dengan kehidupan sehari-hari untuk menemukan makna. Bahan belajar yang kontekstual diharapkan dapat membantu siswa memahami materi viskositas. Risnawati *et al.* (2013) menyatakan bahwa penggunaan modul kontekstual lebih efektif meningkatkan keterampilan proses sains siswa yang dibuktikan dengan nilai N-gain kelas eksperimen lebih tinggi yaitu 0.60 dibandingkan dengan nilai N-gain kelas kontrol yaitu 0,40.

Berdasarkan uraian di atas bahan ajar kontekstual telah terbukti berhasil meningkatkan pemahaman siswa mengenai konsep fisika. Namun, bahan ajar materi viskositas terhadap pengaruh suhu berbasis kontekstual untuk siswa masih jarang ditemui. Oleh sebab itu peneliti tertarik untuk melakukan penelitian mengenai pengaruh suhu terhadap viskositas minyak goreng. Data yang didapatkan dari hasil penelitian digunakan untuk menyusun rancangan bahan ajar petunjuk praktikum mengenai pengaruh suhu terhadap viskositas sehingga diharapkan mahasiswa dapat lebih mudah memahami materi viskositas. Hukum Stokes dipilih karena merupakan salah satu metode untuk menentukan viskositas fluida sedangkan minyak goreng dipilih karena minyak goreng merupakan salah satu contoh fluida yang dekat dengan kehidupan sehari-hari. Oleh sebab itu peneliti akan melakukan penelitian yang berjudul **“Kajian Pengaruh Suhu Terhadap Viskositas Minyak Goreng sebagai Rancangan Bahan Ajar Petunjuk Praktikum Fisika”**.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang maka dapat dirumuskan masalah dari penelitian ini adalah:

- a. Bagaimana pengaruh suhu terhadap nilai viskositas minyak goreng menggunakan Hukum Stokes?
- b. Bagaimana rancangan bahan ajar petunjuk praktikum fisika berdasarkan materi viskositas pada minyak goreng?

1.3 Tujuan

Berdasarkan rumusan masalah yang telah diuraikan maka tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah:

- a. Mengkaji pengaruh suhu terhadap nilai viskositas minyak goreng menggunakan Hukum Stokes.
- b. Merancang bahan ajar petunjuk praktikum fisika berdasarkan materi viskositas pada minyak goreng.

1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. Minyak goreng yang digunakan adalah minyak goreng kelapa sawit kemasan yang terdiri dari tiga jenis minyak kelapa sawit kemasan Bimoli(A), Filma(B), dan Kunci Mas(C).
- b. Viskositas dan massa jenis minyak goreng diukur setiap penurunan suhu 5°C sebanyak 5 kali perubahan suhu.
- c. Kecepatan terminal diukur menggunakan software *tracker video analysis*.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang dapat diambil dari penelitian ini adalah

- a. Bagi peneliti, sebagai sumber pengetahuan dan pengalaman sebagai calon guru yang hasilnya dapat diterapkan saat mengajar di kelas.
- b. Bagi peneliti lain, dapat dijadikan sebagai rujukan dalam melaksanakan penelitian pengembangan bahan ajar materi viskositas.
- c. Bagi guru, sebagai referensi untuk menjelaskan materi viskositas serta memberikan contoh peristiwa fisika yang kontekstual pada materi viskositas.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Fluida

Fluida adalah zat yang dapat mengalir yang terdiri dari zat gas dan zat cair. Zat cair dan zat gas memiliki sifat yang sama yaitu tidak memiliki bentuk yang tetap. Zat cair dan zat gas mudah dibagi-bagi karena gaya tarik antar atom atau molekulnya jauh lebih lemah daripada gaya tarik menarik antar atau molekul zat padat (Abdullah, 2016). Istilah fluida digunakan untuk cairan dan gas, gas dianggap sebuah fluida yang mudah ditekan sedangkan cairan hampir tidak dapat ditekan meskipun ada pengecualian untuk kasus tertentu (Young and Freedman, 2002:424).

Pembelajaran fluida dibagi menjadi statika fluida dan dinamika fluida. Statika fluida (*fluid static*) adalah pelajaran tentang fluida yang diam pada keadaan setimbang. Keadaan setimbang yang dimaksud berdasarkan pada hukum pertama dan ketiga Newton. Dinamika fluida (*fluid dynamics*) merupakan pelajaran tentang fluida yang bergerak (Young and Freedman, 2002:424).

Harinaldi dan Budiarmo (2015) menyatakan beberapa sifat-sifat fluida yaitu:

a) Kerapatan (Density)

Kerapatan didefinisikan sebagai massa fluida per satuan volume. Kerapatan digunakan untuk mengkarakteristikan massa sebuah sistem fluida.

b) Volume Jenis (Specific Volume)

Volume jenis, v , adalah volume (V) persatuan massa fluida (m) dan oleh karena itu merupakan kebalikan dari kerapatan.

c) Berat Jenis (Specific Weight)

Berat jenis dilambangkan dengan γ didefinisikan sebagai berat fluida per satuan volume.

d) Viskositas

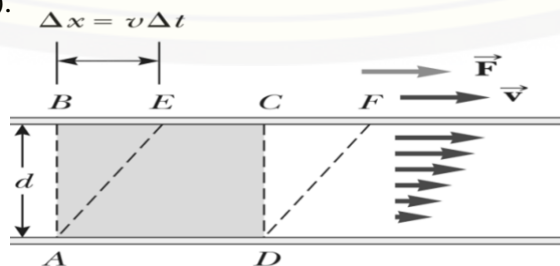
Viskositas didefinisikan sebagai ukuran kemampuan fluida melawan deformasi akibat tegangan geser

2.2 Viskositas

Setiap zat memiliki karakteristik yang berbeda beda antara satu zat dengan zat yang lain. Oli mobil yang merupakan salah satu contoh zat cair terlihat lebih kental dibandingkan dengan minyak kelapa. Viskositas atau kekentalan dapat dibayangkan sebagai peristiwa gesekan antara satu bagian dengan bagian yang lain di dalam fluida. Dalam fluida yang kental diperlukan gaya untuk menggeser satu bagian fluida terhadap bagian fluida yang lain. Dalam viskositas, persoalan seperti ini dapat dipandang seperti tegangan dan regangan pada zat padat (Lutfy, 2007).

Viskositas merupakan gesekan yang terjadi diantara lapisan-lapisan yang bersebelahan di dalam fluida. Viskositas pada gas diakibatkan oleh tumbukan antar molekul gas sedangkan viskositas pada zat cair terjadi akibat adanya gaya-gaya kohesi antar molekul zat cair (Giancoli, 2014). Sedangkan Halliday dan Resnick (2010) menyatakan bahwa kekentalan merupakan sifat cairan yang berhubungan dengan hambatan untuk mengalir. Beberapa cairan ada yang dapat mengalir dengan cepat namun ada yang mengalir dengan lambat. Fluida yang mengalir lambat seperti gliserin, dan madu, ini dikarenakan mempunyai viskositas besar. Jadi viskositas menentukan kecepatan mengalirnya cairan.

Viskositas fluida dinotasikan dengan η (eta) sebagai rasio tegangan geser. Untuk mengukur besaran viskositas diperlukan satuan ukuran. Dalam sistem standar internasional satuan viskositas ditetapkan sebagai viskositas kinematik dengan satuan ukuran mm^2/s atau $\text{cm}^2/\text{s} = 100 \text{ mm}^2/\text{s}$, $1 \text{ cm}^2/\text{s} = 1\text{St}$ (Stokes) (Young dan Freedman, 2002). Satuan viskositas dalam sistem cgs adalah poise ($1 \text{ poise} = 1 \text{ gr}/\text{sec}\cdot\text{cm}$).



Gambar 2.1. Lapisan cairan antara dua pelat paralel (Serway dan Jewett, 2009:302)

Gerakan fluida antara dua pelat paralel seperti pada gambar 2.1. Fluida diletakkan diantara dua pelat sejajar. Satu pelat digerakkan dengan kecepatan konstan v dengan arah sejajar dengan pelat. Permukaan fluida yang bersentuhan dengan pelat yang diam akan tetap diam sedangkan yang bersentuhan dengan pelat yang bergerak akan ikut bergerak dengan kecepatan v juga. Lapisan fluida yang lebih dekat dengan pelat akan memiliki kecepatan yang lebih besar. Untuk mempertahankan kecepatan tersebut diperlukan adanya gaya F yang memenuhi

$$F = \eta A \frac{v}{d} \quad (2.1)$$

dengan η adalah koefisien viskositas (Abdullah, 2016).

Faktor yang mempengaruhi viskositas suatu fluida adalah suhu, konsentrasi larutan, ukuran dan berat molekul, serta kehadiran zat lain (Bird, 1987). Kecepatan pemusingan terhadap viskositas juga mempengaruhi nilai viskositas suatu fluida yaitu semakin tinggi kecepatan putaran maka nilai viskositas minyak goreng bekas semakin kecil (Sutikno, 2005). Konsentrasi larutan mempengaruhi massa jenis fluida. Semakin besar konsentrasi larutan maka akan semakin besar pula massa jenis fluida. Suatu larutan dengan konsentrasi tinggi akan memiliki partikel terlarut yang lebih banyak sehingga menyebabkan gesekan antar partikel di dalam fluida semakin besar. Hal tersebut menyebabkan viskositas fluida semakin tinggi pula. Konsentrasi larutan menyatakan banyaknya partikel zat yang terlarut tiap satuan volume (Sani, 2010). Penambahan zat/bahan lain seperti bahan suspense akan menaikkan viskositas fluida. Misalnya penambahan air pad minyak ataupun gliserin akan menyebabkan viskositas air dan gliserin turun karena akan semakin encer dan waktu alirnya semakin cepat (Bird, 1987).

Menurut Ariyanti dan Agus (2010), semakin besar viskositas suatu fluida maka semakin sulit fluida tersebut untuk mengalir dan semakin sulit juga suatu benda untuk bergerak dalam fluida tersebut. Viskositas pada zat cair disebabkan oleh gaya kohesi antar molekul zat cair sedangkan pada zat gas, viskositas disebabkan oleh tumbukan antar molekul gas.

Salah satu faktor yang mempengaruhi viskositas adalah suhu. Viskositas berbanding terbalik dengan suhu. Jika suhu naik maka viskositas akan turun dan

begitu pula sebaliknya (Sani,2010). Viskositas suatu gas bertambah dengan naiknya temperatur, karena semakin besar aktivitas molekuler ketika temperatur meningkat. Sedangkan pada zat cair, jarak antar molekul jauh lebih kecil dibanding pada gas sehingga kohesi molekuler sangat kuat. Peningkatan temperatur mengurangi kohesi molekuler dan ini diwujudkan dengan berkurangnya viskositas fluida (Olson, 1993:21).

Suhu membawa pengaruh yang besar terhadap viskositas dan merupakan salah satu faktor pengaruh yang cukup mudah diamati. Menurut Lumbantoruan dan Yulianti (2016), suhu berhubungan erat dengan viskositas dimana semakin tinggi suhu maka semakin kecil nilai viskositas. Dalam penelitian sebelumnya telah diketahui pengaruh suhu terhadap viskositas beberapa sirup yang hasilnya: viskositas sirup Kokum, sirup Koronda, sirup apel Cashew, dan bubur mangga berkurang dengan cepat seiring dengan kenaikan suhu (Swami *et al.*, 2013).

Suhu mempengaruhi massa jenis fluida sehingga mempengaruhi viskositas fluida. Ketika tidak terjadi perubahan suhu maka massa jenis fluida akan tetap namun jika terjadi perubahan suhu massa jenis fluida setelah dipanaskan akan lebih kecil daripada massa jenis fluida sebelum dipanaskan. Fluida yang telah mengalami pemanasan atau perubahan suhu akan menyebabkan ikatan antar molekulnya berkurang sehingga kerapatan fluida akan berkurang. Hal ini menyebabkan massa jenis fluida semakin kecil yang menyebabkan viskositas fluida juga semakin kecil. Sehingga besarnya viskositas berbanding lurus dengan massa jenis fluida (Sutiah *et al.* 2008).

Tabel 2.1. Viskositas Zat Cair

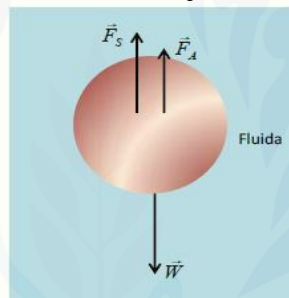
Bahan	Suhu t (°C)	Viskositas η (poise)
Air	20	$1,005 \times 10^{-2}$
	80	$0,357 \times 10^{-2}$
Minyak jarak	20	9,86
	80	0,30
Oli Mesin (SAE 10)	30	2

(Sears & Zemansky, 1982; Tipler, 1998)

2.3 Hukum Stokes

Hukum stokes merupakan dasar viskometer bola jatuh. Hukum Stokes berdasarkan jatuhnya benda melalui medium zat cair. Hukum stokes menjelaskan

bahwa apabila sebuah benda melaju dalam suatu fluida maka benda akan mengalami gaya hambat yang merupakan gaya gesek yang nilainya sebanding dengan koefisien viskositas fluida. Gaya tersebut disebut juga dengan gaya stokes. Benda yang jatuh mempunyai kecepatan yang semakin lama semakin besar. Sebuah bola yang memiliki massa jenis (ρ_b) dan berjari jari r dijatuhkan kedalam sebuah fluida kental tanpa kecepatan awal. Fluida kental tersebut memiliki massa jenis (ρ_f) dimana $\rho_b > \rho_f$ bola mula mula akan mendapatkan pengaruh percepatan gravitasi namun setelah mencapai keadaan setimbang maka kecepatan bola akan konstan. Kecepatan konstan inilah yang disebut kecepatan terminal (V_T) yaitu kecepatan pada saat gaya archimedes ditambah gaya gesekan fluida/gaya stokes sama dengan gaya berat bola. (Sukardjo, 2004: 110).



Gambar 2.2. Gaya yang bekerja pada bola yang jatuh ke dalam fluida (Abdullah, 2016)

Gaya yang bekerja pada bola yakni gaya achimedes (F_a), gaya berat bola ($W=m.g$) dan gaya stokes (F_s). Pada kecepatan terminal (V_T), resultan yang bekerja pada bola sama dengan nol. Misalnya sumbu vertikal ke atas sebagai sumbu positif, maka pada saat kecepatan terminal tercapai maka ketiga gaya tersebut setimbang sehingga berdasarkan kecepatan terminal bola maka berlaku persamaan berikut.

$$\Sigma F = 0$$

$$F_a + F_s = W \quad (2.2)$$

Jika massa jenis bola (ρ_b) memiliki volume (V_b) maka

$$W = \rho_b V_b g \quad (2.3)$$

$$F_a = \rho_f V_b g \quad (2.4)$$

Besarnya gaya stokes

$$F_s = 6\pi\eta r v \quad (2.5)$$

Massa jenis bola (ρ_b) dan massa jenis fluida (ρ_f) diukur dengan menggunakan persamaan

$$\rho_b = \frac{m_b}{V_b} \quad (2.6)$$

$$\rho_f = \frac{(m_g + m_f) - m_g}{V_f} \quad (2.7)$$

dengan m_g menyatakan massa gelas ukur, m_f menyatakan massa fluida dan V_f menyatakan volume fluida. Dengan memasukkan persamaan (2.3), (2.4) dan (2.5) ke dalam persamaan (2.2), maka dihasilkan

$$\begin{aligned} \rho_f V_b g + 6\pi\eta r v_T &= \rho_b V_b g \\ 6\pi\eta r v_T &= \rho_b V_b g - \rho_f V_b g \\ 6\pi\eta r v_T &= g V_b (\rho_b - \rho_f) \\ \eta &= \frac{g V_b (\rho_b - \rho_f)}{6\pi v_T r} \end{aligned} \quad (2.8)$$

Untuk benda berbentuk bola maka V_b pada persamaan (2.8) diubah menjadi

$V_b = \frac{4}{3}\pi r^3$, sehingga persamaannya menjadi seperti berikut

$$\begin{aligned} \eta &= \frac{4}{3} \frac{\pi r^3 g (\rho_b - \rho_f)}{6\pi v_T r} \\ \eta &= \frac{2r^2 g}{9v_T} (\rho_b - \rho_f) \end{aligned} \quad (2.9)$$

Persamaan (2.9) merupakan persamaan umum viskositas fluida menggunakan hukum stokes (Abdullah, 2016:799-800).

Ketika fluida dipanaskan dan mengalami perubahan suhu, fluida mengalami pemuaian volume sehingga

$$V_t = V_0(1 + \gamma\Delta T) \quad (2.10)$$

dengan V_t adalah volume akhir fluida setelah dipanaskan, V_0 adalah volume awal fluida sebelum dipanaskan, γ adalah koefisien muai volume fluida dan ΔT adalah

perubahan suhu. perubahan suhu juga mempengaruhi massa jenis fluida sehingga massa jenis fluida berubah setiap kenaikan suhu. semakin tinggi perubahan suhu maka massa jenis fluida akan semakin kecil. Hal ini karena massa jenis fluida dipengaruhi oleh volume fluida. Ketika dipanaskan massa fluida akan tetap tapi volume fluida akan semakin besar karena adanya pemuaian sehingga persamaan (2.10) dapat dimasukkan ke persamaan (2.6) didapatkan,

$$\rho_f' = \frac{m}{V_0(1 + \gamma\Delta T)}$$

$$\rho_f' = \frac{\rho_f}{(1 + \gamma\Delta T)} \quad (2.11)$$

ρ_f' adalah massa jenis fluida setelah dipanaskan sedangkan ρ_f adalah massa jenis fluida sebelum fluida dipanaskan. Ketika $\Delta T = 0$ maka ρ_f akan sama dengan ρ_f' . Dan ketika ΔT tidak sama dengan nol maka ρ_f' akan lebih kecil dari ρ_f .

Mencari viskositas fluida setelah dipanaskan maka massa jenis fluida (ρ_f) pada persamaan (2.9) memiliki arti sama dengan (ρ_f') massa jenis fluida setelah dipanaskan pada persamaan (2.11) sehingga persamaan (2.9) menjadi:

$$\eta = \frac{2r^2g}{9\nu_T}(\rho_b - \rho_f') \quad (2.12)$$

Dengan memasukkan persamaan (2.11) ke persamaan (2.12) maka koefisien viskositas fluida setelah dipanaskan menjadi:

$$\eta = \frac{2r^2g}{9\nu_T} \left(\rho_b - \frac{\rho_f}{(1 + \gamma\Delta T)} \right) \quad (2.13)$$

2.4 Minyak Goreng

Minyak goreng dapat diartikan sebagai minyak yang berasal dari lemak tumbuhan atau hewan yang dimurnikan dan berbentuk cair dalam suhu kamar yang biasa digunakan untuk menggoreng makanan. Minyak goreng dari tumbuhan (nabati) biasanya dihasilkan dari tanaman seperti kelapa, biji-bijian, kacang-kacangan, jagung, kedelai, dan kanola (Badan Pusat Statistik, 2014). Minyak goreng merupakan bahan pangan dengan komposisi utama trigliserida berasal dari

bahan nabati kecuali kelapa sawit, dengan atau tanpa perubahan kimiawi, termasuk hidrogenasi, pendinginan dan telah melalui proses rafinasi/pemurnian yang digunakan untuk menggoreng (SNI, 2013). Minyak goreng banyak dimanfaatkan oleh masyarakat karena minyak goreng mampu menghantarkan panas, memberikan cita rasa (gurih), tekstur (renyah), warna (coklat), dan mampu meningkatkan nilai gizi (Aladedunye dan Przybylski 2009).

Minyak goreng terdiri dari berbagai jenis. Jenis jenis minyak goreng antara lain minyak kelapa sawit, minyak kelapa, minyak jagung, minyak kedelai, minyak kacang tanah, minyak wijen dan lain lain. Setiap jenis minyak goreng memiliki ciri fisik dan kandungan yang berbeda beda. Minyak kelapa sawit adalah minyak yang berasal dari kelapa sawit. Minyak kelapa sawit merupakan minyak yang banyak digunakan oleh masyarakat Indonesia untuk proses menggoreng makanan. Minyak kedelai merupakan minyak yang berasal dari kedelai yang mengandung 85% asam lemak tidak jenuh. Minyak kacang tanah adalah minyak yang berasal dari kacang tanah dan biasa digunakan untuk menggoreng serta bahan pembuatan margarin dan mayonnaise. Minyak jagung merupakan minyak yang berasal dari ekstraksi biji jagung. Minyak jagung memiliki kandungan *phytosterol* dan *phytostanol* paling tinggi diantara minyak nabati lainnya (Gunstone, 2002).

Tabel 2.2. Sifat fisik minyak goreng pada suhu 20°C

Jenis minyak	c (m/s)	C_p (J/kg°C)	ρ (kg/m ³)	η (mPa.s)	γ (x10 ⁻⁴ .°C ⁻¹)
Biji bunga matahari	1471.6	2.197	919	47	6.61
Jagung	1469.5	1.956	920	64.5	7.22
Zaitun	1464.0	1.895	915.8	92	
Kacang tanah	1465.9		913	74	6.52
Sawit	1459.3	2.000	915 ^a	85	7.27
Kedelai	1469.8	1.917	899.6	59	7.24

^a diukur pada suhu 40°C

(Coupland dan McClements, 1997)

Kualitas minyak goreng dapat diketahui salah satunya dengan perubahan viskositas minyak goreng sebelum dan sesudah digunakan untuk memasak. Proses pemanasan pada minyak goreng saat memasak dapat menurunkan viskositas minyak goreng tersebut. Semakin tinggi penurunan viskositas minyak goreng menunjukkan bahwa kualitas minyak goreng tersebut tidak cukup baik (Sutiah *et*

al., 2008). Sebagian besar masyarakat Indonesia menggunakan minyak kelapa sawit untuk menggoreng. Berbagai jenis minyak goreng kelapa sawit kemasan di Indonesia antara lain Bimoli, Sania, Filma, Tropikal, Sunco dan masih banyak lagi. Menurut Top Brand (2017), Bimoli menjadi produk minyak goreng yang paling banyak dipilih oleh konsumen di Indonesia sedangkan Kunci Mas menjadi produk minyak goreng yang memiliki peminat terendah di Indonesia. Top Brand didasarkan pada hasil riset terhadap konsumen Indonesia. Merek terbaik berdasarkan pilihan konsumen yang didasarkan pada tiga parameter yaitu *top mind share*, *top of market share*, dan *top commitment share*. Ketiga jenis minyak goreng yang digunakan memiliki nilai gizi berbeda beda.

Tabel 2.3 Nilai gizi minyak goreng

Nilai gizi	Bimoli	Filma	Kunci Mas
Isi bersih	2 L	2L	1,8L
Energi total	90 kkal	70 kkal	70 kkal
Energi dari lemak	90 kkal	70 kkal	70 kkal
Lemak total	10 g (16% AKG)	8 g (13% AKG)	8 g (13% AKG)
Lemak jenuh	4 g (23% AKG)	3,5 g (20% AKG)	Tidak ada info
Lemak tak jenuh	5,5 g	Tidak ada info	Tidak ada info
Protein	0 g (0% AKG)	0 g (0% AKG)	0 g (0% AKG)
Karbohidrat	0 g (0% AKG)	0 g (0% AKG)	0 g (0% AKG)
Omega 9	4,5 g	3,5 g	2,5 g
Omega 6	Tidak ada info	1 g	1,7 g
Natrium	0 mg (0% AKG)	0 mg (0% AKG)	0 mg (0% AKG)

(Sumber: Kemasan Minyak goreng Bimoli, Filma, Kunci Mas)

2.5 Tracker Video Analysis

Tracker video analysis merupakan software *open source* yang mampu menganalisis video terutama yang berkaitan dengan pembelajaran fisika. Kelebihan software *tracker* adalah mampu menganalisis video kejadian fisika yang berhubungan dengan kelajuan, kecepatan, gaya, percepatan, medan gravitasi, konversi dan konservasi energi (Habibulloh, 2014). Software *tracker* mampu memberikan hasil yang akurat pada percobaan kinematika (Wantoro *et al.*, 2016).

