

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **I.1. Latar Belakang.**

Banyak fenomena fisika yang terjadi di sekitar kita. Fenomena-fenomena tersebut seringkali memunculkan berbagai macam teori. Dan teori-teori tersebut kadang kala perlu diuji dengan melakukan percobaan untuk membuktikan kebenarannya. Namun banyak faktor yang menyebabkan sebuah percobaan tidak dapat dilakukan, seperti kondisi dana yang terbatas, waktu dan tempat yang terbatas, peralatan yang kurang memadai serta adanya faktor-faktor fisis yang dapat mempengaruhi hasil dari sebuah percobaan. Dengan alasan tersebut maka perlu dicari alternatif solusi untuk mempelajari dan memahami sebuah teori.

Salah satu fenomena fisika yang terjadi di sekitar kita adalah gerak jatuh sebuah benda dalam fluida. Fluida memegang peranan penting dalam kehidupan, salah satu sifat fluida adalah mempunyai harga kekentalan atau viskositas. Dengan adanya viskositas tersebut, maka setiap benda yang jatuh ke dalamnya akan mengalami gaya hambat yang salah satunya disebabkan oleh viskositasnya. Untuk mengetahui besarnya kecepatan dan perpindahan bola maka perlu dilakukan percobaan. Namun percobaan tersebut seringkali sulit untuk dilakukan karena terdapat kendala, diantaranya alat yang manual, adanya faktor fisis seperti perubahan suhu dan gesekan. Hal tersebut sangat berpengaruh pada keakuratan hasil didapatkan, sehingga dibuat solusi alternatif untuk mengetahui besarnya kecepatan dan perpindahan bola.

Adanya komputer yang menyediakan pilihan pembuatan simulasi yang diperlukan untuk mendekatkan abstraksi tentang gerak benda dalam fluida agar lebih nyata dan dapat memberikan sejumlah pemahaman dalam bentuk visual dapat menjadi salah satu solusi terhadap permasalahan tersebut. Selain itu simulasi mampu melakukan perhitungan secara cepat dan tepat, sehingga dengan adanya simulasi diharapkan pemahaman terhadap fenomena gerak benda jatuh melalui fluida menjadi lebih jelas.

## **I.2. Rumusan Masalah**

1. Bagaimana mengetahui secara cepat dan tepat perpindahan dan kecepatan sebuah benda yang jatuh melalui fluida.
2. Bagaimana gerak jatuh benda dalam fluida kental dapat disimulasikan untuk digunakan sebagai salah satu media pembelajaran memahami konsep gerak jatuh suatu benda melalui fluida.

## **I.3. Batasan Masalah**

1. Penelitian dilakukan pada suhu konstan yaitu pada suhu kamar
2. Fluida dalam keadaan diam.
3. Benda yang digunakan berbentuk bola.
4. Benda jatuh dengan kecepatan awal sama dengan nol.
5. Pecepatan grafitasi bumi konstan
6. Kecepatan benda kecil

#### **I.4. Tujuan Penelitian**

Tujuan dari Penelitian ini adalah :

1. Membuat simulasi yang dapat menampilkan gerak bola, menghitung perpindahan dan kecepatan bola yang jatuh melalui fluida berdasarkan teori Stoke's
2. Mengetahui hubungan antara kecepatan bola yang jatuh melalui fluida dengan gaya hambat

#### **I.5. Manfaat Penelitian**

Simulasi ini dapat digunakan sebagai sarana belajar untuk memahami konsep benda yang jatuh pada fluida.

#### **I.6. Sistematika Penulisan**

Bab I terdiri dari : 1. Latar belakang penelitian,

2. Rumusan masalah,

3. Batasan masalah,

4. Tujuan penelitian

5. Manfaat penelitian

Bab II. Berisi tinjauan pustaka yang berkaitan dengan judul penelitian.

Bab III. Metodologi penelitian.

Bab IV. Hasil penelitian dan pembahasannya.

Bab V. Penutup yang berisi kesimpulan dan saran

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **II.1. Fluida**

Dalam mekanika fluida, semua bahan terdiri atas dua keadaan, yaitu fluida dan zat padat. Secara teknis perbedaannya terletak pada reaksi kedua zat itu terhadap tegangan geser atau tegangan singgung yang dialaminya. Zat padat dapat menahan tegangan geser dengan deformasi statik, sedangkan fluida adalah sebaliknya. Setiap tegangan geser yang dikerjakan pada fluida, berapapun kecilnya akan menyebabkan fluida itu bergerak. Fluida itu bergerak dan berubah bentuk secara terus-menerus selama tegangan itu bekerja. Maka dapat dikatakan bahwa fluida diam berada dalam keadaan tegangan geser sama dengan nol.

Ada dua jenis fluida yaitu zat cair dan gas(<http://id.wikipedia.org/wiki/fluida>). Perbedaan antara keduanya bersifat teknis, yaitu berhubungan dengan gaya kohesif. Karena terdiri dari molekul-molekul tetap-rapat dengan gaya kohesif yang relatif kuat, zat cair cenderung mempertahankan volumenya dan akan membentuk permukaan bebas dalam medan gravitasi. Sedangkan untuk gas, karena jarak antar molekul-molekulnya besar dan gaya kohesifnya terabaikan, gas akan memuai dengan bebas sampai tertahan oleh dinding yang mengungkungnya. Volume gas tidak tertentu, dan tanpa wadah yang mengungkungnya gas itu akan membentuk atmosfer. Ada beberapa bahan yang terletak diantar zat padat, zat cair dan gas. Beberapa bahan yang nampak padat dapat menahan tegangan geser hanya sebentar, tetapi sebenarnya

meregang perlahan-lahan. serta menunjukkan perilaku zat cair dalam selang waktu yang lama. Bahan-bahan lain khususnya koloid, mampu menahan tegangan geser kecil, dan mulai mengalir seperti zat cair pada tegangan geser besar (Reuben dan Steven, 1993).

### 11.2. Massa jenis

Salah satu sifat yang penting dari suatu bahan adalah massa jenis, yang didefinisikan sebagai massa persatuan volume. Bahan yang homogen mempunyai massa jenis yang sama pada setiap bagiannya. Jika sebuah bahan bermassa  $m$  memiliki volume  $V$ , massa jenisnya dituliskan (Serway,1991):

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (2.1)$$

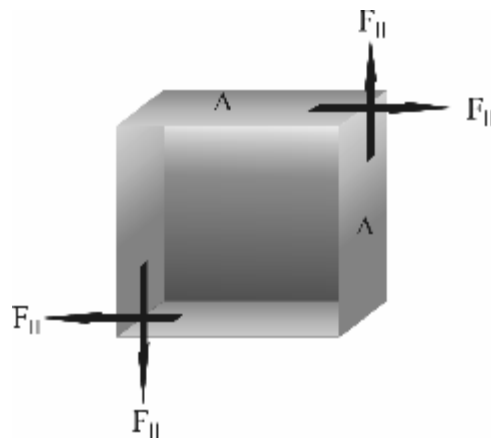
Massa jenis menunjukkan karakteristik dari suatu bahan. Bahan yang berbeda mempunyai massa jenis yang berbeda, karena adanya perbedaan massa atom penyusunnya. Ada suatu bahan yang massa jenisnya tidak sama pada setiap bagiannya. Untuk bahan-bahan ini persamaan (2.1) menunjukkan massa jenis rata-rata. Satuan SI untuk massa jenis adalah kilogram per meter kubik ( $\text{kg/m}^3$ ), dalam satuan cgs adalah gram per centimeter kubik ( $\text{g/cm}^3$ ), dimana  $1 \text{ kg/m}^3 = 10^3 \text{ g/cm}^3$ .

