

**PENELITIAN PEMBINAAN  
BAGI TENAGA FUNGSIONAL NON DOSEN**



**Pengaruh Lama Pemakaian Zat Cair terhadap Letak Kecepatan  
Terminal Objek dalam Eksperimen Penentuan  
Viskositas Zat Cair**

**TIM PENGUSUL  
BUDIYONO**

**UNIVERSITAS JEMBER  
DESEMBER 2016**

**Pengaruh Lama Pemakaian Zat Cair terhadap Letak Kecepatan terminal  
Objek dalam Eksperimen Penentuan Viskositas Zat Cair**

*(The Effect of Fluids Utilizing Time to the Point of Object Terminal Velocity in  
the Experiment of Determining Fluids Viscosity)*

**ABSTRAK**

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh lama pemakaian zat cair secara berulang-ulang terhadap perubahan letak kecepatan terminal zat cair pada eksperimen penentuan viskositas zat cair menggunakan metode bola jatuh. Perubahan letak kecepatan terminal ini diindikasikan menjadi penyebab rendahnya tingkat akurasi hasil pengukuran angka kekentalan (viskositas) dari zat cair. Penelitian dilakukan untuk memperoleh informasi ada tidaknya perubahan nilai viskositas berdasarkan perubahan letak kecepatan terminal objek gerak. Berdasarkan hasil analisis data yang dilakukan, ada dua kesimpulan yang diperoleh yaitu ada perubahan kecepatan terminal objek dan viskositas oli dan minyak goreng akibat lama pemakaian kedua zat cair. Letak kecepatan terminal bola kecil dan sedang pada minyak goreng berada pada interval ketinggian 45-55 cm, sedangkan bola besar terletak pada interval ketinggian 50-60 cm. Kecepatan terminal pada oli sama untuk semua jenis bola yaitu pada interval ketinggian 45-55cm. Hal ini menunjukkan bahwa semakin lama waktu pemakaian fluida maka letak pengamatan kecepatan terminal akan bergeser ke bawah. Akibatnya hasil pengukuran nilai viskositas oli dan minyak goreng mengalami kenaikan dengan semakin lamanya waktu pemakaian.

**Kata Kunci:** Lama pemakaian, oli, minyak goreng, kecepatan terminal, viskositas

## RINGKASAN

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh lama pemakaian zat cair secara berulang-ulang terhadap perubahan letak kecepatan terminal zat cair, pada eksperimen penentuan viskositas zat cair menggunakan metode bola jatuh. Perubahan letak kecepatan terminal ini diindikasikan menjadi penyebab dari rendahnya tingkat akurasi hasil pengukuran angka kekentalan (viskositas) dari zat cair. Kegiatan ini penting untuk dilakukan mengingat dalam proses pembelajaran menggunakan metode eksperimen/praktikum diperlukan sebuah ukuran validitas hasil observasi dalam menentukan hasil ukur yang akurat. Oleh karena itu, target yang ingin dicapai di dalam penelitian ini adalah bahwa selama kurun waktu 4 minggu, akan diperoleh informasi tentang ada tidaknya perubahan terhadap hasil pengukuran viskositas dari zat cair, yang dilihat berdasarkan perubahan letak kecepatan terminal dari obyek gerak.

Berdasarkan hasil analisis data yang telah dilakukan, ada dua hal utama yang dapat disimpulkan pada penelitian ini, yakni adanya perubahan kecepatan terminal obyek dan viskositas oli dan minyak goreng, akibat adanya lama pemakaian pada kedua fluida. Letak kecepatan bola logam kecil dan sedang di dalam minyak goreng adalah pada interval ketinggian (45-55) cm, sedangkan bola logam besar terletak pada interval ketinggian (50-60) cm. Di dalam oli, letak kecepatan terminal seluruh bola logam teramati seragam pada interval ketinggian (45-55) cm. Kecepatan terminal mengalami penurunan dengan semakin lamanya waktu pemakaian fluida. Hal ini mengindikasikan adanya pergeseran ke bawah dari letak pengamatan terhadap kecepatan terminal. Viskositas oli dan minyak goreng mengalami kenaikan dengan semakin lamanya waktu pemakaian fluida. Hal ini disebabkan oleh karena nilai kecepatan terminal mengalami peningkatan.

## BAB I PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Penentuan viskositas zat cair merupakan salah satu topik praktikum dalam matakuliah Fisika Dasar yang diselenggarakan pada kegiatan perkuliahan mahasiswa Fisika Jurusan Fisika Fakultas MIPA, di setiap semester Ganjil. Matakuliah ini masuk dalam kategori kurikulum inti, yang ditempuh oleh mahasiswa pada tahun akademik pertama (Tim Penyusun Fisika, 2011). Oleh karenanya, pemahaman detail berkenaan dengan konsep perlu diberikan melalui metode eksperimental, yang sekaligus dapat mengasah softskill mahasiswa di dalam melaksanakan sebuah kegiatan praktik ilmiah.

Aplikasi mendasar yang dapat diperoleh melalui kegiatan eksperimental pada materi penentuan viskositas zat cair adalah dimanfaatkannya metode ini untuk mengidentifikasi karakteristik bahkan kemurnian dari sebuah zat cair. Karakteristik viskositas (kekentalan) dari sebuah bahan umumnya digunakan untuk mengetahui seberapa baik bahan ini saat dimanfaatkan baik sebagai pelumas mesin (untuk oli), media penggoreng bahan makanan (untuk minyak) sampai dengan identifikasi laju alir darah dalam tubuh manusia (Nugroho dan Sunarno, 2012). Oleh karena itu, mahasiswa perlu mengetahui secara praktis bagaimana metode pengukuran viskositas zat cair dapat dilakukan.

Terdapat beberapa metode yang dapat dilakukan untuk menentukan viskositas zat cair. Metode pengukuran kecepatan terminal bola jatuh menjadi pilihan, karena di samping sederhana dan mudah, metode ini banyak mengaplikasikan beberapa konsep dasar fisika, seperti karakteristik *damping force* dalam bahan, penggunaan Hukum Archimedes dan Hukum Stokes pada gerak objek dalam bahan sampai dengan identifikasi kecepatan terminal objek yang bergerak di dalam bahan (zat cair). Untuk itu, set up eksperimental dalam laboratorium harus dapat menunjang rangkaian pengambilan data sedemikian hingga tingkat akurasi hasil pengukuran dapat diperoleh.

Dalam praktiknya, untuk menjamin akurasi terhadap hasil eksperimen, khususnya pada materi viskositas, tidak dapat mengabaikan beberapa faktor baik internal maupun eksternal. Setidaknya ada 2 faktor yang dianggap mempengaruhi pengukuran viskositas fluida, yaitu; temperatur lingkungan, konsentrasi fluida (Mezger, 2011). Peningkatan temperatur sistem merupakan indikasi dari adanya peningkatan aktivitas mikroskopik dari fluida. Semakin tinggi aktivitas partikel penyusun fluida, maka semakin mudah sebuah objek bergerak dalam fluida, sehingga dikatakan bahwa tingkat kekentalan fluida semakin kecil. Adapun konsentrasi dari fluida menjadi faktor utama yang menentukan tinggi rendahnya viskositas fluida. Semakin tinggi konsentrasi fluida, maka semakin tinggi pula tingkat kekentalan fluida.

Untuk mengukur viskositas sebuah fluida, dalam hal ini bahan kajian dikhususkan pada jenis zat cair, maka bahan yang akan diukur harus dikondisikan benar-benar tanpa ada perlakuan. Repetisi terhadap pengukuran viskositas bahan dapat mempengaruhi densitas bahan, akibat adanya perubahan komposisi dari bahan, termasuk di dalamnya adanya kemungkinan perubahan temperatur. Oleh karena itu, perlu ada batasan seberapa lama sebuah pengukuran dapat memberikan hasil ukur yang valid.