2.5.1 Langkah Penggunaan Tracker

a. Install Program

Tracker Video Analysis & Modelling Tools merupakan aplikasi tak berbayar yang bisa di akses secara bebas. Master program ini dapat di unduh melalui

alamat physlets.org/tracker. Setelah berhasil mengunduh, lakukanlah proses instalasi program pada komputer.

b. Merekam Fenomena Gerak

Prinsip kerja tracker adalah menganalisis fenomena gerak yang sudah terekam dalam bentuk file video. Oleh karena itu, langkah awal yang harus dilakukan adalah menyiapkan video gerak yang akan dianalisis serta merekam pergerakan bola menggunakan *handycame* atau *smartphone*.

c. Memindahkan file hasil rekaman ke komputer yang telah terinstall *tracker*.

d. Membuka Program dengan melakukan double click shortcut *tracker* pada desktop komputer sehingga akan tampil program *tracker*.

e. Memasukkan Video

Langkah memasukkan video ke dalam tracker yaitu dengan memilih menu File lalu open File di bagian pojok kiri. Setelah itu mencari file video tentang gerak yang sudah di simpan di komputer sebelumnya.

f. Memilih Frame Video

Jika video sudah berhasil dimasukan dalam ruang kerja tracker, langkah selanjutnya adalah memilih bagian video yang akan dianalisis. Biasanya tidak semua bagian video merupakan bagian yang penting untuk dianalisis. Caranya adalah, *play* (putar) video hingga diketahui bagian video yang perlu dianalisis. Pada bagian pojok kiri bawah terdapat angka berwarna merah untuk menunjukkan bilangan frame. Selama video diputar perhatikan angka-angka pada bagian tersebut, lalu tentukan pada frame ke berapa video akan dimulai (start) dan pada frame ke berapa video akan diakhiri (finish) untuk kepentingan analisis. Setelah itu klik icon “*Clip Setting*” (Gambar Negative Film), lalu menuliskan angka pada Start Frame dan End Frame.

g. Kalibrasi Panjang

Langkah selanjutnya adalah memberi definisi panjang (Kalibarsi). Cara melakukan kalibrasi adalah, klik *Calibration Tools>New>Calibration stick* sehingga muncul garis berwarna biru pada ruang kerja Tracker. Kemudian mengganti angka 100.0 menjadi 1.000, lalu memindahkan ujung-ujung garis

biru tersebut pada ujung-ujung objek yang hendak dikalibrasi panjangnya pada tampilan video.

h. Memasukan Sumbu Koordinat

Memasukkan koordinat kartesian (Sumbu X,Y) pada ruang kerja dengan cara klik icon *Coordinate axes*, maka pada ruang kerja akan muncul dua buah garis berwarna ungu yang saling memotong secara tegak lurus sebagai koordinat posisi benda. Lalu menggeser koordinat tersebut dengan meletakkan titik asal (0,0) pada bagian objek (bola) saat pada frame Start. Setelah berhasil, sembunyikan koordinat dengan cara klik sekali lagi pada icon *Coordinate axes*.

i. Membuat “Point Mass”

Mendefinisikan massa benda dengan cara klik icon *Create > Point Mass* sehingga muncul box bertuliskan *Point Mass A*.

j. Membuat Jalur Gerakan Benda

Terdapat dua teknik yang bisa digunakan, yaitu teknik manual dan teknik otomatis. Berikut diuraikan masing-masing teknik:

1) Teknik Manual

Tekan tombol “Shift” pada keyboard, kemudian pada saat yang sama mengarahkan kursor di atas permukaan objek (bola), lalu tekan klik kiri. Sesaat kemudian objek (bola) akan melangkah ke frame berikutnya, lalu lakukan hal yang sama yaitu tekan tombol “Shift” dan klik permukaan objek (bola). Lakukan langkah tersebut terus menerus hingga sampai pada frame terakhir. Jika langkah ini sudah dilaksanakan, maka di layar samping kanan secara otomatis akan muncul grafik dan tabel waktu (t) dan posisi (x & y).

2) Teknik Otomatis

Klik box *Point Mass A > Autotracker*, sehingga memunculkan *Autotracker box*. Tekan tombol Shift + Ctrl pada keyboard kemudian meletakkan kursor di atas permukaan objek (bola), lalu klik kiri sehingga akan mengaktifkan tombol “search” pada autotracker box. Kemudian klik tombol “Search” sehingga objek (bola) akan bergerak secara otomatis. Jika bola berhenti (padahal belum sampai pada frame terakhir), maka klik tombol “accept” pada bagian bawah box hingga objek (bola) bergerak kembali. Jika langkah

ini sudah dilaksanakan, maka di layar samping kanan secara otomatis akan muncul grafik dan tabel waktu (t) dan posisi (x & y).

k. Menganalisis Tabel

Jika proses membuat jalur sudah berhasil, maka di sisi kanan ruang kerja *tracker* akan muncul dua bagian penting, yaitu Grafik Posisi dan Waktu, dan Tabel Posisi dan Waktu. Variabel/besaran dapat diubah sesuai dengan kebutuhan dengan cara klik judul sumbu, lalu mengganti dengan variabel yang dikehendaki. Sebagai contoh, pada huruf “ x ” kita klik, maka akan muncul pilihan simbol-simbol untuk variabel lain, seperti ‘ y ’, “ v_x ”, “ v_y ”, dll.

2.6 Bahan Ajar

Bahan ajar adalah segala bentuk bahan, informasi, alat dan teks yang digunakan untuk membantu guru/ dosen dalam melaksanakan kegiatan belajar mengajar (Majid, 2007: 174). Harijanto (2007) menyatakan bahwa bahan ajar dalam rancangan pembelajaran memiliki kedudukan penting dalam pembelajaran yaitu:

- 1) Membantu belajar secara perorangan
- 2) Memberikan keleluasaan penyiapan pembelajaran jangka pendek dan jangka panjang
- 3) Memudahkan pengelolaan proses belajar mengajar secara sistematis
- 4) Memudahkan belajar
- 5) Rancangan bahan ajar yang sistematis memberikan pengaruh besar bagi perkembangan sumber daya manusia secara perorangan.

Salah satu bentuk bahan ajar yang sering digunakan adalah bahan ajar cetak. Bahan ajar cetak adalah sejumlah bahan yang disiapkan dalam kertas yang dapat berfungsi untuk keperluan pembelajaran atau penyampaian informasi. Contoh dari bahan ajar tertulis misalnya buku, handout, modul, lembar kerja siswa, *wallchart*, *leaflet*, brosur atau gambar (Prastowo, 2014: 40).

Fisika pada dasarnya sangat dekat dengan kehidupan sehari-hari siswa sehingga dapat mempermudah siswa dalam memahami konsep-konsep fisika. Namun, pada kenyataannya banyak siswa menganggap bahwa fisika adalah

pelajaran sulit, menakutkan dan tidak ada kaitannya dengan kehidupan sehari-hari. Siswa kesulitan dalam menghubungkan materi fisika dengan penerapannya dalam kehidupan sehari-hari. Selain kurang mampu menghubungkan materi fisika dengan kehidupan sehari-hari, kurangnya sumber belajar yang kontekstual juga menyebabkan siswa sulit dalam memahami materi fisika. Tampubolon *et al.* (2015) menyatakan bahwa salah satu faktor yang menyebabkan rendahnya penguasaan konsep siswa adalah sumber belajar seperti buku teks terbatas atau kurang menarik untuk dibaca atau ditelusuri oleh siswa. Sumber belajar memberikan pengalaman belajar dan tanpa sumber belajar maka proses belajar tidak mungkin dapat terlaksana dengan baik (Sitepu, 2014:18).

Johnson (2002) menyatakan bahwa pembelajaran kontekstual memungkinkan siswa untuk menghubungkan materi pembelajaran dengan kehidupan sehari-hari untuk menemukan makna. Sumber belajar yang kontekstual diharapkan dapat membantu siswa memahami materi viskositas. Risnawati *et al.* (2013) menyatakan bahwa penggunaan modul kontekstual lebih efektif meningkatkan keterampilan proses sains siswa yang dibuktikan dengan nilai N-gain kelas eksperimen lebih tinggi yaitu 0.60 dibandingkan dengan nilai N-gain kelas kontrol yaitu 0,40. Depdiknas (2002) menyatakan bahwa pendekatan kontekstual adalah konsep belajar yang membantu guru mengaitkan antara materi yang diajarkan dengan situasi dunia nyata siswa dan mendorong siswa membuat hubungan antara pengetahuan yang dimilikinya dengan penerapan dalam kehidupan mereka sehari-hari. Pembelajaran dapat dikaitkan dengan objek dan fenomena yang terjadi di lingkungan terdekat (Kemendikbud, 2016).

2.7 Petunjuk Praktikum

Menurut kamus besar bahasa Indonesia (2016), praktikum berasal dari kata praktik yang artinya pelaksanaan secara nyata apa yang disebut dalam teori. Sedangkan praktikum adalah bagian dari pengajaran yang bertujuan agar siswa mendapat kesempatan untuk menguji dan melaksanakan di keadaan nyata ilmu yang diperoleh dari teori dan pembelajaran praktik. Pembelajaran dengan metode praktikum membutuhkan suatu petunjuk praktikum. Petunjuk praktikum

merupakan salah satu jenis bahan ajar yang berfungsi membantu guru dan siswa dalam melaksanakan kegiatan praktikum. Petunjuk praktikum akan menuntun siswa dalam melakukan praktikum dan membantu guru dalam mencapai tujuan pembelajaran.

Rancangan bahan ajar petunjuk praktikum dapat digunakan sebagai acuan untuk membuat petunjuk praktikum kontekstual. Rancangan bahan ajar dalam penelitian ini berupa petunjuk praktikum yang berdasarkan pada data data kontekstual kajian pengaruh suhu terhadap viskositas minyak goreng. Rancangan bahan ajar modul terdiri dari:

a. Judul

Judul praktikum yang akan dilaksanakan “Pengaruh suhu terhadap viskositas”.

b. Tujuan

Tujuan berisi tentang tujuan dilakukannya praktikum pengaruh suhu terhadap viskositas.

c. Alat dan bahan percobaan

Alat dan bahan percobaan berisi tentang daftar alat dan bahan yang digunakan dalam percobaan serta kegunaannya.

d. Landasan teori

Landasan teori berisi tentang teori viskositas serta pengaruh suhu terhadap viskositas.

e. Langkah percobaan

Langkah percobaan berisi tentang langkah langkah yang harus dilakukan oleh siswa dalam melaksanakan kegiatan praktikum pengaruh suhu terhadap viskositas.

f. Tabel hasil percobaan

Terdiri dari kolom kolom kosong yang nantinya akan digunakan untuk mencatat hasil percobaan pengaruh suhu terhadap viskositas.

g. Pertanyaan

Pertanyaan berisi tentang soal-soal uraian yang akan menuntun siswa untuk memahami pengaruh suhu terhadap viskositas.

BAB 3. METODE PENELITIAN

3.1 Jenis Penelitian

Jenis penelitian ini adalah penelitian deskriptif analitis. Metode deskriptif analitis merupakan metode yang bertujuan untuk memberi gambaran melalui sampel atau data yang telah terkumpul dan membuat kesimpulan yang berlaku umum (Soegiyono, 2009). Data yang terkumpul dari hasil observasi lapangan akan dianalisis dan dideskripsikan untuk menghasilkan sebuah kesimpulan yang kemudian dapat dijadikan sebagai bahan untuk merancang sumber belajar yang kontekstual berdasarkan materi viskositas yang berguna untuk siswa.

3.2 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian kajian pengaruh suhu terhadap viskositas minyak goreng dilaksanakan di Laboratorium Fisika Dasar Pendidikan Fisika Universitas Jember. Waktu pelaksanaan penelitian yaitu pada semester genap tahun ajaran 2017/2018

3.3 Definisi Operasional Variabel Penelitian

Definisi operasional merupakan definisi yang dirumuskan oleh peneliti tentang istilah-istilah yang ada pada makalah peneliti yang bertujuan untuk menyamakan persepsi peneliti dengan orang-orang yang terkait dengan penelitian (Sanjaya, 2013). Istiah istilah yang perlu didefinisikan:

1. Viskositas adalah ukuran yang menyatakan kekentalah suatu fluida yang menyatakan besar kecilnya gesekan dalam fluida. Semakin besar viskositas suatu fluida maka seakin sulit fluida tersebut untuk mengalir dan menunjukkan semakin sulit suatu benda bergerak dalam fluida.
2. Minyak goreng adalah minyak yang berasal dari lemak tumbuhan atau hewan yang dimurnikan dan berbentuk cair dalam suhu kamar yang biasa digunakan untuk menggoreng makanan. Jenis minyak goreng yang digunakan adalah minyak kelapa sawit kemasan.

3. Suhu adalah ukuran panas atau dingin suatu benda. Suhu yang digunakan dalam penelitian adalah suhu minyak goreng setelah dipanaskan yang terdiri dari 5 kali perubahan suhu.
4. Rancangan bahan ajar fisika berbentuk petunjuk praktikum yang judul, tujuan praktikum, landasan teori, langkah percobaan, tabel percobaan, pertanyaan.

3.4 Alat dan Bahan Penelitian

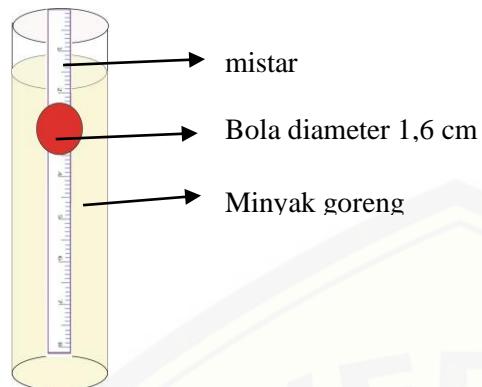
3.4.1 Alat Penelitian

1. Viskometer bola jatuh: digunakan untuk mengukur waktu bola melewati minyak goreng kelapa sawit kemasan.
2. Termometer: digunakan untuk mengukur suhu.
3. Hidrometer: digunakan untuk mengukur massa jenis minyak goreng.
4. neraca digital: digunakan untuk mengukur massa bola.
5. Software tracker: digunakan untuk mengetahui kecepatan terminal bola jatuh.
6. Jangka sorong: digunakan untuk mengukur diameter bola.
7. kompor: digunakan untuk memanaskan minyak goreng.
8. panci: digunakan sebagai tempat minyak goreng ketika dipanaskan diatas kompor.
9. *Handycam*: digunakan untuk merekam percobaan viskometer bola jatuh yang nantinya akan diukur kecepatan terminalnya.
10. Laptop terinstal software *tracker*: digunakan untuk menganalisis video viskometer bola jatuh.
11. Kalkulator: digunakan untuk menghitung koefisien viskositas minyak goreng.

3.4.2 Bahan Penelitian

Minyak goreng kelapa sawit kemasan (Bimoli, Filma, Kunci Mas): sebagai obyek yang diuji.

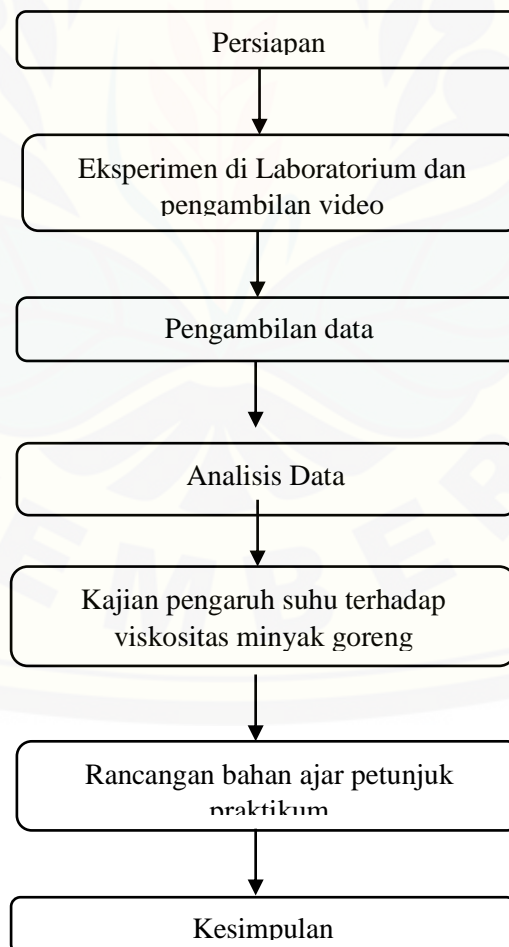
3.5 Desain Alat Ukur



Gambar 3.1. Desain alat ukur.

3.6 Alur Penelitian

Alur penelitian ini sebagai berikut:



Gambar 3.2. Bagan alur tahapan penelitian.

Alur penelitian dimulai dengan tahap persiapan berupa pengumpulan data-data dan informasi yang mendasari dilakukannya penelitian. Peneliti mengumpulkan teori-teori yang berkaitan dengan hukum Stokes untuk menentukan viskositas serta kaitannya dengan pembelajaran kontekstual untuk nantinya dijadikan sebagai rancangan sumber belajar. Setelah data, informasi serta teori-teori yang mendukung penelitian terkumpul, peneliti melakukan eksperimen di laboratorium untuk mengamati dan memperoleh data pengaruh suhu terhadap nilai viskositas minyak goreng menggunakan hukum Stokes. Data yang diperoleh dari hasil observasi di laboratorium kemudian dianalisis dan dikaji viskositas pada minyak goreng tersebut. Hasil analisa data tersebut kemudian digunakan sebagai sumber utama dalam menyusun rancangan bahan ajar petunjuk praktikum pengaruh suhu terhadap viskositas.

3.7 Teknik Pengumpulan Data

Metode pengumpulan data dalam penelitian ini adalah dengan melakukan eksperimen di laboratorium. Peneliti akan mengobservasi nilai viskositas minyak goreng akibat pengaruh suhu menggunakan viskometer bola jatuh (metode hukum Stokes). Viskometer bola jatuh terdiri atas gelas silinder dengan cairan yang akan diteliti. Bola dengan rapat d dan diameter r dijatuhkan dalam tabung dan kecepatan terminal yang dibutuhkan melewati minyak goreng dianalisis menggunakan *tracker video analysis*. Apabila benda padat bergerak dengan kecepatan tertentu dalam medium fluida kental, maka benda tersebut akan mengalami hambatan yang diakibatkan oleh gaya gesekan fluida. Semakin cepat bola melawati minyak goreng maka viskositas minyak goreng semakin rendah. Massa jenis dan viskositas minyak goreng diukur saat minyak goreng telah dipanaskan hingga 5 kali perubahan suhu.

Prosedur pengambilan data:

- a. Pengukuran massa bola (m_b) menggunakan neraca digital, massa jenis minyak goreng (ρ_f) menggunakan hidrometer, diameter bola (d_b) menggunakan jangka sorong.

- b. Perhitungan volume bola (V_b), massa bola (m_b), untuk mengetahui nilai massa jenis bola (ρ_b).
- c. Pemanasan minyak goreng dari suhu awal minyak sebelum dipanaskan (29 °C) hingga suhu 60°C.
- d. Memasukkan minyak goreng yang telah dipanaskan ke dalam viskometer bola jatuh.
- e. Pengukuran suhu minyak goreng yang telah dipindahkan dan pengukuran massa jenis minyak goreng setiap penurunan suhu 5°C menggunakan hidrometer sebanyak 5 kali perubahan suhu.
- f. Menjatuhkan kelereng ke dalam minyak dalam viskometer setiap perubahan suhu 5°C sebanyak 5 kali perubahan suhu serta merekam video percobaan bola jatuh menggunakan *handycam*.
- g. Pengukuran kecepatan terminal (V_T) bola jatuh menggunakan software *tracker*.
- h. Perhitungan koefisien viskositas minyak goreng (η) dengan menggunakan persamaan:

$$\eta = \frac{2gr^2}{9V_T} (\rho_b - \rho_f')$$

Keterangan :

η : koefisien viskositas minyak

g : percepatan gravitasi bumi

r : jari jari bola

V_T : kecepatan terminal

ρ_b : Massa jenis bola

ρ_f' : Massa jenis minyak

3.8 Teknik Analisa Data

Data yang diperoleh dari hasil observasi dimasukkan dalam tabel berikut ini:

Tabel 3.1. Data hasil pengukuran massa dan jari jari bola

Jenis benda	Massa (kg)	Jari jari(m)
Bola		

$$NST_{\text{neraca digital}} = 0,001 \text{ g}$$

$$NST_{\text{jangka sorong}} = \frac{\text{batas ukur}}{\text{jumlah skala}} = \frac{0,1 \text{ cm}}{10 \text{ skala}} = 0,01 \text{ cm}$$

$$\Delta m = \frac{1}{2} \cdot 0,001 \text{ g} = 0,0005 \text{ g} = 5 \times 10^{-7} \text{ kg}$$

$$\Delta r = \frac{1}{2} \cdot 0,01 \text{ cm} = 0,005 \text{ cm} = 5 \times 10^{-5} \text{ m}$$

1. Volume bola

a. Volume bola

$$V = \frac{4}{3} \pi r^3 \text{ dimana } r = \frac{1}{2} D$$

$$V = \frac{4}{3} \pi \left(\frac{1}{2} D \right)^3$$

$$V = \frac{4}{3} \pi \frac{1}{8} D^3$$

$$V = \frac{1}{6} \pi D^3$$

b. Ketidakpastian

$$V = \frac{1}{6} \pi D^3, \text{ dimana } \frac{1}{6} \pi \text{ adalah nilai konstanta dan bukan hasil pengukuran}$$

$$dV = \left| \frac{\partial V}{\partial D} \right| dD$$

$$dV = \left| 3D^2 \right| dD$$

$$\frac{dV}{V} = \left| \frac{3D^2}{D^3} \right| dD$$

$$\frac{dV}{V} = \left| \frac{3}{D} \right| dD$$

$$\frac{\Delta V}{V} = \left| \frac{3\Delta D}{D} \right|$$

$$\Delta V = \left| \frac{3\Delta D}{D} \right| V$$

c. Kesalahan relatif

$$KR = \frac{\Delta V}{V} \times 100\%$$

- d. Derajat kepercayaan

$$DK=100\%-KR$$

- e. Pelaporan fisika

$$V=|V\pm\Delta V|m^3$$

2. Massa Jenis Bola

- a. Massa jenis

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

- b. Ketidakpastian

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

$$\rho=mV^{-1}$$

$$d\rho=\left|\frac{\partial\rho}{\partial m}\right| dm+\left|\frac{\partial\rho}{\partial V}\right| dV$$

$$d\rho=|V^{-1}| dm+|m\cdot -1V^{-2}| dV$$

$$\frac{d\rho}{\rho}=\left|\frac{V^{-1}}{mV^{-1}}\right| dm+\left|\frac{m\cdot -1V^{-2}}{mV^{-1}}\right| dV$$

$$\frac{d\rho}{\rho}=\left|\frac{1}{m}\right| dm+\left|\frac{V^{-1}}{1}\right| dV$$

$$\frac{d\rho}{\rho}=\left|\frac{dm}{m}\right|+\left|\frac{dV}{V}\right|$$

$$\frac{\Delta\rho}{\rho}=\left|\frac{\Delta m}{m}\right|+\left|\frac{\Delta V}{V}\right|$$

$$\Delta\rho=\left|\frac{\Delta m}{m}+\frac{\Delta V}{V}\right|\rho$$

- c. Kesalahan relatif

$$KR=\frac{\Delta\rho}{\rho}\times 100\%$$

- d. Derajat kepercayaan

$$DK=100\%-KR$$

$$DK=100\%-0,73\%=99,27\%$$

- e. Pelaporan fisika

$$\rho=|\rho\pm\Delta\rho|kg/m^3$$

Tabel 3.2. Data hasil pengukuran massa jenis minyak goreng

Merk minyak goreng	Suhu (°C)	Massa jenis (kg.m ⁻³)
Bimoli	29	
	35	
	40	
	45	
	50	
	55	
Filma	29	
	35	
	40	
	45	
	50	
	55	
Kunci Mas	29	
	35	
	40	
	45	
	50	
	55	

$$\rho_b = |\rho \pm \Delta\rho|$$

$$NST_{hidrometer} = 5 \text{ kg.m}^{-3}$$

$$\Delta\rho = \frac{1}{2} . 5 \text{ kg.m}^{-3} = 2,5 \text{ kg.m}^{-3}$$

Kecepatan terminal bola didapatkan melalui analisis data menggunakan *tracker video analysis* pada setiap perubahan suhu.