### II.3. Tegangan dan regangan geser

Tegangan menyatakan kekuatan dari gaya-gaya yang menyebabkan penarikan, peremasan atau pemuntiran dan dinyatakan dalam bentuk gaya per satuan luas,

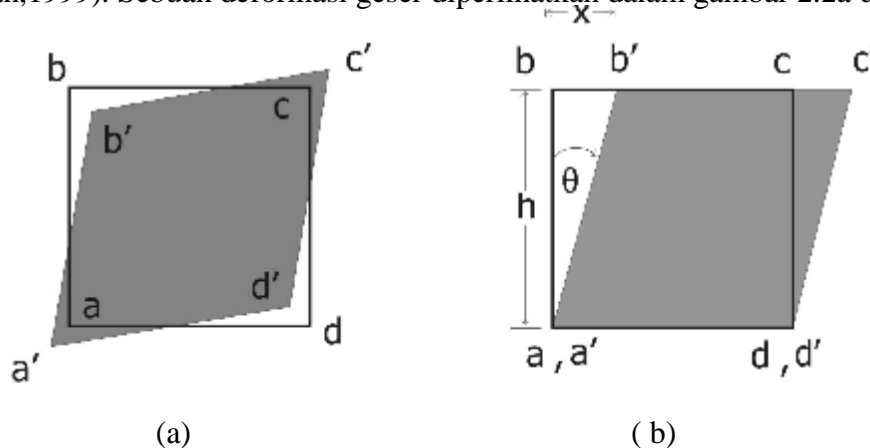
sedangkan regangan menyatakan deformasinya. Dari beberapa jenis tegangan dan regangan dikenal tegangan dan regangan geser. Benda dalam gambar 2.1 mengalami tegangan geser (*shear stress*), hasilnya adalah pemuntiran atau deformasi dari benda tersebut.

$$\text{Tegangan geser} = \frac{F_{\parallel}}{A} \quad (2.2)$$



Gambar 2.1. Tegangan geser (Young dan Freedman,1999)

Dari sini tegangan geser didefinisikan sebagai gaya sejajar yang menyinggung permukaan benda dibagi luas permukaan tempat gaya itu bekerja (Young dan Freedman,1999). Sebuah deformasi geser diperlihatkan dalam gambar 2.2a dan 2.2b .



Gambar 2.2. Benda yang mengalami tegangan geser (Young dan Freedman,1999)

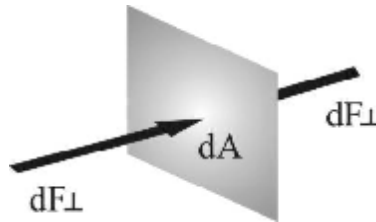
Garis tepi yang tebal  $abcd$  mempresentasikan balok dari bahan yang belum mengalami tegangan. Daerah berbayang  $a'b'c'd'$  memperlihatkan balok yang sama yang sudah mengalami tegangan geser. Deformasi dalam gambar 2.2b adalah sama dengan deformasi dalam gambar 2.2a. Pada tegangan geser panjang dari sisi muka tempat gaya  $F$  bekerja hampir tidak berubah, seluruh dimensi yang sejajar diagonal  $ac$  akan bertambah panjang dan seluruh dimensi yang sejajar diagonal  $bd$  akan memendek. Sedangkan regangan geser (*shear strain*) menyatakan perbandingan dari perpindahan  $x$  dari sudut  $b$  terhadap dimensi memanjang  $h$ , dapat dituliskan (Young dan Freedman,1999):

$$\text{Regangan geser} = \frac{x}{h} = \tan q \quad (2.3)$$

#### II.4. Tekanan dalam fluida

Fluida akan memberikan gaya yang tegak lurus ke seluruh permukaan kontakannya, seperti dinding bejana atau benda yang tercelup dalam fluida, gaya yang diberikan fluida adalah akibat tumbukan molekul-molekul dengan lingkungannya. Sebuah permukaan kecil dengan luas  $dA$  (gambar 2.3), maka tekanan (*pressure*) pada titik itu didefinisikan sebagai gaya normal per satuan luas, yaitu perbandingan antara  $dF_{\perp}$  dan  $dA$  dan dituliskan (Young dan Freedman,1999):

$$p = \frac{dF_{\perp}}{dA} \quad (2.4)$$



Gambar 2.3. Luas daerah imajiner yang kecil  $dA$  dalam fluida (Young dan Freedman, 1999)

Jika setiap titik pada permukaan bidang terbatas dalam area  $A$  memiliki tekanan yang sama, maka:

$$p = \frac{F_{\perp}}{A} \quad (2.5)$$

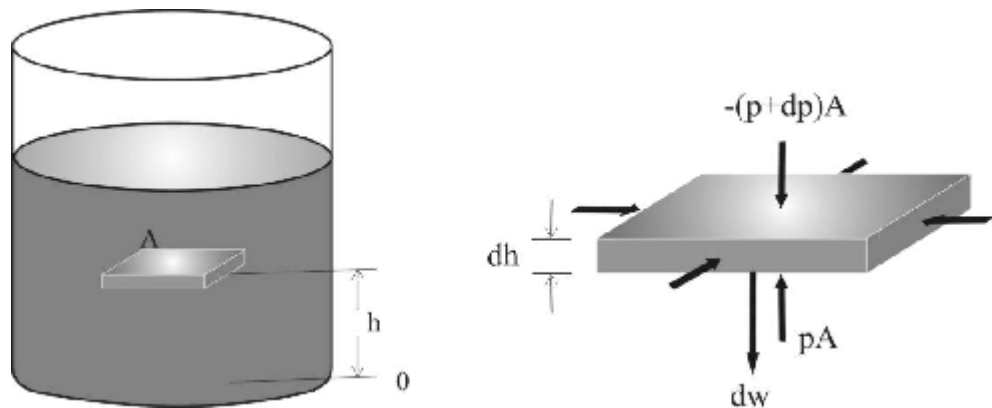
dimana  $F_{\perp}$  adalah gaya normal total pada satu sisi permukaan. Satuan SI untuk tekanan adalah pascal, dimana:

$$1 \text{ Pa} = 1 \text{ N/m}^2$$

Tekanan dalam fluida yang mempunyai massa jenis yang homogen akan bervariasi terhadap kedalaman. Misalnya massa jenis fluida  $\rho$  dan percepatan gravitasi  $g$ . Tinjau selapis tipis elemen fluida dengan tinggi  $dh$ . Permukaan bawah dan atas masing-masing mempunyai luas  $A$  dan ketinggiannya adalah  $h$  dan  $h + dh$  diatas acuan dimana  $h = 0$ . Volume elemen fluida adalah  $dV = A dh$ , massanya adalah  $dm = \rho dV = \rho A dh$ , dan beratnya adalah  $dw = dm g = \rho g dh$ . Jika tekanan pada permukaan bawah adalah  $p$ , maka total komponen ke arah  $y$  dari gaya ke atas pada permukaan



bawah adalah  $pA$ . Tekanan pada permukaan atas adalah  $p+dp$ , dan total komponen gaya ke bawah pada permukaan atas adalah  $-(p+dp)A$ . Jika elemen fluida berada dalam kesetimbangan, maka total komponen gaya ke arah  $y$  pada permukaan atas dan bawah harus berharga nol:



Gambar 2.4. Gaya-gaya pada elemen fluida yang berada dalam kesetimbangan(Young dan Freedman,1999)

$$\sum F_y = 0$$

$$pA - (p+dp)A - \rho g A dh = 0$$

$$dp = -\rho g dh$$

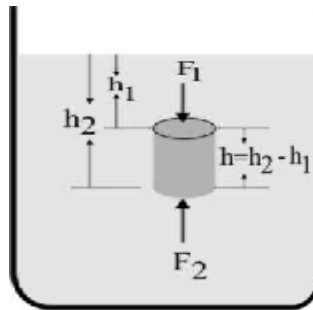
$$\frac{dp}{dh} = -\rho g$$

Persamaan ini memperlihatkan bahwa jika  $h$  bertambah, maka  $p$  berkurang, jika  $p_1$  dan  $p_2$  berturut-turut merupakan tekanan pada ketinggian  $h_1$  dan  $h_2$  maka (Young dan Freedman,1999):

$$p_2 - p_1 = -\rho g(h_2 - h_1) \quad (2.6)$$

## II. 5. Prinsip Archimedes.

Sebuah benda yang dicelupkan ke dalam air nampak memiliki berat yang lebih ringan daripada saat berada diudara. Ketika benda memiliki densitas yang lebih kecil daripada densitas air, benda akan terapung. Prinsip Archimedes menyatakan bahwa ketika sebuah benda seluruhnya atau sebagian dimasukkan de dalam zat cair, cairan akan memberikan gaya ke atas pada benda itu setara dengan berat cairan yang dipindahkan benda.(Young dan Freedman,1999).