Dalam rangka melakukan eksperimen pengukuran viskositas zat cair, perlu diperhatikan lama waktu pengukuran apabila repetisi dilakukan dalam kurun waktu yang lama. Di dalam penelitian ini, observasi terhadap pengukuran viskositas dilakukan untuk melihat seberapa besar deviasi nilai viskositas yang dihasilkan, pada saat repetisi pengukuran dilakukan dalam interval waktu yang cukup lama. Fenomena ini ditemui pada saat kegiatan eksperimen mahasiswa tingkat S1 pada tahun pertama di semester pertama. Set up penelitian disesuaikan dengan kegiatan riil praktikum, dimana topik viskositas zat cair dibahas dan diukur oleh person yang berbeda selama 6 minggu.

Di dalam praktiknya, set up pengukuran viskositas dilakukan dengan menggunakan *instrument* pengukur digital, yang memanfaatkan *digital counter*/pewaktu cacah dan fotodetektor yang dapat merekam waktu gerak objek secara akurat. Investigasi ditetapkan untuk mengukur apakah ada perubahan viskositas zat cair selama waktu pengukuran yang cukup lama (6 minggu).

Beberapa faktor yang perlu diperhatikan adalah temperatur acak sistem yang tidak diberikan secara sengaja, mengikuti temperatur lingkungan, namun perlu diukur untuk mengetahui karakteristik lingkungan di sekitar zat cair. Dengan demikian diharapkan penelitian ini dapat memberikan informasi berkenaan dengan tingkat validitas hasil pengukuran viskositas.

## **1.2 Perumusan Masalah**

Permasalahan yang diangkat di dalam penelitian ini adalah bagaimana pengaruh dari lama penggunaan zat cair terhadap letak kecepatan terminal objek yang bergerak dalam zat cair pada eksperimen penentuan viskositas zat cair.

## **1.3 Batasan Masalah**

Lingkup yang menjadi batasan dari kegiatan penelitian ini adalah sebagai berikut;

1. Tingkat kelembapan, temperatur ruang dan intensitas cahaya selama pengambilan data dianggap konstan.
2. Metode penentuan viskositas zat cair yang digunakan adalah metode bola jatuh.

## **1.4 Tujuan Penelitian**

Tujuan dari kegiatan penelitian ini adalah mengetahui pengaruh dari lama penggunaan zat cair terhadap letak kecepatan terminal objek, yang bergerak dalam zat cair pada eksperimen penentuan viskositas zat cair.

## **1.5 Manfaat Penelitian**

Hasil penelitian diharapkan dapat memberikan informasi mengenai karakteristik hasil eksperimen Penentuan Viskositas Zat Cair, yang dilakukan selama kurun waktu kegiatan praktikum tertentu. Hasil analisis dari kegiatan penelitian ini selanjutnya dapat menjadi masukan/tambahan pengetahuan bagi para praktikan berkenaan dengan fenomena rendahnya akurasi hasil pengukuran dalam kegiatan eksperimen Penentuan Viskositas Zat Cair.

## **BAB II TINJAUAN PUSTAKA**

### **2.1 Viskositas Zat Cair**

Karakteristik dari sebuah aliran fluida, baik berupa zat cair maupun zat gas secara umum ditentukan oleh densitas dan tingkat kekentalan dari fluida tersebut. Kedua faktor tersebut sangat mempengaruhi pergerakan sebuah objek pada saat bergerak di dalam fluida tersebut. Hambatan akibat proses gesekan dengan fluida akan mempengaruhi kelajuan objek terhadap fluida. Semakin tinggi densitas dan viskositas fluida, makin tinggi pula resistansi yang dihasilkan, sehingga kelajuan objek semakin kecil. Oleh karena itu, daya yang dibutuhkan oleh sebuah objek untuk bergerak merupakan fungsi dari kelajuan fluida, ukuran objek, serta densitas dan viskositas fluida.

Viskositas sendiri dimaknai sebagai sebuah keadaan yang terjadi pada sebuah zat yang berada antara fase padat dan cair. Pergerakan antar lapisan di dalam zat tersebut menentukan kemudahannya di dalam mengalir pada suatu area tertentu. Apabila zat cair telah berada pada fase *viscous*, maka zat tersebut tidak dapat bebas mengalir akibat gesekan antar setiap pergerakan lapisan (Soedoyo, 2004). Tinggi rendahnya gesekan yang terjadi dalam sebuah pergerakan lapisan zat cair dalam hal ini diukur berdasarkan nilai kekentalan dari fluida/zat cair tersebut (Sears dan Zemansky, 1962). Tingkat kekentalan, yang selanjutnya dikenal dengan istilah viskositas, dari setiap benda akan berbeda sesuai dengan karakteristik fisik yang dimilikinya. Bahan-bahan seperti air, bensin dan alkohol akan memiliki viskositas yang lebih kecil dibandingkan dengan bahan seperti aspal dan madu, sehingga kecepatan alirnya akan lebih tinggi (Sutiah dkk., 2008).

### **2.2 Metode Bola Jatuh**

Terdapat banyak metode yang dapat digunakan untuk melakukan pengukuran viskositas zat cair. Metode pertama yang dapat dilakukan adalah metode putar. Metode ini menitik beratkan pada terjadinya perubahan kecepatan putar alat pengukur/penghambat, saat mengukur zat cair pada berbagai

konsentrasi. Semakin lambat putaran alat menunjukkan semakin tinggi viskositas zat cair yang diukur (Warsito dkk., 2012). Oleh karena pengukuran dilakukan melalui kontak langsung dengan sampel zat cair, maka dimungkinkan sampel mengalami kerusakan. Oleh karena itu, pengembangan metode pengukuran dilakukan dengan menggunakan pengukuran tak merusak.

Metode yang dapat diaplikasikan sebagai pengukur viskositas tanpa menimbulkan kerusakan pada sampel/bahan yang diukur adalah dengan menggunakan gelombang ultrasonik. Oleh karena kecepatan gelombang bunyi berubah saat medium berubah densitasnya, maka viskositas bahan dapat ditentukan berdasarkan cepat rambat gelombang (Sheen dkk., 1997). Namun demikian, instrument yang dibutuhkan untuk mengukur kecepatan perambatan gelombang harus sensitif, sehingga instrumen yang digunakan cukup mahal.

Metode yang cukup sederhana yang dapat diaplikasikan dalam menentukan viskositas zat cair adalah metode bola jatuh. Sebuah objek berbentuk bola (terbuat dari logam) yang bergerak (dijatuhkan) di dalam sebuah fluida, akan merasakan gaya gesekan sebanding dengan kecepatan bola relatif terhadap fluida (Hastuti dan Mutmainnah, 2008). Pada saat pergerakan bola mencapai titik terminal, dimana kecepatan terminal objek tidak mengalami perubahan (GLB), maka gaya gesekan yang bekerja pada bola didefinisikan oleh persamaan berikut,

$$F_s = 6\pi r\mu v \quad (2.1)$$

dengan

$F_s$  = gaya gesek antara bola dan fluida (dyne)

$r$  = jari-jari bola (cm)

$\mu$  = koefisien viskositas zat cair (cP)

$v$  = kecepatan terminal (cm/s)

Kecepatan terminal objek diperoleh pada saat resultan gaya yang bekerja pada benda adalah nol. Keseimbangan antara gaya berat objek dengan gaya apung dan gaya gesekan yang bekerja pada benda memberikan definisi matematis bagi kecepatan terminal yakni sebesar (Tipler, 1998),



$$v = \frac{2r^2 g (\rho_b - \rho_f)}{9\mu} \quad (2.2)$$

dengan

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

$\rho_b$  = massa jenis objek (gr/cm<sup>3</sup>)

$\rho_f$  = massa jenis fluida/zat cair (gr/cm<sup>3</sup>)

$r$  = jari-jari bola (cm)

$\mu$  = koefisien viskositas zat cair (cP)

$v$  = kecepatan terminal (cm/s)