Merk Minyak =

Suhu =

Tabel 3.3 Data kecepatan terminal menggunakan *tracker*

t (s)	x (m)	v (m.s ⁻¹)

$$n-1 \quad v_{rata \text{ rata}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (v_i - v_{rata-rata})^2}{n-1}}$$

$$\text{Kesalahan relative(KR)} = \frac{\Delta v}{v_{rata \text{ rata}}} \times 100\%$$

$$\text{Derajat kepercayaan} = 100\% - \text{KR}$$

$$H_p = \{ v_{rata-rata} \pm \Delta v \}$$

Tabel 3.4. Data hasil observasi massa jenis minyak goreng.

No	Minyak goreng	Suhu (°C)	Massa jenis (kg.m ³)	Kecepatan terminal (m.s ⁻¹)	Viskositas (Pa.s)
1	Bimoli (A)	29			
		35			
		40			
		45			
		50			
		55			
2	Filma (B)	29			
		35			
		40			
		45			
		50			
		55			
3	Kunci Mas (C)	29			
		35			
		40			
		45			
		50			
		55			

Koefisien kekentalan minyak goreng

a) Koefisien

$$\eta = \frac{2r^2 g (\rho_b - \rho_g)}{9v}$$

b) Rambat ralat ketidakpastian

$$\eta = d^2 \cdot \Delta\rho \cdot v^{-1}$$

$$d\eta = \left| \frac{\partial \eta}{\partial d} \right| dd + \left| \frac{\partial \eta}{\partial v} \right| dv + \left| \frac{\partial \eta}{\partial \Delta\rho} \right| d\Delta\rho$$

$$d\eta = \left| \frac{\partial d^2 \cdot \Delta\rho \cdot v^{-1}}{\partial d} \right| dd + \left| \frac{\partial d^2 \cdot \Delta\rho \cdot v^{-1}}{\partial v} \right| dv + \left| \frac{\partial d^2 \cdot \Delta\rho \cdot v^{-1}}{\partial \Delta\rho} \right| d\Delta\rho$$

$$d\eta = \left| 2d \cdot \Delta\rho \cdot v^{-1} dd \right| + \left| d^2 \cdot \Delta\rho \cdot v^{-2} dv \right| + \left| d^2 \cdot v^{-1} d\Delta\rho \right|$$

$$\frac{d\eta}{\eta} = \left| \frac{2d \cdot \Delta\rho \cdot v^{-1} dd}{d^2 \cdot \Delta\rho \cdot v^{-1}} \right| + \left| \frac{d^2 \cdot \Delta\rho \cdot v^{-2} dv}{d^2 \cdot \Delta\rho \cdot v^{-1}} \right| + \left| \frac{d^2 \cdot v^{-1} d\Delta\rho}{d^2 \cdot \Delta\rho \cdot v^{-1}} \right|$$

$$\frac{d\eta}{\eta} = \left| \frac{2dd}{d} \right| + \left| \frac{dv}{v} \right| + \left| \frac{d\Delta\rho}{\Delta\rho} \right|$$

$$\frac{\Delta\eta}{\eta} = \left| \frac{2\Delta d}{d} \right| + \left| \frac{\Delta v}{v} \right| + \left| \frac{\Delta(\Delta\rho)}{\Delta\rho} \right|$$

$$\Delta\eta = \left| \frac{2\Delta d}{d} + \frac{\Delta v}{v} + \frac{\Delta(\Delta\rho)}{\Delta\rho} \right| \eta$$

$$\Delta\eta = \left| \frac{2\Delta d}{d} + \frac{\Delta v}{v} + \frac{\Delta\rho_b}{\rho_b - \rho_g} - \frac{\Delta\rho_g}{\rho_b - \rho_g} \right| \eta$$

c) Kesalahan relatif

$$KR = \frac{\Delta\eta}{\eta} \times 100\%$$

d) Derajat kepercayaan

$$DK = 100\% - KR$$

e) Pelaporan fisika

$$\eta = |\eta \pm \Delta\eta| \text{ Pa.s}$$

Data hasil observasi dianalisis kemudian dijadikan grafik untuk memudahkan dalam menentukan hubungan pengaruh suhu terhadap viskositas minyak goreng. Data hasil yang telah dianalisis selanjutnya digunakan sebagai sumber utama untuk merancang sumber belajar fisika kontekstual yang sesuai dengan pembelajaran fisika. Rancangan sumber belajar kontekstual pada materi pengaruh suhu terhadap viskositas memiliki struktur yang terdiri dari judul, tujuan, alat dan bahan, landasan teori berdasarkan hasil kajian mengenai pengaruh suhu terhadap viskositas, langkah percobaan, tabel hasil percobaan, serta pertanyaan.

3.9 Rancangan Bahan Ajar

Pada penelitian ini peneliti membuat rancangan bahan ajar berupa petunjuk praktikum. Rancangan bahan ajar petunjuk praktikum berdasarkan pada data data kontekstual kajian pengaruh suhu terhadap viskositas minyak goreng. Rancangan bahan ajar modul terdiri dari:

a. Judul

Judul praktikum yang akan dilaksanakan “Pengaruh suhu terhadap viskositas”.

b. Tujuan

Tujuan berisi tentang tujuan dilakukannya praktikum pengaruh suhu terhadap viskositas.

c. Alat dan bahan percobaan

Alat dan bahan percobaan berisi tentang daftar alat dan bahan yang digunakan dalam percobaan serta kegunaannya.

d. Landasan teori

Landasan teori berisi tentang teori viskositas serta pengaruh suhu terhadap viskositas.

e. Langkah percobaan

Langkah percobaan berisi tentang langkah langkah yang harus dilakukan oleh siswa dalam melaksanakan kegiatan praktikum pengaruh suhu terhadap viskositas.

f. Tabel hasil percobaan

Terdiri dari kolom kolom kosong yang nantinya akan digunakan untuk mencatat hasil percobaan pengaruh suhu terhadap viskositas.

g. Pertanyaan

Pertanyaan berisi tentang soal-soal uraian yang akan menuntun siswa untuk memahami pengaruh suhu terhadap viskositas

BAB 5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis data yang diperoleh, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

- a. Pengaruh suhu terhadap viskositas adalah berbanding terbalik. Semakin besar perubahan suhu maka nilai viskositas semakin rendah sesuai dengan persamaan 2.12.
- b. Rancangan bahan ajar petunjuk praktikum pengaruh suhu terhadap viskositas disusun berdasarkan hasil kajian pengaruh suhu terhadap viskositas yang terdiri dari judul, tujuan, alat dan bahan, landasan teori berdasarkan hasil kajian mengenai pengaruh suhu terhadap viskositas, langkah percobaan, tabel hasil percobaan, serta pertanyaan.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan, maka beberapa saran yang dapat diberikan adalah sebagai berikut:

- a. Untuk mengukur massa jenis sebaiknya menggunakan hidrometer yang memiliki skala terkecil dibawah 5 kg.m^{-3} agar penelitian dapat lebih akurat.
- b. Dapat dilakukan penelitian yang berkaitan dengan faktor-faktor lain yang mempengaruhi viskositas fluida.
- c. Hasil kajian pengaruh suhu terhadap viskositas dapat dikembangkan untuk meneliti kelayakan penggunaan minyak goreng menggunakan standar viskositas minyak.
- d. Rancangan bahan ajar petunjuk praktikum dapat dikembangkan menjadi bahan ajar untuk diuji coba pada siswa.

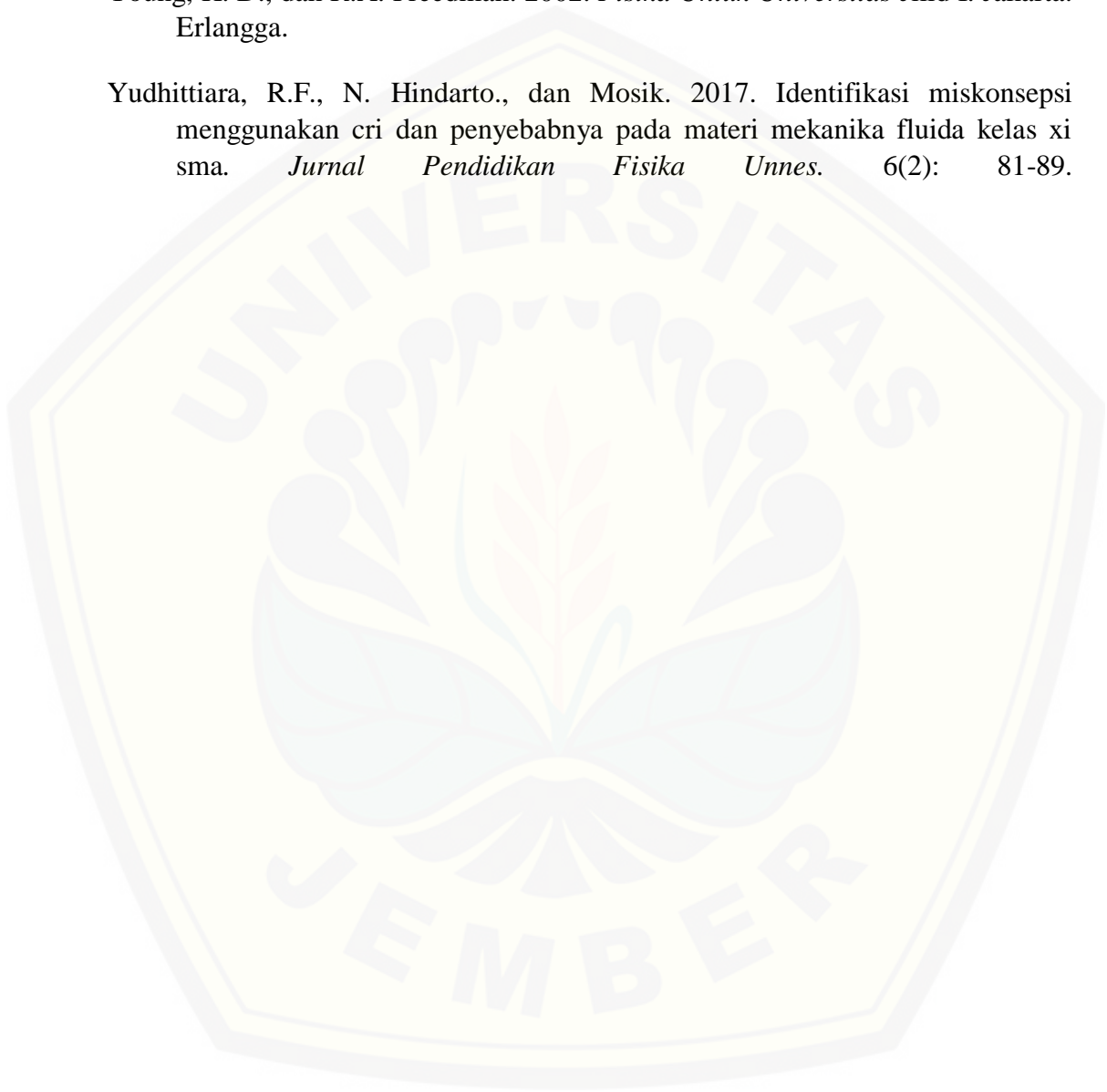
DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, M. 2016. *Fisika Dasar I*. Bandung: Institut Teknologi Bandung.
- Aladedunye F.A., dan R. Przybylski. 2009. Degradation and nutritional quality changes of oil during frying. *J Am Oil Chem Soc*. 86(2) :149–156
- Ariyanti, E.S., dan A. Mulyono. 2010. Otomasasi pengukuran koefisien viskositas zat cair menggunakan gelombang ultrasonik. *Jurnal Neutrino*. 2(27): 183-192.
- Badan Pusat Statistik. 2014. *Distribusi Perdagangan Komoditi Minyak Goreng Indonesia 2014*. Jakarta: Badan Pusat Statistik (BPS).
- Badan Standarisasi Nasional. 2013. *Standar Nasional Indonesia “Minyak Goreng”*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional (BSN).
- Bird, Tony. 1987. *Penuntun Praktikum Kimia Fisika untuk Universitas*. Jakarta: Gramedia.
- Coupland, J. N., dan McClements, D. J. 1997. Physical properties of fluid edible oils. *Journal of the American Oil Chemists' Society (JAOCS)*. 74 (12): 1559-1563
- Departemen Pendidikan Nasional. 2002. *Panduan Bahan Ajar*. Jakarta: Dirjen Dikdasmen Direktorat Pembinaan SMA.
- Departemen Pendidikan Nasional. 2003. *Standar Kompetensi Mata Pelajaran Sains Sekolah Dasar dan Madrasah Ibtidaiyah*. Jakarta: Pusat Kurikulum, Balitbang Depdiknas.
- Departemen Pendidikan Nasional. 2008. *Panduan Pengembangan Bahan Ajar*. Jakarta: BSNP.
- Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan. 2008. *Teknik Penyusunan Modul*. Jakarta: Direktorat Pembinaan SMK.
- Giancoli, D.C. 2014. *Fisika: Prinsip Dan Aplikasi Jilid 1 Edisi 7*. Jakarta: Erlangga.
- Gunstone, F. D. 2002. *Vegetable Oil in Food Technology Composition, Properties and Uses*. Kanada: CRC Press.

- Habibulloh. 2014. Penerapan metode analisis video software tracker dalam pembelajaran fisika konsep gerak jatuh bebas untuk meningkatkan keterampilan proses siswa kelas X SMAN 1 Sooko Mojokerto. *Jurnal Pendidikan Fisika dan Aplikasinya*. 4(1): 16.
- Halliday, D., R. Resnick, dan J. Walker. 2010. *Physics*. Seventh Edition. New York: John Wiley & Son. Terjemahan oleh Tim Pengajar Fisika ITB. 2010. *Fisika Dasar*. Edisi Ketujuh. Jilid 1. Jakarta: Erlangga.
- Harijanto, M. 2007. Pengembangan bahan ajar untuk meningkatkan kualitas pembelajaran program pendidikan pembelajar sekolah dasar. *Didaktika*. 2(1):1-11.
- Harinaldi dan Budiarmo. 2015. *Sistem Fluida: Prinsip Dasar dan Penerapan Mesin Fluida, Sistem Hidrolik dan Sistem Pneumatik*. Jakarta : Erlangga.
- Jati, B. M. E., dan A.P. Rizkiana. 2015. Studi penentuan viskositas darah ayam dengan metode aliran fluida di dalam pipa kapiler berbasis hukum Poisson. *Jurnal Fisika Indonesia*. 19(57): 43-47
- Jaya, S. P. S. 2012. Pengembangan modul fisika kontekstual untuk meningkatkan hasil belajar fisika peserta didik kelas x semester 2 di SMK Negeri 3 Singaraja. *Jurnal penelitian Pascasarjana UNDIKSHA*. 1(2): 1-26.
- Johnson, E.B. 2002. *Contextual Teaching and Learning: What it is and Why it is Here to Stay*. California USA: Corwin Press. Inc.
- Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan. 2016. Kamus Besar Bahasa Indonesia (KBBI) Daring. <https://kbbi.kemdikbud.go.id/>. [Diakses pada 8 Februari 2018].
- Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan. 2016. *Silabus Mata Pelajaran Sekolah Menengah Atas/ Madrasah Aliyah*. Jakarta: Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan.
- Lumbantoruan, P., dan E. Yulianti. 2016. Pengaruh suhu terhadap viskositas minyak pelumas (oli). *Sainmatika*. 13(2): 26-34.
- Lutfi. 2007. *IPA Kimia*. Jakarta: Erlangga.
- Majid, A. (2007). *Perencanaan Pembelajaran*. Bandung: PT. Remaja Rosdakarya
- Olson, R. 1993. *Dasar Dasar Mekanika Fluida Teknik*. Edisi Kelima. Jakarta: PT. Gramedia Pustaka Utama

- Prastowo, A. 2014. *Panduan Kreatif Membuat Bahan Ajar Inovatif*. Yogyakarta: Diva Press.
- Risnawati, I. Kaniawati, dan R. Efendi. 2013. Efektifitas penerapan model pembelajaran inkuiri berbasis fisika outdoor dengan menggunakan modul kontekstual untuk meningkatkan keterampilan proses sains siswa pada materi fluida dinamis. *Jurnal wahana pendidikan fisika*. 1(1): 66-75.
- Sani. 2010. *Pengaruh Pelarut Phenol Pada Reklamasi Minyak Pelumas*. Unesa University Press.
- Sears, F. W. dan M. W. Zemansky. 1991. *Fisika Universitas*. Jakarta: Binacipta
- Serway, R.A., dan J.W. Jewett. 2009. *Fisika untuk Sains dan Teknik*. Jakarta: Salemba Teknik.
- Sitepu, B. P. 2014. *Pengembangan Sumber Belajar*. Jakarta: PT. Grafindo Persada
- Sugiyono. 2009. *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif dan R&D*. Bandung: Alfabeta
- Sukardjo. 2004. *Kimia Fisika*. Yogyakarta: Rineka Cipta.
- Sutiah, K. S. Firdausi, dan W. S. Budi. 2008. Studi kualitas minyak goreng dengan parameter viskositas dan indeks bias. *Jurnal Berkala Fisika UNDIP*. 11 (2). 53-58.
- Sutikno, B. H. 2005. Pengaruh Kecepatan Putaran Pemusingan Terhadap Viskositas Minyak goreng Bekas. *Skripsi*. Jember: Program Studi Pendidikan Fisika Universitas Jember.
- Swami, S. B., N. J. Tahkor, dan S. S. Wagh. 2013. Effect of temperature on viscosity of kokum, koronda, mango pulp and cashew apple syrup. *Agric Eng Int: CIGR Journal*. 15(4):281-287.
- Tampubolon, R., S. Sahyar, dan M. Sirait. 2015. Pengembangan bahan ajar fisika berbasis inkuiri pada materi fluida statis untuk meningkatkan hasil belajar siswa. *Jurnal Tabularasa PPS Unimed*. 12 (2): 189- 199.
- Tipler. 1998. *Fisika Untuk Sains Dan Teknik*. Jakarta: Erlangga.
- Top Brand Award. 2017. Top Brand Award “Top Brand Index 2017 fase 1”. http://www.topbrand-award.com/top-brand-survey/survey-result/top_brand_index_2017_fase_1. [Diakses pada 31 Januari 2018].

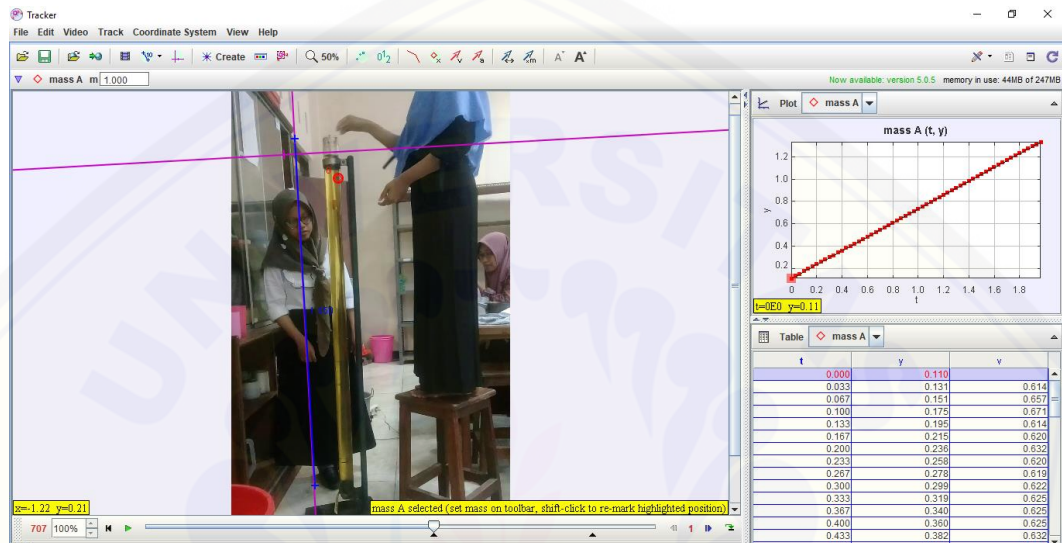
- Wantoro, K., Sudjito, D. N., dan Rondonuwu, F. S. 2016. Pemanfaatan kamera *smartphone* dan *eyetracking analysis* pada percobaan kinematika diatas landasan udara dua dimensi. *Jurnal Pendidikan Sains Unnes*. 5 (2): 1191-1197.
- Young, H. D., dan R.A. Freedman. 2002. *Fisika Untuk Universitas* Jilid I. Jakarta: Erlangga.
- Yudhitiara, R.F., N. Hindarto., dan Mosik. 2017. Identifikasi miskonsepsi menggunakan cri dan penyebabnya pada materi mekanika fluida kelas xi sma. *Jurnal Pendidikan Fisika Unnes*. 6(2): 81-89.



LAMPIRAN A

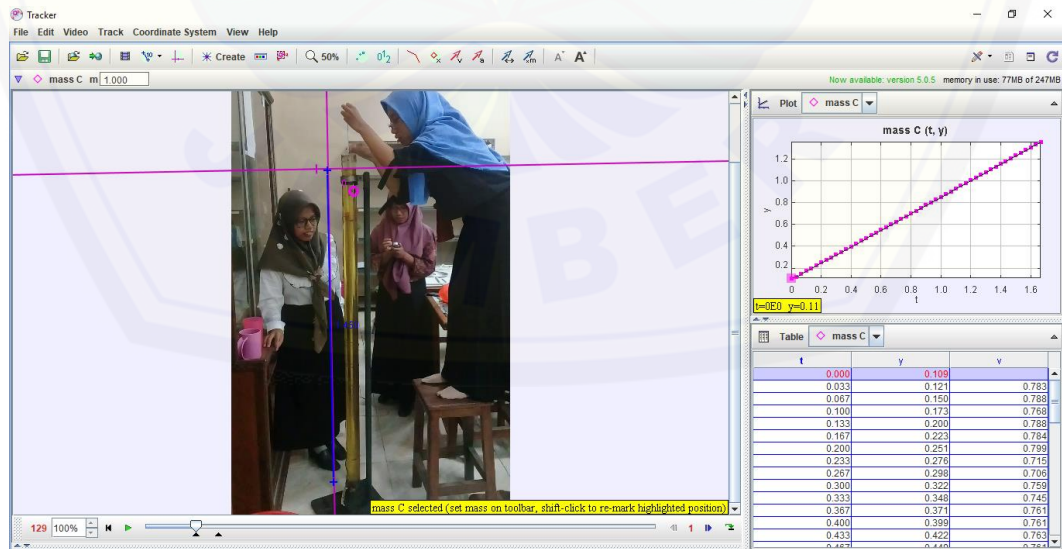
DATA KECEPATAN TERMINAL

Bimoli 35° C



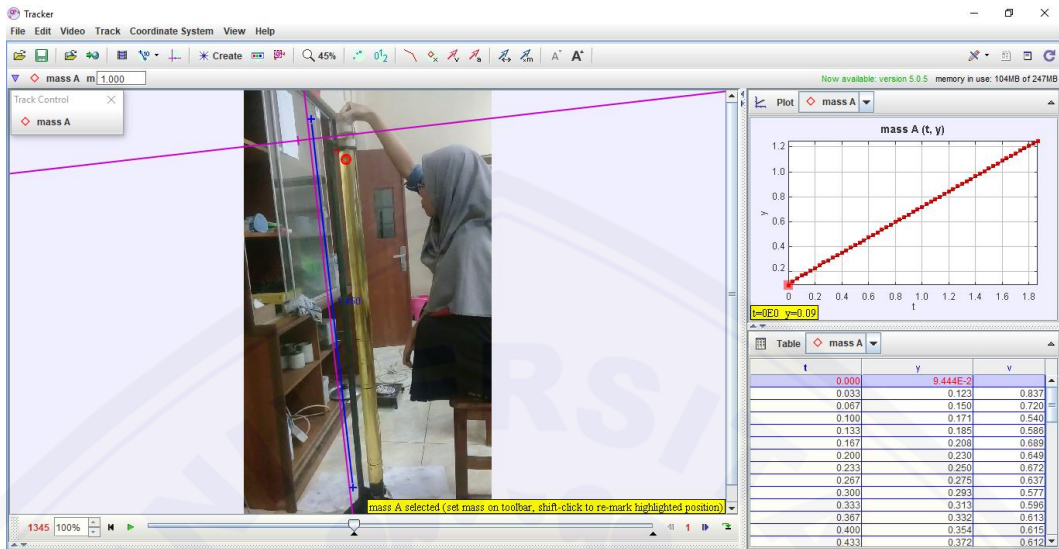
Ket: gambar analisis kecepatan terminal bola menggunakan tracker pada suhu 35°C.