Gambar 2.5. Penentuan gaya apung (Giancoli, 1997)

Gaya apung terjadi karena tekanan dalam sebuah fluida naik sebanding dengan kedalamannya. Dengan demikian tekanan ke atas pada permukaan bawah benda yang tenggelam lebih besar daripada tekanan ke bawah pada bagian atas permukaannya. Jika sebuah silinder dengan tinggi  $h$  yang ujung atas dan bawahnya mempunyai luas  $A$  dan seluruhnya tenggelam dalam fluida dengan massa jenis  $\rho_f$ , fluida akan mengerjakan tekanan  $P_1 = \rho_f g h_1$  terhadap permukaan bagian atas silinder. Gaya yang diakibatkan oleh tekanan pada bagian atas silinder ini adalah:

$$\begin{aligned}
 F_1 &= P_1 A \\
 &= \rho_f g h_1 A
 \end{aligned}
 \tag{2.7}$$

dan mengarah ke bawah.

Dengan cara yang sama. fluida mengerjakan gaya ke atas pada permukaan bawah silinder sebesar:

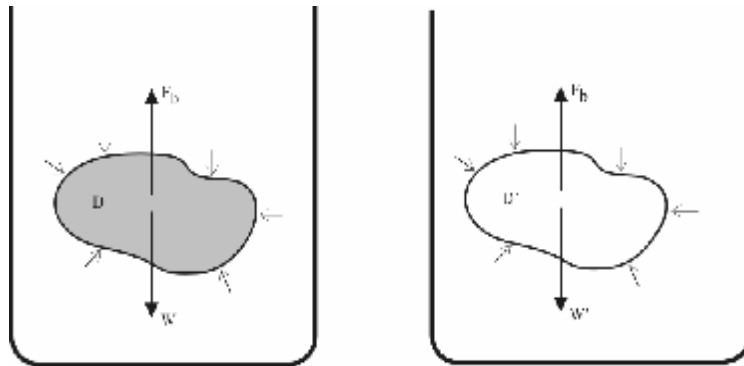
$$\begin{aligned} F_2 &= P_2 A \\ &= \rho_f g h_2 A \end{aligned} \quad (2.8)$$

dengan arah ke atas.

Gaya netto yang disebabkan oleh tekanan fluida, yang disebut sebagai gaya apung  $F_b$  bekerja ke atas dan mempunyai besar:

$$\begin{aligned} F_b &= F_2 - F_1 \\ &= \rho_f g A (h_2 - h_1) \\ &= \rho_f g A h \\ &= \rho_f g V \end{aligned} \quad (2.9)$$

Dengan  $V = A h$  adalah volume silinder. Jika  $\rho_f$  adalah massa jenis fluida, maka  $\rho_f g V = m_f g$  adalah berat fluida yang menempati volume sama dengan volume silinder. Dengan demikian gaya apung pada silinder sama dengan berat fluida yang dipindahkan artinya bahwa volume fluida yang dipindahkan sama dengan volume benda. Hasil ini berlaku untuk benda yang berbentuk bola maupun yang lain. Untuk membuktikan prinsip ini kita bayangkan suatu bagian fluida tertentu berada dalam keadaan diam.



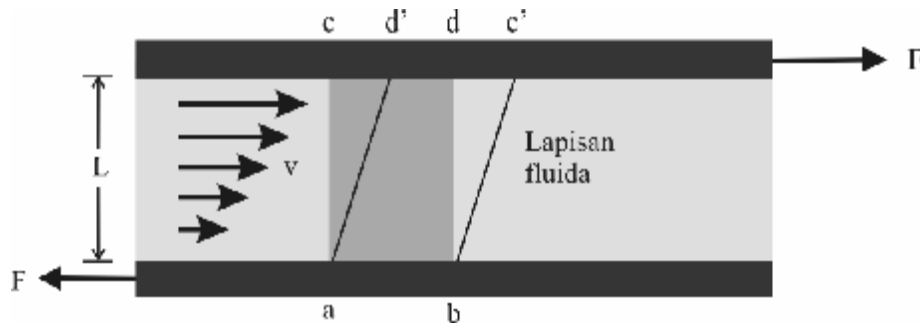
Gambar 2.6. Prinsip Archimedes (Giancoli, 1997)

Benda dengan bentuk tak teratur  $D$  yang di tunjukkan dalam gambar bekerja padanya gaya gravitasi (beratnya,  $W$  ke arah bawah) dan gaya apung  $F_b$ , ke arah atas. Seluruh fluida berada dalam kesetimbangan sehingga jumlah semua komponen vertikal dari gaya pada bagian fluida ini adalah nol. Selanjutnya sebuah benda  $D'$  dengan bentuk dan ukuran yang benar-benar sama diletakkan dalam kedalaman yang sama dalam fluida yang sama. Gaya apung  $F_b$  akan tepat sama seperti pada benda asli bila di sekitar fluida yang bekerja  $F_b$  mempunyai konfigurasi yang tepat sama. Karena itu  $F_b = W'$  dengan  $W'$  adalah berat fluida tersebut. Di sini gaya apung  $F_b$  sama dengan berat fluida yang volumenya sama dengan benda asli. Dengan kata lain gaya apung sama dan merupakan berat fluida yang dipindahkan benda.

#### II.4. Viskositas

Viskositas adalah gesekan internal fluida. Fluida viskos cenderung melekat pada permukaan padat yang bersentuhan dengannya. Terdapat lapisan batas fluida yang tipis di dekat permukaan, dimana fluida hampir diam terhadap permukaan.

Contoh paling sederhana dari aliran viskos adalah gerakan fluida antara dua pelat paralel seperti ditunjukkan pada gambar (2.7).



Gambar 2.7. Aliran laminar cairan kental

Bagian bawah pelat adalah tetap diam, dan bagian atas bergerak dengan kecepatan konstan  $v$ . Fluida yang bersentuhan dengan masing-masing permukaan memiliki kecepatan yang sama dengan permukaan. Laju aliran fluida pada lapisan tengah fluida bertambah secara homogen dari satu permukaan ke permukaan lain, sehingga lapisan fluida meluncur dengan mulus satu sama lain. Bagian fluida yang memiliki bidang  $abcd$  pada beberapa saat memiliki bentuk  $abc'd'$  dan akan semakin terdistorsi selama gerakan berlangsung. Untuk mempertahankan gerakan ini harus diberikan gaya konstan  $F$  ke arah kanan pada pelat atas dan karena itu secara tidak langsung mengerjakan gaya pada permukaan fluida sebelah atas. Gaya ini cenderung menyeret fluida dan pelat bagian bawah ke kanan, sehingga harus dikerjakan gaya yang sama besar ke kiri pada pelat bagian bawah, supaya pelat ini tidak bergerak.

