

BAB I

PENDAHULUAN

I.1. LATAR BELAKANG

Fluida yang bergerak/mengalir mempunyai gesekan internal antar lapisan fluida yang berdekatan ketika bergerak melintas satu sama lain yang disebut viskositas (kekentalan). Viskositas adalah suatu sifat fluida yang berhubungan erat dengan hambatan untuk mengalir, dimana semakin tinggi kekentalan maka semakin besar hambatannya (Giancoli, 1997).

Cara menentukan viskositas suatu fluida yaitu dengan menggunakan alat yang dinamakan viskosimeter. Viskosimeter yang tersedia di UPT Laboratorium Pusat MIPA sub Lab. Fisika adalah *viscotester Haake* model VT5L, viskosimeter *falling ball*, dan viskosimeter ostwald. Viskosimeter *falling ball* adalah viskosimeter yang berdasarkan pada jatuhnya bola dalam tabung pengujian yang berisi sampel fluida dengan volume tertentu. Sedangkan penentuan viskositas dengan viskosimeter ostwald yaitu dengan mengukur waktu yang dibutuhkan oleh fluida untuk melewati 2 buah tanda ketika ia mengalir karena gravitasi. Peneliti ingin membandingkan keakuratan antara viskosimeter *falling ball* dengan viskosimeter ostwald dimana viskosimeter *falling ball* yang menggunakan prinsip bola jatuh ini sudah pernah dipergunakan pada saat praktikum mata kuliah Eksperimen Fisika I. Peneliti belum pernah menggunakan viskosimeter ostwald, sehingga peneliti juga bermaksud membuat simulasi program komputer pengukuran viskositas dengan alat tersebut.

Viskositas dapat diukur langsung apabila dimensi alat pengukur diketahui dengan tepat. Tetapi pada umumnya pengukuran akan lebih praktis dilakukan dengan mengkalibrasi alat menggunakan cairan yang sudah diketahui viskositasnya kemudian kekentalan cairan uji ditetapkan dengan membandingkannya terhadap viskositas cairan yang sudah diketahui tersebut. Pada penelitian ini, cairan yang digunakan sebagai kalibrator adalah aquades.

I.2. PERUMUSAN MASALAH

Berdasarkan latar belakang tersebut di atas, dibuat suatu perumusan masalah sebagai berikut :

1. Bagaimanakah perbandingan keakuratan antara viskosimeter ostwald dengan viskosimeter *falling ball* dalam mengukur viskositas?
2. Apa sajakah keunggulan serta kelemahan dari viskosimeter *falling ball* serta viskosimeter ostwald?
3. Bagaimanakah membuat simulasi viskosimeter ostwald menggunakan program komputer Borland Delphi 7?

I.3. BATASAN MASALAH

Penelitian ini dibatasi pada beberapa masalah sebagai berikut :

1. Fluida yang digunakan sebagai sampel untuk menentukan viskositas adalah aquades, sirup, serta minyak mesin (SAE 10).
2. Koefisien viskositas yang terukur merupakan viskositas pada suhu kamar.
3. Pembuatan simulasi bertujuan untuk memperlihatkan cara kerja pengukuran viskositas dengan menggunakan viskosimeter ostwald.

I.4. TUJUAN

Tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Membandingkan keakuratan antara viskosimeter ostwald dengan viskosimeter *falling ball*.
2. Mengetahui keunggulan serta kelemahan dari viskosimeter *falling ball* serta viskosimeter ostwald.
3. Membuat simulasi viskosimeter ostwald menggunakan program komputer Borland Delphi 7.

I.5. MANFAAT

Dari pembahasan masalah pada tugas akhir ini, diharapkan dapat memperoleh manfaat sebagai berikut :

1. Mengetahui manakah yang lebih akurat, viskosimeter ostwald ataukah viskosimeter *falling ball*.
2. Mengetahui kelebihan dan kekurangan viskosimeter ostwald serta viskosimeter *falling ball*.
3. Membuat simulasi viskosimeter ostwald menggunakan program komputer Borland Delphi 7.

I.6. SISTEMATIKA PENULISAN

Untuk mempermudah dalam membaca dan menelaah isi skripsi ini maka sistematika penulisan disusun sebagai berikut :

BAB I	Pendahuluan
BAB II	Tinjauan Pustaka
BAB III	Metodologi Penelitian
BAB IV	Hasil Penelitian dan Pembahasan
BAB V	Kesimpulan dan saran

Bab I menjelaskan tentang hal-hal yang melatarbelakangi dilakukannya penelitian, perumusan masalah, pembatasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, dan sistematika penulisan skripsi. Bab II berisi tentang dasar teori yaitu hal-hal yang berkaitan dengan viskositas. Bab III menjelaskan tentang metode penelitian yaitu metode dan tahapan yang dilakukan dalam penelitian, diawali dengan merangkai alat dan diikuti dengan pengukuran viskositasnya. Bab IV memuat data hasil penelitian yang telah dilakukan yaitu berupa data viskositas aquades dan sirup. Data-data hasil penelitian yang diperoleh kemudian dianalisa dengan memperhatikan dasar teori yang telah ditulis. Bab V berisi tentang kesimpulan dari penelitian yang telah dilakukan. Selain itu, bab ini juga memuat

saran bagi penelitian selanjutnya sehingga dapat meningkatkan hasil dari penelitian.



BAB II

DASAR TEORI

II.1. Viskositas

Di dalam teknik hidrodinamika perlu sekali kita ketahui bagaimana aliran-aliran suatu fluida itu melaju. Dua tipe utama pada aliran fluida yaitu :

1. Aliran turbulen : aliran dengan gerakan berpusar.

Ciri-cirinya : pada aliran sesungguhnya yang diarahkan secara aksial timbul gerak-gerak sampingnya yang tidak beraturan dan dapat berubah-ubah, sehingga berbagai jalur aliran akan saling mempengaruhi satu sama lain dan karenanya terjadi pusaran.

2. Aliran laminar : pada jenis aliran ini, setiap partikel fluida mengikuti sebuah lintasan lurus, dan lintasan ini tidak saling menyilang satu sama lain.

Ciri-cirinya : unsur-unsur zat cair yang terpisah bergerak dalam lapisan-lapisan sejajar secara beraturan.

Fluida sesungguhnya mempunyai sejumlah gesekan internal tertentu yang disebut sebagai viskositas. Viskositas dinyatakan sebagai suatu tahanan aliran fluida terhadap gesekan antara molekul-molekul cairan satu dengan lainnya. Viskositas adalah suatu sifat cairan yang berhubungan erat dengan hambatan untuk mengalir, dimana semakin tinggi kekentalan maka semakin besar hambatannya. Suatu cairan yang mengalir dengan mudah mempunyai viskositas kecil. Sebaliknya, pada cairan yang sulit mengalir mempunyai viskositas yang besar (Susilowati, 2007).