Bimoli 55° C



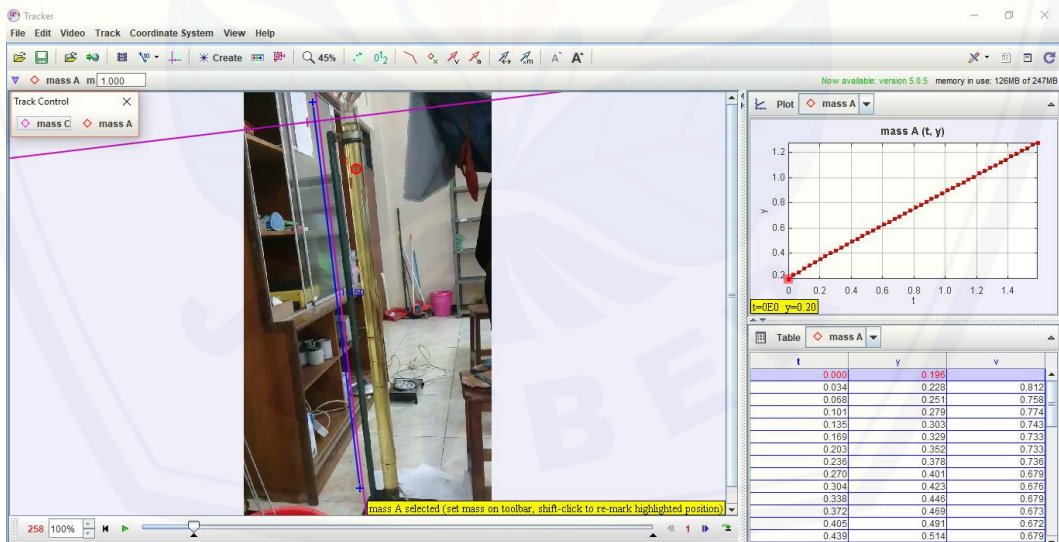
Ket: gambar analisis kecepatan terminal bola menggunakan tracker pada suhu 55°C.

Filma 35°C



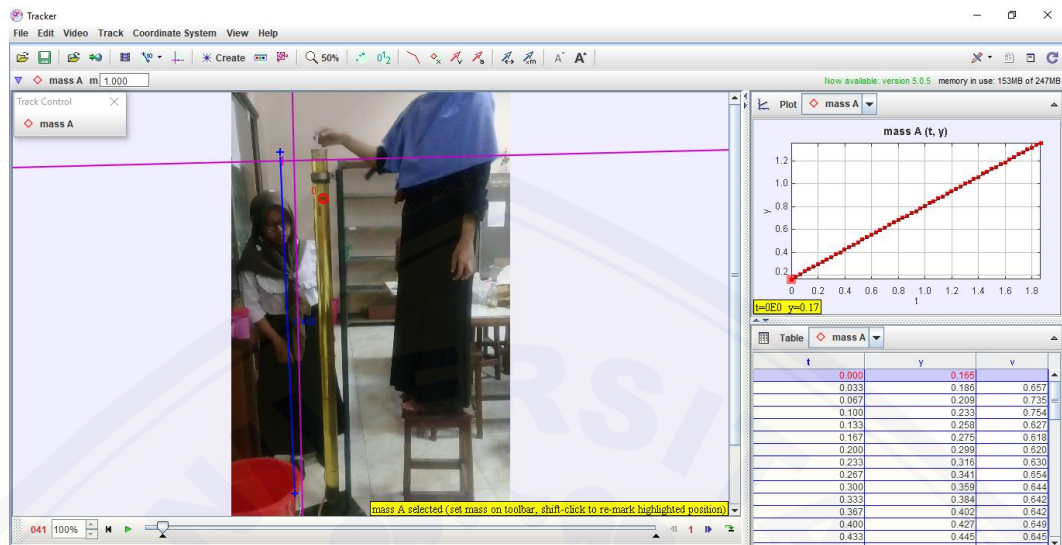
Ket: gambar analisis kecepatan terminal bola menggunakan tracker pada suhu 35°C.

Filma 55°C



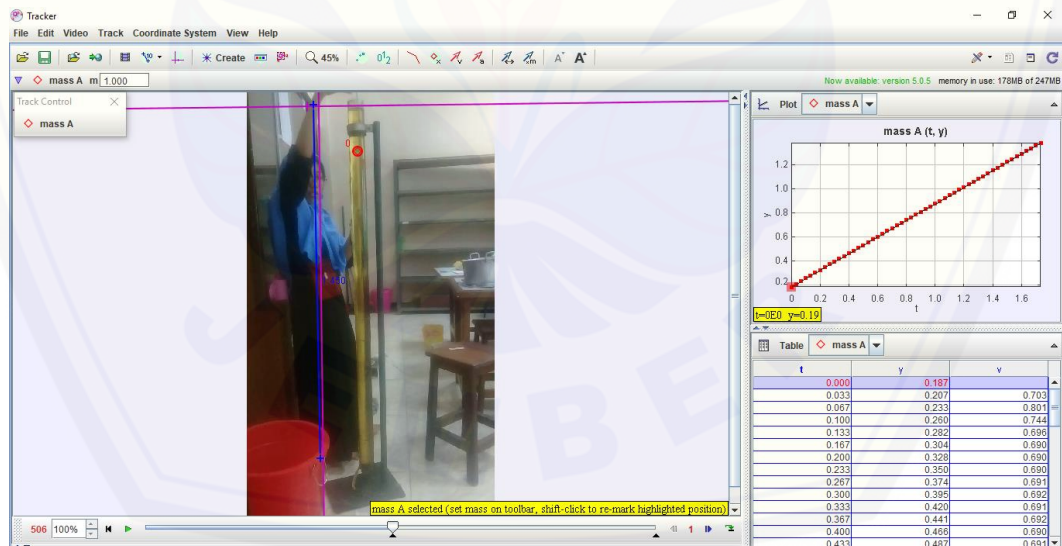
Ket: gambar analisis kecepatan terminal bola menggunakan tracker pada suhu 55°C.

Kunci Mas 35°C



Ket: gambar analisis kecepatan terminal bola menggunakan tracker pada suhu 35°C.

Kunci Mas 55°C



Ket: gambar analisis kecepatan terminal bola menggunakan tracker pada suhu 55°C.

LAMPIRAN B

ANALISIS DATA KECEPATAN TERMINAL

Minyak goreng Bimoli

Suhu 29°C

t	y	v	$V - V_{rata-rata}$	$V - V_{rata-rata}^2$
0.533	0.407	0.519	-0.010	0.000093
0.567	0.422	0.524	-0.005	0.000023
0.600	0.440	0.529	0.000	0.000000
0.633	0.457	0.522	-0.007	0.000043
0.667	0.474	0.524	-0.005	0.000023
0.700	0.492	0.532	0.003	0.000006
0.733	0.510	0.527	-0.002	0.000005
0.767	0.526	0.519	-0.010	0.000096
0.800	0.544	0.523	-0.006	0.000042
0.833	0.561	0.527	-0.002	0.000005
0.867	0.579	0.531	0.002	0.000003
0.900	0.596	0.530	0.001	0.000002
0.933	0.614	0.530	0.001	0.000002
0.967	0.631	0.529	0.000	0.000000
1.000	0.649	0.530	0.001	0.000000
1.033	0.667	0.530	0.001	0.000000
1.066	0.685	0.530	0.001	0.000002
1.100	0.702	0.529	0.000	0.000000
1.133	0.720	0.531	0.002	0.000003
1.166	0.737	0.529	0.000	0.000000
1.200	0.755	0.531	0.002	0.000003
1.233	0.772	0.530	0.001	0.000002
1.266	0.790	0.530	0.001	0.000001
1.300	0.807	0.531	0.002	0.000003
1.333	0.824	0.531	0.002	0.000003
1.366	0.842	0.529	0.000	0.000000
1.400	0.860	0.529	0.000	0.000000
1.433	0.878	0.530	0.001	0.000001
1.466	0.895	0.530	0.001	0.000001
1.500	0.913	0.531	0.002	0.000003
1.533	0.930	0.531	0.002	0.000003
1.566	0.948	0.529	0.000	0.000000
1.600	0.965	0.530	0.001	0.000001

1.633	0.983	0.529	0.000	0.000000
1.666	1.001	0.531	0.002	0.000003
1.700	1.019	0.531	0.002	0.000003
1.733	1.036	0.529	0.000	0.000000
1.766	1.054	0.531	0.002	0.000003
1.800	1.071	0.530	0.001	0.000000
1.833	1.089	0.531	0.002	0.000003
1.866	1.107	0.529	0.000	0.000000
1.900	1.125	0.531	0.002	0.000003
1.933	1.142	0.529	0.000	0.000000
1.966	1.160	0.529	0.000	0.000000
2.000	1.177	0.529	0.000	0.000000
2.033	1.195	0.529	0.000	0.000000
2.066	1.212	0.529	0.000	0.000000
2.100	1.230	0.530	0.001	0.000000
jumlah		25.382		0.000381
rata rata		0.529		

$$n - 1 = 46$$

$$\text{Kesalahan mutlak } \Delta v = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (v_i - v_{rata-rata})^2}{n-1}}$$

$$= \sqrt{\frac{0,000381}{46}}$$

$$= 0,003$$

$$I (\%) = \frac{\Delta v}{v_{rata-rata}} \times 100\%$$

$$= \frac{0,003}{0,529} \times 100\%$$

$$= 0,54\%$$

$$\text{Keseksamaan} = 100\% - I$$

$$= 100\% - 0,54\% = 99,455\%$$

$$H_p = \{0,529 \pm 0,003\}$$

Suhu 35°C

t	y	v	v - v _{rata-rata}	(v - v _{rata-rata}) ²
0.300	0.299	0.622	-0.004	0.00001713
0.333	0.319	0.625	-0.001	0.00000026
0.367	0.340	0.625	-0.001	0.00000060
0.400	0.360	0.625	-0.001	0.00000096
0.433	0.382	0.632	0.006	0.00003695
0.467	0.402	0.629	0.003	0.00000687
0.500	0.423	0.628	0.002	0.00000323

0.533	0.443	0.627	0.001	0.00000129
0.567	0.464	0.627	0.001	0.00000040
0.600	0.485	0.626	0.000	0.00000017
0.633	0.506	0.625	-0.001	0.00000045
0.667	0.526	0.625	-0.001	0.00000045
0.700	0.547	0.629	0.003	0.00001017
0.733	0.568	0.627	0.001	0.00000180
0.767	0.589	0.625	-0.001	0.00000130
0.800	0.610	0.626	0.000	0.00000002
0.833	0.631	0.627	0.001	0.00000069
0.867	0.651	0.625	-0.001	0.00000060
0.900	0.672	0.625	-0.001	0.00000026
0.933	0.692	0.625	-0.001	0.00000026
0.967	0.714	0.625	-0.001	0.00000045
1.000	0.734	0.627	0.001	0.00000205
1.033	0.755	0.628	0.002	0.00000581
1.067	0.776	0.625	-0.001	0.00000096
1.100	0.797	0.625	-0.001	0.00000124
1.133	0.817	0.625	-0.001	0.00000108
1.166	0.839	0.625	-0.001	0.00000102
1.200	0.859	0.625	-0.001	0.00000127
1.233	0.880	0.626	0.000	0.00000006
1.266	0.900	0.627	0.001	0.00000176
1.300	0.922	0.622	-0.004	0.00001311
1.333	0.942	0.626	0.000	0.00000001
1.366	0.964	0.625	-0.001	0.00000105
1.400	0.983	0.625	-0.001	0.00000105
1.433	1.005	0.626	0.000	0.00000009
1.466	1.025	0.627	0.001	0.00000055
1.500	1.046	0.625	-0.001	0.00000124
1.533	1.066	0.626	0.000	0.00000004
1.566	1.088	0.625	-0.001	0.00000096
1.600	1.108	0.625	-0.001	0.00000085
1.633	1.130	0.625	-0.001	0.00000108
1.666	1.150	0.625	-0.001	0.00000124
1.700	1.171	0.625	-0.001	0.00000148
1.733	1.191	0.625	-0.001	0.00000155
1.766	1.213	0.627	0.001	0.00000143
1.800	1.232	0.620	-0.006	0.00003788
1.833	1.252	0.625	-0.001	0.00000026
1.866	1.272	0.626	0.000	0.00000004

1.900	1.294	0.622	-0.004	0.00001237
1.933	1.313	0.624	-0.002	0.00000441
jumlah		31.283		0.00018023
rata rata		0.626		

$$n - 1 = 48$$

$$\begin{aligned} \text{Kesalahan mutlak } \Delta v &= \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (v_i - v_{rata-rata})^2}{n-1}} \\ &= \sqrt{\frac{0,00018}{48}} \\ &= 0,002 \end{aligned}$$

$$I (\%) = \frac{\Delta v}{v_{rata-rata}} \times 100\%$$

$$\begin{aligned} &= \frac{0,002}{0,626} \times 100\% \\ &= 0,31\% \end{aligned}$$

$$\text{Keseksamaan} = 100\% - I$$

$$= 100\% - 0,31\% = 99,690\%$$

$$H_p = \{0,626 \pm 0,002\}$$

Suhu 40°C

t	y	v	V - V _{rata-rata}	V - V _{rata-rata} ²
0.267	0.338	0.631	-0.005	0.0000245
0.300	0.361	0.637	0.001	0.0000010
0.333	0.381	0.641	0.005	0.0000235
0.367	0.404	0.638	0.002	0.0000025
0.400	0.423	0.638	0.002	0.0000025
0.433	0.446	0.631	-0.005	0.0000263
0.467	0.465	0.637	0.001	0.0000018
0.500	0.488	0.632	-0.004	0.0000136
0.533	0.507	0.638	0.002	0.0000031
0.567	0.531	0.633	-0.003	0.0000118
0.600	0.548	0.637	0.001	0.0000011
0.633	0.572	0.637	0.001	0.0000012
0.667	0.590	0.637	0.001	0.0000016
0.700	0.614	0.637	0.001	0.0000016
0.733	0.632	0.631	-0.005	0.0000259
0.767	0.656	0.638	0.002	0.0000025
0.800	0.675	0.637	0.001	0.0000016
0.833	0.698	0.639	0.003	0.0000068
0.867	0.717	0.637	0.001	0.0000017
0.900	0.741	0.635	-0.001	0.0000007
0.933	0.759	0.636	0.000	0.0000001

0.967	0.783	0.637	0.001	0.0000012
1.000	0.801	0.637	0.001	0.0000018
1.033	0.825	0.637	0.001	0.0000017
1.067	0.843	0.635	-0.001	0.0000017
1.100	0.867	0.636	0.000	0.0000000
1.133	0.886	0.634	-0.002	0.0000043
1.166	0.910	0.634	-0.002	0.0000028
1.200	0.927	0.635	-0.001	0.0000017
1.233	0.949	0.638	0.002	0.0000053
1.266	0.968	0.641	0.005	0.0000259
1.300	0.991	0.635	-0.001	0.0000017
1.333	1.011	0.636	0.000	0.0000000
1.366	1.034	0.638	0.002	0.0000048
1.400	1.053	0.638	0.002	0.0000048
1.433	1.076	0.636	0.000	0.0000000
1.466	1.096	0.639	0.003	0.0000088
1.500	1.119	0.638	0.002	0.0000025
1.533	1.138	0.640	0.004	0.0000185
1.566	1.162	0.638	0.002	0.0000025
1.600	1.180	0.638	0.002	0.0000033
1.633	1.203	0.638	0.002	0.0000033
1.666	1.221	0.637	0.001	0.0000018
1.700	1.245	0.639	0.003	0.0000068
1.733	1.264	0.631	-0.005	0.0000207
1.766	1.287	0.635	-0.001	0.0000020
1.800	1.305	0.631	-0.005	0.0000259
1.833	1.328	0.635	-0.001	0.0000020
1.866	1.348	0.638	0.002	0.0000025
	jumlah	31.179		0.0003138
	rata rata	0.636		

$$n - 1 = 47$$

$$\begin{aligned} \text{Kesalahan mutlak } \Delta v &= \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (v_i - v_{\text{rata-rata}})^2}{n-1}} \\ &= \sqrt{\frac{0,000313}{47}} \\ &= 0,003 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} I (\%) &= \frac{\Delta v}{v_{\text{rata-rata}}} \times 100\% \\ &= \frac{0,003}{0,636} \times 100\% \\ &= 0,41\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Keseksamaan} &= 100\% - I \\ &= 100\% - 0,41\% = 99,594\% \end{aligned}$$

$$H_p = \{0,636 \pm 0,003\}$$

Suhu 45°C

t	y	v	V-V _{rata-rata}	V-V _{rata-rata} ²
0.233	0.302	0.649	0.002	0.000003772
0.267	0.324	0.644	-0.003	0.000007249
0.300	0.345	0.642	-0.005	0.000020374
0.333	0.366	0.642	-0.005	0.000028297
0.367	0.387	0.641	-0.006	0.000030698
0.400	0.409	0.642	-0.005	0.000029524
0.433	0.430	0.642	-0.005	0.000028070
0.467	0.452	0.642	-0.005	0.000028297
0.500	0.473	0.642	-0.005	0.000029215
0.533	0.495	0.648	0.001	0.000000536
0.567	0.516	0.648	0.001	0.000000291
0.600	0.538	0.649	0.002	0.000004013
0.633	0.559	0.648	0.001	0.000000419
0.667	0.581	0.643	-0.004	0.000018486
0.700	0.602	0.648	0.001	0.000000706
0.733	0.624	0.649	0.002	0.000003591
0.767	0.645	0.648	0.001	0.000000586
0.800	0.667	0.642	-0.005	0.000022281
0.833	0.688	0.648	0.001	0.000000536
0.867	0.710	0.648	0.001	0.000000536
0.900	0.731	0.643	-0.004	0.000016291
0.933	0.753	0.643	-0.004	0.000016291
0.967	0.774	0.650	0.003	0.000006425
1.000	0.796	0.648	0.001	0.000000419
1.033	0.817	0.643	-0.004	0.000019419
1.066	0.839	0.648	0.001	0.000000419
1.100	0.860	0.648	0.001	0.000000389
1.133	0.882	0.648	0.001	0.000001482
1.166	0.903	0.648	0.001	0.000000419
1.200	0.925	0.649	0.002	0.000003043
1.233	0.946	0.648	0.001	0.000001757
1.266	0.969	0.648	0.001	0.000000389
1.300	0.990	0.648	0.001	0.000000383
1.333	1.012	0.648	0.001	0.000001148
1.366	1.033	0.649	0.002	0.000002677
1.400	1.055	0.648	0.001	0.000000419
1.433	1.076	0.649	0.002	0.000002335
1.466	1.098	0.649	0.002	0.000004458
1.500	1.119	0.651	0.004	0.000012599

1.533	1.141	0.646	-0.001	0.000000539
1.566	1.162	0.651	0.004	0.000015395
1.600	1.184	0.654	0.007	0.000046015
1.633	1.205	0.650	0.003	0.000011841
1.666	1.228	0.651	0.004	0.000016258
1.700	1.249	0.654	0.007	0.000048324
1.733	1.271	0.653	0.006	0.000034649
1.766	1.291	0.649	0.002	0.000003772
1.800	1.314	0.651	0.004	0.000016258
1.833	1.335	0.653	0.006	0.000036360
jumlah		31.716		0.000577647
rata rata		0.647		

$$n - 1 = 47$$

$$\begin{aligned} \text{Kesalahan mutlak } \Delta v &= \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (v_i - v_{\text{rata-rata}})^2}{n-1}} \\ &= \sqrt{\frac{0,000577}{47}} \\ &= 0,004 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} I (\%) &= \frac{\Delta v}{v_{\text{rata-rata}}} \times 100\% \\ &= \frac{0,004}{0,647} \times 100\% \\ &= 0,54\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Keseksamaan} &= 100\% - I \\ &= 100\% - 0,54\% = 99,458\% \end{aligned}$$

$$H_p = \{0,647 \pm 0,004\}$$

Suhu 50°C

t	y	v	V-V _{rata-rata}	V-V _{rata-rata} ²
0.367	0.352	0.668	0.000	0.00000000
0.400	0.377	0.668	0.000	0.00000005
0.433	0.396	0.665	-0.003	0.00000682
0.467	0.421	0.668	0.000	0.00000016
0.500	0.441	0.663	-0.005	0.00002164
0.533	0.465	0.668	0.000	0.00000007
0.567	0.485	0.667	-0.001	0.00000039
0.600	0.510	0.669	0.001	0.00000034
0.633	0.529	0.680	0.012	0.00013499
0.667	0.555	0.668	0.000	0.00000014
0.700	0.574	0.668	0.000	0.00000016
0.733	0.599	0.667	-0.001	0.00000054

0.767	0.618	0.661	-0.007	0.00005455
0.800	0.643	0.669	0.001	0.00000130
0.833	0.663	0.670	0.002	0.00000407
0.867	0.688	0.668	0.000	0.00000016
0.900	0.707	0.671	0.003	0.00000968
0.933	0.732	0.673	0.005	0.00002160
0.967	0.751	0.669	0.001	0.00000106
1.000	0.777	0.667	-0.001	0.00000039
1.033	0.796	0.667	-0.001	0.00000039
1.067	0.821	0.668	0.000	0.00000007
1.100	0.840	0.668	0.000	0.00000009
1.133	0.865	0.668	0.000	0.00000009
1.166	0.885	0.669	0.001	0.00000106
1.200	0.910	0.668	0.000	0.00000007
1.233	0.928	0.670	0.002	0.00000453
1.266	0.955	0.668	0.000	0.00000007
1.300	0.972	0.668	0.000	0.00000016
1.333	0.999	0.670	0.002	0.00000407
1.366	1.017	0.659	-0.009	0.00007807
1.400	1.043	0.661	-0.007	0.00005455
1.433	1.061	0.669	0.001	0.00000106
1.466	1.087	0.667	-0.001	0.00000072
1.500	1.105	0.662	-0.006	0.00003268
1.533	1.131	0.668	0.000	0.00000007
1.566	1.148	0.662	-0.006	0.00003268
1.600	1.175	0.667	-0.001	0.00000039
1.633	1.193	0.669	0.001	0.00000034
1.666	1.219	0.671	0.003	0.00001039
1.700	1.237	0.661	-0.007	0.00005619
1.733	1.263	0.675	0.007	0.00005283
1.766	1.281	0.668	0.000	0.00000007
1.800	1.307	0.667	-0.001	0.00000039
Jumlah		29.378		0.00058910
Rata rata		0.668		

$$n - 1 = 42$$

$$\text{Kesalahan mutlak } \Delta v = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (v_i - v_{rata-rata})^2}{n-1}}$$

$$= \sqrt{\frac{0,00058}{42}}$$

$$= 0,004$$

$$I (\%) = \frac{\Delta v}{v_{rata-rata}} \times 100\%$$

$$\begin{aligned} &= \frac{0,004}{0,668} \times 100\% \\ &= 0,56\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Keseksamaan} &= 100\% - I \\ &= 100\% - 0,56\% = 99,439\% \\ H_p &= \{0,668 \pm 0,004\} \end{aligned}$$