Jika  $A$  adalah luas permukaan masing-masing pelat, perbandingan  $F/A$  adalah tegangan geser yang diberikan pada fluida. Selain tegangan geser, dikenal regangan

geser yang didefinisikan sebagai perbandingan perpindahan  $cd'$  dengan panjang  $L$ . Dalam benda padat, regangan geser sebanding dengan tegangan geser. Dalam fluida regangan geser selalu bertambah dan tanpa batas sepanjang tegangan diberikan. Tegangan tidak bergantung pada regangan geser tetapi tergantung pada laju perubahannya. Laju perubahan regangan, juga disebut laju regangan, sama dengan perubahan rata-rata  $cd'$  dibagi dengan  $L$  dituliskan:

$$\text{Laju regangan} = v/L \quad (2.10)$$

Koefisien viskositas fluida yang dinotasika dengan  $\eta$  didefinisikan sebagai perbandingan tegangan geser dengan laju regangan (Young dan Freedman,1999)

$$\eta = \frac{\text{Tegangan geser}}{\text{laju regangan}} = \frac{F/A}{v/L} \quad (2.11)$$

Satuan Viskositas adalah satuan gaya kali jarak dibagi luas kali kecepatan (Young dan Freedman,1999). Dalam satuan SI adalah :

$$N \cdot m/[m^2 (m/s)] = N \cdot s/m^2$$

Jadi dalam system cgs satuan viskositas adalah

$$\text{Dyne cm}/[cm^2 (cm/s)] = \text{dyne s}/cm^2 = \text{poise}$$

Pada zat cair, viskositas disebabkan oleh gaya kohesif antara molekul-molekulnya.

Viskositas zat cair berkurang dengan meningkatnya suhu karena peningkatan suhu mengurangi kohesi molekuler.

## II.6. Hukum Stoke's

Bila fluida sempurna yang viskositasnya nol mengalir melewati sebuah bola, atau apabila sebuah benda berbentuk bola bergerak dalam suatu fluida yang diam, garis-garis arusnya akan membentuk suatu pola yang simetris sempurna disekeliling bola tersebut. Tetapi jika fluida itu mempunyai kekentalan atau viskositasnya tidak nol, akan ada seretan kekentalan terhadap bola tersebut.

Gaya seret yang selanjutnya disebut gaya hambat fluida timbul karena lapisan fluida yang berdekatan dengan sebuah benda adalah diam relatif terhadap lapisan benda itu. Bila benda itu bergerak melalui fluida tersebut lapisan ini mengalami gaya gesekan dari lapisan berikutnya yang bergerak lebih cepat. Lapisan-lapisan berdekatan yang berturutan di dekat benda itu menghasilkan gaya gesekan satu sama lain. Untuk benda berbentuk bola dengan jari-jari  $r$  yang bergerak lambat dengan kecepatan  $v$  melalui fluida yang viskositasnya  $\eta$  dan massa jenisnya  $\rho_f$  sehingga bilangan reynolds sangat kecil, maka gaya hambat fluida mempunyai bentuk

$$F_d = \Phi r v \eta \quad (2.13)$$

Hasil ini berlaku bilamana kecepatan benda cukup kecil, jika dinyatakan dalam bilangan Reynolds ( $Re$ ), maka persyaratan tersebut adalah

$$Re = \frac{\rho_f v r}{\eta} < 1 \quad (2.14)$$

untuk sebuah benda berbentuk bola, maka  $\Phi$  diketahui sebesar  $6\pi$  sehingga persamaan (2.9) menjadi

$$F_d = 6\pi \eta r v \quad (2.15)$$

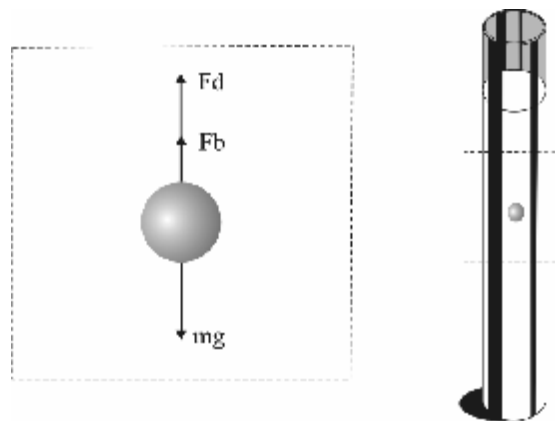
Dimana  $F_D$  = Gaya tahanan atau gaya hambat fluida (N)

$h$  = Koefesien viskositas(poise)

$r$  = jari – jari benda (m)

$v$  = Kecepatan benda (m/s)

Persamaan ini pertama kali dirumuskan oleh Sir George Stoke's pada tahun 1845 dan dinamakan hukum Stoke's. Dengan menggunakan persamaan (2.15) dan prinsip-prinsip fisika yang lain, dapat dituliskan pernyataan yang menggambarkan keadaan sebuah bola yang jatuh ke dalam fluida kental yang diam. Gambar 2.8 menunjukkan free body diagram dari sebuah bola pejal yang jatuh melalui fluida



Gambar 2.8. Gaya-gaya yang bekerja terhadap sebuah bola pejal yang jatuh masuk ke dalam fluida kental (Young dan Feedman,1999)

Ada tiga gaya yang bekerja pada bola pejal yaitu  $F_d$ ,  $F_b$ , dan  $mg$ , dimana  $F_b$  adalah gaya apung yang pada dasarnya adalah berat fluida yang dipindahkan,  $F_d$  adalah gaya hambat fluida pada bola, sedangkan  $mg$  adalah gaya berat bola. Gaya



apung dan gaya tahanan fluida berarah ke atas sedangkan gaya beratnya berarah ke bawah.

Misalnya  $\rho_f$  dan  $\rho_b$  masing-masing adalah massa jenis fluida dan massa jenis bola maka dapat dituliskan :

$$\text{gaya apung } F_b = \frac{4}{3}\pi r_f^3 \rho_f g$$

$$\text{berat bola } mg = \frac{4}{3}\pi r_b^3 \rho_b g ,$$

bola akan mencapai kecepatan terminal pada saat gaya tahanan ( $F_d$ ) ditambah gaya apung ( $F_b$ ) sama dengan berat bola.

Dengan cara menjumlahkan gaya-gaya tersebut dapat dituliskan persamaan dan

$$6\pi\eta r v_T + \frac{4}{3}\pi r_f^3 \rho_f g = \frac{4}{3}\pi r_b^3 \rho_b g \quad (2.16)$$

Dengan menyusun kembali persamaan-persamaan diatas maka didapatkan hubungan

$$v_T = \frac{2}{9} \frac{r^2 g}{\eta} (\rho_b - \rho_f) \quad (2.17)$$

dengan mengukur kecepatan terminal dari sebuah benda yang berbentuk bola yang jari-jari dan massa jenisnya telah diketahui, maka viskositas fluida dimana bola itu dijatuhkan dapat dihitung berdasarkan persamaan di atas. Sedangkan kecepatan bola pada saat  $t$  dirumuskan ( Young dan Freedman,1999 ):

$$v_t = v_T (1 - e^{-t/t_R}) \quad (2.18)$$

Dan perpindahannya adalah(<http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/Hbase/lindrg2.html>)

$$h_t = v_T t - v_T t_R (1 - e^{-t/t_R}) \quad (2.19)$$

dimana :