Dengan mengaplikasikan konsep gerak lurus beraturan (GLB) pada gerak benda, maka kecepatan objek akan didefinisikan sebagai besarnya perubahan jarak benda (L) tiap satuan waktu tempuh tertentu (t). Kecepatan terminal objek dalam zat cair secara matematis dituliskan sebagai,

$$v = \frac{L}{t} \quad (2.3)$$

Oleh karena diameter objek bola lebih kecil dibandingkan dengan diameter tabung yang merupakan tempat dimana observasi dilakukan, maka perlu ditambahkan faktor koreksi di dalam perhitungan kecepatan terminal, sebagai akibat dari pengaruh dinding tabung sebesar (Warsito dkk., 2012),

$$U_s = \left[ \frac{1 - 0,475 \left( \frac{D}{D_c} \right)}{1 - \left( \frac{D}{D_c} \right)} \right]^4 \quad (2.4)$$

dengan

$U_s$  = faktor koreksi

$D$  = diameter bola besi (cm)

$D_c$  = diameter tabung (cm)

Persamaan (2.4) berlaku apabila perbandingan  $D$  dan  $D_c$  ( $D/D_c$ ) < 0,97 dengan bilangan reynold  $Re < 1$ . Substitusi persamaan (2.3) dan (2.4) pada (2.2) akan menghasilkan persamaan matematis yang dapat digunakan untuk menentukan viskositas yakni sebagai berikut,

$$\mu = \frac{2r^2gt(\rho_b - \rho_f)}{9U_sL} \quad (2.5)$$

Oleh karena itu, dalam pengukuran viskositas zat cair menggunakan objek bola besi pada metode bola jatuh bergantung pada pengukuran akan massa jenis kedua benda, waktu tempuh gerak objek, panjang lintasan gerak objek dan diameter dari kedua benda.

## BAB III METODE PENELITIAN

### 3.1 Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian akan dilakukan di Laboratorium Fisika Dasar Jurusan Fisika Fakultas MIPA Universitas Jember. Waktu penelitian adalah selama 3 bulan, mulai dari Agustus 2016 sampai dengan Oktober 2016.

### 3.2 Alat dan Bahan

Beberapa alat yang dipersiapkan adalah sebagai berikut;

1. Tabung viskositas ( $\Phi = 7 \text{ cm}$  ,  $t = 200 \text{ cm}$ )  
Tabung ini digunakan sebagai wadah zat cair yang akan ditentukan nilai viskositasnya.
2. Termometer  
Termometer digunakan untuk mengukur temperatur fluida/zat cair.
3. Benang  
Benang digunakan sebagai penanda posisi yang akan diukur waktu pergerakannya.
4. Magnet  
Magnet digunakan untuk memindahkan objek logam yang telah dijatuhkan dan mengendap di dasar tabung.
5. Data Counter  
Data counter digunakan untuk merekam waktu gerak lintasan dari objek
6. Gerbang Cahaya  
Gerbang Cahaya digunakan sebagai sumber cahaya yang akan dideteksi perubahan intensitasnya oleh data counter.

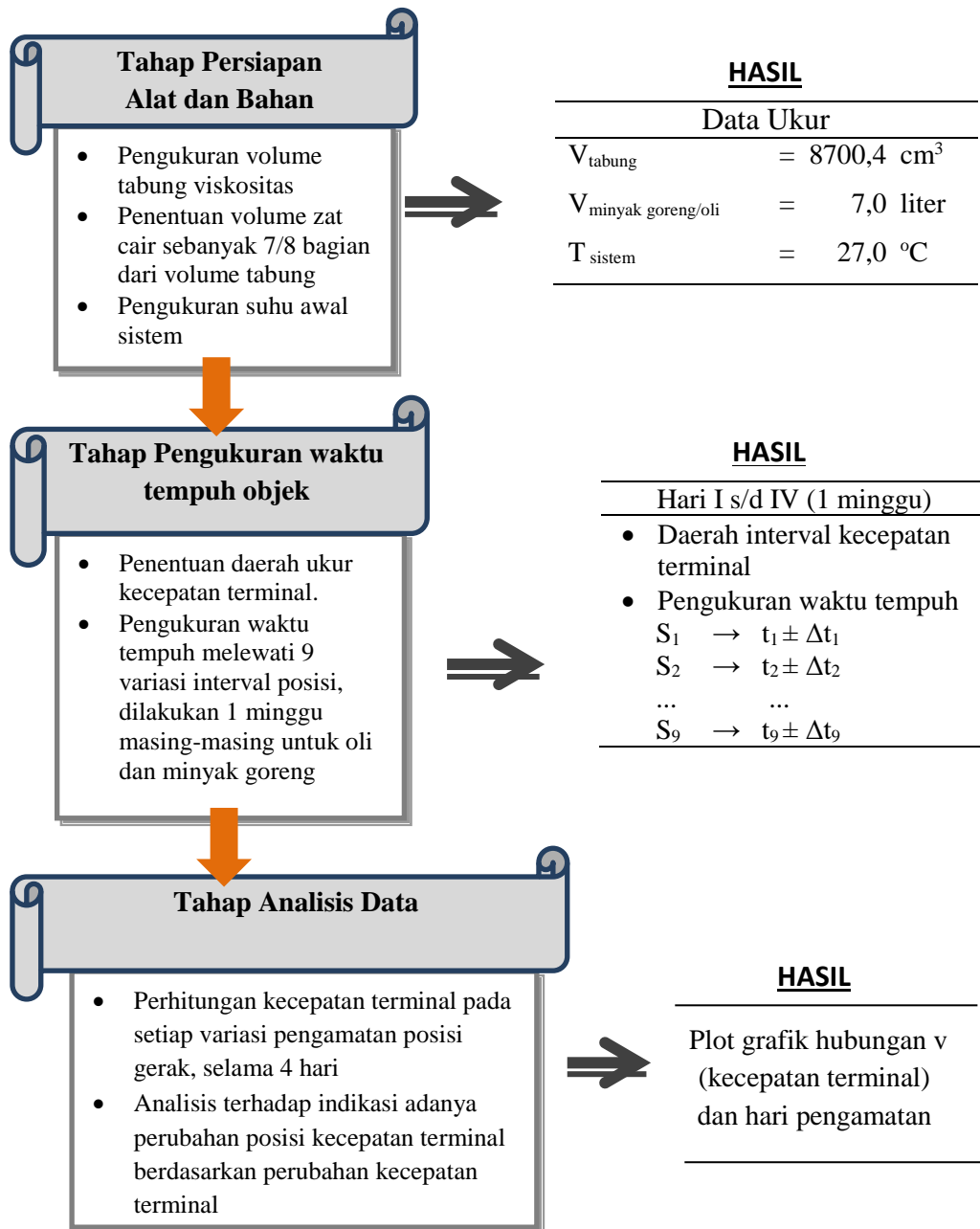
Adapun bahan yang digunakan pada penelitian adalah

1. *Steel shoot*/bola logam dengan beberapa variasi diameter  
Bola A berdiameter 0,475 cm, Bola B berdiameter 0,610 cm, Bola C berdiameter 0,790 cm.

2. Oli SAE 40
3. Minyak Goreng

### 3.3 Prosedur Penelitian

Kegiatan penelitian bersifat kuantitatif, sehingga penarikan simpulan didasarkan pada analisis terhadap data ukur. Pengambilan data terukur dilakukan melalui beberapa tahapan seperti yang ditunjukkan Gambar 3.1.