Daftar koefisien kekentalan untuk berbagai fluida ditunjukkan dalam Tabel 2.1. di bawah ini :

Tabel 2.1. Koefisien Kekentalan untuk Berbagai Fluida (Giancoli, 1997)

Fluida	Suhu (°C)	Koefisien kekentalan η (Pa.s)*
Air	0	$1,8 \times 10^{-3}$
Air	20	$1,0 \times 10^{-3}$
Air	100	$0,3 \times 10^{-3}$
Darah seluruh tubuh	37	$\approx 4 \times 10^{-3}$
Plasma darah	37	$\approx 1,5 \times 10^{-3}$
Alkohol ethyl	20	$1,2 \times 10^{-3}$
Minyak mesin (SAE 10)	30	200×10^{-3}
Gliserin	20	1500×10^{-3}
Udara	20	$0,018 \times 10^{-3}$
Hidrogen	0	$0,009 \times 10^{-3}$
Uap air	100	$0,013 \times 10^{-3}$

* $1 \text{ Pa.s} = 10 \text{ P} = 1000 \text{ cP}$

Satuan SI untuk viskositas, η adalah $\text{N.s/m}^2 = \text{Pa.s}$ (pascal.detik). Dalam sistem cgs, satuan ini adalah dyne.s/cm^2 dan untuk satuan ini disebut *poise* (P). Viskositas sering dinyatakan dalam *centipoise* (cP), yaitu seperseratus poise.

Cara menentukan viskositas suatu zat menggunakan alat yang dinamakan viskosimeter. Ada beberapa tipe viskosimeter yang biasa digunakan antara lain :

- a. Viskosimeter ostwald
- b. Viskosimeter *falling ball*

II.1.1. Hukum Stokes

Viskositas dinyatakan sebagai suatu tahanan aliran fluida terhadap gesekan antara molekul-molekul cairan yang satu dengan yang lainnya. Apabila fluida sempurna yang viskositasnya nol mengalir melewati sebuah bola, atau apabila sebuah bola bergerak dalam suatu fluida yang diam, garis-garis arusnya akan membentuk suatu pola yang simetris sempurna di sekeliling bola itu.

Tekanan terhadap sembarang titik permukaan bola menghadap arah aliran datang tepat sama dengan tekanan terhadap “titik lawan” titik tersebut pada permukaan bola yang menghadap kearah hilir aliran, dan gaya resultan terhadap bola itu nol. Tetapi jika fluida tersebut mempunyai kekentalan, maka akan ada sederetan gaya terhadap bola itu. Besaran-besaran yang mempengaruhi gaya tersebut adalah viskositas fluida η , jari-jari bola r , dan kecepatan relatif bola terhadap fluida v , maka persamaan untuk gaya kekentalan adalah :

$$F = 6\pi\eta rv \quad (2.1)$$

Persamaan di atas dikenal dengan *Hukum Stokes*. Persamaan ini berlaku apabila :

1. Fluida tidak berolak (tidak terjadi turbulensi).
2. Luas penampang tabung tempat fluida cukup besar dibanding ukuran bola

Bola dari keadaan diam akan mendapat percepatan ke bawah oleh gaya gravitasi bumi g , terhambat oleh gaya Archimedes F_A , dan gaya Stoke F_s . Kecepatan benda tersebut akan mencapai keadaan dengan kecepatan konstan, yaitu ketika gaya Stoke sama dengan gaya berat bola tersebut. Misalkan ρ' rapat massa cairan, ρ rapat massa bola, dan m massa bola, maka dalam bentuk persamaan adalah :

$$W = F_s + F_A \text{ atau } F_s = W - F_A \quad (2.2)$$

$$mg = 6\pi\eta rv_r + \frac{4}{3}\pi r^3 \rho' g \quad (2.3)$$

$$\frac{4}{3}\pi r^3 \rho g = 6\pi\eta rv_r + \frac{4}{3}\pi r^3 \rho' g \quad (2.4)$$

Persamaan (2.4) dapat ditulis dalam bentuk :

$$\eta = \frac{2r^2 g}{9v_r} (\rho - \rho') \quad (2.5)$$

II.1.2. Hukum Poiseuille

Mengingat sifat umum kekentalan, bahwa kecepatan fluida kental yang mengalir melalui pipa tidak sama di seluruh titik penampang lintangnya. Lapisan paling luar fluida melekat pada dinding pipa dan kecepatannya nol. Dinding pipa “menahan” gerak lapisan paling luar tersebut dan lapisan ini menahan pula lapisan berikutnya, dan begitu seterusnya.

Berikut ini gambaran dari suatu aliran fluida yang laminar :

Misalkan dalam sebuah pipa yang radius dalamnya R dan panjangnya L mengalir fluida yang viskositasnya η secara laminar. Sebuah silinder kecil yang beradius r berada dalam kesetimbangan (bergerak dengan kecepatan konstan) disebabkan gaya dorong yang timbul akibat perbedaan tekanan antara ujung-ujung silinder tersebut dengan gaya kekentalan yang menahan pada permukaan luar. Maka gaya dorong tersebut adalah ;

$$F = (p_1 - p_2)\pi r^2 \quad (2.6)$$

Telah diketahui bahwa rumus viskositas absolut atau viskositas dinamik adalah

$$F = \eta A \frac{v}{l} \quad (2.7)$$

Berdasarkan persamaan (2.7), gaya kekentalan dirumuskan sebagai berikut:

$$-\eta A \frac{dv}{dr} = -\eta \times 2\pi r l \times \frac{dv}{dr} \quad (2.8)$$

$$-\int_v^0 dv = \frac{p_1 - p_2}{2\pi r l} \int_r^R r dr \quad (2.9)$$

$$v = \frac{p_1 - p_2}{4\pi l} (R^2 - r^2) \quad (2.10)$$

Gradien kecepatan dv/dr disembarang radius merupakan kemiringan garis lengkung ini. Volume fluida dV yang melewati ujung-ujung unsur ini waktu dt adalah $v dA dt$, dimana v merupakan kecepatan pada radius r dan dA adalah luas yang diarsir, yang sama dengan $2\pi r dr$. Dengan mengambil rumusan v dari persamaan (2.10) maka diperoleh

$$dv = \frac{p_1 - p_2}{4\pi l} (R^2 - r^2) \times 2\pi r dr \times dt \quad (2.11)$$

Volume yang mengalir melalui seluruh penampang lintang diperoleh dengan mengintegrasikan seluruh unsur antara $r=0$ dan $r=r$, dengan dibagi d/t maka cepat aliran volume diperoleh

$$Q = \frac{\pi(p_1 - p_2)}{2\pi l} \int_0^R (R^2 - r^2) r dr \quad (2.12)$$

$$Q = \frac{\pi R^4 p_1 - p_2}{8\eta L} \quad (2.13)$$

Persamaan (2.13) pertama kali dirumuskan oleh Poiseuille dan dinamakan *Persamaan Poiseuille*.

II.1.3. Viskosimeter Ostwald

Viskositas dari cairan dapat ditentukan dengan mengukur waktu yang dibutuhkan oleh cairan tersebut untuk melewati 2 buah tanda, yaitu dari batas atas sampai batas bawah ketika ia mengalir karena gravitasi melalui viskosimeter ostwald. Waktu alir dari cairan yang diuji dibandingkan dengan waktu yang dibutuhkan oleh suatu zat yang viskositasnya sudah diketahui (biasanya air) untuk melewati 2 buah tanda tersebut (Pipit, 2007). Gambar skema viskosimeter ostwald seperti ditunjukkan pada Gambar 2.2. berikut ini :

Persamaan (2.13) yaitu untuk cepat aliran volume atau debit juga dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$Q = \frac{V}{t} = \frac{\pi R^4 P}{8\eta L} \quad (2.14)$$

Misalkan terdapat dua jenis fluida yaitu aquades dan gliserin, masing – masing dengan kekentalan η_a dan η_g , keduanya memiliki volume yang sama dan mengalir melalui pipa yang ukurannya sama. Karena kedua zat cair ini memiliki volume yang sama tetapi kekentalannya berbeda, maka debit keduanya juga berbeda, misalkan Q_a dan Q_g . Dengan demikian waktu yang diperlukan untuk mengalirkan aquades dan gliserin dengan volume yang sama juga berbeda,

misalkan t_a dan t_g . Faktor volume V , π , jari-jari R , tekanan P , dan panjang pipa L dapat diabaikan karena keduanya mempunyai nilai yang sama. Dengan demikian maka

$$\frac{t_g}{t_a} = \frac{\eta_g}{\eta_a} \quad (2.15)$$

Besaran η_a/η_g dinamakan kekentalan aquades relatif terhadap kekentalan gliserin.