$v_t$  : Kecepatan bola pada pada saat  $t$

$h_t$  : Pperpindahan bola pada saat  $t$

$v_T$  : Kecepatan terminal

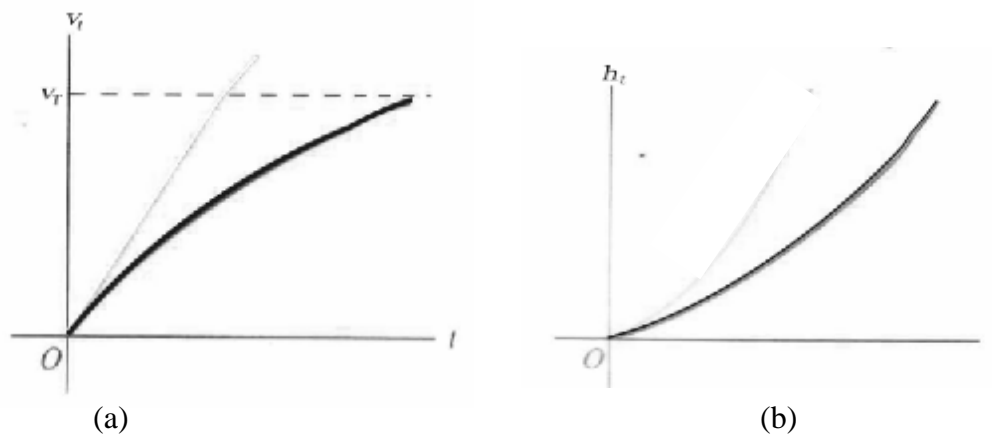
$t_R$  : Waktu relaksasi

Sedangkan waktu relaksasi sendiri menyatakan perbandingan dari massa bola dengan

$6\pi r\eta$  (<http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/Hbase/lindrg2.html>)

$$t_R = \frac{m}{6\pi r\eta} \quad (2.20)$$

Grafik kecepatan dan perpindahan bola yang jatuh melalui fluida ( Young dan Freedman,1999 )

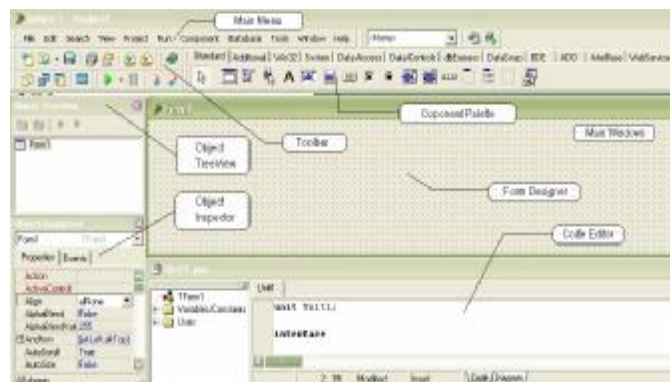


Gambar 2.9 a. Grafik Kecepatan. b. Grafik Perpindahan sebuah benda yang jatuh melalui fluida. (Young dan Freedman,1999)

Gambar 2.9a dan 2.9b menunjukkan bagaimana kecepatan dan perpindahan benda berubah terhadap waktu. Kurva yang tipis pada gambar 2.9a memperlihatkan hubungan jika tidak ada hambatan fluida, sedangkan kurva yang tebal menunjukkan hubungan jika ada hambatan fluida. Seiring dengan berjalannya waktu kecepatannya mendekati  $v_T$ . kemiringan dari grafik  $h_t$  terhadap  $t$  akan mencapai konstan pada saat kecepatan bola menjadi tetap.

## II.7. Borland Delphi 7™

Borland Delphi merupakan suatu bahasa pemrograman yang memberikan berbagi fasilitas pembuatan aplikasi visual. Lingkungan pengembangan terpadu atau *Integrated Development Inveronment* (IDE) dalam program Delphi terbagi menjadi delapan bagian utama, yaitu Main Window, Toolbar, Component Palette, Form Designer, Code Editor, Object Inspector, dan object TreeView. IDE merupakan sebuah lingkungan dimana semua tombol perintah yang diperlukan untuk mendesain aplikasi, menjalankan dan menguji sebuah aplikasi.



Gambar 2.10 Lembar kerja Borland Delphi

### **1. Main Window**

Jendela utama ini adalah bagian dari IDE yang mempunyai fungsi yang sama dengan semua fungsi dari program aplikasi Windows lainnya.

### **2. Main Menu**

Menu utama pada jendela Delphi memiliki kegunaan yang sama seperti program aplikasi Windows lainnya. Dengan menggunakan fasilitas menu, kita dapat memanggil atau menyimpan program.

### **3. Toolbar**

Delphi mempunyai 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 speedbar. Toolbar terletak pada bagian bawah baris menu. Pada kondisi default Delphi memiliki enam bagian toolbar, antara lain : standard, view, debug, desktops, custom dan component palette.

### **4. Component Palette**

Component Palette berisi kumpulan ikon yang melambangkan komponen-komponen yang terdapat pada VCL (visual Component Library). Pada Component Palette kita dapat menemukan berbagai page control seperti Standard, Additional, Win32, System, Dialog, Samples dan lain-lain. Pada setiap page control terdapat ikon tombol Pointer.

### **5. Form Designer**

Form Designer 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. Dalam sebuah form terdapat titik titik yang disebut grid yang berguna untuk membantu pengaturan tata letak objek yang dimasukkan dalam form.

## 6. Object Inspector

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

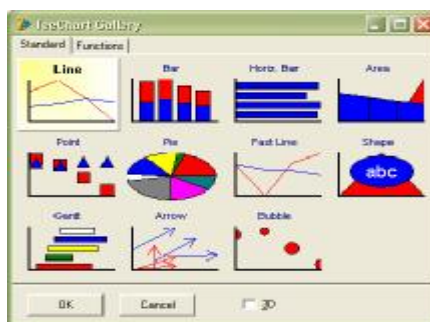
## 7. Code Editor

Merupakan tempat menuliskan kode program.

## 8. Object Tree View

Object TreeView menampilkan diagram pohon dari komponen yang bersifat visual maupun nonvisual yang telah terdapat dalam form. Object Treeview juga menampilkan hubungan logika antar komponen.

Delphi sangat fleksibel dalam membuat garfik. Komponen grafik terdapat dalam tab additional. Terdapat pilihan grafik tiga dimensi (3D) maupun dua dimensi (2D).



Gambar 2.11 Grafik dalam Delphi

## II.8. Ketidakpastian Pada Hasil Percobaan

Cara untuk menuliskan hasil dari sebuah pengukuran terhadap sebuah besaran adalah  $x = \bar{x} \pm \Delta x$  dimana  $\Delta x$  adalah ketidakpastian mutlak dimana satuannya sama dengan satuan dari  $x$ . Makin kecil ketidakpastian mutlak, maka makin tepat pengukuran tersebut. Cara lain untuk menyatakan ketidakpastian suatu besaran adalah dengan menyebut ketidakpastian relatifnya yaitu  $\frac{\Delta x}{\bar{x}}$ . Ketidakpastian relatif dinyatakan dalam % dengan mengalikan hasil pengukuran dengan 100 %. Makin kecil ketidakpastian relatif, makin tinggi ketelitian pengukuran (Darmawan, 1984).

$$\bar{x} = \sum \frac{x_i}{n}$$

$$\Delta x = \frac{1}{n} \sqrt{\frac{n \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2}{n-1}} \quad (2.21)$$

## **BAB III**

### **METODELOGI PENELITIAN**

#### **3.1 Alat dan bahan Penelitian**

##### **3.1.1 Alat Penelitian**

Alat percobaan :

1. Tabung wadah fluida transparan dengan panjang 80 cm
2. Stopwatch digital
3. Bola uji jenis gelas boron silika jari-jari 0,79 cm dan massa jenis  $2,4 \text{ g/cm}^3$
4. Bola uji jenis. No 4034 jari 0,55 cm dan massa jenis  $8,1 \text{ g/cm}^3$

Alat simulasi :

1. Software Delphi versi 7
2. Sistem operasi Windows XP
3. Komputer dengan prosesor Intel Pentium IV 2.00 GHz dan memori 128 MB