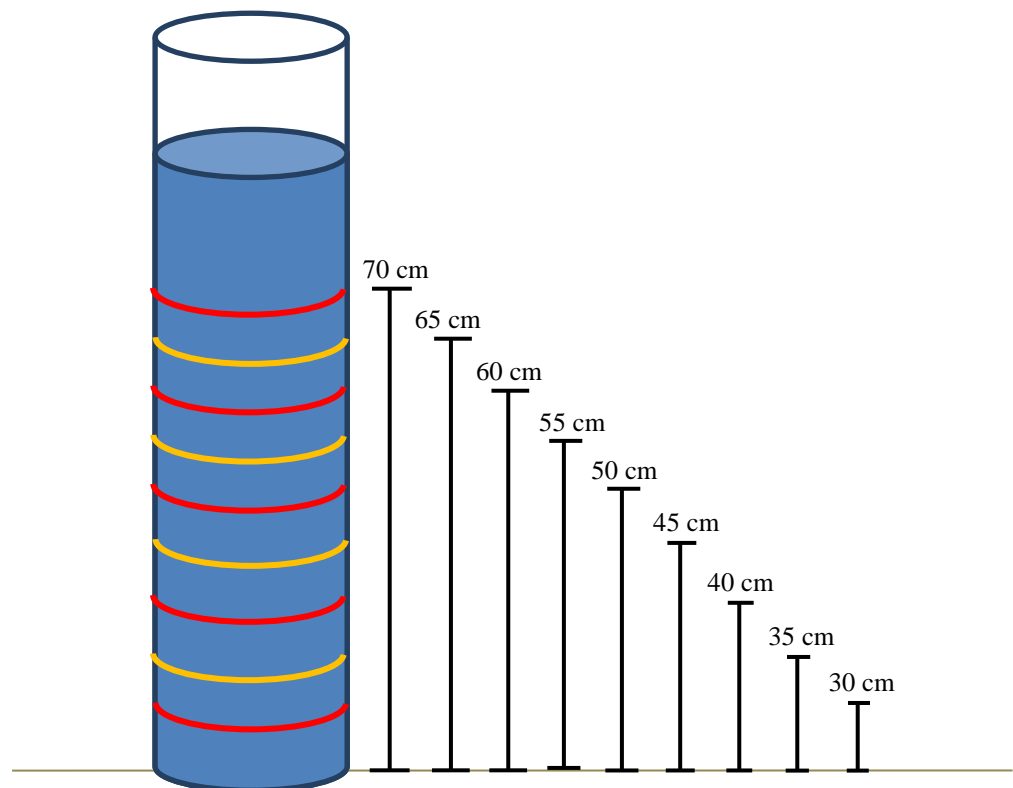
Gambar 3.1 Tahapan pengambilan data ukur

### 3.3.1 Tahap persiapan alat dan bahan

Volume zat cair (baik minyak maupun oli) yang digunakan maksimal sebanyak  $\frac{7}{8}$  bagian dari volume tabung. Hal ini dilakukan untuk menjaga agar perpindahan zat cair akibat keberadaan bola logam tidak menyebabkan zat cair meluap keluar tabung. Bahan minyak goreng dan oli yang digunakan disiapkan dengan jumlah volume yang sama, yakni sebanyak 4 liter. Pengamatan dilakukan secara terpisah, oleh karenanya dalam penelitian ini digunakan 2 tabung viskositas dengan ukuran yang sama.

### 3.3.2 Tahap pengukuran waktu tempuh objek

Pengukuran kecepatan terminal menggunakan konsep Gerak Lurus Beraturan (GLB). Posisi/ketinggian letak fluida yang akan menunjukkan perilaku GLBB diobservasi pada 9 daerah yang berbeda. Gambar 3.2 merupakan ilustrasi pengambilan daerah sampel yang diamati.



Gambar 3.2 Interval pengukuran waktu tempuh objek. Tinggi daerah pengamatan dari 70 cm sampai dengan 30 cm

Pada setiap pengukuran waktu tempuh bola jatuh, zat cair dalam tabung selalu dikondisikan tanpa ada endapan bola logam. Artinya, bola logam yang telah dijatuhkan dalam tabung berisi zat cair, akan langsung diambil kembali untuk menjamin homogenitas keadaan fluida (zat cair) yang diobservasi.

Jumlah bola logam yang diukur waktu geraknya adalah sejumlah 7 buah, dengan 3 variasi jenis bola berdasarkan ukuran diameternya. Repetisi ini dilakukan sebagai upaya untuk menjaga tingkat presisi hasil pengamatan. Pengambilan data dilakukan pada 4 hari yang berbeda. Dengan demikian, pada minggu I diperoleh 4 data pengukuran waktu jatuh bola logam di dalam minyak goreng, dan minggu II adalah 4 data pengukuran di dalam oli.

### 3.3.3 Tahap Analisa Data

Berdasarkan data waktu tempuh yang telah diperoleh, selanjutnya dihitung besarnya kecepatan terminal dengan menggunakan persamaan berikut,

$$v = \frac{S}{t}$$

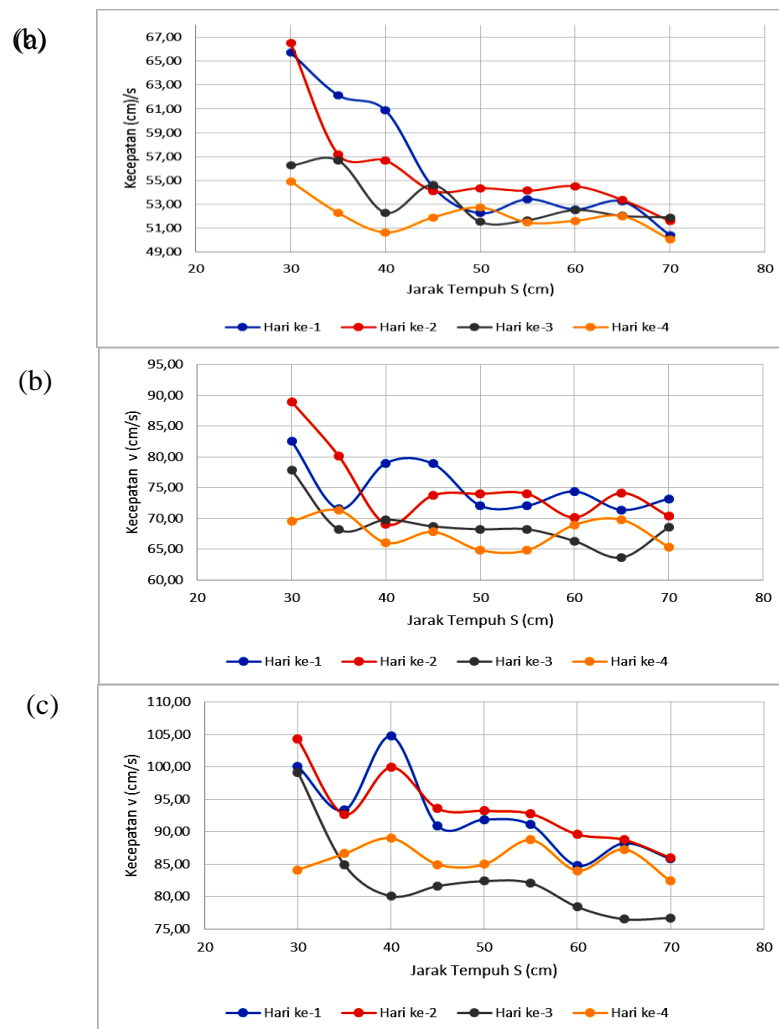
dengan jarak tempuh  $S$  diukur dalam cm, waktu tempuh  $t$  diukur dalam detik, sehingga kecepatan terminal  $v$  dalam cm/s. Hasil perhitungan  $v$  pada seluruh data selanjutnya akan disajikan berdasarkan klasifikasi waktu tempuh selama 1 minggu.

Pengamatan terhadap kecepatan terminal selama 1 minggu (4 hari) akan diamati, apakah terjadi perubahan di dalam hasil ukur atau tidak. Jika terjadi perubahan, maka dapat dikatakan bahwa letak titik terminal yang menunjukkan kecepatan konstan telah bergeser. Justifikasi penelitian diperoleh dengan membandingkan hasil analisis antara media/zat cair 1 dan zat cair 2. Jika hasil analisis menunjukkan trend/kecenderungan yang sama, maka simpulan dapat diambil berkenaan dengan pengaruh lama penggunaan zat cair yang sama terhadap hasil penentuan titik terminal medium/zat cair dalam pengukuran viskositas zat cair tersebut.

## BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

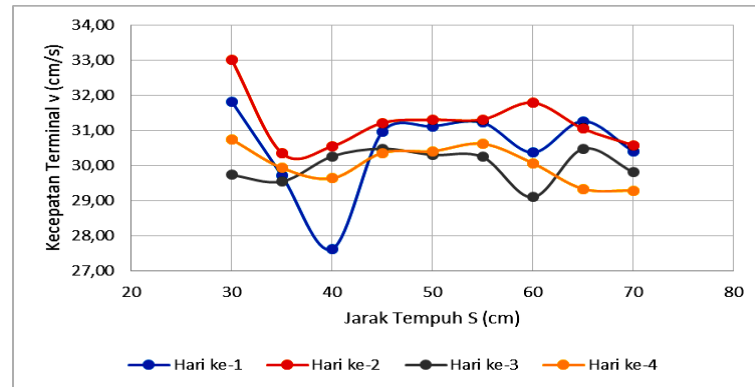
### 4.1 Hasil

Data penelitian yang diperoleh berupa waktu jatuh bola logam pada berbagai jarak tempuh yang diamati. Berdasarkan hasil pengukuran waktu tempuh bola jatuh di dalam minyak goreng, dengan detail pengukuran diberikan pada Lampiran 1, diperoleh karakteristik gerak jatuh bebas yang dialami oleh bola. Gambar 4.1 a, b dan c, masing-masing menunjukkan pola kecepatan gerak bola, untuk keempat waktu pengamatan yang telah dilakukan pada bola logam berdiameter kecil, sedang dan besar.

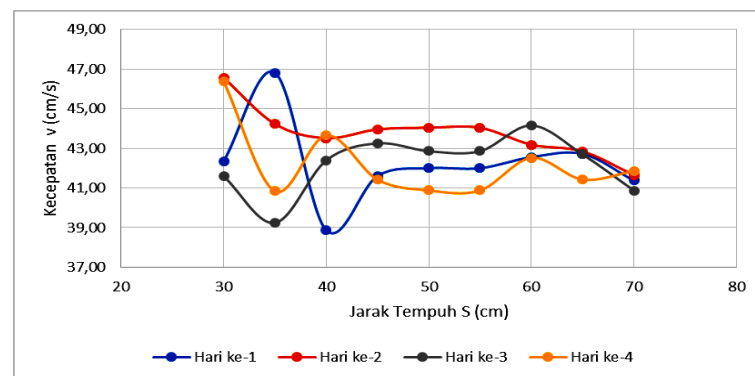


Gambar 4.1 Perubahan kecepatan gerak bola logam berukuran (a) kecil (b) sedang dan (c) besar terhadap jarak tempuh bola logam di dalam minyak goreng

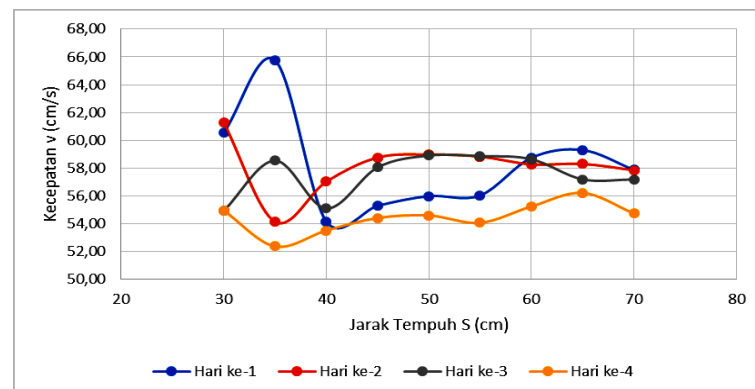
Hasil pengamatan terhadap pola kecepatan gerak jatuh bola logam di dalam oli ditunjukkan pada Gambar 4.2. Tiga buah variasi diameter bola logam yang digunakan sama dengan variasi yang diberikan pada pengamatan pertama.



(a)



(b)



(c)

Gambar 4.2 Perubahan kecepatan gerak bola logam berukuran (a) kecil (b) sedang dan (c) besar terhadap jarak tempuh bola logam di dalam oli

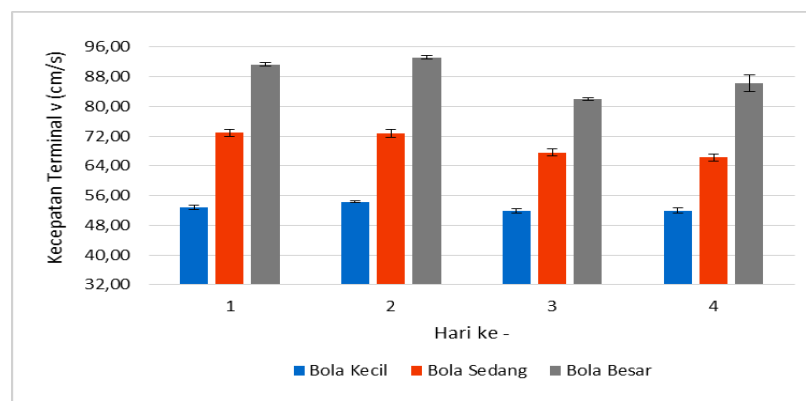


Berdasarkan profil data kecepatan jatuh bola di atas, selanjutnya ditentukan kecepatan terminal dari bola logam. Indikator kecepatan terminal diambil berdasarkan nilai kecepatan bola logam yang relatif konstan pada interval posisi ketinggian yang menjadi lintasan bola bergerak. Berdasarkan profil yang ditunjukkan pada Gambar 4.1, kecepatan terminal untuk bola berdiameter kecil (0,475 cm) dan sedang (0,610 cm) diperoleh pada range posisi 50 cm sampai dengan 60 cm, sedangkan bola berdiameter besar (0,790 cm) berada pada range posisi 45 cm sampai dengan 55. Rata-rata kecepatan terminal bola logam dalam minyak goreng pada pengamatan interval posisi masing-masing di atas, pada berbagai diameter untuk pengamatan selama 4 hari ditunjukkan pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Distribusi kecepatan terminal bola logam dalam minyak goreng pada berbagai diameter untuk pengamatan selama 4 hari

Diameter Bola (cm)	Posisi Bola (cm)	Kecepatan Terminal $v$ (cm/s)			
		Hari ke-1	Hari ke-2	Hari ke-3	Hari ke-4
0,475	50-60	$52,77 \pm 0,61$	$54,35 \pm 0,19$	$51,92 \pm 0,54$	$51,96 \pm 0,69$
0,610	50-60	$72,88 \pm 1,33$	$72,75 \pm 2,22$	$67,62 \pm 1,09$	$66,23 \pm 2,38$
0,790	45-55	$91,31 \pm 0,53$	$93,21 \pm 0,40$	$82,04 \pm 0,39$	$86,24 \pm 2,18$

Berdasarkan Tabel 4.1, perbedaan kecepatan terminal yang terjadi pada empat waktu pengamatan yang berbeda dapat dibuat plot grafik hubungan waktu pengamatan gerak terhadap kecepatan terminal dari gerak jatuhnya bola logam di dalam minyak goreng. Gambar 4.3 memberikan profil perbedaan yang dimaksudkan pada pernyataan di atas, untuk ketiga jenis bola.



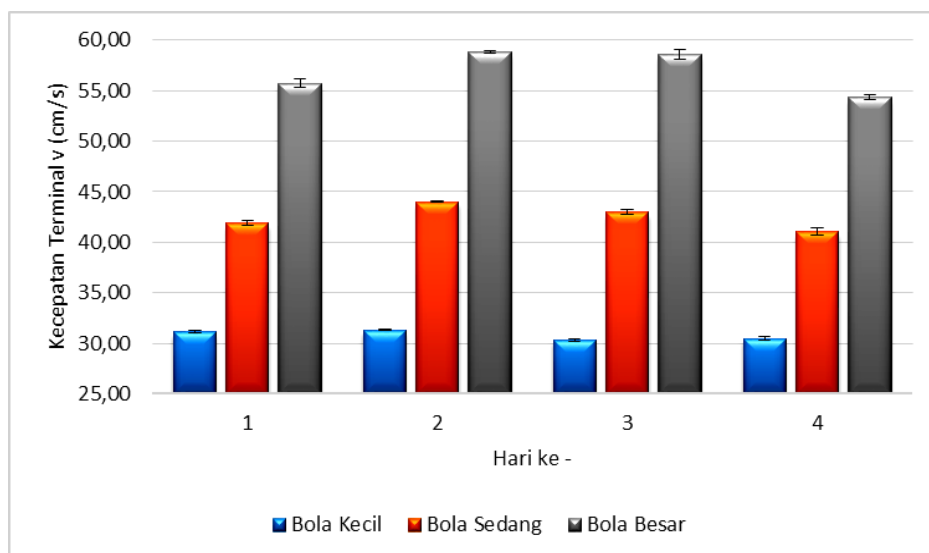
Gambar 4.3 Kecepatan terminal rata-rata untuk tiga jenis bola pada hari yang berbeda

Kecepatan terminal bola logam dengan 3 jenis diameter yang berbeda di dalam oli ditentukan berdasarkan pada Gambar 4.2. Berdasarkan profil yang ditunjukkan, diperoleh rata-rata kecepatan terminal bola logam dalam minyak goreng pada pengamatan interval posisi (45 – 55) cm untuk bola berdiameter kecil dan sedang, interval posisi (50 - 60) cm untuk bola berdiameter besar. Tabel 4.2 menunjukkan kecepatan gerak dari bola logam pada berbagai diameter untuk pengamatan selama 4 hari.