II.1.4. Viskosimeter *Falling Ball*

Setiap benda yang bergerak relatif terhadap benda lain selalu mengalami gesekan (gaya gesek). Sebuah benda yang bergerak di dalam fluida juga mengalami gesekan. Hal ini disebabkan oleh sifat viskositas fluida tersebut. Koefisien kekentalan suatu fluida dapat diperoleh dengan menggunakan percobaan bola jatuh di dalam fluida tersebut.

Viskosimeter *falling ball* adalah viskosimeter yang berdasarkan pada jatuhnya bola dalam tabung penguji yang berisi sampel fluida dengan volume tertentu. Pada prinsipnya pengukuran pada viskosimeter ini suatu bola dijatuhkan dari atas suatu tabung berisi sampel fluida yang akan dicari viskositasnya, kemudian tabung tersebut dibalik. Waktu yang diamati melalui stopwatch merupakan waktu yang diperlukan bola untuk jatuh pada jarak tertentu.

Dari persamaan (2.5) diketahui bahwa :

$$\eta = \frac{2r^2 g}{9v_r} (\rho - \rho') \quad (2.16)$$

Jika jarak AB adalah jarak yang dilewati bola dengan laju konstan v , maka persamaan di atas dapat dituliskan dalam persamaan sebagai berikut :

$$\eta = \frac{2r^2 g}{9\left(\frac{AB}{t}\right)} (\rho - \rho') \quad (2.17)$$

Jika jarak $AB = 10$ cm, r ditentukan oleh ukuran bola, g adalah percepatan gravitasi bumi $\cong 10$, persamaan (2.17) dapat disederhanakan menjadi :

$$\eta = K(\rho - \rho') t \quad (2.18)$$

Keterangan :

η = viskositas dinamik

t = waktu tempuh bola saat jatuh

ρ = massa jenis bola

ρ' = massa jenis fluida

K = konstanta bola

Konstanta K , ρ menunjukkan karakteristik dari bola. Pada set alat yang dipergunakan telah disertakan data-data untuk masing-masing bola, yaitu seperti yang disajikan dalam Tabel 2.2 berikut :

Tabel 2.2. Karakterisasi Bola (Tim Eksperimen Fisika I, 2006)

No bola	Jenis material	Kerapatan (g/cm^3)	Diameter bola (mm)	Konstanta bola (K) $\text{mPa.s.cm}^3/\text{g.s}$
1	Boron silica glass	2,4	$15,81 \pm 0,01$	0,007
2	Boron silica glass	2,4	$15,6 \pm 0,05$	0,09
3	Nicel iron alloy	8,1	$15,1 \pm 0,05$	0,09
4	Nicel iron alloy	8,1	$15,2 \pm 0,1$	0,7
5	W-No-4034	7,7-8,1	$14,0 \pm 0,5$	4,5
6	W-No-4034	7,7-8,1	$11,0 \pm 1$	3,3

Pemilihan terhadap jenis bola yang digunakan akan menentukan dapat atau tidaknya waktu jatuh diukur, terlalu lama atau singkat, dll (Tim Eksperimen Fisika I, 2006).

II.1.5. Kesalahan Pengukuran

Pengukuran akurat saat ini merupakan suatu bagian terpenting dalam fisika. Tetapi tidak ada pengukuran yang tepat secara mutlak. Ada suatu kesalahan yang terkait pada setiap pengukuran. Kesalahan ini timbul dari berbagai sumber yang berbeda, sebagai contoh yaitu kesalahan mutlak, dan kesalahan paralak.

a. Kesalahan Mutlak

Yaitu kesalahan mutlak dari hasil pengukuran yang disebabkan oleh ketelitian alat ukur yang memiliki keterbatasan.

Untuk mencari akurasi alat, rumus yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$\text{Ralat relatif} = \left| \frac{\text{nilai sebenarnya} - \text{nilai terukur}}{\text{nilai sebenarnya}} \right| \times 100\%$$

Semakin besar ralat relatifnya maka semakin tidak akurat alat yang digunakan. Begitu pula sebaliknya, semakin kecil ralat relatifnya maka hasil yang didapatkan akan lebih mendekati kebenaran.

b. Kesalahan Paralaks

Kesalahan dalam membaca yang terjadi karena posisi mata yang kurang tepat disebut kesalahan paralaks. Kesalahan paralaks mungkin terjadi ketika posisi mata tidak tegak lurus terhadap skala yang dibaca.

II.2. Borland Delphi 7[®]

Delphi 7 adalah sebuah perangkat lunak (bahasa pemrograman) untuk membuat program/aplikasi berbasis windows yang dikeluarkan oleh perusahaan Borland[®]. Delphi[®] merupakan bahasa pemrograman berbasis objek, artinya semua komponen yang ada merupakan objek-objek. Ciri sebuah objek adalah nama, property, dan prosedur. Delphi[®] disebut juga *visual programming*, artinya komponen-komponen yang ada tidak hanya berupa teks tetapi muncul berupa gambar-gambar.

Delphi[®] memberikan kemudahan dalam menggunakan kode program, kompilasi yang cepat, penggunaan file unit ganda untuk pemrograman modular, pengembangan perangkat lunak, pola desain yang menarik serta diperkuat dengan bahasa pemrograman yang terstruktur dalam bahasa pemrograman Object Pascal.

Sebagian besar pengembang Delphi[®] menuliskan dan mengkompilasi kode program dalam IDE (*Integrated Development Environment*). IDE

merupakan sebuah lingkungan di mana semua tombol perintah yang diperlukan untuk mendesain aplikasi, menjalankan, dan menguji sebuah aplikasi disajikan dengan baik untuk memudahkan pengembangan program.

Suatu lingkungan IDE dalam pemrograman Delphi 7[®] terdiri dari beberapa bagian. Setiap bagiannya memiliki komponen-komponen dan fungsi-fungsi tertentu, diantaranya adalah: *MenuBar*, *ToolBar/SpeedBar*, *Component Palette*, *Jendela Form*, *Jendela Unit*, *Object TreeView*, dan *Object Inspector* (Andi, 2002).

a. MenuBar

MenuBar berfungsi untuk memilih tugas-tugas tertentu seperti memulai, memilih, dan mengakhiri suatu aplikasi.

b. ToolBar

Delphi memiliki beberapa toolbar yang masing-masing memiliki perbedaan fungsi dan setiap tombol pada bagian toolbar berfungsi sebagai pengganti suatu menu perintah yang sering digunakan. Toolbar sering disebut juga dengan Speedbar.

c. Component Palette

Component palette berisikan kumpulan komponen yang akan diletakkan dalam form dan digunakan untuk mendesain form sehingga membentuk *user interface*.

d. Form

Form merupakan suatu objek yang dapat dipakai sebagai tempat untuk merancang program aplikasi. Form berbentuk sebuah meja kerja yang dapat diisi dengan komponen-komponen yang diambil dari Component Palette.

e. Jendela Unit/Edit Windows

Sebuah form mengandung unit yang berfungsi untuk mengendalikan form. Jendela ini digunakan untuk menuliskan listing program dalam sebuah aplikasi.

f. Object Inspector

Object Inspector digunakan untuk mengubah properti atau karakteristik dari sebuah komponen. Object Inspector terdiri dari dua tab, yaitu Properties dan Event.