#### **1. Bahan Penelitian**

Bahan Penelitian yang digunakan adalah :

Minyak pelumas SAE 30, SAE 40, SAE 50

## **2. Langkah-langkah percobaan**

Percobaan untuk menentukan variabel benda jatuh dalam fluida telah dilakukan di laboratorium menggunakan seperangkat alat berupa tabung yang berisi fluida uji, bola uji dan pengukur waktu. Langkah percobaan ini adalah sebagai berikut:

- 1 Melakukan pengukuran massa jenis fluida dan massa jenis bola dengan cara:
  - 1.1 Menimbang massa fluida dan menentukan volumenya.
  - 1.2 Menimbang massa bola dan mengukur jari-jarinya.
  - 1.3 Membandingkan massa dengan volumenya, masing-masing untuk fluida dan untuk bola.
- 2 Mempersiapkan tabung dan membuat tanda setiap 10 cm sebanyak 8 tanda pada tabung sebagai variabel bebas.
- 3 Memasukkan cairan uji ke dalam tabung hingga penuh atau sejajar batas yang pertama.
- 4 Menjatuhkan bola uji pada fluida dan mencatat waktu ketika tepat melewati setiap tanda.
- 5 Mengulangi langkah 4 sebanyak 5 kali untuk mendapatkan ralat pengukuran.
- 6 Menghitung waktu rata-ratanya.
- 7 Mengulangi langkah 4 – 6 untuk fluida dengan kekentalan yang berbeda.



### 3.3 Langkah-langkah pembuatan simulasi

Pembuatan simulasi benda jatuh dalam fluida kental telah dilakukan menggunakan prosedur dengan prosesor Intel Pentium IV 2.00 GHz dengan memori 128 MB menggunakan bahasa pemrograman Borland Delphi versi 7. Langkah-langkah pembuatan simulasinya adalah sebagai berikut :

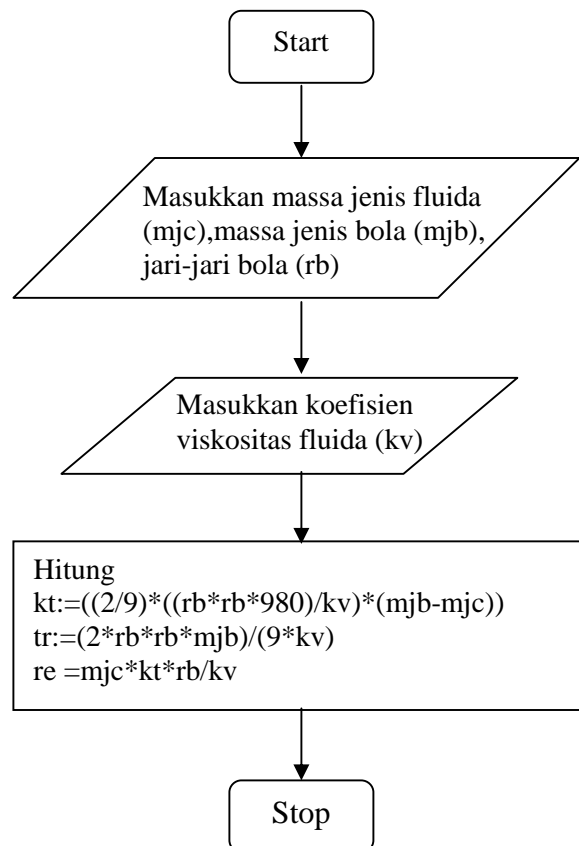
3. Membuat rancangan tampilan visual yang terdiri dari :
  - a. Bagian teori yang berisi teori dasar tentang prinsip dari benda yang jatuh dalam suatu fluida beserta persamaan-persamaan yang dipakai.
  - b. Bagian untuk memasukkan besaran-besaran yang berkaitan, meliputi massa jenis fluida, massa jenis bola, jari-jari bola, dan viskositas fluida.
  - c. Bagian untuk memasukkan waktu atau lamanya simulasi.
  - d. Bagian untuk mengatur simulasi yang terdiri dari tombol untuk menjalankan dan menghentikan simulasi serta tombol untuk melihat tampilan grafik kecepatan dan perpindahan bola.
  - e. Gambar visual bola dalam fluida.
  - f. Bagian untuk menampilkan data (waktu, perpindahan dan kecepatan bola).
  - g. Bagian grafik, untuk menampilkan grafik perpindahan maupun grafik kecepatan.
  
4. Mengimplementasikan rancangan yang diinginkan ke dalam bahasa pemrograman Borland Delphi versi 7.

Untuk mengimplementasikan rancangan tersebut dibuat prosedur utama yang terdiri dari :

5. Untuk bagian *Ambil Data Berurutan*.

- 1.a. Prosedur *start*, prosedur ini akan menghitung besarnya kecepatan terminal ( $kt$ ) dan waktu relaksasi ( $tr$ ) serta bilangan Reynolds ( $re$ ) dari besaran-besaran yang telah diketahui seperti massa jenis fluida, massa jenis bola, jari-jari bola dan koefisien viskositas fluidanya, kemudian menjalankan prosedur *satusatu*. Prosedur *start* dapat dijalankan dengan memberikan aksi pada tombol **Start**. Flowchart prosedur ini seperti ditunjukkan gambar 3.1.

:



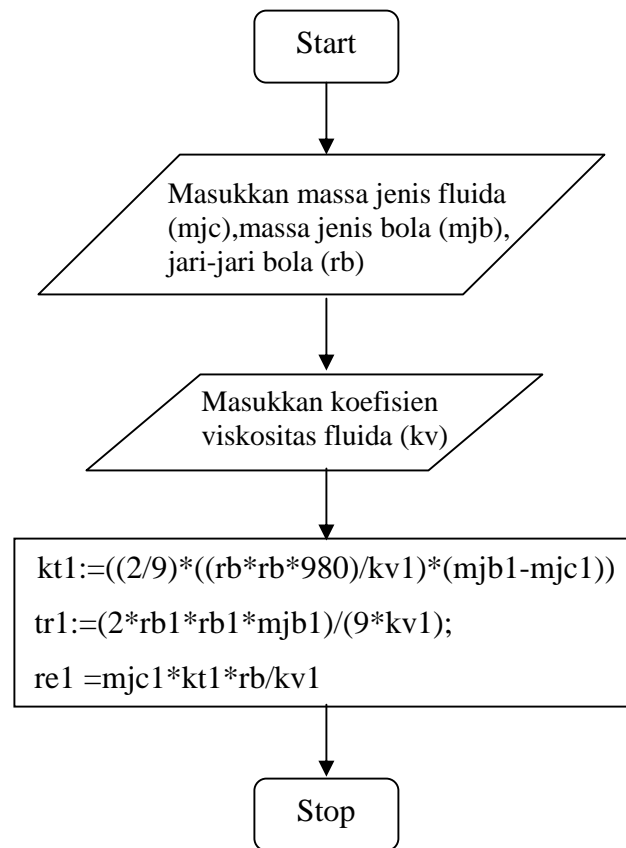
Gambar 3.1 Flowchart prosedur *start*

- 1.b. Prosedure *satusatu*, prosedur ini akan menghitung dan menampilkan data berupa besarnya perpindahan dan kecepatan bola pada suatu interval waktu sebesar kelipatan seperseratus detik kemudian menggerakkan bola turun hingga berhenti sesuai dengan besarnya waktu simulasi yang dimasukkan. Prosedur ini dapat dihentikan pada setiap saat dengan memberikan aksi pada tombol **Stop**. Prosedur *satusatu* dapat dilihat pada lampiran 3 halaman keempat.
- 1.c. Prosedur grafik. Prosedur ini akan memplotkan grafik kecepatan dan perpindahan sebagai fungsi waktu dari. Prosedur ini dijalankan dengan memberikan aksi pada tombol **Plot Grafik**.