Suhu 55°C

t	y	v	V-V _{rata-rata}	V-V _{rata-rata} ²
0.300	0.304	0.716	0.000	0.00000000
0.333	0.328	0.703	-0.013	0.00017959
0.367	0.350	0.718	0.002	0.00000392
0.400	0.376	0.717	0.001	0.00000174
0.433	0.398	0.720	0.004	0.00001549
0.467	0.424	0.717	0.001	0.00000207
0.500	0.446	0.716	0.000	0.00000017
0.533	0.471	0.716	0.000	0.00000008
0.567	0.493	0.716	0.000	0.00000002
0.600	0.519	0.714	-0.002	0.00000502
0.633	0.540	0.719	0.003	0.00000974
0.667	0.564	0.719	0.003	0.00000834
0.700	0.587	0.719	0.003	0.00000893
0.733	0.612	0.716	0.000	0.00000017
0.767	0.635	0.716	0.000	0.00000008
0.800	0.660	0.716	0.000	0.00000008
0.833	0.682	0.712	-0.004	0.00001947
0.867	0.707	0.719	0.003	0.00001042
0.900	0.728	0.715	-0.001	0.00000056
0.933	0.754	0.716	0.000	0.00000017
0.967	0.776	0.716	0.000	0.00000017
1.000	0.802	0.716	0.000	0.00000003
1.033	0.823	0.715	-0.001	0.00000040
1.067	0.849	0.715	-0.001	0.00000146
1.100	0.868	0.718	0.002	0.00000346
1.133	0.897	0.712	-0.004	0.00001301
1.166	0.914	0.712	-0.004	0.00001844
1.200	0.944	0.716	0.000	0.00000008
1.233	0.961	0.715	-0.001	0.00000075
1.266	0.992	0.719	0.003	0.00001042
1.300	1.009	0.718	0.002	0.00000346

1.333	1.039	0.717	0.001	0.00000092
1.366	1.056	0.717	0.001	0.00000116
1.400	1.087	0.715	-0.001	0.00000076
1.433	1.104	0.717	0.001	0.00000092
1.466	1.135	0.715	-0.001	0.00000040
1.500	1.152	0.719	0.003	0.00000966
1.533	1.182	0.715	-0.001	0.00000075
1.566	1.199	0.716	0.000	0.00000008
1.600	1.230	0.719	0.003	0.00000966
1.633	1.247	0.715	-0.001	0.00000075
Jumlah		29.357		0.00034277
Rata rata		0.716		

$$n - 1 = 39$$

$$\text{Kesalahan mutlak } \Delta v = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (v_i - v_{rata-rata})^2}{n-1}}$$

$$= \sqrt{\frac{0,00034}{39}}$$

$$= 0,003$$

$$I (\%) = \frac{\Delta v}{v_{rata-rata}} \times 100\%$$

$$= \frac{0,003}{0,716} \times 100\%$$

$$= 0,414\%$$

$$\text{Keseksamaan} = 100\% - I$$

$$= 100\% - 0,414\% = 99,586\%$$

$$H_p = \{0,716 \pm 0,003\}$$

Minyak goreng Filma

Suhu 29°C

t	y	v	v - v _{rata-rata}	(v - v _{rata-rata}) ²
0.333	0.313	0.520	-0.005	0.000028633
0.367	0.330	0.523	-0.002	0.000005447
0.400	0.347	0.525	0.000	0.000000117
0.433	0.365	0.518	-0.007	0.000049545
0.467	0.382	0.526	0.001	0.000000323
0.500	0.400	0.524	-0.001	0.000001138
0.533	0.417	0.525	0.000	0.000000000
0.567	0.435	0.526	0.001	0.000002066
0.600	0.451	0.525	0.000	0.000000231
0.633	0.470	0.525	0.000	0.000000012
0.667	0.486	0.524	-0.001	0.000000255

0.700	0.504	0.526	0.001	0.000000323
0.733	0.521	0.522	-0.003	0.000009706
0.767	0.539	0.529	0.004	0.000014042
0.800	0.556	0.524	-0.001	0.000000350
0.833	0.574	0.524	-0.001	0.000000779
0.867	0.591	0.524	-0.001	0.000000462
0.900	0.609	0.524	-0.001	0.000000462
0.933	0.626	0.524	-0.001	0.000000779
0.967	0.643	0.524	-0.001	0.000000255
1.000	0.661	0.522	-0.003	0.000009172
1.033	0.678	0.526	0.001	0.000000455
1.067	0.695	0.526	0.001	0.000001822
1.100	0.713	0.524	-0.001	0.000000350
1.133	0.730	0.525	0.000	0.000000012
1.166	0.748	0.525	0.000	0.000000012
1.200	0.765	0.522	-0.003	0.000010256
1.233	0.782	0.527	0.002	0.000006237
1.266	0.800	0.524	-0.001	0.000000632
1.300	0.817	0.524	-0.001	0.000000959
1.333	0.835	0.525	0.000	0.000000012
1.366	0.852	0.526	0.001	0.000002066
1.400	0.870	0.524	-0.001	0.000001138
1.433	0.887	0.524	-0.001	0.000000779
1.466	0.905	0.524	-0.001	0.000000350
1.500	0.922	0.524	-0.001	0.000000959
1.533	0.940	0.526	0.001	0.000002066
1.566	0.956	0.524	-0.001	0.000000462
1.600	0.975	0.526	0.001	0.000001106
1.633	0.989	0.526	0.001	0.000000722
1.666	1.009	0.526	0.001	0.000002066
1.700	1.024	0.524	-0.001	0.000000941
1.733	1.044	0.526	0.001	0.000000323
1.766	1.059	0.525	0.000	0.000000000
1.800	1.079	0.525	0.000	0.000000012
1.833	1.094	0.524	-0.001	0.000000779
1.866	1.114	0.524	-0.001	0.000000350
1.900	1.129	0.524	-0.001	0.000000779
1.933	1.149	0.525	0.000	0.000000012
1.966	1.164	0.524	-0.001	0.000000462
2.000	1.184	0.526	0.001	0.000001822
2.033	1.199	0.524	-0.001	0.000000632

2.066	1.218	0.524	-0.001	0.000000796
2.100	1.234	0.524	-0.001	0.000000779
2.133	1.253	0.522	-0.003	0.000009706
jumlah		28.848		0.000173949
rata rata		0.525		

$$n - 1 = 53$$

$$\begin{aligned} \text{Kesalahan mutlak } \Delta v &= \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (v_i - v_{rata-rata})^2}{n-1}} \\ &= \sqrt{\frac{0,00017}{53}} \\ &= 0,002 \end{aligned}$$

$$I (\%) = \frac{\Delta v}{v_{rata-rata}} \times 100\%$$

$$\begin{aligned} &= \frac{0,002}{0,525} \times 100\% \\ &= 0,345\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Keseksamaan} &= 100\% - I \\ &= 100\% - 0,345\% = 99,655\% \end{aligned}$$

$$H_p = \{0,525 \pm 0,002\}$$

Suhu 35°C

t	y	v	V - V _{rata-rata}	V - V _{rata-rata} ²
0.367	0.332	0.613	-0.001	0.00000215
0.400	0.354	0.615	0.001	0.00000056
0.433	0.372	0.612	-0.002	0.00000255
0.467	0.393	0.613	-0.001	0.00000215
0.500	0.413	0.618	0.004	0.00001772
0.533	0.434	0.612	-0.002	0.00000255
0.567	0.453	0.610	-0.004	0.00001306
0.600	0.475	0.610	-0.004	0.00001457
0.633	0.494	0.610	-0.004	0.00001457
0.667	0.516	0.615	0.001	0.00000117
0.700	0.535	0.614	0.000	0.00000012
0.733	0.557	0.615	0.001	0.00000077
0.767	0.576	0.611	-0.003	0.00000836
0.800	0.597	0.619	0.005	0.00002157
0.833	0.617	0.611	-0.003	0.00000779
0.867	0.638	0.619	0.005	0.00002560
0.900	0.658	0.619	0.005	0.00002560
0.933	0.679	0.610	-0.004	0.00002001
0.967	0.699	0.609	-0.005	0.00002564

1.000	0.720	0.611	-0.003	0.00000779
1.033	0.740	0.612	-0.002	0.00000289
1.067	0.761	0.611	-0.003	0.00000779
1.100	0.780	0.612	-0.002	0.00000289
1.133	0.801	0.614	0.000	0.00000019
1.166	0.821	0.612	-0.002	0.00000289
1.200	0.842	0.618	0.004	0.00001932
1.233	0.862	0.610	-0.004	0.00002001
1.266	0.882	0.619	0.005	0.00002063
1.300	0.903	0.619	0.005	0.00002157
1.333	0.923	0.611	-0.003	0.00000723
1.366	0.944	0.615	0.001	0.00000096
1.400	0.964	0.612	-0.002	0.00000324
1.433	0.985	0.618	0.004	0.00001860
1.466	1.005	0.610	-0.004	0.00001306
1.500	1.025	0.613	-0.001	0.00000030
1.533	1.046	0.612	-0.002	0.00000295
1.566	1.066	0.611	-0.003	0.00000723
1.600	1.087	0.610	-0.004	0.00002001
1.633	1.106	0.610	-0.004	0.00001381
1.666	1.128	0.619	0.005	0.00002063
1.700	1.146	0.616	0.002	0.00000300
1.733	1.168	0.619	0.005	0.00002773
1.766	1.187	0.618	0.004	0.00001860
1.800	1.207	0.612	-0.002	0.00000369
1.833	1.227	0.618	0.004	0.00001860
jumlah		27.619		0.00049211
rata rata		0.614		

$$n - 1 = 43$$

$$\begin{aligned} \text{Kesalahan mutlak } \Delta v &= \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (v_i - v_{rata-rata})^2}{n-1}} \\ &= \sqrt{\frac{0,00049}{43}} \\ &= 0,003 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} I (\%) &= \frac{\Delta v}{v_{rata-rata}} \times 100\% \\ &= \frac{0,001}{0,614} \times 100\% \\ &= 0,55\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Keseksamaan} &= 100\% - I \\ &= 100\% - 0,55\% = 99,7449\% \end{aligned}$$

$$H_p = \{0,614 \pm 0,003\}$$

Suhu 40°C

t	y	v	V-V _{rata-rata}	V-V _{rata-rata} ²
0.300	0.306	0.622	-0.003	0.000008
0.333	0.328	0.626	0.001	0.000001
0.367	0.348	0.621	-0.004	0.000018
0.400	0.370	0.622	-0.003	0.000007
0.433	0.389	0.620	-0.005	0.000021
0.467	0.411	0.626	0.001	0.000001
0.500	0.430	0.628	0.003	0.000012
0.533	0.452	0.620	-0.005	0.000021
0.567	0.472	0.628	0.003	0.000010
0.600	0.494	0.628	0.003	0.000010
0.633	0.513	0.626	0.001	0.000000
0.667	0.535	0.621	-0.004	0.000013
0.700	0.554	0.623	-0.002	0.000004
0.733	0.577	0.622	-0.003	0.000007
0.767	0.596	0.628	0.003	0.000011
0.800	0.619	0.620	-0.005	0.000022
0.833	0.637	0.624	-0.001	0.000001
0.867	0.660	0.625	0.000	0.000000
0.900	0.678	0.627	0.002	0.000005
0.933	0.702	0.624	-0.001	0.000001
0.967	0.719	0.629	0.004	0.000020
1.000	0.744	0.621	-0.004	0.000017
1.033	0.760	0.624	-0.001	0.000001
1.067	0.785	0.628	0.003	0.000011
1.100	0.801	0.629	0.004	0.000020
1.133	0.825	0.627	0.002	0.000004
1.167	0.841	0.626	0.001	0.000001
1.200	0.866	0.625	0.000	0.000000
1.233	0.883	0.624	-0.001	0.000001
1.266	0.907	0.626	0.001	0.000001
1.300	0.924	0.624	-0.001	0.000001
1.333	0.949	0.626	0.001	0.000001
1.366	0.965	0.628	0.003	0.000010
1.400	0.990	0.626	0.001	0.000001
1.433	1.007	0.628	0.003	0.000011
1.466	1.032	0.627	0.002	0.000003
1.500	1.049	0.621	-0.004	0.000020
1.533	1.074	0.621	-0.004	0.000020
1.566	1.090	0.626	0.001	0.000001

1.600	1.115	0.626	0.001	0.000001
1.633	1.132	0.629	0.004	0.000020
1.666	1.157	0.628	0.003	0.000011
1.700	1.173	0.620	-0.005	0.000021
1.733	1.198	0.626	0.001	0.000001
1.766	1.215	0.623	-0.002	0.000004
1.800	1.240	0.621	-0.004	0.000020
jumlah		28.744		0.000394
rata rata		0.625		

$$n - 1 = 44$$

$$\text{Kesalahan mutlak } \Delta v = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (v_i - v_{\text{rata-rata}})^2}{n-1}}$$

$$= \sqrt{\frac{0,00039}{44}}$$

$$= 0,003$$

$$I (\%) = \frac{\Delta v}{v_{\text{rata-rata}}} \times 100\%$$

$$= \frac{0,003}{0,625} \times 100\%$$

$$= 0,48\%$$

$$\text{Keseksamaan} = 100\% - I$$

$$= 100\% - 0,48\% = 99,521\%$$

$$H_p = \{0,625 \pm 0,003\}$$

Suhu 45°C

t	y	v	V - V _{rata-rata}	V - V _{rata-rata} ²
0.267	0.322	0.641	-0.002	0.0000031
0.300	0.345	0.641	-0.002	0.0000049
0.333	0.365	0.641	-0.002	0.0000044
0.367	0.387	0.645	0.002	0.0000049
0.400	0.407	0.643	0.000	0.0000002
0.433	0.429	0.643	0.000	0.0000000
0.467	0.449	0.640	-0.003	0.0000063
0.500	0.471	0.650	0.007	0.0000534
0.533	0.493	0.640	-0.003	0.0000092
0.567	0.514	0.641	-0.002	0.0000049
0.600	0.535	0.640	-0.003	0.0000075
0.633	0.556	0.640	-0.003	0.0000081
0.667	0.578	0.641	-0.002	0.0000049
0.700	0.599	0.642	-0.001	0.0000008
0.733	0.621	0.641	-0.002	0.0000027

0.767	0.642	0.641	-0.002	0.0000027
0.800	0.663	0.642	-0.001	0.0000011
0.833	0.684	0.645	0.002	0.0000049
0.867	0.706	0.643	0.000	0.0000001
0.900	0.727	0.641	-0.002	0.0000023
0.933	0.749	0.641	-0.002	0.0000027
0.967	0.769	0.642	-0.001	0.0000008
1.000	0.792	0.641	-0.002	0.0000024
1.033	0.812	0.646	0.003	0.0000120
1.067	0.835	0.647	0.004	0.0000127
1.100	0.855	0.640	-0.003	0.0000063
1.133	0.877	0.645	0.002	0.0000044
1.166	0.898	0.648	0.005	0.0000258
1.200	0.920	0.642	-0.001	0.0000008
1.233	0.941	0.642	-0.001	0.0000008
1.266	0.963	0.644	0.001	0.0000010
1.300	0.984	0.648	0.005	0.0000258
1.333	1.006	0.645	0.002	0.0000055
1.366	1.023	0.646	0.003	0.0000122
1.400	1.044	0.645	0.002	0.0000054
1.433	1.066	0.642	-0.001	0.0000008
1.466	1.087	0.646	0.003	0.0000120
1.500	1.109	0.644	0.001	0.0000008
1.533	1.130	0.640	-0.003	0.0000075
1.566	1.152	0.641	-0.002	0.0000024
1.600	1.172	0.643	0.000	0.0000000
1.633	1.194	0.640	-0.003	0.0000088
1.666	1.215	0.640	-0.003	0.0000068
1.700	1.237	0.641	-0.002	0.0000027
1.733	1.258	0.640	-0.003	0.0000086
jumlah		28.928		0.0002953
rata rata		0.643		

$$n - 1 = 43$$

$$\begin{aligned} \text{Kesalahan mutlak } \Delta v &= \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (v_i - v_{\text{rata-rata}})^2}{n-1}} \\ &= \sqrt{\frac{0,00029}{43}} \\ &= 0,003 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} I (\%) &= \frac{\Delta v}{v_{\text{rata rata}}} \times 100\% \\ &= \frac{0,003}{0,643} \times 100\% \\ &= 0,41\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Keseksamaan} &= 100\% - I \\ &= 100\% - 0,41\% = 99,592\% \end{aligned}$$

$$H_p = \{0,643 \pm 0,003\}$$

Suhu 50°C

t	y	v	v - v _{rata-rata}	v - v _{rata-rata} ²
0.200	0.288	0.668	-0.001	0.000000806
0.233	0.310	0.666	0.001	0.000002156
0.267	0.332	0.665	0.002	0.000002858
0.300	0.354	0.666	0.001	0.000000974
0.333	0.376	0.666	0.001	0.000001206
0.367	0.398	0.681	-0.014	0.000194286
0.400	0.422	0.664	0.003	0.000007046
0.433	0.442	0.661	0.006	0.000031684
0.467	0.466	0.667	0.000	0.000000007
0.500	0.487	0.666	0.001	0.000000337
0.533	0.510	0.664	0.003	0.000007646
0.567	0.531	0.663	0.004	0.000019691
0.600	0.553	0.669	-0.002	0.000003587
0.633	0.574	0.663	0.004	0.000017760
0.667	0.597	0.668	-0.001	0.000000618
0.700	0.619	0.660	0.007	0.000047569
0.733	0.641	0.670	-0.003	0.000009440
0.767	0.663	0.666	0.001	0.000000337
0.800	0.685	0.666	0.001	0.000000337
0.833	0.708	0.668	-0.001	0.000000806
0.867	0.730	0.675	-0.008	0.000066012
0.900	0.753	0.667	0.000	0.000000007
0.933	0.774	0.676	-0.009	0.000077811
0.967	0.798	0.666	0.001	0.000000337
1.000	0.818	0.666	0.001	0.000000974
1.033	0.842	0.668	-0.001	0.000000806
1.067	0.863	0.667	0.000	0.000000001
1.100	0.886	0.666	0.001	0.000000478
1.133	0.907	0.660	0.007	0.000046063
1.166	0.930	0.665	0.002	0.000002858
1.200	0.951	0.660	0.007	0.000049099
1.233	0.974	0.666	0.001	0.000000903
1.266	0.995	0.667	0.000	0.000000007
1.300	1.017	0.669	-0.002	0.000003872

1.333	1.039	0.665	0.002	0.000002858
1.366	1.061	0.686	-0.019	0.000365919
1.400	1.085	0.665	0.002	0.000002495
1.433	1.106	0.680	-0.013	0.000164369
1.466	1.130	0.667	0.000	0.000000001
1.500	1.150	0.665	0.002	0.000003114
1.533	1.174	0.675	-0.008	0.000067853
1.566	1.194	0.675	-0.008	0.000069720
1.600	1.219	0.657	0.010	0.000096348
1.633	1.238	0.660	0.007	0.000049099
1.666	1.263	0.674	-0.007	0.000051000
1.700	1.283	0.664	0.003	0.000007046
Jumlah		30.702		0.001478195
Rata rata		0.667		

$$n - 1 = 44$$

$$\begin{aligned} \text{Kesalahan mutlak } \Delta v &= \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (v_i - v_{\text{rata-rata}})^2}{n-1}} \\ &= \sqrt{\frac{0,00147}{44}} \\ &= 0,006 \end{aligned}$$

$$I (\%) = \frac{\Delta v}{v_{\text{rata-rata}}} \times 100\%$$

$$\begin{aligned} &= \frac{0,006}{0,667} \times 100\% \\ &= 0,87\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Keseksamaan} &= 100\% - I \\ &= 100\% - 0,87\% = 99,132\% \end{aligned}$$

$$H_p = \{0,667 \pm 0,006\}$$

Suhu 55°C

t	y	v	v - v _{rata-rata}	(v - v _{rata-rata}) ²
0.270	0.401	0.679	0.004	0.000015529
0.304	0.423	0.676	0.001	0.000000385
0.338	0.446	0.679	0.004	0.000013819
0.372	0.469	0.673	-0.002	0.000003911
0.405	0.491	0.672	-0.003	0.000010613
0.439	0.514	0.679	0.004	0.000018842
0.473	0.537	0.672	-0.003	0.000009601
0.507	0.559	0.677	0.002	0.000005159
0.540	0.582	0.671	-0.004	0.000015271
0.574	0.603	0.677	0.002	0.000004665

0.608	0.627	0.671	-0.004	0.000017044
0.642	0.648	0.678	0.003	0.000012219
0.675	0.672	0.672	-0.003	0.000010613
0.709	0.692	0.675	0.000	0.000000030
0.743	0.716	0.678	0.003	0.000012219
0.777	0.737	0.678	0.003	0.000006445
0.811	0.762	0.678	0.003	0.000009444
0.844	0.783	0.675	0.000	0.000000196
0.878	0.807	0.676	0.001	0.000000675
0.912	0.828	0.678	0.003	0.000006445
0.946	0.851	0.679	0.004	0.000015529
0.979	0.873	0.676	0.001	0.000001902
1.013	0.896	0.676	0.001	0.000001338
1.047	0.919	0.676	0.001	0.000001093
1.081	0.942	0.672	-0.003	0.000010613
1.115	0.959	0.676	0.001	0.000001902
1.148	0.987	0.672	-0.003	0.000009870
1.182	1.004	0.676	0.001	0.000000385
1.216	1.032	0.676	0.001	0.000000442
1.250	1.049	0.672	-0.003	0.000009188
1.283	1.077	0.672	-0.003	0.000012101
1.317	1.095	0.676	0.001	0.000001338
1.351	1.123	0.676	0.001	0.000000750
1.385	1.140	0.673	-0.002	0.000003911
1.419	1.168	0.674	-0.001	0.000000894
1.452	1.186	0.677	0.002	0.000004197
1.486	1.213	0.676	0.001	0.000000570
1.520	1.231	0.676	0.001	0.000000955
1.554	1.259	0.676	0.001	0.000001607
Jumlah		26.340		0.000251711
Rata rata		0.675		

$$n - 1 = 37$$

$$\text{Kesalahan mutlak } \Delta v = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (v_i - v_{rata-rata})^2}{n-1}}$$

$$= \sqrt{\frac{0,00025}{37}}$$

$$= 0,003$$

$$I (\%) = \frac{\Delta v}{v_{rata-rata}} \times 100\%$$

$$= \frac{0,003}{0,675} \times 100\%$$

$$= 0,39\%$$

$$\begin{aligned} \text{Keseksamaan} &= 100\% - I \\ &= 100\% - 0,39\% = 99,614\% \\ H_p &= \{0,675 \pm 0,003\} \end{aligned}$$

Minyak goreng Kunci Mas

Suhu 29°C

t	y	v	V-V _{rata-rata}	V-V _{rata-rata} ²
0.300	0.324	0.524	0.000	0.00000007
0.333	0.340	0.524	0.000	0.00000007
0.367	0.358	0.520	-0.004	0.00001625
0.400	0.375	0.520	-0.004	0.00001951
0.433	0.392	0.522	-0.002	0.00000447
0.467	0.409	0.516	-0.008	0.00006624
0.500	0.426	0.520	-0.004	0.00001695
0.533	0.444	0.520	-0.004	0.00001767
0.567	0.461	0.522	-0.002	0.00000411
0.600	0.479	0.520	-0.004	0.00001625
0.633	0.496	0.520	-0.004	0.00001310
0.667	0.513	0.520	-0.004	0.00001310
0.700	0.530	0.524	0.000	0.00000000
0.733	0.548	0.524	0.000	0.00000003
0.767	0.565	0.522	-0.002	0.00000270
0.800	0.583	0.528	0.004	0.00001402
0.833	0.600	0.524	0.000	0.00000002
0.867	0.617	0.522	-0.002	0.00000597
0.900	0.635	0.522	-0.002	0.00000555
0.933	0.652	0.522	-0.002	0.00000555
0.967	0.669	0.523	-0.001	0.00000106
1.000	0.687	0.521	-0.003	0.00000640
1.033	0.704	0.525	0.001	0.00000111
1.067	0.722	0.522	-0.002	0.00000270
1.100	0.739	0.524	0.000	0.00000000
1.133	0.757	0.522	-0.002	0.00000497
1.167	0.774	0.522	-0.002	0.00000459
1.200	0.791	0.524	0.000	0.00000000
1.233	0.808	0.522	-0.002	0.00000270
1.266	0.826	0.522	-0.002	0.00000270
1.300	0.843	0.525	0.001	0.00000111
1.333	0.861	0.523	-0.001	0.00000040