Tabel 4.1 Distribusi kecepatan terminal bola logam dalam oli pada berbagai diameter untuk pengamatan selama 4 hari

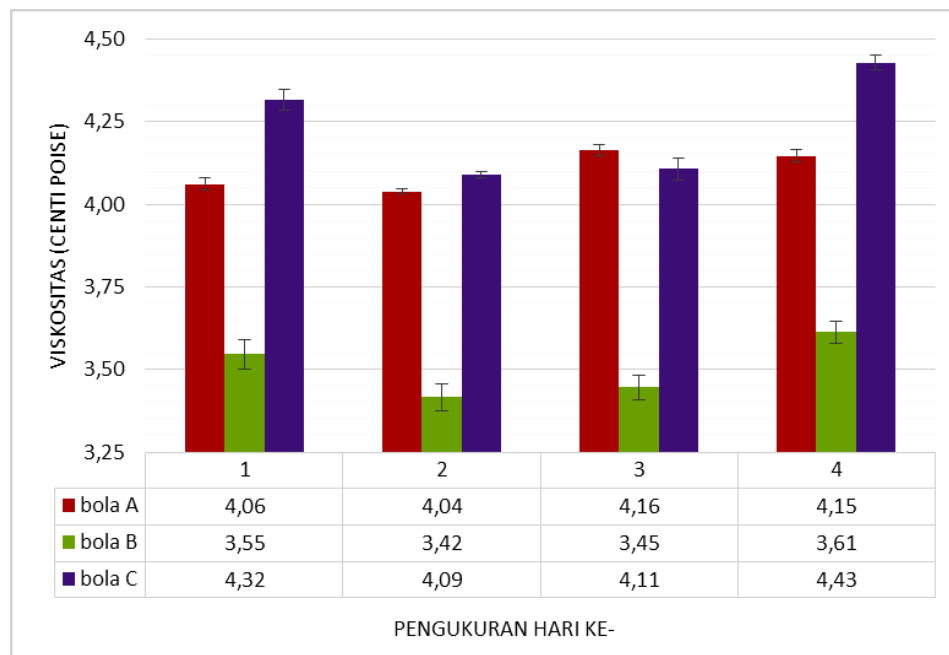
Diameter Bola (cm)	Posisi Bola (cm)	Kecepatan Terminal v (cm/s)			
		Hari ke-1	Hari ke-2	Hari ke-3	Hari ke-4
0,475	45-55	31,11 ± 0,14	31,29 ± 0,05	30,35 ± 0,12	30,47 ± 0,64
0,610	45-55	41,87 ± 0,23	44,02 ± 0,05	43,00 ± 0,23	41,06 ± 0,32
0,790	45-55	55,76 ± 0,42	58,85 ± 0,11	58,6 ± 0,48	54,35 ± 0,27

Perbedaan kecepatan terminal, yang terjadi pada empat waktu pengamatan yang berbeda, selanjutnya digambarkan dalam sebuah grafik hubungan waktu pengamatan gerak terhadap kecepatan terminal dari gerak jatuhnya bola logam di dalam oli. Gambar 4.4 menunjukkan bentuk grafik tersebut.



Gambar 4.4 Kecepatan terminal dari tiga jenis bola dengan diameter berbeda pada pengukuran 4 hari yang berbeda

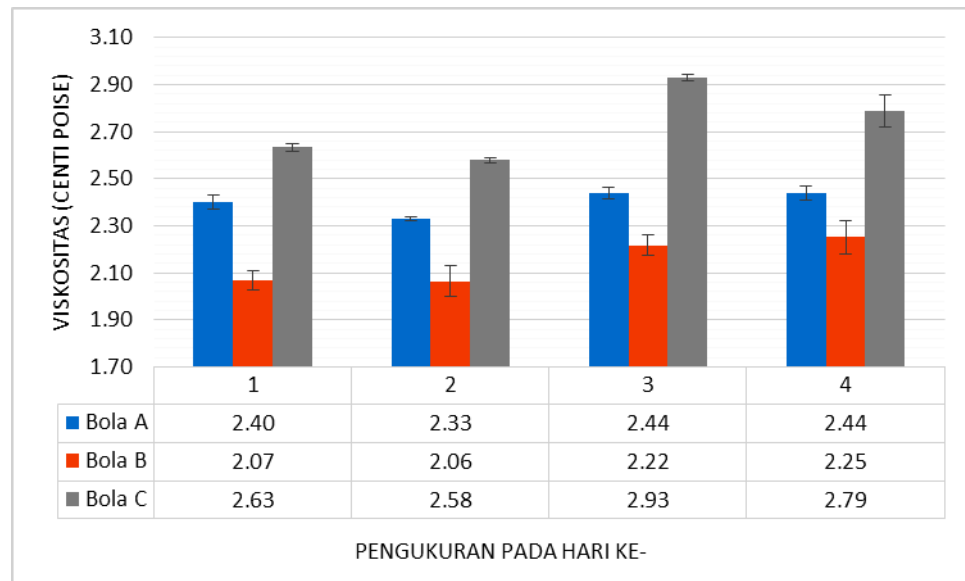
Analisis berikutnya adalah perhitungan viskositas dari oli dan minyak goreng. Data perhitungan viskositas oli pada pengukuran 4 hari berturut-turut, masing-masing untuk jenis bola berdiameter 0,475 cm (bola A), bola berdiameter 0,610 cm (bola B), dan bola berdiameter 0,790 cm (bola C) ditunjukkan oleh Gambar 4.5.



Gambar 4.5 Kecepatan terminal dari tiga jenis bola dengan diameter berbeda pada pengukuran 4 hari yang berbeda

Diagram berwarna merah merupakan hasil pengukuran viskositas bola berdiameter 0,475 cm (bola A) untuk empat hari berturut-turut. Diagram berwarna hijau adalah hasil pengukuran bola berdiameter 0,610 cm (bola B) dan diagram berwarna ungu adalah hasil perhitungan viskositas oli menggunakan gerak jatuh bola berdiameter 0,790 cm (bola C).

Adapun hasil perhitungan viskositas minyak goreng pada pengukuran 4 hari berturut-turut, masing-masing untuk jenis bola berdiameter 0,475 cm (bola A), bola berdiameter 0,610 cm (bola B), dan bola berdiameter 0,790 cm (bola C) ditunjukkan oleh Gambar 4.6.



Gambar 4.6 Kecepatan terminal dari tiga jenis bola dengan diameter berbeda pada pengukuran 4 hari yang berbeda

Diagram berwarna biru merupakan hasil pengukuran viskositas minyak goreng menggunakan gerak jatuh dari bola berdiameter 0,475 cm (bola A), untuk empat hari berturut-turut. Diagram berwarna oranye adalah hasil pengukuran menggunakan bola berdiameter 0,610 cm (bola B) dan diagram berwarna abu-abu adalah hasil perhitungan viskositas minyak goreng menggunakan gerak jatuh bola berdiameter 0,790 cm (bola C).