## 2. Bagian *Ambil Data Acak*

- 2.a. Prosedur *Ambil data*, prosedur ini akan menghitung kecepatan terminal, waktu relaksasi dan bilangan Reynolds, sesuai dengan masukan yang diberikan serta menentukan syarat apakah simulasi dapat dijalankan kemudian menjalankan *prosedur satu*. Prosedur ini dijalankan dengan memberikan aksi pada tombol **Ambil Data**.

Flowchart dari prosedur ini ditunjukkan pada gambar 3.2



Gambar 3.2 Flowchart prosedur *Ambil data*

- 2.b. Prosedur *satu*, prosedur ini akan menghitung dan menampilkan data berupa besarnya perpindahan dan kecepatan bola pada setiap saat kemudian menggerakkan bola pada fluida. Prosedur satu terlampir pada lampiran 3 halaman keenam
- 2.c. Prosedur *Stop dan ambil data*, Prosedur ini akan menghentikan simulasi dan memasukkan data berupa besarnya perpindahan dan kecepatan pada saat simulasi dihentikan

2.d. Prosedur *Plot grafik*. Prosedur ini akan memplotkan grafik kecepatan dan perpindahan sebagai fungsi waktu dari. Prosedur ini dijalankan dengan memberikan aksi pada tombol **Plot Grafik**”

3. Menulis program ke dalam bahasa pemrograman bahasa pemrograman Borland Delphi 7.

### 3.4 Langkah-langkah pengoperasian simulasi

Untuk bagian *Ambil Data Berurutan*

1. Memasukkan harga massa jenis fluida.
2. Memasukkan harga massa jenis bola dan jari-jarinya.
3. Memasukkan harga viskositas fluida.
4. Memasukkan lamanya simulasi atau waktu simulasi.
5. Untuk menjalankan simulasi klik **Start** dan untuk menghentikannya pada setiap saat klik **STOP**.
6. Untuk menyimpan data pada aplikasi Notepad atau Microsoft Word klik **Simpan**.
7. Untuk melihat grafik kecepatan dan perpindahan sebagai fungsi waktu klik **Grafik**.
8. Pada tampilan grafik, klik **Grafik Kecepatan** untuk menampilkan grafik kecepatan, **Grafik Perpindahan** untuk grafik prpindahan, **Grafik Gaya hambat** untuk melihat grafik gaya hambat sebagi fungsi kecepatan dan **Grafik**

**Jari-jari** untuk menampilkan grafik kecepatan terminal sebagai fungsi jari-jari bola serta **Grafik Massa Jenis Fluida** untuk menampilkan grafik kecepatan terminal sebagai fungsi massa jenis fluida.

9. Untuk melihat animasi untuk masing-masing grafik beri tanda *check* pada **Move**.

Untuk bagian *Ambil Data Acak*:

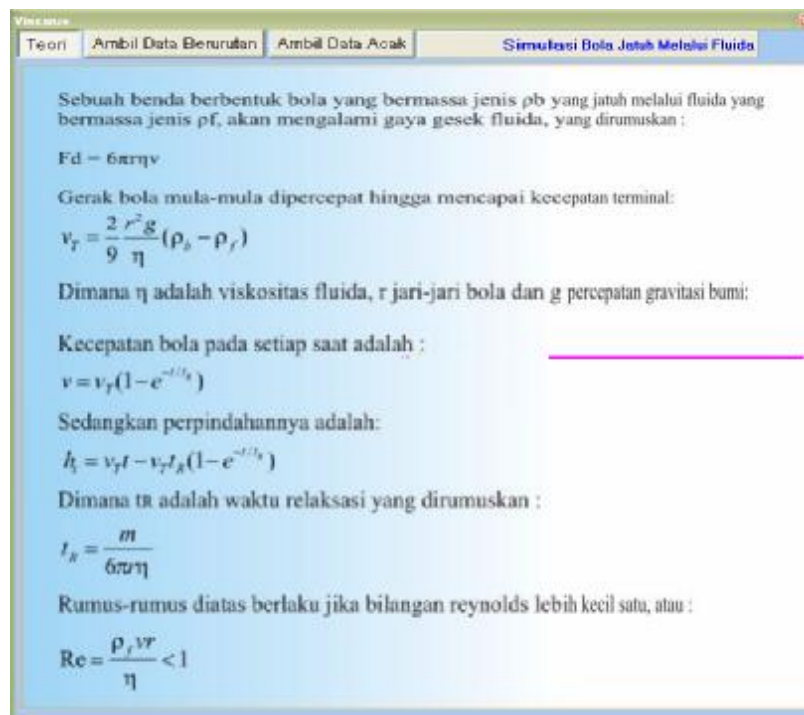
1. Memasukkan harga massa jenis fluida
2. Memasukkan harga massa jenis bola dan jari-jarinya
3. Memasukkan harga viskositas fluida.
4. Memasukkan lamanya simulasi atau waktu simulasi.
5. Untuk menjalankan simulasi klik **Ambil data**
6. Untuk menghentikan dan mengambil data berupa perpindahan dan kecepatan ketika simulasi dihentikan klik **Stop dan ambil data**
7. Mengulangi langkah 5-6 sesuai dengan banyaknya data yang diinginkan.
8. Untuk melihat grafik kecepatan dan perpindahan sebagai fungsi waktu sesuai dengan data yang diambil klik **Plot grafik**
9. Untuk menyimpan data pada aplikasi Notepad atau Microsoft Word klik **Simpan**.
10. Untuk mengubah nilai masukkan klik **Ubah masukan**.

## BAB IV

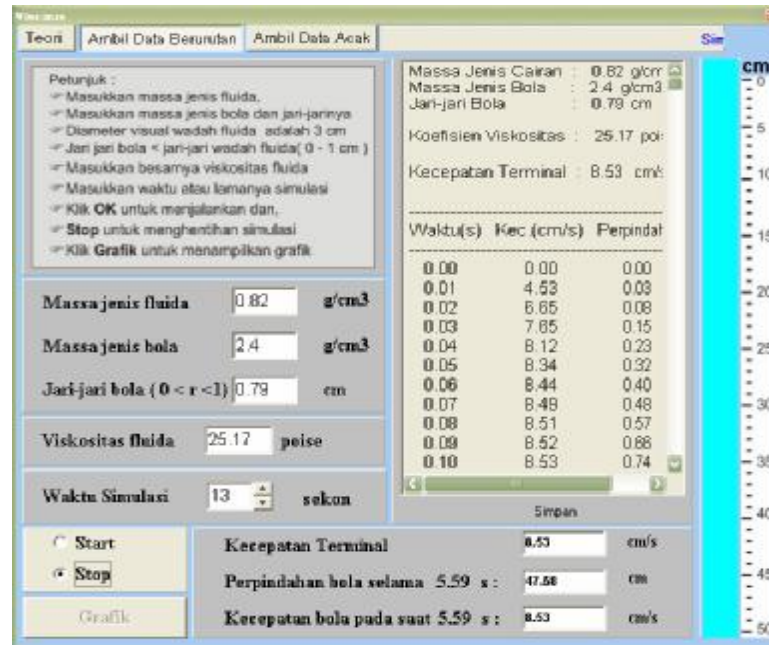
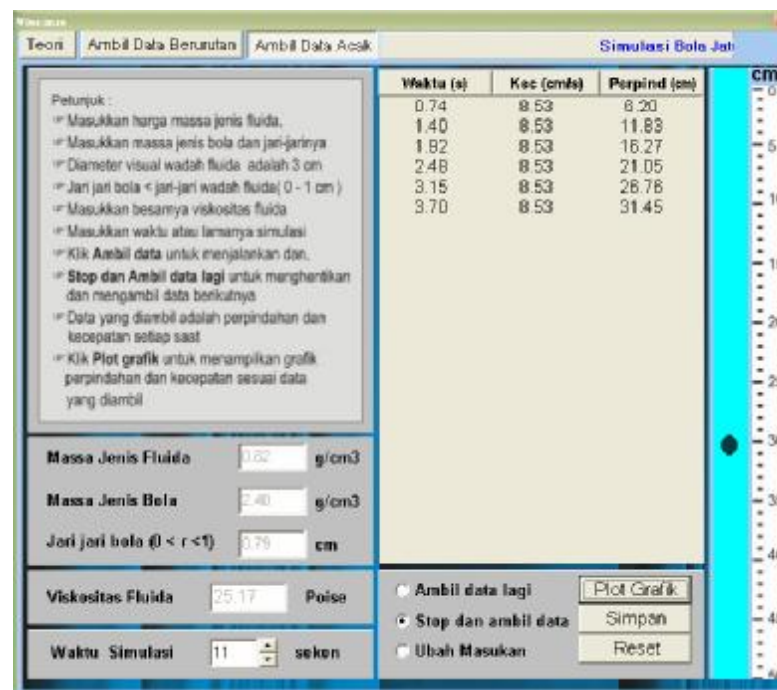
### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Tampilan Simulasi