Adapun langkah-langkah pembuatan sebuah proyek adalah sebagai berikut :

1. Pilih menu File – New - Applications sehingga pada lembar kerja Delphi® akan tampak sebuah form kosong.
2. Pilih dan klik sebuah komponen pada component palette.
3. Klik pada bagian form designer, yaitu pada posisi di mana komponen tersebut akan ditempatkan.
4. Setelah semua komponen diletakkan pada form, langkah selanjutnya adalah mengganti properti dan event dari komponen-komponen yang telah diletakkan pada form designer.
5. Simpan rancangan proyek tersebut dengan perintah File – Save As.
6. Kotak dialog berikutnya yang akan muncul adalah kotak dialog Save Project As. Kotak dialog ini digunakan untuk menentukan nama file Project yang diinginkan.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

III.1. Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dibagi dalam dua tahap. Tahap pertama, yaitu tahap pengambilan data yang dilakukan di UPT Laboratorium Pusat MIPA Universitas Sebelas Maret mulai dari bulan November 2008 sampai dengan bulan Desember 2008. Tahap kedua, yaitu pembuatan simulasi viskosimeter ostwald dengan menggunakan komputer.

III.2. Alat dan Bahan

III.2.1. Alat

1. Viskosimeter *falling ball*
2. Viskosimeter ostwald
3. Bola dengan diameter 11,1 mm, 14,0 mm, 15,1 mm, 15,2 mm dan 15,60 mm
4. Termometer
5. Gelas ukur
6. Gelas beker
7. Timbangan
8. Stopwatch
9. Jangka sorong
10. Perangkat keras (*hardware*)
11. Perangkat lunak (*software*)

III.2.2. Bahan

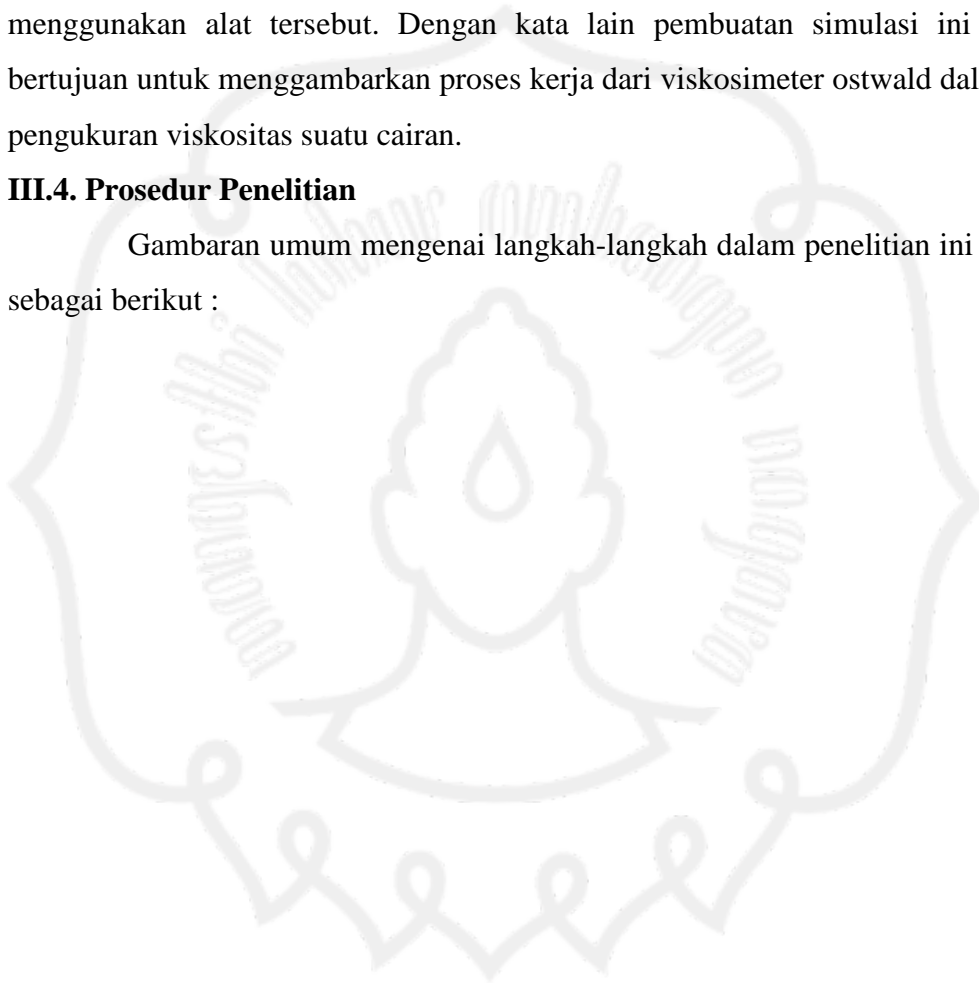
1. Aquades
2. Sirup
3. Minyak mesin (SAE 10)