1.366	0.877	0.523	-0.001	0.00000089
1.400	0.896	0.531	0.007	0.00005455
1.433	0.912	0.525	0.001	0.00000111
1.466	0.930	0.521	-0.003	0.00001201
1.500	0.947	0.528	0.004	0.00001669
1.533	0.966	0.526	0.002	0.00000544
1.566	0.982	0.528	0.004	0.00001286
1.600	1.001	0.529	0.005	0.00002953
1.633	1.017	0.526	0.002	0.00000345
1.666	1.036	0.528	0.004	0.00001910
1.700	1.052	0.522	-0.002	0.00000315
1.733	1.070	0.523	-0.001	0.00000216
1.766	1.086	0.527	0.003	0.00001224
1.800	1.105	0.531	0.007	0.00004473
1.833	1.121	0.528	0.004	0.00001910
1.866	1.140	0.523	-0.001	0.00000216
1.900	1.154	0.521	-0.003	0.00001170
1.933	1.175	0.526	0.002	0.00000382
1.966	1.189	0.521	-0.003	0.00001054
2.000	1.209	0.528	0.004	0.00001286
2.033	1.224	0.528	0.004	0.00001910
2.066	1.244	0.526	0.002	0.00000417
jumlah		28.280		0.00055070
rata rata		0.524		

$$n - 1 = 52$$

$$\begin{aligned} \text{Kesalahan mutlak } \Delta v &= \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (v_i - v_{rata-rata})^2}{n-1}} \\ &= \sqrt{\frac{0,00055}{52}} \\ &= 0,003 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} I (\%) &= \frac{\Delta v}{v_{rata-rata}} \times 100\% \\ &= \frac{0,003}{0,524} \times 100\% \\ &= 0,62\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Keseksamaan} &= 100\% - I \\ &= 100\% - 0,62\% = 99,379\% \end{aligned}$$

$$H_p = \{0,524 \pm 0,003\}$$

Suhu 35°C

t	y	v	V-V _{rata-rata}	V-V _{rata-rata} ²
0.300	0.359	0.644	0.000	0.00000004
0.333	0.384	0.642	-0.002	0.00000352
0.367	0.402	0.642	-0.002	0.00000352
0.400	0.427	0.649	0.005	0.00002753
0.433	0.445	0.645	0.001	0.00000076
0.467	0.470	0.648	0.004	0.00001369
0.500	0.488	0.645	0.001	0.00000118
0.533	0.513	0.645	0.001	0.00000027
0.567	0.531	0.640	-0.004	0.00001487
0.600	0.555	0.644	0.000	0.00000017
0.633	0.574	0.648	0.004	0.00001855
0.667	0.598	0.645	0.001	0.00000222
0.700	0.617	0.645	0.001	0.00000219
0.733	0.641	0.645	0.001	0.00000027
0.767	0.660	0.646	0.002	0.00000470
0.800	0.684	0.645	0.001	0.00000222
0.833	0.703	0.641	-0.003	0.00001216
0.867	0.719	0.644	0.000	0.00000001
0.900	0.745	0.648	0.004	0.00001873
0.933	0.761	0.639	-0.005	0.00002062
0.967	0.787	0.637	-0.007	0.00004619
1.000	0.803	0.649	0.005	0.00002172
1.033	0.830	0.643	-0.001	0.00000103
1.067	0.845	0.642	-0.002	0.00000322
1.100	0.871	0.648	0.004	0.00001304
1.133	0.887	0.645	0.001	0.00000027
1.166	0.914	0.648	0.004	0.00001950
1.200	0.930	0.644	0.000	0.00000020
1.233	0.956	0.646	0.002	0.00000470
1.266	0.973	0.648	0.004	0.00001855
1.300	1.000	0.648	0.004	0.00001450
1.333	1.016	0.648	0.004	0.00001780
1.366	1.043	0.643	-0.001	0.00000028
1.400	1.059	0.648	0.004	0.00001755
1.433	1.086	0.643	-0.001	0.00000129
1.466	1.101	0.648	0.004	0.00001755
1.500	1.129	0.642	-0.002	0.00000599
1.533	1.144	0.644	0.000	0.00000017
1.566	1.172	0.649	0.005	0.00002425

1.600	1.187	0.639	-0.005	0.00002116
1.633	1.214	0.641	-0.003	0.00001224
1.666	1.229	0.642	-0.002	0.00000228
1.700	1.257	0.646	0.002	0.00000255
1.733	1.272	0.636	-0.008	0.00007100
1.766	1.299	0.630	-0.014	0.00018672
1.800	1.313	0.621	-0.023	0.00052683
1.833	1.340	0.643	-0.001	0.00000154
jumlah		30.254		0.00119936
rata rata		0.644		

$$n - 1 = 45$$

$$\text{Kesalahan mutlak } \Delta v = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (v_i - v_{\text{rata-rata}})^2}{n-1}}$$

$$= \sqrt{\frac{0,00119}{45}}$$

$$= 0,005$$

$$I (\%) = \frac{\Delta v}{v_{\text{rata-rata}}} \times 100\%$$

$$= \frac{0,005}{0,644} \times 100\%$$

$$= 0,80\%$$

$$\text{Keseksamaan} = 100\% - I$$

$$= 100\% - 0,8\% = 99,198\%$$

$$H_p = \{0,644 \pm 0,005\}$$

Suhu 40°C

t	y	v	$v - v_{\text{rata-rata}}$	$(v - v_{\text{rata-rata}})^2$
0.267	0.312	0.658	0.008	0.00007067
0.300	0.330	0.653	0.003	0.00000896
0.333	0.355	0.652	0.002	0.00000343
0.367	0.369	0.652	0.002	0.00000362
0.400	0.396	0.658	0.008	0.00006628
0.433	0.413	0.659	0.009	0.00007253
0.467	0.440	0.659	0.009	0.00008754
0.500	0.456	0.650	0.000	0.00000024
0.533	0.482	0.658	0.008	0.00007067
0.567	0.500	0.658	0.008	0.00006628
0.600	0.526	0.650	0.000	0.00000024
0.633	0.543	0.655	0.005	0.00002031
0.667	0.569	0.650	0.000	0.00000024
0.700	0.587	0.656	0.006	0.00003702

0.733	0.613	0.655	0.005	0.00002130
0.767	0.630	0.651	0.001	0.00000036
0.800	0.656	0.655	0.005	0.00002031
0.833	0.673	0.658	0.008	0.00006485
0.867	0.699	0.654	0.004	0.00001839
0.900	0.717	0.659	0.009	0.00007636
0.933	0.743	0.658	0.008	0.00006663
0.967	0.761	0.654	0.004	0.00001723
1.000	0.785	0.657	0.007	0.00004523
1.033	0.803	0.652	0.002	0.00000274
1.067	0.826	0.652	0.002	0.00000362
1.100	0.844	0.650	0.000	0.00000024
1.133	0.869	0.650	0.000	0.00000024
1.166	0.887	0.649	-0.001	0.00000036
1.200	0.912	0.659	0.009	0.00008961
1.233	0.931	0.660	0.010	0.00009170
1.266	0.956	0.653	0.003	0.00000962
1.300	0.974	0.658	0.008	0.00006310
1.333	0.999	0.658	0.008	0.00006451
1.366	1.018	0.637	-0.013	0.00016130
1.400	1.042	0.653	0.003	0.00000962
1.433	1.061	0.647	-0.003	0.00000690
1.466	1.085	0.659	0.009	0.00008754
1.500	1.105	0.650	0.000	0.00000024
1.533	1.127	0.653	0.003	0.00000896
1.566	1.148	0.659	0.009	0.00008754
1.600	1.171	0.638	-0.012	0.00014548
1.633	1.190	0.653	0.003	0.00000962
1.666	1.214	0.650	0.000	0.00000024
1.700	1.234	0.658	0.008	0.00006884
1.733	1.258	0.658	0.008	0.00007067
1.766	1.277	0.561	-0.089	0.00790908
1.800	1.295	0.554	-0.096	0.00922179
Jumlah		30.540		0.01895231
rata rata		0.650		

$$n - 1 = 45$$

$$\begin{aligned} \text{Kesalahan mutlak } \Delta v &= \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (v_i - v_{\text{rata-rata}})^2}{n-1}} \\ &= \sqrt{\frac{0,0189}{45}} \\ &= 0,021 \end{aligned}$$

$$I(\%) = \frac{\Delta v}{v_{rata-rata}} \times 100\%$$

$$= \frac{0,021}{0,650} \times 100\%$$

$$= 3,16\%$$

Keseksamaan = 100% - I

$$= 100\% - 3,16\% = 96,842\%$$

Hp = {0,650 ± 0,021}

Suhu 45°C

t	y	v	V - V _{rata-rata}	V - V _{rata-rata} ²
0.233	0.321	0.667	0.003	0.000007895
0.267	0.343	0.664	0.000	0.000000069
0.300	0.364	0.666	0.002	0.000006236
0.333	0.387	0.663	-0.001	0.000000362
0.367	0.408	0.663	-0.001	0.000000844
0.400	0.431	0.663	-0.001	0.000000507
0.433	0.452	0.662	-0.002	0.000006222
0.467	0.475	0.667	0.003	0.000007891
0.500	0.497	0.666	0.002	0.000006236
0.533	0.519	0.667	0.003	0.000008800
0.567	0.541	0.662	-0.002	0.000004175
0.600	0.563	0.667	0.003	0.000006804
0.633	0.585	0.668	0.004	0.000016322
0.667	0.608	0.664	0.000	0.000000017
0.700	0.630	0.667	0.003	0.000007279
0.733	0.652	0.667	0.003	0.000007283
0.767	0.674	0.664	0.000	0.000000150
0.800	0.696	0.667	0.003	0.000008532
0.833	0.718	0.667	0.003	0.000007895
0.867	0.741	0.665	0.001	0.000000703
0.900	0.763	0.664	0.000	0.000000150
0.933	0.785	0.664	0.000	0.000000017
0.967	0.807	0.661	-0.003	0.000008269
1.000	0.829	0.661	-0.003	0.000008026
1.033	0.851	0.662	-0.002	0.000003736
1.067	0.873	0.662	-0.002	0.000005684
1.100	0.895	0.669	0.005	0.000020738
1.133	0.917	0.666	0.002	0.000002859
1.166	0.936	0.662	-0.002	0.000003815
1.200	0.960	0.667	0.003	0.000011656

1.233	0.981	0.660	-0.004	0.000020100
1.266	1.003	0.662	-0.002	0.000004175
1.300	1.025	0.665	0.001	0.000000698
1.333	1.047	0.662	-0.002	0.000005251
1.366	1.069	0.661	-0.003	0.000008663
1.400	1.091	0.667	0.003	0.000006349
1.433	1.113	0.662	-0.002	0.000005251
1.466	1.135	0.661	-0.003	0.000007414
1.500	1.157	0.667	0.003	0.000010036
1.533	1.180	0.661	-0.003	0.000007647
1.566	1.201	0.664	0.000	0.000000002
1.600	1.223	0.655	-0.009	0.000083119
1.633	1.244	0.664	0.000	0.000000077
1.666	1.267	0.661	-0.003	0.000008269
1.700	1.288	0.667	0.003	0.000007895
1.733	1.311	0.663	-0.001	0.000001059
1.766	1.332	0.662	-0.002	0.000006222
Jumlah		31.206		0.000351400
Rata rata		0.664		

$$n - 1 = 45$$

$$\begin{aligned} \text{Kesalahan mutlak } \Delta v &= \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (v_i - v_{\text{rata-rata}})^2}{n-1}} \\ &= \sqrt{\frac{0,00035}{45}} \\ &= 0,003 \end{aligned}$$

$$I (\%) = \frac{\Delta v}{v_{\text{rata-rata}}} \times 100\%$$

$$\begin{aligned} &= \frac{0,003}{0,664} \times 100\% \\ &= 0,42\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Keseksamaan} &= 100\% - I \\ &= 100\% - 0,42\% = 99,579\% \end{aligned}$$

$$H_p = \{0,664 \pm 0,003\}$$

Suhu 50°C

t	y	v	v - v _{rata-rata}	(v - v _{rata-rata}) ²
0.333	0.389	0.677	0.000	0.000000089
0.367	0.411	0.677	0.000	0.000000131
0.400	0.434	0.670	-0.007	0.000046978
0.433	0.455	0.677	0.000	0.000000062
0.467	0.479	0.677	0.000	0.000000089

0.500	0.501	0.677	0.000	0.000000072
0.533	0.525	0.677	0.000	0.000000089
0.567	0.546	0.677	0.000	0.000000003
0.600	0.570	0.677	0.000	0.000000003
0.633	0.591	0.677	0.000	0.000000145
0.667	0.615	0.677	0.000	0.000000169
0.700	0.636	0.677	0.000	0.000000131
0.733	0.660	0.673	-0.004	0.000016635
0.767	0.680	0.677	0.000	0.000000027
0.800	0.705	0.680	0.003	0.000006689
0.833	0.725	0.677	0.000	0.000000131
0.867	0.750	0.678	0.001	0.000000683
0.900	0.770	0.677	0.000	0.000000072
0.933	0.795	0.670	-0.007	0.000046978
0.967	0.815	0.679	0.002	0.000006116
1.000	0.840	0.680	0.003	0.000006689
1.033	0.860	0.678	0.001	0.000000883
1.067	0.885	0.679	0.002	0.000002459
1.100	0.905	0.677	0.000	0.000000169
1.133	0.931	0.678	0.001	0.000001108
1.167	0.950	0.680	0.003	0.000007288
1.200	0.976	0.673	-0.004	0.000016635
1.233	0.995	0.680	0.003	0.000006689
1.266	1.021	0.679	0.002	0.000006116
1.300	1.040	0.678	0.001	0.000000883
1.333	1.066	0.666	-0.011	0.000115732
1.366	1.084	0.679	0.002	0.000006116
1.400	1.111	0.677	0.000	0.000000027
1.433	1.129	0.677	0.000	0.000000004
1.466	1.156	0.680	0.003	0.000007288
1.500	1.175	0.678	0.001	0.000000683
1.533	1.201	0.677	0.000	0.000000169
1.566	1.220	0.678	0.001	0.000001108
1.600	1.246	0.677	0.000	0.000000089
1.633	1.265	0.680	0.003	0.000006689
1.666	1.292	0.679	0.002	0.000002826
1.700	1.310	0.677	0.000	0.000000243
1.733	1.337	0.677	0.000	0.000000131
Jumlah		29.108		0.000315311
Rata rata		0.677		

n -1

= 41

$$\begin{aligned} \text{Kesalahan mutlak } \Delta v &= \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (v_i - v_{\text{rata-rata}})^2}{n-1}} \\ &= \sqrt{\frac{0,000315}{41}} \\ &= 0,003 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} I (\%) &= \frac{\Delta v}{v_{\text{rata-rata}}} \times 100\% \\ &= \frac{0,003}{0,677} \times 100\% \\ &= 0,41\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Keseksamaan} &= 100\% - I \\ &= 100\% - 0,41\% = 99,590\% \end{aligned}$$

$$H_p = \{0,677 \pm 0,003\}$$

Suhu 55°C

t	y	v	V - V _{rata-rata}	V - V _{rata-rata} ²
0.167	0.304	0.690	-0.002	0.00000244042
0.200	0.328	0.690	-0.002	0.00000286297
0.233	0.350	0.690	-0.002	0.00000415013
0.267	0.374	0.691	-0.001	0.00000080151
0.300	0.395	0.692	0.000	0.00000000120
0.333	0.420	0.691	-0.001	0.00000048798
0.367	0.441	0.692	0.000	0.00000000120
0.400	0.466	0.690	-0.002	0.00000369475
0.433	0.487	0.691	-0.001	0.00000048798
0.467	0.512	0.690	-0.002	0.00000244042
0.500	0.533	0.692	0.000	0.00000000652
0.533	0.557	0.692	0.000	0.00000003844
0.567	0.579	0.690	-0.002	0.00000369475
0.600	0.603	0.693	0.001	0.00000109222
0.633	0.625	0.690	-0.002	0.00000356752
0.667	0.649	0.691	-0.001	0.00000133206
0.700	0.671	0.693	0.001	0.00000066273
0.733	0.695	0.689	-0.003	0.00000706170
0.767	0.716	0.692	0.000	0.00000002249
0.800	0.741	0.694	0.002	0.00000349741
0.833	0.762	0.691	-0.001	0.00000080151
0.867	0.787	0.693	0.001	0.00000109222
0.900	0.808	0.692	0.000	0.00000000120
0.933	0.833	0.694	0.002	0.00000349741
0.967	0.854	0.690	-0.002	0.00000401532

1.000	0.875	0.695	0.003	0.00000828452
1.033	0.898	0.693	0.001	0.00000157436
1.067	0.921	0.695	0.003	0.00001025626
1.100	0.944	0.691	-0.001	0.00000060850
1.133	0.966	0.693	0.001	0.00000086410
1.166	0.990	0.690	-0.002	0.00000369475
1.200	1.012	0.695	0.003	0.00001025626
1.233	1.036	0.694	0.002	0.00000394341
1.266	1.058	0.692	0.000	0.00000000120
1.300	1.082	0.691	-0.001	0.00000048798
1.333	1.104	0.690	-0.002	0.00000369475
1.366	1.128	0.691	-0.001	0.00000161115
1.400	1.150	0.690	-0.002	0.00000369475
1.433	1.174	0.690	-0.002	0.00000321245
1.466	1.196	0.691	-0.001	0.00000191665
1.500	1.220	0.690	-0.002	0.00000244042
1.533	1.242	0.690	-0.002	0.00000401532
1.566	1.266	0.691	-0.001	0.00000191665
1.600	1.288	0.692	0.000	0.00000000120
1.633	1.312	0.692	0.000	0.00000000120
1.666	1.334	0.690	-0.002	0.00000281326
1.700	1.358	0.694	0.002	0.00000349741
jumlah		32.506		0.00011653858
Rata rata		0.692		

$$n - 1 = 45$$

$$\begin{aligned} \text{Kesalahan mutlak } \Delta v &= \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (v_i - v_{rata-rata})^2}{n-1}} \\ &= \sqrt{\frac{0,000116}{45}} \\ &= 0,002 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} I (\%) &= \frac{\Delta v}{v_{rata-rata}} \times 100\% \\ &= \frac{0,002}{0,692} \times 100\% \\ &= 0,23\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Keseksamaan} &= 100\% - I \\ &= 100\% - 0,23\% = 99,767\% \end{aligned}$$

$$H_p = \{0,692 \pm 0,002\}$$

LAMPIRAN C

DATA PERHITUNGAN VISKOSITAS MINYAK GORENG

1. BIMOLI 29⁰C

$$r = 8.10^{-3}m \quad \Delta v = 0,003ms^{-1}$$

$$d = 0,016m \quad \rho_f = 900kg.m^{-3}$$

$$\Delta d = 5.10^{-5}m \quad \Delta\rho_f = 2,5kg.m^{-3}$$

$$g = 10m.s^{-2} \quad V_b = 2,144.10^{-6}m^3$$

$$m_b = 5.10^{-2}kg \quad \rho_b = 2332,55kg.m^{-3}$$

$$v_T = 0,529m.s^{-1} \quad \Delta\rho_b = 0,223kg.m^{-3}$$

$$\eta = \frac{2r^2g}{9v_T}(\rho_b - \rho_f)$$

$$= \frac{2(8.10^{-3})^2 \cdot 10}{9(0,529)}(2380,95 - 900)$$

$$= \frac{0,000142(1480,95)}{0,529}$$

$$= 0,398Pa.s$$

Rambat ralat ketidakpastian

$$\eta = d^2 \cdot \Delta\rho \cdot v^{-1}$$

$$\Delta\eta = \left| \frac{2\Delta d}{d} + \frac{\Delta v}{v} + \frac{\Delta\rho_b}{\rho_b - \rho_f} - \frac{\Delta\rho_f}{\rho_b - \rho_f} \right| \eta$$

$$\Delta\eta = \left| \frac{2(0,00005m)}{0,016m} + \frac{0,003m/s}{0,529m/s} + \frac{0,223kg/m^3}{1480,95kg/m^3} - \frac{2,5kg/m^3}{1480,95kg/m^3} \right| 0,398Pa.s$$

$$\Delta\eta = 0,0041Pa.s$$

Kesalahan relatif

$$KR = \frac{\Delta\eta}{\eta} \times 100\%$$

$$KR = \frac{0,0041}{0,398} \times 100\% = 1,039\%$$

Derajat kepercayaan

$$DK = 100\% - KR$$

$$DK = 100\% - 1,039\% = 98,96\%$$

Pelaporan fisika

$$\eta = |\eta \pm \Delta\eta| \text{Pa.s}$$

$$\eta = |0,398 \pm 0,0041| \text{Pa.s}$$

2. BIMOLI 35°C

$$r = 8 \cdot 10^{-3} \text{ m} \quad \Delta v = 0,002 \text{ m.s}^{-1}$$

$$d = 0,016 \text{ m} \quad \rho_f = 890 \text{ kg.m}^{-3}$$

$$\Delta d = 5 \cdot 10^{-5} \text{ m} \quad \Delta \rho_f = 2,5 \text{ kg.m}^{-3}$$

$$g = 10 \text{ m.s}^{-2} \quad V_b = 2,144 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3$$

$$m_b = 5 \cdot 10^{-2} \text{ kg} \quad \rho_b = 2332,55 \text{ kg.m}^{-3}$$

$$v_T = 0,626 \text{ m.s}^{-1} \quad \Delta \rho_b = 0,223 \text{ kg.m}^{-3}$$

$$\begin{aligned} \eta &= \frac{2r^2 g}{9v_T} (\rho_b - \rho_f) \\ &= \frac{2(8 \cdot 10^{-3})^2 \cdot 10}{9(0,626)} (2380,95 - 890) \\ &= \frac{0,000142(1490,95)}{0,626} \\ &= 0,338 \text{ Pa.s} \end{aligned}$$

Rambat ralat ketidakpastian

$$\eta = d^2 \cdot \Delta \rho \cdot v^{-1}$$

$$\Delta \eta = \left| \frac{2\Delta d}{d} + \frac{\Delta v}{v} + \frac{\Delta \rho_b}{\rho_b \cdot \rho_f} - \frac{\Delta \rho_f}{\rho_b \cdot \rho_f} \right| \eta$$

$$\Delta \eta = \left| \frac{2(0,00005 \text{ m})}{0,016 \text{ m}} + \frac{0,002 \text{ m/s}}{0,626 \text{ m/s}} + \frac{0,223 \text{ kg/m}^3}{1490,95 \text{ kg/m}^3} - \frac{2,5 \text{ kg/m}^3}{1490,95 \text{ kg/m}^3} \right| 0,338 \text{ Pa.s}$$

$$\Delta \eta = 0,0026 \text{ Pa.s}$$

Kesalahan relatif

$$\text{KR} = \frac{\Delta \eta}{\eta} \times 100\%$$

$$\text{KR} = \frac{0,0026}{0,338} \times 100\% = 0,79\%$$

Derajat kepercayaan

$$DK=100\% - KR$$

$$DK=100\% - 0,79\% = 99,2\%$$

Pelaporan fisika

$$\eta = |\eta \pm \Delta\eta| \text{ Pa.s}$$

$$\eta = |0,338 \pm 0,0026| \text{ Pa.s}$$

3. BIMOLI 40°C

$$r = 8 \cdot 10^{-3} \text{ m} \quad \Delta v = 0,003 \text{ m s}^{-1}$$

$$d = 0,016 \text{ m} \quad \rho_f = 885 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$$

$$\Delta d = 5 \cdot 10^{-5} \text{ m} \quad \Delta \rho_f = 2,5 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$$

$$g = 10 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2} \quad V_b = 2,144 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3$$

$$m_b = 5 \cdot 10^{-2} \text{ kg} \quad \rho_b = 2332,55 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$$

$$v_T = 0,636 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} \quad \Delta \rho_b = 0,223 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$$

$$\eta = \frac{2r^2 g}{9v_T} (\rho_b - \rho_f)$$

$$= \frac{2(8 \cdot 10^{-3})^2 \cdot 10}{9(0,636)} (2380,95 - 885)$$

$$= \frac{0,000142(1495,95)}{0,636}$$

$$= 0,334 \text{ Pa} \cdot \text{s}$$

Rambat ralat ketidakpastian

$$\eta = d^2 \cdot \Delta \rho \cdot v^{-1}$$

$$\Delta \eta = \left| \frac{2\Delta d}{d} + \frac{\Delta v}{v} + \frac{\Delta \rho_b}{\rho_b - \rho_f} - \frac{\Delta \rho_f}{\rho_b - \rho_f} \right| \eta$$

$$\Delta \eta = \left| \frac{2\Delta d}{d} + \frac{\Delta v}{v} + \frac{\Delta \rho_b}{\rho_b - \rho_f} - \frac{\Delta \rho_f}{\rho_b - \rho_f} \right| \eta$$

$$\Delta \eta = \left| \frac{2(0,00005 \text{ m})}{0,016 \text{ m}} + \frac{0,003 \text{ m/s}}{0,636 \text{ m/s}} + \frac{0,223 \text{ kg/m}^3}{1495,95 \text{ kg/m}^3} - \frac{2,5 \text{ kg/m}^3}{1495,95 \text{ kg/m}^3} \right| 0,334 \text{ Pa} \cdot \text{s}$$

$$\Delta \eta = 0,0032 \text{ Pa} \cdot \text{s}$$

Kesalahan relatif

$$KR = \frac{\Delta\eta}{\eta} \times 100\%$$

$$KR = \frac{0,0032}{0,334} \times 100\% = 0,94\%$$

Derajat kepercayaan

$$DK = 100\% - KR$$

$$DK = 100\% - 0,94\% = 99,06\%$$

Pelaporan fisika

$$\eta = |\eta \pm \Delta\eta| \text{ Pa.s}$$

$$\eta = |0,334 \pm 0,0032| \text{ Pa.s}$$

4. BIMOLI 45°C

$$r = 8 \cdot 10^{-3} \text{ m} \quad \Delta v = 0,004 \text{ ms}^{-1}$$

$$d = 0,016 \text{ m} \quad \rho_f = 880 \text{ kg.m}^{-3}$$

$$\Delta d = 5 \cdot 10^{-5} \text{ m} \quad \Delta \rho_f = 2,5 \text{ kg.m}^{-3}$$

$$g = 10 \text{ m.s}^{-2} \quad V_b = 2,144 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3$$

$$m_b = 5 \cdot 10^{-2} \text{ kg} \quad \rho_b = 2332,55 \text{ kg.m}^{-3}$$

$$v_T = 0,647 \text{ m.s}^{-1} \quad \Delta \rho_b = 0,223 \text{ kg.m}^{-3}$$

$$\begin{aligned} \eta &= \frac{2r^2 g}{9v_T} (\rho_b - \rho_f) \\ &= \frac{2(8 \cdot 10^{-3})^2 \cdot 10}{9(0,647)} (2380,95 - 880) \\ &= \frac{0,000142(1500,95)}{0,647} \\ &= 0,329 \text{ Pa.s} \end{aligned}$$