## 4.2 Pembahasan

### *Identifikasi Letak/Posisi Kecepatan Terminal*

Identifikasi awal yang dilakukan setelah mendapatkan data pengukuran waktu tempuh bola jatuh di dalam kedua jenis fluida cair adalah menentukan kecepatan terminal. Ini merupakan tahapan utama mengingat observasi selanjutnya bertujuan untuk mengamati kecepatan terminal pada 4 hari pengamatan yang berbeda. Oleh karena bola yang digunakan bersifat unik, memiliki massa dan volume (demikian juga massa jenisnya) yang berbeda, maka posisi ketinggian yang menunjukkan nilai kecepatan terminal akan sangat dipengaruhi.

Pengukuran waktu tempuh bola jatuh di dalam minyak goreng diobservasi pada 9 letak ketinggian yang berbeda. Gambar 4.1 dan Gambar 4.2 menunjukkan bahwa kecepatan terminal mengalami perubahan pada setiap posisi pengukuran, namun memiliki kecenderungan konstan pada ketinggian 45 cm sampai dengan 60 cm. Kecepatan konstan inilah yang menjadi indikator ditetapkannya kecepatan terminal dari bola logam. Pada kondisi ini, total gaya yang bekerja pada bola adalah nol, sehingga bola akan bergerak lurus beraturan (Tipler, 1998). Pada daerah ini pula, perhitungan viskositas dari fluida cair dengan menggunakan metode bola jatuh dapat diaplikasikan.

Ketiga jenis bola dengan karakteristik massa dan volume yang berbeda memberikan perbedaan respon terhadap daerah kecepatan terminal dari fluida. Bola berdiameter kecil dan sedang, dengan selisih diameter sebesar 0,135 cm, atau perbedaan luasan bola sebesar 0,708 cm<sup>2</sup> memiliki karakteristik yang relatif sama. Pada saat kedua bola logam dijatuhkan di dalam minyak goreng, keduanya memiliki kecepatan terminal pada rentang posisi yang sama, yakni antara ketinggian 50 cm sampai dengan 60 cm (Tabel 4.1). Adapun bola dengan diameter terbesar memiliki kecepatan terminal pada rentang posisi ketinggian 45 cm sampai dengan 55 cm. Pergeseran letak kecepatan terminal dalam hal ini dipengaruhi oleh karakteristik fisik dari bola yang dijatuhkan. Semakin besar luasan bola yang berinteraksi dengan fluida, maka semakin besar faktor gesekan yang ditimbulkan (Hastuti dan Mutmainnah, 2008). Oleh karena itu, kesetimbangan gaya antara gaya gesek fluida pada bola dengan gaya gravitasi bergeser pada titik yang lebih rendah atau lebih dekat dengan pusat bumi.

Fenomena yang sedikit berbeda terjadi pada saat bola logam jatuh pada oli. Bola logam berdiameter kecil, sedang dan besar memiliki daerah terminal dengan kecepatan terminal tertentu (bergantung pada diameternya) pada ketinggian 45 cm sampai dengan 55 cm (Tabel 4.2). Posisi ini lebih dekat dengan pusat bumi yang menandakan bahwa perlu gaya yang lebih besar untuk dapat menyeimbangkan gaya stokes dari fluida yang bekerja pada bola. Seperti yang diketahui bahwa oli memiliki kekentalan lebih tinggi dibandingkan dengan minyak goreng ( $\rho_{oli}=0,88$  gr/cm<sup>3</sup> dan  $\rho_{minyak\ goreng}=0,82$  gr/cm<sup>3</sup>). Bola berdiameter kecil dan sedang memiliki posisi dimana kecepatan terminal teridentifikasi lebih dekat dengan pusat bumi,

berbeda dengan fenomena jatuhnya bola logam di dalam minyak goreng (posisi terminal pada ketinggian 50 cm s/d 60 cm). Gaya tarik gravitasi mampu mengimbangi gesekan fluida saat kekentalannya meningkat pada saat letak ketinggiannya mendekati dasar tabung.

#### *Pengaruh Lama Pemakaian Fluida terhadap Letak Kecepatan Terminal Obyek*

Lama pemakaian fluida, dalam hal ini adalah minyak goreng dan oli, didefinisikan secara terukur berdasarkan hari pengamatan dari pengukuran waktu jatuh obyek. Oleh karena terdapat 4 hari pengamatan untuk setiap fluida terukur, maka dikatakan bahwa fluida telah dipakai selama 4 hari. Setiap hari pemakaian dari fluida, akan diamati karakteristik kecepatan terminal yang diamati, sehingga dapat dijadikan referensi dari adanya dugaan perubahan letak kecepatan terminal.

Gambar 4.3 dan Gambar 4.6 merepresentasikan karakteristik perubahan kecepatan terminal bola logam di dalam fluida pada 4 hari pengamatan. Jika diamati untuk setiap waktu pengukuran, bola berdiameter terbesar memiliki kecepatan terminal paling tinggi. Massa obyek jatuh dapat mempengaruhi laju perubahan posisi gerak vertikal di dalam fluida. Makin berat massa sebuah obyek, makin cepat gerak vertikal yang terjadi. Bola berdiameter besar memiliki massa yang lebih besar, sehingga memiliki energi kinetik yang cukup besar untuk

Apabila diperhatikan dengan seksama, Tabel 4.1 dan Tabel 4.2 memberikan informasi bahwasanya pengukuran kecepatan terminal pada 4 hari pengamatan memberikan nilai yang berbeda. Namun demikian, perubahan yang terjadi pada bola berdiameter kecil (bola logam kecil) tidak memberikan perbedaan kecepatan terminal cukup signifikan dari hari ke hari. Adapun bola berdiameter sedang (bola logam sedang) mengalami perubahan cukup teratur baik pada saat bergerak di dalam minyak goreng maupun di dalam oli. Gerak yang dilakukan cukup stabil dan konsisten yang menandakan bahwa ukuran ini baik untuk digunakan sebagai sampel dalam percobaan pengukuran viskositas fluida. Berdasarkan Gambar 4.3 dan Gambar 4.4, karakteristik gerak jatuh pada bola berdiameter besar memberikan perbedaan yang cukup besar dalam 4 hari pengamatan yang berbeda. Ini menunjukkan bahwa ukuran bahan mempengaruhi pengukuran besar kecepatan terminal yang diamati.

Perubahan kecepatan terminal mengindikasikan adanya perubahan terhadap posisi/letak fluida yang dapat digunakan sebagai referensi di dalam eksperimen penentuan viskositas fluida menggunakan metode bola jatuh. Berdasarkan empat hari pengamatan terhadap waktu tempuh gerak jatuhnya ketiga bola, bola berdiameter sedang menunjukkan konsistensi perubahan kecepatan terminal, baik di dalam minyak goreng (Gambar 4.1 b) maupun di dalam oli (Gambar 4.2 b). Namun demikian, secara umum seluruh bola juga mengalami keadaan yang sama. **Kecepatan terminal cenderung menurun mulai dari hari pertama hingga hari keempat. Ini mengindikasikan bahwa letak kecepatan terminal mengalami pergeseran ke bawah, mengingat percepatan gravitasi akan meningkatkan kecepatan jatuh sebuah obyek saat mendekati pusat gravitasi.** Perbedaan terjadi pada hari kedua pengamatan, dimana pengukuran pada bola logam sedang dan besar di dalam oli menunjukkan anomali yang sama, yakni adanya peningkatan kecepatan terminal yang cukup tajam (Tabel 4.2).

#### *Pengaruh Lama Pemakaian Fluida terhadap Viskositas Fluida*

Berdasarkan data kecepatan terminal obyek yang telah diukur selama 4 hari, masing-masing untuk sampel oli dan minyak goreng, dapat dihitung viskositas kedua sampel. Diagram batang yang ditunjukkan pada Gambar 4.5 dan 4.6 memberikan informasi bahwa terdapat perbedaan yang cukup signifikan pada viskositas dari kedua fluida pada saat diukur dengan menggunakan variasi tiga bola logam yang berbeda diameternya. Ini menunjukkan bahwa penggunaan bola dengan ukuran diameter yang berbeda membutuhkan faktor skala yang berbeda, mengingat terhadap ukuran bola dan diameter tabung berpengaruh pada jenis aliran yang dihasilkan.