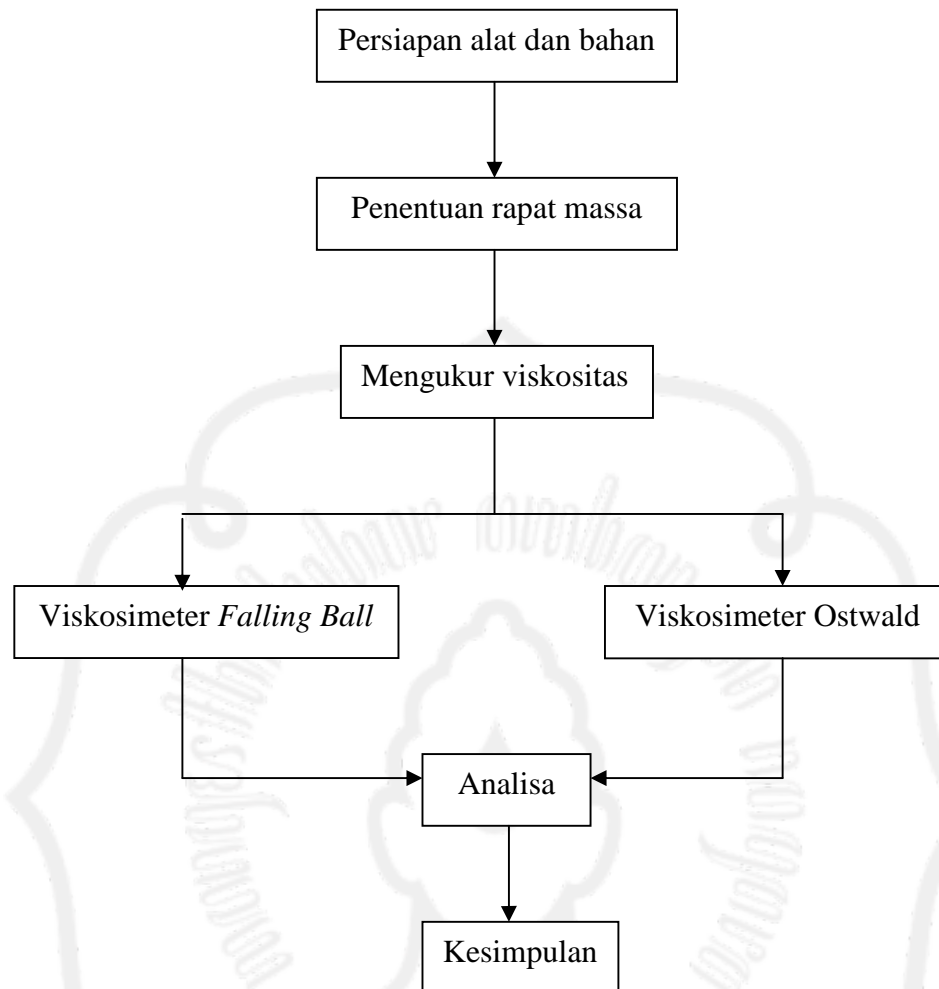
III.3. Metode Penelitian

Kegiatan dalam penelitian ini meliputi penghitungan rapat massa dari bola serta cairan yang digunakan. Sedangkan viskositas diukur dengan menggunakan dua macam alat, yaitu viskosimeter *falling ball* dan viskosimeter ostwald. Langkah selanjutnya yaitu membuat simulasi cara kerja viskosimeter ostwald. Hal ini dilakukan mengingat bahwa peneliti belum pernah praktikum menggunakan alat tersebut. Dengan kata lain pembuatan simulasi ini hanya bertujuan untuk menggambarkan proses kerja dari viskosimeter ostwald dalam hal pengukuran viskositas suatu cairan.

III.4. Prosedur Penelitian

Gambaran umum mengenai langkah-langkah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :





Gambar 3.2. Diagram alir tahap-tahap penelitian

III.4.1. Penentuan Rapat Massa (ρ) Cairan

1. Sampel cairan terlebih dahulu diukur temperaturnya kemudian dimasukkan ke dalam tabung ukur dengan terlebih dahulu tabung ditimbang sebelum diisi sampel.
2. Hasil dari pengukuran sampel dicatat sebagai volume (V).
3. Sampel kemudian ditimbang untuk mengetahui berapa massanya.
4. Hasil tersebut dicatat sebagai massa (m).
5. Langkah 1 sampai dengan 4 diulangi untuk sampel yang berbeda.

III.4.2. Penentuan Viskositas dengan Viskosimeter *Falling Ball*

Untuk menentukan viskositas, alat yang pertama digunakan adalah viskosimeter *falling ball*. Pada viskosimeter ini suatu bola dijatuhkan dari atas suatu tabung yang berisi cairan secara vertikal. Waktu yang diamati melalui stopwatch merupakan waktu yang diperlukan bola untuk jatuh pada interval titik tertentu. Keterangan gambar :

- A. Tabung viskosimeter *falling ball*
- B. Bola
- C. Cairan uji

Prosedur kerja pada penentuan viskositas dengan viskosimeter *falling ball* adalah :

1. Tabung diisi dengan cairan sampai penuh. Pastikan tidak ada gelembung udara di dalamnya.
2. Bola dimasukkan ke dalam tabung.
3. Bagian atas tabung ditutup dengan penutup yang tersedia.
4. Tabung diputar secara vertikal sehingga posisi awal bola berada di bagian atas tabung.
5. Stopwatch dihidupkan pada saat melewati tanda paling atas tabung.
6. Cairan tersebut dibiarkan mengalir sampai tanda paling bawah.
7. Pada saat cairan sampai pada batas ini, stopwatch dimatikan dan waktu dapat ditentukan kemudian dicatat.
8. Pengukuran diulangi sebanyak 5 kali kemudian dihitung rata – ratanya.

III.4.3. Penentuan Viskositas dengan Viskosimeter Ostwald

Langkah yang kedua yaitu menggunakan viskosimeter ostwald. Viskositas dari cairan dapat ditentukan dengan mengukur waktu yang dibutuhkan oleh cairan tersebut untuk melewati 2 buah tanda ketika ia mengalir karena gravitasi melalui viskosimeter ostwald. Waktu alir dari cairan yang diuji dibandingkan dengan waktu yang dibutuhkan oleh aquades untuk melewati 2 buah tanda tersebut. Dalam hal ini aquades berfungsi sebagai cairan pengkalibrasi. Gambar rangkaian alat viskosimeter ostwald seperti ditunjukkan pada Gambar 3.4. berikut ini :

Keterangan gambar :

- A. Selang plastik
- B. Batas atas tabung
- C. Cairan uji
- D. Batas bawah tabung
- E. Gelas beker

Prosedur kerja pada penentuan viskositas dengan viskosimeter ostwald adalah :

1. Gelas beker diisi dengan cairan dan diletakkan sedemikian rupa sehingga ujung pipa viskosimeter bagian bawah tercelup ke dalam cairan kira – kira 5 cm.
2. Tabung viskosimeter dicuci dengan cara menghisap cairan sampai di atas tanda pada pipa kapiler bagian atas, penghisapan dihentikan dan cairan dibiarkan mengalir turun.
3. Untuk memulai pengambilan data, cairan dihisap sampai di atas tanda pada pipa kapiler bagian atas dan cairan tersebut dibiarkan mengalir turun. Tepat pada saat cairan melewati tanda tersebut, stopwatch dijalankan dan ketika cairan melewati tanda pada pipa kapiler bagian bawah, stopwatch dimatikan dan hasil pembacaan stopwatch dicatat. Pengukuran diulangi sebanyak 5 kali kemudian dihitung rata – ratanya.

III.4.4. Pembuatan Simulasi Viskosimeter Ostwald

Tahapan yang harus dilakukan pertama kali yaitu membuat beberapa komponen sebagai tampilan antarmuka dengan pengguna seperti komponen image, timer, button, label, dan panel yang dapat diambil dari component palette. Komponen-komponen tersebut kemudian ditempatkan pada sebuah form designer. Form designer merupakan suatu objek yang dapat dipakai sebagai tempat untuk merancang program aplikasi. Untuk mengubah properti atau karakteristik dari komponen maka digunakan object inspector yang terdiri dari 2 buah tab, yaitu properties dan event. Selain menggunakan object inspector, untuk mengendalikan form dapat juga dengan cara menuliskan kode program atau listing programnya yaitu dengan mengklik 2 kali komponen yang dimaksud sehingga jendela unit akan terbuka. Untuk menjalankan program dan melihat jalannya program maka digunakanlah tombol Run (F9) yang terletak pada Toolbar.

Pada simulasi ini terdapat 6 buah komponen yaitu panel, label, timer, radio button, button serta image. Image berisi gambar tabung yang berfungsi untuk menempatkan larutan uji. Tombol sirup yang tidak lain adalah radio button merupakan tombol yang digunakan untuk mewakili larutan uji. Ketika tombol ini dipilih, maka dengan otomatis image (gambar tabung) akan berwarna merah. Warna ini diatur dari komponen panel. Warna merah ini menandakan seolah-olah tabung diisi dengan larutan sirup dimana warna tersebut sesuai dengan warna larutan yang digunakan pada saat penelitian. Tombol ON yang diambil dari komponen button berfungsi untuk menjalankan simulasi. Ketika tombol ini dipilih, maka secara berangsur-angsur ketinggian dari sirup akan berkurang. Tombol waktu menunjukkan waktu alir dari larutan uji, yaitu waktu yang dibutuhkan oleh larutan uji (sirup) untuk menempuh jarak tertentu. Apabila larutan uji telah mencapai batas bawah atau dengan kata lain habis, maka tombol ini akan berhenti dengan sendirinya.

BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

IV.1. Pengukuran Viskositas dengan menggunakan Viskosimeter Ostwald dan Viskosimeter *Falling Ball*

Dari penelitian yang telah dilakukan dengan menggunakan viskosimeter *falling ball* dan viskosimeter ostwald didapatkan data-data viskositas aquades pada temperatur 28°C, sirup pada temperatur 27°C, dan minyak mesin (SAE 10) pada temperatur 30°C.

Eksperimen yang pertama yaitu menggunakan viskosimeter ostwald. Viskositas dari cairan dapat ditentukan dengan mengukur waktu yang dibutuhkan oleh cairan tersebut untuk melewati 2 buah tanda ketika ia mengalir karena gravitasi (Gambar 2.2). Pengaturan batas ini bisa dimana saja, bisa pada diameter tabung yang besar maupun pada diameter tabung kecil. Yang terpenting adalah pada saat pengukuran waktu alir, batas ini tidak berubah sehingga walaupun digunakan beberapa macam cairan uji volumenya akan tetap sama. Fluida akan bergerak atau mengalir karena adanya perbedaan tekanan pada dua bagian yang berbeda pada fluida. Untuk menghitung viskositas suatu cairan relatif terhadap viskositas aquades maka waktu alir dari cairan yang diuji dibandingkan dengan waktu yang dibutuhkan oleh aquades untuk melewati 2 buah tanda tersebut sehingga hanya didapatkan 2 nilai viskositas, yaitu viskositas sirup dan viskositas minyak mesin (SAE 10). Dalam penentuan viskositas relatif ini aquades berfungsi sebagai kalibrator. Untuk kalibrasi kita dapat menggunakan fluida apa saja selama nilai viskositas standarnya diketahui. Karena pada penelitian ini aquades lebih mudah untuk didapatkan dan nilai standarnya banyak diketahui maka lebih disarankan agar digunakan aquades untuk kalibrasi. Waktu alir dari cairan uji seperti diperlihatkan pada Tabel B.2. Data hasil perhitungan viskositas suatu cairan relatif terhadap aquades seperti diperlihatkan pada tabel B.5. Sedangkan data hasil perhitungan viskositas dengan menggunakan viskosimeter ostwald seperti ditunjukkan pada tabel 4.1. Nilai viskositas aquades yang didapatkan sebesar $(47,29 \pm 0,02)$ mPa.s, sedangkan pada sirup $(163,17 \pm 0,02)$ mPa.s dan

minyak mesin (SAE 10) sebesar $(481,88 \pm 0,04)$ mPa.s. Padahal pada literatur viskositas untuk aquades pada temperatur 28°C adalah 0,839 mPa.s. Minyak mesin (SAE 10) pada temperatur 30°C viskositasnya sebesar 200 mPa.s. Sedangkan untuk sirup tidak terdapat acuan pada literatur karena sirup pada temperatur yang sama mempunyai nilai kekentalan yang berbeda-beda.

Kekentalan atau viskositas sebuah fluida adalah ukuran mengenai hambatannya terhadap aliran di bawah suatu gaya yang dikenakan. Semakin besar viskositas, maka semakin besar pula gaya yang diperlukan untuk mempertahankan aliran tersebut. Tahanan suatu fluida terhadap tegangan geser tergantung pada kohesinya dan pada laju perpindahan partikelnya. Sirup dengan partikel-partikel yang jauh lebih rapat daripada aquades, mempunyai gaya kohesi yang jauh lebih besar daripada aquades, sehingga sirup membutuhkan waktu alir yang lebih lama daripada aquades dalam menempuh jarak yang sama. Di lain pihak, waktu alir dari sirup ini relatif lebih cepat apabila dibandingkan dengan minyak mesin. Suatu perbedaan tekanan dibutuhkan agar cairan uji dapat mengalir melalui tabung. Perbedaan tekanan ini diperlukan karena gaya gesekan yang diberikan oleh tabung pada lapisan yang berada di dekatnya dan karena gaya gesekan yang diberikan oleh lapisan cairan pada lapisan cairan di dekatnya yang bergerak dengan kecepatan yang berbeda. Tabung viskosimeter ostwald yang digunakan mempunyai luas penampang yang berbeda yaitu seperti diperlihatkan pada Gambar 2.3. Pada saat cairan uji melewati luas penampang yang besar, maka kecepataannya akan berkurang sedangkan tekanannya akan bertambah. Sebaliknya, pada saat berada pada luas penampang yang kecil kecepataannya akan bertambah dan tekanannya menjadi berkurang.

Untuk cairan yang kental, lapisan yang bersentuhan dengan tabung berada dalam keadaan diam, yaitu mempunyai kecepatan sama dengan tabung tersebut. Sedangkan lapisan yang berada pada pusat aliran mempunyai kecepatan terbesar. Lapisan-lapisan cairan antara tabung sampai dengan pusat aliran bergerak dengan kecepatan yang berubah secara linier dari harga nol sampai dengan harga v . Gerak cairan yang dinyatakan oleh segiempat $a b c d$ sesaat kemudian berubah menjadi $a b c' d'$. Perubahan bentuk ini berjalan terus karena bagian cairan yang berada pada pusat aliran bergerak dengan kecepatan v . Untuk mempertahankan gerak ini maka pada pusat aliran harus bekerja gaya F . Gaya ini akan mendorong cairan sehingga pada tabung atas harus bekerja gaya $-F$ agar tetap diam. Pada $d d'$ akan terjadi pergeseran. Hasil bagi antara pergeseran dengan jari-jari L disebut regangan geser. Regangan geser ini berubah terus karena gerak cairan di bawah pengaruh tegangan geser.

Peristiwa di atas jelas sekali terlihat pada saat cairan ujinya menggunakan minyak mesin. Ini disebabkan karena minyak mesin mempunyai kekentalan yang relatif besar dibanding aquades dan sirup. Pada minyak mesin, gaya kohesi dan gaya adhesinya besar sehingga permukaan tabung yang telah dilewati oleh cairan, muncul semacam selaput yang terjadi karena adanya gaya adhesi antara cairan dengan tabung. Gaya kohesi ini muncul karena adanya gaya tarik menarik antar partikel dalam cairan. Gaya kohesi ini merupakan penyebab utama terjadinya viskositas. Sedangkan gaya adhesi terjadi antara cairan dengan tabung. Selain itu, permukaan cairan yang menempel pada tabung terlihat tidak rata, yaitu terlihat seperti riakan, yang juga disebabkan karena adanya gaya adhesi. Inilah yang memegang peranan terbesar timbulnya perbedaan antara hasil viskositas yang didapatkan dengan viskositas pada literatur, yaitu karena adanya sejumlah massa yang hilang. Massa yang hilang ini tentu saja akan mempengaruhi waktu alir yang didapatkan yaitu menjadi lebih kecil dan secara tidak langsung juga akan mempengaruhi nilai viskositas yang didapatkan.