Rambat ralat ketidakpastian

$$\eta = d^2 \cdot \Delta\rho \cdot v^{-1}$$

$$\Delta\eta = \left| \frac{2\Delta d}{d} + \frac{\Delta v}{v} + \frac{\Delta\rho_b}{\rho_b - \rho_f} - \frac{\Delta\rho_f}{\rho_b - \rho_f} \right| \eta$$

$$\Delta\eta = \left| \frac{2\Delta d}{d} + \frac{\Delta v}{v} + \frac{\Delta\rho_b}{\rho_b - \rho_f} - \frac{\Delta\rho_f}{\rho_b - \rho_f} \right| \eta$$

$$\Delta\eta = \left| \frac{2(0,00005 \text{ m})}{0,016 \text{ m}} + \frac{0,004 \text{ m/s}}{0,647 \text{ m/s}} + \frac{0,223 \text{ kg/m}^3}{1500,95 \text{ kg/m}^3} - \frac{2,5 \text{ kg/m}^3}{1500,95 \text{ kg/m}^3} \right| 0,329 \text{ Pa.s}$$

$$\Delta\eta = 0,0036 \text{ Pa.s}$$

Kesalahan relatif

$$KR = \frac{\Delta\eta}{\eta} \times 100\%$$

$$KR = \frac{0,0036}{0,329} \times 100\% = 1,09\%$$

Derajat kepercayaan

$$DK = 100\% - KR$$

$$DK = 100\% - 1,09\% = 98,91\%$$

Pelaporan fisika

$$\eta = |\eta \pm \Delta\eta| \text{ Pa.s}$$

$$\eta = |0,329 \pm 0,0036| \text{ Pa.s}$$

5. BIMOLI 50°C

$$r = 8 \cdot 10^{-3} \text{ m} \quad \Delta v = 0,004 \text{ m.s}^{-1}$$

$$d = 0,016 \text{ m} \quad \rho_f = 875 \text{ kg.m}^{-3}$$

$$\Delta d = 5 \cdot 10^{-5} \text{ m} \quad \Delta\rho_f = 2,5 \text{ kg.m}^{-3}$$

$$g = 10 \text{ m.s}^{-2} \quad V_b = 2,144 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3$$

$$m_b = 5 \cdot 10^{-2} \text{ kg} \quad \rho_b = 2332,55 \text{ kg.m}^{-3}$$

$$v_T = 0,688 \text{ m.s}^{-1} \quad \Delta\rho_b = 0,223 \text{ kg.m}^{-3}$$

$$\eta = \frac{2r^2 g}{9v_T} (\rho_b - \rho_f)$$

$$= \frac{2(8 \cdot 10^{-3})^2 \cdot 10}{9(0,688)} (2380,95 - 875)$$

$$= \frac{0,000142(1505,95)}{0,688}$$

$$= 0,311 \text{ Pa.s}$$

Rambat ralat ketidakpastian

$$\eta = d^2 \cdot \Delta\rho \cdot v^{-1}$$

$$\Delta\eta = \left| \frac{2\Delta d}{d} + \frac{\Delta v}{v} + \frac{\Delta\rho_b}{\rho_b \cdot \rho_f} - \frac{\Delta\rho_f}{\rho_b \cdot \rho_f} \right| \eta$$

$$\Delta\eta = \left| \frac{2\Delta d}{d} + \frac{\Delta v}{v} + \frac{\Delta\rho_b}{\rho_b \cdot \rho_f} - \frac{\Delta\rho_f}{\rho_b \cdot \rho_f} \right| \eta$$

$$\Delta\eta = \left| \frac{2(0,00005 \text{ m})}{0,016 \text{ m}} + \frac{0,004 \text{ m/s}}{0,688 \text{ m/s}} + \frac{0,223 \text{ kg/m}^3}{1505,95 \text{ kg/m}^3} - \frac{2,5 \text{ kg/m}^3}{1505,5 \text{ kg/m}^3} \right| 0,311 \text{ Pa.s}$$

$$\Delta\eta = 0,0033 \text{ Pa.s}$$

Kesalahan relatif

$$KR = \frac{\Delta\eta}{\eta} \times 100\%$$

$$KR = \frac{0,0033}{0,311} \times 100\% = 1,055\%$$

Derajat kepercayaan

$$DK = 100\% - KR$$

$$DK = 100\% - 1,055\% = 98,94\%$$

Pelaporan fisika

$$\eta = |\eta \pm \Delta\eta| \text{ Pa.s}$$

$$\eta = |0,311 \pm 0,0033| \text{ Pa.s}$$

6. BIMOLI 55°C

$$r = 8 \cdot 10^{-3} \text{ m} \quad \Delta v = 0,003 \text{ ms}^{-1}$$

$$d = 0,016 \text{ m} \quad \rho_f = 850 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$$

$$\Delta d = 5 \cdot 10^{-5} \text{ m} \quad \Delta\rho_f = 2,5 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$$

$$g = 10 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2} \quad V_b = 2,144 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3$$

$$m_b = 5 \cdot 10^{-2} \text{ kg} \quad \rho_b = 2332,55 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$$

$$v_T = 0,716 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} \quad \Delta\rho_b = 0,223 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$$

$$\begin{aligned}\eta &= \frac{2r^2 g}{9v_T} (\rho_b - \rho_f) \\ &= \frac{2(8 \cdot 10^{-3})^2 \cdot 10}{9(0,716)} (2380,95 - 850) \\ &= \frac{0,000142(1530,95)}{0,716} \\ &= 0,304 Pa.s\end{aligned}$$

Rambat ralat ketidakpastian

$$\begin{aligned}\eta &= d^2 \cdot \Delta\rho \cdot v^{-1} \\ \Delta\eta &= \left| \frac{2\Delta d}{d} + \frac{\Delta v}{v} + \frac{\Delta\rho_b}{\rho_b \cdot \rho_f} - \frac{\Delta\rho_f}{\rho_b \cdot \rho_f} \right| \eta \\ \Delta\eta &= \left| \frac{2\Delta d}{d} + \frac{\Delta v}{v} + \frac{\Delta\rho_b}{\rho_b \cdot \rho_f} - \frac{\Delta\rho_f}{\rho_b \cdot \rho_f} \right| \eta \\ \Delta\eta &= \left| \frac{2(0,00005 \text{ m})}{0,016 \text{ m}} + \frac{0,003 \text{ m/s}}{0,716 \text{ m/s}} + \frac{0,223 \text{ kg/m}^3}{1530,95 \text{ kg/m}^3} - \frac{2,5 \text{ kg/m}^3}{1530,95 \text{ kg/m}^3} \right| 0,304 \text{ Pa.s} \\ \Delta\eta &= 0,0027 Pa.s\end{aligned}$$

Kesalahan relatif

$$\begin{aligned}KR &= \frac{\Delta\eta}{\eta} \times 100\% \\ KR &= \frac{0,0027}{0,304} \times 100\% = 0,895\%\end{aligned}$$

Derajat kepercayaan

$$\begin{aligned}DK &= 100\% - KR \\ DK &= 100\% - 0,895\% = 99,1\%\end{aligned}$$

Pelaporan fisika

$$\begin{aligned}\eta &= |\eta \pm \Delta\eta| Pa.s \\ \eta &= |0,304 \pm 0,0027| Pa.s\end{aligned}$$

7. FILMA 29°C

$$\begin{aligned}
 r &= 8 \cdot 10^{-3} \text{ m} & \Delta v &= 0,002 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} \\
 d &= 0,016 \text{ m} & \rho_f &= 900 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3} \\
 \Delta d &= 5 \cdot 10^{-5} \text{ m} & \Delta \rho_f &= 2,5 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3} \\
 g &= 10 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2} & V_b &= 2,144 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3 \\
 m_b &= 5 \cdot 10^{-2} \text{ kg} & \rho_b &= 2332,55 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3} \\
 v_T &= 0,525 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} & \Delta \rho_b &= 0,223 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \eta &= \frac{2r^2 g}{9v_T} (\rho_b - \rho_f) \\
 &= \frac{2(8 \cdot 10^{-3})^2 \cdot 10}{9(0,525)} (2380,95 - 900) \\
 &= \frac{0,000142(1480,950)}{0,716} \\
 &= 0,401 \text{ Pa} \cdot \text{s}
 \end{aligned}$$

Rambat ralat ketidakpastian

$$\begin{aligned}
 \eta &= d^2 \cdot \Delta \rho \cdot v^{-1} \\
 \Delta \eta &= \left| \frac{2\Delta d}{d} + \frac{\Delta v}{v} + \frac{\Delta \rho_b}{\rho_b - \rho_f} - \frac{\Delta \rho_f}{\rho_b - \rho_f} \right| \eta \\
 \Delta \eta &= \left| \frac{2\Delta d}{d} + \frac{\Delta v}{v} + \frac{\Delta \rho_b}{\rho_b - \rho_f} - \frac{\Delta \rho_f}{\rho_b - \rho_f} \right| \eta \\
 \Delta \eta &= \left| \frac{2(0,00005 \text{ m})}{0,016 \text{ m}} + \frac{0,002 \text{ m/s}}{0,525 \text{ m/s}} + \frac{0,223 \text{ kg/m}^3}{1480,95 \text{ kg/m}^3} - \frac{2,5 \text{ kg/m}^3}{1480,95 \text{ kg/m}^3} \right| 0,401 \text{ Pa} \cdot \text{s} \\
 \Delta \eta &= 0,0034 \text{ Pa} \cdot \text{s}
 \end{aligned}$$

Kesalahan relatif

$$\begin{aligned}
 \text{KR} &= \frac{\Delta \eta}{\eta} \times 100\% \\
 \text{KR} &= \frac{0,0034}{0,401} \times 100\% = 0,852\%
 \end{aligned}$$

Derajat kepercayaan

$$\begin{aligned}
 \text{DK} &= 100\% - \text{KR} \\
 \text{DK} &= 100\% - 0,852\% = 99,15\%
 \end{aligned}$$

Pelaporan fisika

$$\eta = |\eta \pm \Delta\eta| \text{Pa.s}$$

$$\eta = |0,401 \pm 0,0034| \text{Pa.s}$$

8. FILMA 35°C

$$r = 8 \cdot 10^{-3} \text{ m} \quad \Delta v = 0,003 \text{ m.s}^{-1}$$

$$d = 0,016 \text{ m} \quad \rho_f = 895 \text{ kg.m}^{-3}$$

$$\Delta d = 5 \cdot 10^{-5} \text{ m} \quad \Delta \rho_f = 2,5 \text{ kg.m}^{-3}$$

$$g = 10 \text{ m.s}^{-2} \quad V_b = 2,144 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3$$

$$m_b = 5 \cdot 10^{-2} \text{ kg} \quad \rho_b = 2332,55 \text{ kg.m}^{-3}$$

$$v_T = 0,614 \text{ m.s}^{-1} \quad \Delta \rho_b = 0,223 \text{ kg.m}^{-3}$$

$$\begin{aligned} \eta &= \frac{2r^2 g}{9v_T} (\rho_b - \rho_f) \\ &= \frac{2(8 \cdot 10^{-3})^2 \cdot 10}{9(0,614)} (2380,95 - 895) \\ &= \frac{0,000142(1485,95)}{0,614} \\ &= 0,344 \text{ Pa.s} \end{aligned}$$

Rambat ralat ketidakpastian

$$\eta = d^2 \cdot \Delta \rho \cdot v^{-1}$$

$$\Delta \eta = \left| \frac{2\Delta d}{d} + \frac{\Delta v}{v} + \frac{\Delta \rho_b}{\rho_b - \rho_f} - \frac{\Delta \rho_f}{\rho_b - \rho_f} \right| \eta$$

$$\Delta \eta = \left| \frac{2\Delta d}{d} + \frac{\Delta v}{v} + \frac{\Delta \rho_b}{\rho_b - \rho_f} - \frac{\Delta \rho_f}{\rho_b - \rho_f} \right| \eta$$

$$\Delta \eta = \left| \frac{2(0,00005 \text{ m})}{0,016 \text{ m}} + \frac{0,003 \text{ m/s}}{0,614 \text{ m/s}} + \frac{0,223 \text{ kg/m}^3}{1485,95 \text{ kg/m}^3} - \frac{2,5 \text{ kg/m}^3}{1485,95 \text{ kg/m}^3} \right| 0,344 \text{ Pa.s}$$

$$\Delta \eta = 0,0033 \text{ Pa.s}$$

Kesalahan relatif

$$\text{KR} = \frac{\Delta \eta}{\eta} \times 100\%$$

$$KR = \frac{0,0033}{0,344} \times 100\% = 0,96\%$$

Derajat kepercayaan

$$DK = 100\% - KR$$

$$DK = 100\% - 0,96\% = 99,04\%$$

Pelaporan fisika

$$\eta = |\eta \pm \Delta\eta| \text{ Pa.s}$$

$$\eta = |0,344 \pm 0,0033| \text{ Pa.s}$$

9. FILMA 40°C

$$r = 8 \cdot 10^{-3} \text{ m} \quad \Delta v = 0,003 \text{ m s}^{-1}$$

$$d = 0,016 \text{ m} \quad \rho_f = 890 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$$

$$\Delta d = 5 \cdot 10^{-5} \text{ m} \quad \Delta \rho_f = 2,5 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$$

$$g = 10 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2} \quad V_b = 2,144 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3$$

$$m_b = 5 \cdot 10^{-2} \text{ kg} \quad \rho_b = 2332,55 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$$

$$v_T = 0,625 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} \quad \Delta \rho_b = 0,223 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$$

$$\eta = \frac{2r^2 g}{9v_T} (\rho_b - \rho_f)$$

$$= \frac{2(8 \cdot 10^{-3})^2 \cdot 10}{9(0,625)} (2380,95 - 890)$$

$$= \frac{0,000142(1490,95)}{0,625}$$

$$= 0,339 \text{ Pa} \cdot \text{s}$$

Rambat ralat ketidakpastian

$$\eta = d^2 \cdot \Delta \rho \cdot v^{-1}$$

$$\Delta \eta = \left| \frac{2\Delta d}{d} + \frac{\Delta v}{v} + \frac{\Delta \rho_b}{\rho_b - \rho_f} - \frac{\Delta \rho_f}{\rho_b - \rho_f} \right| \eta$$

$$\Delta \eta = \left| \frac{2\Delta d}{d} + \frac{\Delta v}{v} + \frac{\Delta \rho_b}{\rho_b - \rho_f} - \frac{\Delta \rho_f}{\rho_b - \rho_f} \right| \eta$$

$$\Delta \eta = \left| \frac{2(0,00005 \text{ m})}{0,016 \text{ m}} + \frac{0,003 \text{ m/s}}{0,625 \text{ m/s}} + \frac{0,223 \text{ kg/m}^3}{1490,95 \text{ kg/m}^3} - \frac{2,5 \text{ kg/m}^3}{1490,95 \text{ kg/m}^3} \right| 0,339 \text{ Pa} \cdot \text{s}$$

$$\Delta\eta = 0,0032 \text{ Pa.s}$$

Kesalahan relatif

$$KR = \frac{\Delta\eta}{\eta} \times 100\%$$

$$KR = \frac{0,0032}{0,339} \times 100\% = 0,952\%$$

Derajat kepercayaan

$$DK = 100\% - KR$$

$$DK = 100\% - 0,952\% = 99,05\%$$

Pelaporan fisika

$$\eta = |\eta \pm \Delta\eta| \text{ Pa.s}$$

$$\eta = |0,339 \pm 0,0032| \text{ Pa.s}$$

10. FILMA 45°C

$$r = 8 \cdot 10^{-3} \text{ m} \quad \Delta v = 0,003 \text{ m.s}^{-1}$$

$$d = 0,016 \text{ m} \quad \rho_f = 880 \text{ kg.m}^{-3}$$

$$\Delta d = 5 \cdot 10^{-5} \text{ m} \quad \Delta \rho_f = 2,5 \text{ kg.m}^{-3}$$

$$g = 10 \text{ m.s}^{-2} \quad V_b = 2,144 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3$$

$$m_b = 5 \cdot 10^{-2} \text{ kg} \quad \rho_b = 2332,55 \text{ kg.m}^{-3}$$

$$v_T = 0,643 \text{ m.s}^{-1} \quad \Delta \rho_b = 0,223 \text{ kg.m}^{-3}$$

$$\eta = \frac{2r^2 g}{9v_T} (\rho_b - \rho_f)$$

$$= \frac{2(8 \cdot 10^{-3})^2 \cdot 10}{9(0,643)} (2380,95 - 880)$$

$$= \frac{0,000142(1500,95)}{0,643}$$

$$= 0,331 \text{ Pa.s}$$

Rambat ralat ketidakpastian

$$\eta = d^2 \cdot \Delta\rho \cdot v^{-1}$$

$$\Delta\eta = \left| \frac{2\Delta d}{d} + \frac{\Delta v}{v} + \frac{\Delta\rho_b}{\rho_b - \rho_f} - \frac{\Delta\rho_f}{\rho_b - \rho_f} \right| \eta$$

$$\Delta\eta = \left| \frac{2\Delta d}{d} + \frac{\Delta v}{v} + \frac{\Delta\rho_b}{\rho_b - \rho_f} - \frac{\Delta\rho_f}{\rho_b - \rho_f} \right| \eta$$

$$\Delta\eta = \left| \frac{2(0,00005\text{ m})}{0,016\text{ m}} + \frac{0,003\text{ m/s}}{0,643\text{ m/s}} + \frac{0,223\text{ kg/m}^3}{1500,95\text{ kg/m}^3} - \frac{2,5\text{ kg/m}^3}{1500,95\text{ kg/m}^3} \right| 0,331\text{ Pa.s}$$

$$\Delta\eta = 0,0031\text{ Pa.s}$$

Kesalahan relatif

$$KR = \frac{\Delta\eta}{\eta} \times 100\%$$

$$KR = \frac{0,0031}{0,331} \times 100\% = 0,940\%$$

Derajat kepercayaan

$$DK = 100\% - KR$$

$$DK = 100\% - 0,940\% = 99,06\%$$

Pelaporan fisika

$$\eta = |\eta \pm \Delta\eta| \text{ Pa.s}$$

$$\eta = |0,331 \pm 0,0031| \text{ Pa.s}$$

11. FILMA 50°C

$$r = 8 \cdot 10^{-3} \text{ m} \quad \Delta v = 0,006 \text{ m.s}^{-1}$$

$$d = 0,016 \text{ m} \quad \rho_f = 877,5 \text{ kg.m}^{-3}$$

$$\Delta d = 5 \cdot 10^{-5} \text{ m} \quad \Delta\rho_f = 2,5 \text{ kg.m}^{-3}$$

$$g = 10 \text{ m.s}^{-2} \quad V_b = 2,144 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3$$

$$m_b = 5 \cdot 10^{-2} \text{ kg} \quad \rho_b = 2332,55 \text{ kg.m}^{-3}$$

$$v_T = 0,667 \text{ m.s}^{-1} \quad \Delta\rho_b = 0,223 \text{ kg.m}^{-3}$$

$$\eta = \frac{2r^2 g}{9v_T} (\rho_b - \rho_f)$$

$$= \frac{2(8 \cdot 10^{-3})^2 \cdot 10}{9(0,667)} (2380,95 - 877,5)$$

$$= \frac{0,000142(1503,95)}{0,667}$$

$$= 0,320 \text{ Pa.s}$$

Rambat ralat ketidakpastian

$$\eta = d^2 \cdot \Delta\rho \cdot v^{-1}$$

$$\Delta\eta = \left| \frac{2\Delta d}{d} + \frac{\Delta v}{v} + \frac{\Delta\rho_b}{\rho_b - \rho_f} - \frac{\Delta\rho_f}{\rho_b - \rho_f} \right| \eta$$

$$\Delta\eta = \left| \frac{2\Delta d}{d} + \frac{\Delta v}{v} + \frac{\Delta\rho_b}{\rho_b - \rho_f} - \frac{\Delta\rho_f}{\rho_b - \rho_f} \right| \eta$$

$$\Delta\eta = \left| \frac{2(0,00005 \text{ m})}{0,016 \text{ m}} + \frac{0,006 \text{ m/s}}{0,667 \text{ m/s}} + \frac{0,223 \text{ kg/m}^3}{1503,95 \text{ kg/m}^3} - \frac{2,5 \text{ kg/m}^3}{1503,95 \text{ kg/m}^3} \right| 0,320 \text{ Pa.s}$$

$$\Delta\eta = 0,0044 \text{ Pa.s}$$

Kesalahan relatif

$$KR = \frac{\Delta\eta}{\eta} \times 100\%$$

$$KR = \frac{0,0044}{0,320} \times 100\% = 1,373\%$$

Derajat kepercayaan

$$DK = 100\% - KR$$

$$DK = 100\% - 1,373\% = 98,63\%$$

Pelaporan fisika

$$\eta = |\eta \pm \Delta\eta| \text{ Pa.s}$$

$$\eta = |0,320 \pm 0,0044| \text{ Pa.s}$$

12. FILMA 55°C

$$r = 8 \cdot 10^{-3} \text{ m} \quad \Delta v = 0,003 \text{ m.s}^{-1}$$

$$d = 0,016 \text{ m} \quad \rho_f = 875 \text{ kg.m}^{-3}$$

$$\Delta d = 5 \cdot 10^{-5} \text{ m} \quad \Delta\rho_f = 2,5 \text{ kg.m}^{-3}$$

$$g = 10 \text{ m.s}^{-2} \quad V_b = 2,144 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3$$

$$m_b = 5 \cdot 10^{-2} \text{ kg} \quad \rho_b = 2332,55 \text{ kg.m}^{-3}$$

$$v_T = 0,675 \text{ m.s}^{-1} \quad \Delta\rho_b = 0,223 \text{ kg.m}^{-3}$$

$$\eta = \frac{2r^2 g}{9v_T} (\rho_b - \rho_f)$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{2(8 \cdot 10^{-3})^2 \cdot 10}{9(0,675)} (2380,95 - 875) \\
 &= \frac{0,000142(1505,95)}{0,675} \\
 &= 0,317 \text{ Pa.s}
 \end{aligned}$$