Hasil pengukuran viskositas oli pada empat hari yang berbeda memberikan nilai yang berbeda-beda. Pengamatan gerak Bola A dan C, menghasilkan data ukur viskositas yang berbeda pada saat diukur dari hari ke-1 ke hari ke-2 dan dari hari ke-3 ke hari ke-4. Adapun pada bola B, pengukuran viskositas memberikan hasil yang berbeda pada saat diamati dari hari ke-2 ke hari ke-3. Perubahan yang dihasilkan secara umum menunjukkan terjadinya kenaikan viskositas yang berarti tingkat kekentalan oli menjadi semakin tinggi.

Karakteristik yang sama nampak pada hasil pengukuran viskositas pada minyak goreng, dimana perbedaan waktu ukur akan menyebabkan perbedaan pula pada hasil ukur. Perbedaan signifikan pada nilai viskositas minyak goreng menggunakan bola A nampak pada 3 hari pertama pengukuran, sedangkan jika diamati dengan menggunakan bola B, perbedaan nampak sekali terjadi pada pengukuran dari hari ke 2 ke hari ke-3. Khusus untuk perhitungan viskositas minyak goreng menggunakan bola C, nampak perbedaan signifikan pada keempat waktu pengukuran yang berbeda. Perubahan yang dihasilkan secara umum menunjukkan terjadinya kenaikan viskositas yang berarti tingkat kekentalan oli menjadi semakin tinggi.

Dengan demikian, dapat dikatakan bahwa oleh karena letak kecepatan terminal yang mengalami perubahan, maka menyebabkan hasil pengukuran viskositas terhadap fluida menjadi berbeda. Perbedaan yang terjadi merujuk pada keadaan bahwa viskositas pada oli dan minyak goreng semakin tinggi, yang mengindikasikan bahwa kedua fluida semakin kental. Dapat dikatakan bahwa lama pemakaian fluida dapat mempengaruhi hasil perhitungan viskositas dari fluidan itu sendiri. Oleh karena itu, untuk menjaga konsistensi hasil pengukuran yang tetap, perlu dilakukan penggantian fluida secara periodik, atau dapat pula dilakukan dengan menetapkan daerah ukur kecepatan terminal yang paling sesuai untuk digunakan pada perhitungan viskositas fluida.



## **BAB V KESIMPULAN DAN SARAN**

### **4.1 Kesimpulan**

Berdasarkan hasil analisis data yang telah dilakukan, ada dua hal utama yang dapat disimpulkan pada penelitian ini, yakni :

1. Kecepatan terminal obyek teramati dalam daerah interval pengukuran. Letak kecepatan bola logam berdiameter 0,475 cm dan 0,610 cm di dalam minyak goreng adalah pada interval ketinggian (45-55) cm, sedangkan bola logam berdiameter 0,790 cm terletak pada interval ketinggian (50-60) cm. Di dalam oli, letak kecepatan terminal seluruh bola logam teramati seragam pada interval ketinggian (45-55) cm.
2. Semakin lama waktu pemakaian dari fluida, kecepatan terminal bola logam relatif semakin kecil. Ini mengindikasikan bahwa posisi/daerah kecepatan terminal semakin bergeser ke bawah. Semakin lama waktu pemakaian fluida, hasil pengukuran terhadap viskositas fluida (oli dan minyak goreng) yang diperoleh semakin tinggi.
3. Adanya perubahan pada nilai viskositas dari oli dan minyak goreng disebabkan oleh karena adanya perubahan nilai kecepatan terminal dari bola logam yang menjadi obyek percobaan.

### **4.2 Saran**

Penambahan waktu pengamatan, perlu juga dilakukan untuk mengetahui seberapa jauh terjadinya pergeseran letak kecepatan terminal, sehingga dapat mengoptimasi kelayakan dari fluida untuk digunakan sebagai media ukur di dalam eksperimen penentuan viskositas zat cair.

## DAFTAR PUSTAKA

- Hastuti, E., dan Mutmainnah. 2008. *Pembuatan Counter Waktu pada Percobaan Viskositas Berbasis Mikrokontroler HRS8000*.  
<http://download.portalgaruda.org/article.php?article=116176&val=5269>.  
[Diakses 15 Mei 2016]
- Mezger T.G. 2011. *The Reology Handbook*, 3rd revised Edition. Vincent Network, Hanover, Germany. Factor Affecting Viscosity.  
<http://www.viscopedia.com/basics/factors-affecting-viscometry/>. [Diakses 18 Mei 2016]
- Nugroho, S.R dan Sunarno, H. 2012. Identifikasi Fisis Viskositas Oli Mesin Kendaraan Bermotor terhadap Fungsi Suhu dengan Menggunakan Laser Helium Neon. *Jurnal Sains dan Seni*. 1107100047:1-5.
- Sears, F.W. dan Zemansky, M.W. 1962. *Fisika Universitas I*. Diterjemahkan oleh Soedarjana dan Achmad, A. Jakarta.
- Sheen, S.H., Chien, H.T., Raptis, A.C. 1997. Ultrasonic Methods for Measuring Liquid Viscosity and Volume Percent of Solids. ANL 97/4. Energy Technology Division. Illinois.
- Soedjojo. 2004. *Azas-azas Ilmu Fisika Jilid I*. Yogyakarta: Gajah Mada University Press. Yogyakarta.
- Sutiah, Firdausi, K.S., Budi, W.S. 2008. Studi Kualitas Minyak Goreng dengan Parameter Viskositas dan Indeks Bias. *Berkala Fisika*. ISSN 1410-9662. Vol 11 (2): 53-58.
- Tipler, P.A. 1998. *Fisika untuk Sains dan Teknik*. Diterjemahkan oleh Prasetio, L. dan Adi, R.W. Erlangga. Jakarta.
- Warsito, Suciati, S.W., Isworo, D. 2012. Desain dan Analisa Viskositas dengan Metode Bola Jatuh Berbasis Sensor Optocoupler dan Sistem Akuisisinya pada Komputer. *Jurnal Nature Indonesia*. ISSN 1410-3046. Vol. 14 (3):230-235.



Lampiran 4 Biodata Ketua Peneliti

**A. Identitas Diri**

1	Nama Lengkap	Budiyono
2	Jenis Kelamin	Laki-laki
3	Jabatan Fungsional	Penyelia
4	NIP	197104131995121001
6	Tempat dan Tanggal Lahir	Malang, 13 April 1971
7	Email	Boedy.fisika1dasar@gmail.com
8	Nomor HP	082334327722
9	Alamat Kantor	Fakultas MIPA-Universitas Jember Kampus Tegalboto Jl. Kalimantan No. 37 Jember
10	Nomor Telepon/Faks	0331-334293/0331-330225
12	Praktikum yang diampu	1. Fisika Dasar
		2. Fisika Dasar Lanjutan
		3. Fisika Kedokteran
		4. Geofisika
		5. Biofisika

**B. Riwayat Pendidikan**

	SMA	S1	S2
Institusi/Lembaga Pendidikan	SMAN 1 Sumenep	-	-
Bidang Ilmu	Fisika	-	-
Tahun Masuk-Lulus	1987-1990	-	-
Judul Skripsi/Tesis/Disertasi	-	-	-
Nama Pembimbing/Promotor	-	-	-

Semua data yang saya isikan dan tercantum dalam biodata ini adalah benar dan dapat dipertanggung jawabkan secara hukum. Apabila dikemudian hari ternyata dijumpai ketidak-sesuaian dengan kenyataan, saya sanggup menerima sanksi. Demikian biodata ini saya buat dengan sebenarnya untuk memenuhi salah satu persyaratan dalam pengajuan Penelitian Pembinaan bagi Tenaga Fungsional Non Dosen.

Jember, 5 November 2016  
Peneliti,

(Budiyono)