Pada sirup gaya kohesi dan gaya adhesinya lebih kecil dibanding minyak mesin sehingga riakan yang muncul tidak jelas terlihat dan massa sirup yang hilang lebih sedikit dibanding pada minyak mesin.

Tabel 4.1. Data Perhitungan Viskositas menggunakan Viskosimeter Ostwald

No.	Nama fluida	η (mPa.s)
1.	Aquades	$(47,29 \pm 0,02)$
2.	Sirup	$(163,17 \pm 0,02)$
3.	Minyak mesin (SAE 10)	$(481,88 \pm 0,04)$

Untuk mengetahui keakuratan dari alat ini, kita perlu membandingkan dengan alat lain. Pada penelitian ini digunakan viskosimeter *falling ball* sebagai pembandingnya. Pada viskosimeter ini suatu bola dijatuhkan dari atas suatu tabung yang berisi cairan secara vertikal. Waktu yang diamati melalui stopwatch merupakan waktu yang diperlukan bola untuk menempuh jarak 10 cm. Waktu tempuh dari bola seperti diperlihatkan Tabel B.1. pada lampiran. Bola yang dilepaskan tanpa kecepatan awal di dalam suatu fluida mula-mula akan mendapat percepatan karena gaya berat dari bola dan percepatan ini akan memperbesar kecepatan dari bola tersebut. Jika kecepatan bola bertambah besar maka akan menyebabkan gaya Stokes bertambah besar pula. Sehingga pada suatu saat akan terjadi keseimbangan di antara gaya-gaya yang bekerja pada bola. Keseimbangan gaya-gaya ini menyebabkan bola bergerak lurus beraturan, yaitu bergerak dengan kecepatan yang tetap. Dari penelitian menggunakan viskosimeter *falling ball* ini didapatkan nilai viskositas rata-rata aquades, sirup, serta minyak mesin (SAE 10) seperti pada tabel 4.2. Untuk aquades diperoleh viskositas rata-rata $(0,576 \pm 0,002)$ mPa.s. Padahal viskositas aquades standar pada temperatur 28°C adalah sebesar 0,839 mPa.s (Lampiran C). Sedangkan pada sirup diperoleh viskositas rata-rata $(32,4 \pm 0,1)$ mPa.s. Untuk selanjutnya yaitu menggunakan minyak mesin (SAE 10) dan didapatkan viskositas rata-rata sebesar $(99,8 \pm 1,3)$ mPa.s. Padahal pada literatur nilai viskositas minyak mesin (SAE 10) pada temperatur 30°C adalah 200 mPa.s. Di sini digunakan istilah rata-rata karena pada saat penelitian digunakan 2 buah bola pada masing-masing cairan dan hasil viskositasnya berbeda. Padahal pada kenyataannya, untuk 1 macam cairan seharusnya memiliki

viskositas yang sama walaupun menggunakan bola yang berbeda. Data perhitungan viskositas cairan menggunakan viskosimeter *falling ball* sebelum dirata-rata seperti terlihat pada tabel B.4.

Tabel 4.2. Data perhitungan viskositas rata-rata menggunakan Viskosimeter *Falling Ball*

Nama fluida	Koefisien viskositas η (mPa.s)
Aquades	$(0,576 \pm 0,002)$
Sirup	$(32,4 \pm 0,1)$
Minyak mesin (SAE 10)	$(99,8 \pm 1,3)$

Sebuah benda yang bergerak relatif terhadap cairan, maka cairan akan mengerjakan gesekan seperti gaya perlambatan pada benda tersebut. Ini terlihat jelas pada Tabel B.1. bahwa semakin besar diameternya (luas permukaan) maka waktu tempuh bola akan semakin lama. Selain disebabkan karena luas permukaan bola, kecepatan bola yang rendah juga disebabkan oleh gaya kohesi antar partikel yang bersebelahan. Gaya kohesi pada minyak mesin lebih tinggi dibanding gaya kohesi sirup dan aquades. Apabila kecepatan bola sangat rendah, muncul semacam gaya seret yang terutama disebabkan oleh kekentalan yang sebanding dengan kecepatan v . Untuk cairan yang sejenis, pada laju yang sedikit lebih tinggi bola akan mempercepat gerak partikel cairan yang berada di sebelahnya, yang menyebabkan gaya berubah secara aproksimasi menurut v^2 . Hal inilah yang menyebabkan perbedaan hasil viskositas pada penggunaan bola pertama dan bola kedua. Dari tabel 4.2. terlihat bahwa nilai viskositas pada aquades lebih mendekati literatur daripada minyak mesin. Hasil viskositas yang didapatkan pada minyak mesin sangat jauh berbeda dengan viskositas pada literatur, yaitu hampir setengah dari harga literatur. Hal ini disebabkan karena pada cairan yang kental terdapat gelembung udara sehingga gelembung ini akan menghambat laju dari bola yang digunakan. Sedangkan pada aquades tidak terdapat gelembung ini sehingga hasil viskositas yang didapatkan lebih mendekati kebenaran. Selain terdapatnya gelembung udara, pada minyak mesin dan sirup gaya kohesi antara bola dengan cairan juga lebih besar daripada gaya kohesi pada aquades. Ini akan menyebabkan

munculnya selaput yang membungkus bola. Hal ini tentu saja juga akan mempengaruhi hasil viskositas yang didapatkan karena selaput ini akan menghambat laju bola.

Selain karena faktor-faktor di atas, pada saat penelitian juga terjadi kesalahan paralak, yaitu pandangan pada saat pengambilan data tidak tegak lurus sehingga muncul perbedaan nilai antara pengambilan data pertama, kedua, dan seterusnya. Kesalahan paralak ini juga terjadi pada saat mensejajarkan antara bola dengan batas atas dan batas bawah serta mensejajarkan permukaan fluida dengan batas atas dan bawah pada viskosimeter ostwald. Padahal dari perumusan untuk mendapatkan nilai viskositas terlihat bahwa variabel waktu mempunyai peranan yang sangat penting, baik itu pada viskosimeter ostwald maupun pada viskosimeter *falling ball*. Hal ini juga dimungkinkan sebagai penyebab tidak keakutannya data yang diperoleh.

Dari perhitungan terlihat bahwa hasil viskositas dengan menggunakan viskosimeter *falling ball* lebih mendekati literatur daripada hasil viskositas dengan viskosimeter ostwald. Dari sini dapat disimpulkan bahwa hasil yang diperoleh dengan viskosimeter *falling ball* lebih akurat jika dibandingkan dengan viskosimeter ostwald. Hal ini disebabkan karena pada viskosimeter ostwald terdapat sejumlah massa yang hilang sehingga hukum kekekalan massa dalam aliran fluida tidak berlaku di sini. Inilah yang menjadi keunggulan dari viskosimeter *falling ball*. Jika ditinjau dari segi waktu maka viskosimeter ostwald bisa diandalkan karena pengambilan datanya relatif lebih cepat jika dibandingkan dengan viskosimeter *falling ball*.

IV.2. Simulasi Viskosimeter Ostwald menggunakan Borland Delphi 7[®]

Proyek merupakan media untuk membuat suatu program aplikasi. Pembuatan sebuah proyek baru secara otomatis akan membentuk sebuah form kosong, membuka lembar code editor, dan beberapa bagian lain yang mendukung pembuatan dari sebuah program aplikasi. Form merupakan suatu obyek yang dapat dipakai sebagai tempat untuk merancang dan mendesain program aplikasi. Form berbentuk sebuah meja kerja yang dapat diisi dengan komponen-komponen

yang dapat diambil dari component palette. Dalam sebuah form terdapat titik-titik yang disebut grid yang berguna untuk membantu pengaturan tata letak objek yang dimasukkan dalam form.