Rambat ralat ketidakpastian

$$\eta = d^2 \cdot \Delta\rho \cdot v^{-1}$$

$$\Delta\eta = \left| \frac{2\Delta d}{d} + \frac{\Delta v}{v} + \frac{\Delta\rho_b}{\rho_b - \rho_f} - \frac{\Delta\rho_f}{\rho_b - \rho_f} \right| \eta$$

$$\Delta\eta = \left| \frac{2\Delta d}{d} + \frac{\Delta v}{v} + \frac{\Delta\rho_b}{\rho_b - \rho_f} - \frac{\Delta\rho_f}{\rho_b - \rho_f} \right| \eta$$

$$\Delta\eta = \left| \frac{2(0,00005 \text{ m})}{0,016 \text{ m}} + \frac{0,003 \text{ m/s}}{0,675 \text{ m/s}} + \frac{0,223 \text{ kg/m}^3}{1505,95 \text{ kg/m}^3} - \frac{2,5 \text{ kg/m}^3}{1505,95 \text{ kg/m}^3} \right| 0,317 \text{ Pa.s}$$

$$\Delta\eta = 0,0029 \text{ Pa.s}$$

Kesalahan relatif

$$KR = \frac{\Delta\eta}{\eta} \times 100\%$$

$$KR = \frac{0,0029}{0,317} \times 100\% = 0,918\%$$

Derajat kepercayaan

$$DK = 100\% - KR$$

$$DK = 100\% - 0,918\% = 99,08\%$$

Pelaporan fisika

$$\eta = |\eta \pm \Delta\eta| \text{ Pa.s}$$

$$\eta = |0,317 \pm 0,0029| \text{ Pa.s}$$

13. KUNCI MAS 29°C

$$\begin{aligned}
 r &= 8.10^{-3}m & \Delta v &= 0,003m.s^{-1} \\
 d &= 0,016m & \rho_f &= 900kg.m^{-3} \\
 \Delta d &= 5.10^{-5}m & \Delta\rho_f &= 2,5kg.m^{-3} \\
 g &= 10m.s^{-2} & V_b &= 2,144.10^{-6}m^3 \\
 m_b &= 5.10^{-2}kg & \rho_b &= 2332,55kg.m^{-3} \\
 v_T &= 0,524m.s^{-1} & \Delta\rho_b &= 0,223kg.m^{-3}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \eta &= \frac{2r^2g}{9v_T}(\rho_b - \rho_f) \\
 &= \frac{2(8.10^{-3})^2 \cdot 10}{9(0,524)}(2380,95 - 900) \\
 &= \frac{0,000142(1480,95)}{0,524} \\
 &= 0,401Pa.s
 \end{aligned}$$

Rambat ralat ketidakpastian

$$\begin{aligned}
 \eta &= d^2 \cdot \Delta\rho \cdot v^{-1} \\
 \Delta\eta &= \left| \frac{2\Delta d}{d} + \frac{\Delta v}{v} + \frac{\Delta\rho_b}{\rho_b - \rho_f} - \frac{\Delta\rho_f}{\rho_b - \rho_f} \right| \eta \\
 \Delta\eta &= \left| \frac{2\Delta d}{d} + \frac{\Delta v}{v} + \frac{\Delta\rho_b}{\rho_b - \rho_f} - \frac{\Delta\rho_f}{\rho_b - \rho_f} \right| \eta \\
 \Delta\eta &= \left| \frac{2(0,00005\text{ m})}{0,016\text{ m}} + \frac{0,003\text{ m/s}}{0,524\text{ m/s}} + \frac{0,223\text{ kg/m}^3}{1480,95\text{ kg/m}^3} - \frac{2,5\text{ kg/m}^3}{1480,95\text{ kg/m}^3} \right| 0,401\text{ Pa.s} \\
 \Delta\eta &= 0,0042Pa.s
 \end{aligned}$$

Kesalahan relatif

$$\begin{aligned}
 KR &= \frac{\Delta\eta}{\eta} \times 100\% \\
 KR &= \frac{0,0042}{0,401} \times 100\% = 1,044\%
 \end{aligned}$$

Derajat kepercayaan

$$\begin{aligned}
 DK &= 100\% - KR \\
 DK &= 100\% - 1,044\% = 98,96\%
 \end{aligned}$$

Pelaporan fisika

$$\eta = |\eta \pm \Delta\eta| \text{Pa.s}$$

$$\eta = |0,401 \pm 0,0042| \text{Pa.s}$$

14. KUNCI MAS 35°C

$$r = 8 \cdot 10^{-3} \text{ m} \quad \Delta v = 0,005 \text{ m.s}^{-1}$$

$$d = 0,016 \text{ m} \quad \rho_f = 895 \text{ kg.m}^{-3}$$

$$\Delta d = 5 \cdot 10^{-5} \text{ m} \quad \Delta \rho_f = 2,5 \text{ kg.m}^{-3}$$

$$g = 10 \text{ m.s}^{-2} \quad V_b = 2,144 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3$$

$$m_b = 5 \cdot 10^{-2} \text{ kg} \quad \rho_b = 2332,55 \text{ kg.m}^{-3}$$

$$v_T = 0,644 \text{ m.s}^{-1} \quad \Delta \rho_b = 0,223 \text{ kg.m}^{-3}$$

$$\begin{aligned} \eta &= \frac{2r^2 g}{9v_T} (\rho_b - \rho_f) \\ &= \frac{2(8 \cdot 10^{-3})^2 \cdot 10}{9(0,644)} (2380,95 - 895) \\ &= \frac{0,000142(1485,95)}{0,644} \\ &= 0,328 \text{ Pa.s} \end{aligned}$$

Rambat ralat ketidakpastian

$$\eta = d^2 \cdot \Delta \rho \cdot v^{-1}$$

$$\Delta \eta = \left| \frac{2\Delta d}{d} + \frac{\Delta v}{v} + \frac{\Delta \rho_b}{\rho_b - \rho_f} - \frac{\Delta \rho_f}{\rho_b - \rho_f} \right| \eta$$

$$\Delta \eta = \left| \frac{2\Delta d}{d} + \frac{\Delta v}{v} + \frac{\Delta \rho_b}{\rho_b - \rho_f} - \frac{\Delta \rho_f}{\rho_b - \rho_f} \right| \eta$$

$$\Delta \eta = \left| \frac{2(0,00005 \text{ m})}{0,016 \text{ m}} + \frac{0,005 \text{ m/s}}{0,644 \text{ m/s}} + \frac{0,223 \text{ kg/m}^3}{1485,95 \text{ kg/m}^3} - \frac{2,5 \text{ kg/m}^3}{1485,95 \text{ kg/m}^3} \right| 0,328 \text{ Pa.s}$$

$$\Delta \eta = 0,0041 \text{ Pa.s}$$

Kesalahan relatif

$$\text{KR} = \frac{\Delta \eta}{\eta} \times 100\%$$

$$KR = \frac{0,0041}{0,328} \times 100\% = 1,248\%$$

Derajat kepercayaan

$$DK = 100\% - KR$$

$$DK = 100\% - 1,248\% = 98,75\%$$

Pelaporan fisika

$$\eta = |\eta \pm \Delta\eta| \text{ Pa.s}$$

$$\eta = |0,328 \pm 0,0041| \text{ Pa.s}$$

15. KUNCI MAS 40°C

$$r = 8 \cdot 10^{-3} \text{ m} \quad \Delta v = 0,021 \text{ m.s}^{-1}$$

$$d = 0,016 \text{ m} \quad \rho_f = 892,5 \text{ kg.m}^{-3}$$

$$\Delta d = 5 \cdot 10^{-5} \text{ m} \quad \Delta \rho_f = 2,5 \text{ kg.m}^{-3}$$

$$g = 10 \text{ m.s}^{-2} \quad V_b = 2,144 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3$$

$$m_b = 5 \cdot 10^{-2} \text{ kg} \quad \rho_b = 2332,55 \text{ kg.m}^{-3}$$

$$v_T = 0,650 \text{ m.s}^{-1} \quad \Delta \rho_b = 0,223 \text{ kg.m}^{-3}$$

$$\begin{aligned} \eta &= \frac{2r^2 g}{9v_T} (\rho_b - \rho_f) \\ &= \frac{2(8 \cdot 10^{-3})^2 \cdot 10}{9(0,650)} (2380,95 - 892,5) \\ &= \frac{0,000142(1488,95)}{0,650} \\ &= 0,325 \text{ Pa.s} \end{aligned}$$

Rambat ralat ketidakpastian

$$\eta = d^2 \cdot \Delta \rho \cdot v^{-1}$$

$$\Delta \eta = \left| \frac{2\Delta d}{d} + \frac{\Delta v}{v} + \frac{\Delta \rho_b}{\rho_b - \rho_f} - \frac{\Delta \rho_f}{\rho_b - \rho_f} \right| \eta$$

$$\Delta \eta = \left| \frac{2\Delta d}{d} + \frac{\Delta v}{v} + \frac{\Delta \rho_b}{\rho_b - \rho_f} - \frac{\Delta \rho_f}{\rho_b - \rho_f} \right| \eta$$

$$\Delta \eta = \left| \frac{2(0,00005 \text{ m})}{0,016 \text{ m}} + \frac{0,021 \text{ m/s}}{0,650 \text{ m/s}} + \frac{0,223 \text{ kg/m}^3}{1488,95 \text{ kg/m}^3} - \frac{2,5 \text{ kg/m}^3}{1488,95 \text{ kg/m}^3} \right| 0,325 \text{ Pa.s}$$

$$\Delta\eta = 0,0120 \text{ Pa.s}$$

Kesalahan relatif

$$\text{KR} = \frac{\Delta\eta}{\eta} \times 100\%$$

$$\text{KR} = \frac{0,0120}{0,325} \times 100\% = 3,703\%$$

Derajat kepercayaan

$$\text{DK} = 100\% - \text{KR}$$

$$\text{DK} = 100\% - 3,703\% = 96,30\%$$

Pelaporan fisika

$$\eta = |\eta \pm \Delta\eta| \text{ Pa.s}$$

$$\eta = |0,325 \pm 0,0120| \text{ Pa.s}$$

16. KUNCI MAS 45°C

$$r = 8 \cdot 10^{-3} \text{ m} \quad \Delta v = 0,003 \text{ m.s}^{-1}$$

$$d = 0,016 \text{ m} \quad \rho_f = 890 \text{ kg.m}^{-3}$$

$$\Delta d = 5 \cdot 10^{-5} \text{ m} \quad \Delta \rho_f = 2,5 \text{ kg.m}^{-3}$$

$$g = 10 \text{ m.s}^{-2} \quad V_b = 2,144 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3$$

$$m_b = 5 \cdot 10^{-2} \text{ kg} \quad \rho_b = 2332,55 \text{ kg.m}^{-3}$$

$$v_T = 0,664 \text{ m.s}^{-1} \quad \Delta \rho_b = 0,223 \text{ kg.m}^{-3}$$

$$\eta = \frac{2r^2 g}{9v_T} (\rho_b - \rho_f)$$

$$= \frac{2(8 \cdot 10^{-3})^2 \cdot 10}{9(0,664)} (2380,95 - 890)$$

$$= \frac{0,000142(1490,95)}{0,664}$$

$$= 0,319 \text{ Pa.s}$$

Rambat ralat ketidakpastian

$$\eta = d^2 \cdot \Delta \rho \cdot v^{-1}$$

$$\Delta\eta = \left| \frac{2\Delta d}{d} + \frac{\Delta v}{v} + \frac{\Delta \rho_b}{\rho_b - \rho_f} - \frac{\Delta \rho_f}{\rho_b - \rho_f} \right| \eta$$

$$\Delta\eta = \left| \frac{2\Delta d}{d} + \frac{\Delta v}{v} + \frac{\Delta\rho_b}{\rho_b - \rho_f} - \frac{\Delta\rho_f}{\rho_b - \rho_f} \right| \eta$$

$$\Delta\eta = \left| \frac{2(0,00005\text{ m})}{0,016\text{ m}} + \frac{0,003\text{ m/s}}{0,664\text{ m/s}} + \frac{0,223\text{ kg/m}^3}{1490,95\text{ kg/m}^3} - \frac{2,5\text{ kg/m}^3}{1490,95\text{ kg/m}^3} \right| 0,319\text{ Pa.s}$$

$$\Delta\eta = 0,0029\text{ Pa.s}$$

Kesalahan relatif

$$KR = \frac{\Delta\eta}{\eta} \times 100\%$$

$$KR = \frac{0,0029}{0,319} \times 100\% = 0,924\%$$

Derajat kepercayaan

$$DK = 100\% - KR$$

$$DK = 100\% - 0,924\% = 99,08\%$$

Pelaporan fisika

$$\eta = |\eta \pm \Delta\eta| \text{ Pa.s}$$

$$\eta = |0,319 \pm 0,0029| \text{ Pa.s}$$

17. KUNCI MAS 50°C

$$r = 8 \cdot 10^{-3} \text{ m} \quad \Delta v = 0,003 \text{ m.s}^{-1}$$

$$d = 0,016 \text{ m} \quad \rho_f = 880 \text{ kg.m}^{-3}$$

$$\Delta d = 5 \cdot 10^{-5} \text{ m} \quad \Delta\rho_f = 2,5 \text{ kg.m}^{-3}$$

$$g = 10 \text{ m.s}^{-2} \quad V_b = 2,144 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3$$

$$m_b = 5 \cdot 10^{-2} \text{ kg} \quad \rho_b = 2332,55 \text{ kg.m}^{-3}$$

$$v_T = 0,677 \text{ m.s}^{-1} \quad \Delta\rho_b = 0,223 \text{ kg.m}^{-3}$$

$$\eta = \frac{2r^2 g}{9v_T} (\rho_b - \rho_f)$$

$$= \frac{2(8 \cdot 10^{-3})^2 \cdot 10}{9(0,677)} (2380,95 - 880)$$

$$= \frac{0,000142(1500,95)}{0,677}$$

$$= 0,315 \text{ Pa.s}$$

Rambat ralat ketidakpastian

$$\eta = d^2 \cdot \Delta\rho \cdot v^{-1}$$

$$\Delta\eta = \left| \frac{2\Delta d}{d} + \frac{\Delta v}{v} + \frac{\Delta\rho_b}{\rho_b - \rho_f} - \frac{\Delta\rho_f}{\rho_b - \rho_f} \right| \eta$$

$$\Delta\eta = \left| \frac{2\Delta d}{d} + \frac{\Delta v}{v} + \frac{\Delta\rho_b}{\rho_b - \rho_f} - \frac{\Delta\rho_f}{\rho_b - \rho_f} \right| \eta$$

$$\Delta\eta = \left| \frac{2(0,00005 \text{ m})}{0,016 \text{ m}} + \frac{0,003 \text{ m/s}}{0,677 \text{ m/s}} + \frac{0,223 \text{ kg/m}^3}{1500,95 \text{ kg/m}^3} - \frac{2,5 \text{ kg/m}^3}{1500,95 \text{ kg/m}^3} \right| 0,315 \text{ Pa.s}$$

$$\Delta\eta = 0,0029 \text{ Pa.s}$$

Kesalahan relatif

$$KR = \frac{\Delta\eta}{\eta} \times 100\%$$

$$KR = \frac{0,0029}{0,315} \times 100\% = 0,916\%$$

Derajat kepercayaan

$$DK = 100\% - KR$$

$$DK = 100\% - 0,916\% = 99,08\%$$

Pelaporan fisika

$$\eta = |\eta \pm \Delta\eta| \text{ Pa.s}$$

$$18. \eta = |0,315 \pm 0,0029| \text{ Pa.s}$$

19. KUNCI MAS 55^oC

$$r = 8 \cdot 10^{-3} \text{ m} \quad \Delta v = 0,002 \text{ m.s}^{-1}$$

$$d = 0,016 \text{ m} \quad \rho_f = 875 \text{ kg.m}^{-3}$$

$$\Delta d = 5 \cdot 10^{-5} \text{ m} \quad \Delta\rho_f = 2,5 \text{ kg.m}^{-3}$$

$$g = 10 \text{ m.s}^{-2} \quad V_b = 2,144 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3$$

$$m_b = 5 \cdot 10^{-2} \text{ kg} \quad \rho_b = 2332,55 \text{ kg.m}^{-3}$$

$$v_T = 0,692 \text{ m.s}^{-1} \quad \Delta\rho_b = 0,223 \text{ kg.m}^{-3}$$

$$\begin{aligned}\eta &= \frac{2r^2 g}{9v_T} (\rho_b - \rho_f) \\ &= \frac{2(8 \cdot 10^{-3})^2 \cdot 10}{9(0,692)} (2380,95 - 875) \\ &= \frac{0,000142(1505,95)}{0,692} \\ &= 0,309 \text{ Pa}\cdot\text{s}\end{aligned}$$

Rambat ralat ketidakpastian

$$\begin{aligned}\eta &= d^2 \cdot \Delta\rho \cdot v^{-1} \\ \Delta\eta &= \left| \frac{2\Delta d}{d} + \frac{\Delta v}{v} + \frac{\Delta\rho_b}{\rho_b - \rho_f} - \frac{\Delta\rho_f}{\rho_b - \rho_f} \right| \eta \\ \Delta\eta &= \left| \frac{2\Delta d}{d} + \frac{\Delta v}{v} + \frac{\Delta\rho_b}{\rho_b - \rho_f} - \frac{\Delta\rho_f}{\rho_b - \rho_f} \right| \eta \\ \Delta\eta &= \left| \frac{2(0,00005 \text{ m})}{0,016 \text{ m}} + \frac{0,002 \text{ m/s}}{0,692 \text{ m/s}} + \frac{0,223 \text{ kg/m}^3}{1505,95 \text{ kg/m}^3} - \frac{2,5 \text{ kg/m}^3}{1505,95 \text{ kg/m}^3} \right| 0,309 \text{ Pa}\cdot\text{s} \\ \Delta\eta &= 0,0024 \text{ Pa}\cdot\text{s}\end{aligned}$$

Kesalahan relatif

$$\begin{aligned}\text{KR} &= \frac{\Delta\eta}{\eta} \times 100\% \\ \text{KR} &= \frac{0,0024}{0,309} \times 100\% = 0,763\%\end{aligned}$$

Derajat kepercayaan

$$\begin{aligned}\text{DK} &= 100\% - \text{KR} \\ \text{DK} &= 100\% - 0,763\% = 99,24\%\end{aligned}$$

Pelaporan fisika

$$\begin{aligned}\eta &= |\eta \pm \Delta\eta| \text{ Pa}\cdot\text{s} \\ \eta &= |0,309 \pm 0,0024| \text{ Pa}\cdot\text{s}\end{aligned}$$

LAMPIRAN D

MATRIK PENELITIAN

JUDUL	TUJUAN PENELITIAN	JENIS PENELITIAN	SUMBER DATA	TEKNIK PENGAMBILAN DATA	ANALISIS DATA	ALUR PENELITIAN
Kajian pengaruh suhu terhadap viskositas minyak goreng sebagai rancangan bahan ajar petunjuk	<ol style="list-style-type: none"> Mengkaji besarnya pengaruh suhu terhadap viskositas pada minyak goreng. Membuat rancangan bahan 	Deskriptif analitis	<ol style="list-style-type: none"> Hasil pengamatan laboratorium Dokumentasi video 	Eksperimen laboratorium	<ol style="list-style-type: none"> Data kecepatan terminal menggunakan <i>tracker video analysis</i>. Viskositas minyak goreng dengan persamaan: $\eta = \frac{2gr^2}{9V_T} (\rho_b - \rho_f)$ 	<ol style="list-style-type: none"> Persiapan Eksperimen laboratorium Pengambilan data Analisis data Kajian pengaruh suhu terhadap viskositas minyak goreng Rancangan

praktiku m fisika	ajar petunjuk praktiku m fisika materi viskosita s pada minyak goreng.					bahan ajar petunjuk praktikum 7. kesimpulan
----------------------	--	--	--	--	--	--

Menyetujui,
Dosen Pembimbing Utama

Drs. Albertus Djoko Lesmono, M.Si
NIP. 196412301993021001

Menyetujui,
Dosen Pembimbing Anggota

Drs. Trapsilo Prihandono, M.Si
NIP. 196204011987021001

LAMPIRAN E

INSTRUMEN PENGAMBILAN DATA

- a. Tujuan : Menganalisis pengaruh suhu terhadap viskositas minyak goreng
- b. Alat dan bahan:
- 1) Alat Penelitian
 - a) Viskometer bola jatuh: digunakan untuk mengukur waktu bola melewati minyak goreng kelapa sawit kemasan.
 - b) Termometer: digunakan untuk mengukur suhu.
 - c) Hidrometer: digunakan untuk mengukur massa jenis minyak goreng.
 - d) neraca digital: digunakan untuk mengukur massa bola.
 - e) Software tracker: digunakan untuk mengetahui kecepatan terminal bola jatuh.
 - f) Jangka sorong: digunakan untuk mengukur diameter bola.
 - g) kompor: digunakan untuk memanaskan minyak goreng.
 - h) panci: digunakan sebagai tempat minyak goreng ketika dipanaskan diatas kompor.
 - i) *Handycam*: digunakan untuk merekam percobaan viskometer bola jatuh yang nantinya akan diukur kecepatan terminalnya.
 - j) Laptop terinstal software *tracker*: digunakan untuk menganalisis video viskometer bola jatuh.
 - k) Kalkulator: digunakan untuk menghitung koefisien viskositas minyak goreng.
 - 2) Bahan Penelitian

Minyak goreng (Bimoli, Filma, Kunci Mas): sebagai obyek yang diuji.
- c. Langkah Kerja
- 1) Pengukuran massa bola (m_b) menggunakan neraca digital, massa jenis minyak goreng (ρ_f) menggunakan hidrometer, diameter bola (d_b) menggunakan jangka sorong.

- 2) Perhitungan volume bola (V_b), massa bola (m_b), untuk mengetahui nilai massa jenis bola (ρ_b).
- 3) Pemanasan minyak goreng dari suhu awal minyak sebelum dipanaskan (29 °C) hingga suhu 60°C.
- 4) Memasukkan minyak goreng yang telah dipanaskan ke dalam viskometer bola jatuh.
- 5) Pengukuran suhu minyak goreng yang telah dipindahkan dan pengukuran massa jenis minyak goreng setiap penurunan suhu 5°C menggunakan hidrometer sebanyak 5 kali perubahan suhu.
- 6) Menjatuhkan kelereng ke dalam minyak dalam viskometer setiap perubahan suhu 5°C sebanyak 5 kali perubahan suhu serta merekam video percobaan bola jatuh menggunakan *handycam*.
- 7) Pengukuran kecepatan terminal (V_T) bola jatuh menggunakan software *tracker*.
- 8) Perhitungan koefisien viskositas minyak goreng (η) dengan menggunakan persamaan:

$$\eta = \frac{2gr^2}{9V_T} (\rho_b - \rho_f)$$

Keterangan :

η : koefisien viskositas minyak

g : percepatan gravitasi bumi

r : jari jari bola

V_T : kecepatan terminal

ρ_b : Massa jenis bola

ρ_f : Massa jenis minyak

d. Tabel data Penelitian

Massa jenis minyak Bimoli (ρ_f) =kg/m³

Massa jenis minyak Filma (ρ_f) =kg/m³

Massa jenis minyak Kunci Mas (ρ_f) =kg/m³

Tabel 3.1. Data massa, volume, dan massa jenis bola.

Jenis benda	Massa (kg)	Volume (m ³)	Massa jenis (kg/m ³)
Bola			

Tabel 3.2. Data hasil observasi massa jenis minyak goreng.

No	Minyak goreng	Suhu (°C)	Massa jenis (kg/m ³)	Kecepatan terminal (m/s)	Viskositas (Pa.s)
1	Bimoli (A)	29			
		35			
		40			
		45			
		50			
		55			
2	Filma (B)	29			
		35			
		40			
		45			
		50			
		55			
3	Kunci Mas (C)	29			
		35			
		40			
		45			
		50			
		55			

LAMPIRAN F

DOKUMENTASI PENELITIAN