Pada simulasi ini, lembar kerja formnya terdiri dari beberapa komponen yaitu image sebagai tempat untuk meletakkan tabung, panel yang berfungsi untuk memberi warna pada tabung, label yang menunjukkan waktu alir dari cairan uji, timer yang tidak lain adalah jam atau stopwatch, radio button yang berfungsi untuk menuliskan macam-macam cairan uji, dan button untuk menjalankan simulasi (Lampiran C). Selain lembar kerja form, sebuah proyek juga terdiri dari jendela unit/code editor, yaitu tempat untuk menuliskan kode/listing program. Pada simulasi viskosimeter ostwald ini listing programnya dapat dilihat pada Lampiran E.

Sebuah program dibangun berdasarkan kode-kode program yang disebut dengan unit. Unit berfungsi untuk mengatur serta mengendalikan segala sesuatu yang berhubungan dengan form. Pada listing program di atas, yang bertanda kurung ({) merupakan kode sumber dari file unit yang terdapat di dalam jendela code editor. Sebuah unit selalu ditandai dengan kata kunci unit yang diikuti dengan nama unit dan diletakkan pada baris pertama. Pada dasarnya unit terdiri dari dua bagian utama, yaitu Interface dan Implementation.

1. Interface, adalah tempat untuk mendeklarasikan kelas, procedure, fungsi, variabel global, atau konstanta global.
2. Implementation, yaitu bagian yang berisi implementasi kelas, procedure atau fungsi yang dideklarasikan pada bagian interface.

Pada kondisi awal bagian implementation belum berisi apa-apa. Hal ini disebabkan karena kelas TForm1 belum terisi dengan komponen yang dapat digunakan untuk menangani kejadian tertentu. Sebuah kode program secara umum memiliki struktur sebagai berikut :

- a. Heading program, yaitu bagian yang menunjukkan nama program.

- b. Uses, berisi daftar unit yang dipakai program dan isi dari bagian ini boleh dihilangkan.
- c. Blok deklarasi dan pernyataan, adalah bagian yang berisi deklarasi serta pernyataan program dan bagian ini harus diakhiri dengan “end”.
- d. {\$R *.DFM}. Pada sebuah unit, Delphi menambahkan {\$R *.DFM}. Ini sangat penting karena untuk mengikat form ke file .dfm.

Penyimpanan rancangan proyek program aplikasi ini terdiri dari dua macam file, yaitu file unit dan project. Setelah file tersebut tersimpan maka Delphi akan membentuk file-file sebagai berikut :

- a. File ProSimulasi.dpr, yaitu file project yang berisi program utama dari aplikasi yang dibuat.
- b. File USimulasi.pas, yaitu file unit yang digunakan untuk menangani kejadian pada form.
- c. File USimulasi.dfm, yaitu file yang berisi daftar komponen sekaligus property-propertinya.

Setelah tersimpan, kemudian program dijalankan dengan cara memilih menu run - run, tekan tombol F9, atau klik tombol Run. Perintah run – run digunakan untuk mengkompilasi dan mengeksekusi program aplikasi. Jika kode program telah dimodifikasi selama kompilasi terakhir, kompiler akan mengkompilasi ulang perubahan tersebut dan menghubungkan kembali dengan program awal. Setelah proses kompilasi selesai, program akan dijalankan. Untuk menjalankan simulasi, yang pertama dilakukan yaitu menekan tombol sirup. Tombol ini berfungsi untuk memilih fluida yang akan digunakan pada saat simulasi. Dalam hal ini, sirup hanyalah berfungsi sebagai salah satu contoh cairan uji. Ketika tombol sirup ditekan, maka secara otomatis tabung akan berwarna merah. Ini berarti bahwa tabung telah terisi dengan cairan uji. Tombol On digunakan untuk menjalankan simulasi. Selain dihubungkan dengan tabung, tombol ini juga telah tersambung dengan timer yang berfungsi untuk mencatat

waktu yang dibutuhkan oleh cairan uji untuk melewati 2 buah tanda, yaitu dari batas atas sampai batas bawah. Penghitungan dari timer ditampilkan dengan menggunakan tombol waktu. Ketika cairan uji tepat berada pada batas bawah, dalam hal ini cairan uji telah habis, maka secara otomatis timer akan berhenti. Hasil yang ditampilkan oleh timer merupakan waktu alir dari cairan uji.



BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

V.1. Kesimpulan

Setelah melakukan penelitian yang berjudul “Studi Keakurasian Viskosimeter *Falling Ball* dan Viskosimeter Ostwald serta Pembuatan Program Komputer Simulasi Viskosimeter” ini, maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

1. Keunggulan dari viskosimeter ostwald dalam mengukur viskositas yaitu pengambilan datanya relatif lebih cepat jika dibandingkan dengan viskosimeter *falling ball*. Akan tetapi dari segi keakuratan data, viskosimeter *falling ball* lebih unggul daripada viskosimeter ostwald.
2. Karena keterbatasan waktu, pengetahuan serta kemampuan penulis, maka program simulasi ini tidak berhasil terselesaikan.

V.2. Saran

Untuk meningkatkan akurasi data yang diperoleh, maka perlu dibuat alat pengujian viskositas yang berbasis mikrokontroller. Dalam hal pencatatan waktu tidak perlu lagi menggunakan stopwatch tetapi pengukurannya diganti dengan sensor. Sensor ini dikoneksikan dengan PC (*Personal Computer*) melalui USB sehingga data pencatatan waktu bisa langsung ditampilkan di layar komputer.

Pada simulasi viskosimeter ostwald ini masih terdapat kendala yaitu output belum bisa ditampilkan. Jadi penelitian ini bisa ditindaklanjuti dengan mensetting ulang timer, ketinggian sampel fluida serta menambahkan perumusan untuk menghitung viskositas dari sampel yang digunakan.

DAFTAR PUSTAKA

32

- Andi, 2002, *Pemrograman Borland Delphi 7*. Yogyakarta: Andi Offset.
- Djonoputro, B. D., 1984, *Teori Ketidakpastian*. Bandung : Penerbit ITB.
- Giancoli, D. C., 1997, *Fisika Dasar I*. Jakarta: PT Erlangga.
- Hilger, A., 1986, *Mechanics of Deformable Media*. Bristol and Boston: The University of Sussex Press.
- Indrajit, D., 2001, *Fisika*. Bandung : Grafindo Media Pratama.
- Pipit, 2007, *All About Viskositas Pipit*. Andigo. <http://ilmukedokteran.blogspot.com/2007/11/all-about-viskositas-pipit.html> [diakses 10 November 2008].
- Susilowati, E., 2007, *Penetapan Kekentalan (Viskositas)*. <http://endakfar.blogspot.com/> [diakses 3 November 2008].
- Tim Eksperimen Fisika I, 2006, *Petunjuk Praktikum Eksperimen Fisika I*. Surakarta: Jurusan Fisika FMIPA UNS.
- Zemansky, S., 1962, *Fisika untuk Universitas I*. London: Adition-Wisley Publishing Company, Inc.