Pembuatan simulasi bola jatuh dalam fluida menghasilkan program simulasi yang terdiri dari tampilan utama dan tampilan grafik, tampilan utama terdiri dari tiga page control yaitu *Teori* yang berisi teori dasar dan persamaan-persamaan yang berhubungan dengan kosep bola jatuh dalam fluida berdasarkan teori Stoke's. Sedangkan dua page control yang lain masing-masing adalah *Ambil Data Berurutan* dan *Ambil Data Acak*.



Gambar 4.1. Tampilan simulasi bagian *Teori*

Gambar 4.2. Tampilan simulasi bagian *Ambil Data Berurutan*Gambar 4.3. Tampilan simulasi bagian *Ambil Data Acak*



Sedangkan tampilan grafiknya terdiri dari grafik perpindahan dan kecepatan sebagai fungsi waktu serta gaya hambat sebagai fungsi kecepatan..

Salah satu tampilan grafik ditunjukkan oleh gambar 4.2.



Gambar 4.4. Tampilan simulasi grafik bola jatuh dalam fluida

Percobaan menentukan waktu yang dibutuhkan bola untuk bergerak dalam fluida telah dilakukan dengan seperangkat alat yang terdiri dari tabung wadah fluida, tiga jenis minyak pelumas yang masing-masing mempunyai kekentalan yang berbeda dan dua bola uji. Sebelumnya telah dilakukan pengukuran terhadap massa jenis minyak pelumas maupun massa jenis bola. Data hasil percobaan dan grafik terlampir.

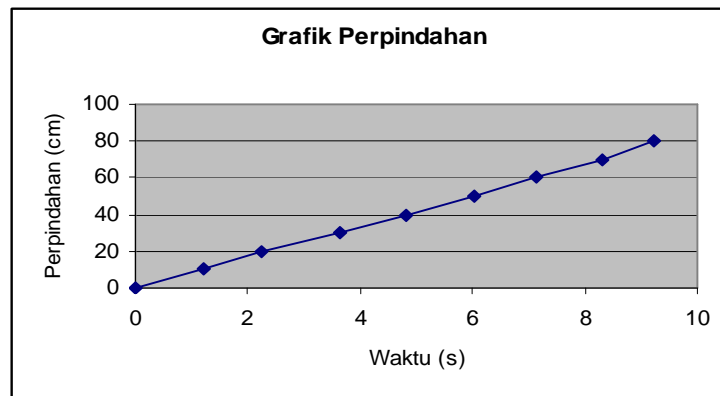
## 4.2 Hasil percobaan dan pembahasan

Sebuah benda kecil yang berbentuk bola yang jatuh melalui suatu fluida akan mengalami tiga gaya vertikal yaitu gaya berat, gaya apung, dan gaya hambat fluida. Mula-mula gerak bola dipercepat, dan setelah beberapa lama, jika kecepatannya menjadi cukup besar, maka gaya tahanan atau gaya hambat fluida sama dengan gaya berat dikurangi gaya apung dan tidak ada gaya resultan yang bekerja pada bola itu atau percepatan bola menjadi nol. Pada saat itu kecepatannya tidak mengalami pertambahan lagi. Kecepatan pada saat tersebut disebut kecepatan terminal. Besarnya kecepatan terminal menurut hukum Stoke's akan berbanding terbalik dengan viskositas fluidanya, namun hukum Stoke's tidak selamanya berlaku, tetapi hanya untuk kasus dimana bilangan Reynolds yang merupakan kombinasi dari massa jenis fluida, viskositas fluida, jari-jari bola serta kecepatan yang mempunyai harga lebih kecil dari satu, jika bilangan Reynolds lebih besar atau sama dengan satu, maka akan terdapat aliran turbulen di belakang bola, dan hukum Stoke's untuk menghitung kecepatan bola yang jatuh melalui fluida tidak dapat digunakan.

Percobaan menentukan waktu tempuh bola telah dilakukan dengan cara menjatuhkan benda berbentuk bola, alasan digunakannya bola adalah bahwa rumusan gaya hambat fluida yang didasarkan pada hukum Stoke's dikhususkan untuk benda berbentuk bola. Pada percobaan di laboratorium, nilai waktu yang didapatkan digunakan untuk menghitung besarnya kecepatan bola. Hasil perhitungan menghasilkan ketidakpastian terhadap besarnya kecepatan terminal sebesar 0.05 cm/s pada pelumas SAE 30 dan sebesar 0.02 cm/s pada SAE 40 serta sebesar 0.01 cm/s

pada SAE 50 masing-masing untuk ukuran bola yang sama. Massa jenis bola yang digunakan harus lebih besar daripada massa jenis fluida agar gaya berat yang mengarah ke bawah lebih besar daripada gaya apung sehingga bola dapat bergerak jatuh ke bawah. Ada tiga jenis fluida yang digunakan adalah minyak pelumas dengan harga viskositas berbeda yaitu masing adalah SAE 30, SAE 40, dan SAE 50. Dipilihnya tiga jenis pelumas ini karena mudah didapat, proses pengambilan data mudah karena kekentalannya tidak terlalu encer, serta nilai viskositasnya telah diketahui. Perpindahan bola dipilih sebagai variabel bebas karena variasi terhadap variabel inilah yang paling memungkinkan. Variasi terhadap variabel bebas (perpindahan) dilakukan dengan membuat tanda pada tabung wadah fluida, dimana jarak tanda tersebut satu dengan yang lain sebesar 10 cm sepanjang tinggi fluida yaitu 80 cm. Hasil percobaan menunjukkan bahwa waktu yang dibutuhkan bola untuk melewati setiap tanda pada tabung semakin besar atau kecepatannya semakin kecil, jika fluida yang digunakan mempunyai harga viskositas yang semakin meningkat, hasil ini sesuai dengan rumusan hukum Stoke's bahwa kecepatan terminal suatu benda berbentuk bola yang jatuh melalui fluida berbanding terbalik dengan viskositas fluidanya.

Grafik perpindahan hasil percobaan menunjukkan hubungan yang linier atau sebanding antara waktu dan perpindahan dari awal gerak hingga akhir gerak. Artinya dengan meningkatnya waktu maka besarnya perpindahan bola juga akan semakin meningkat secara sebanding atau dapat dikatakan kemiringan grafik perpindahan adalah tetap. Grafik perpindahan hasil percobaan seperti ditunjukkan pada gambar



Gambar 4.5 Grafik perpindahan hasil percobaan untuk pelumas SAE 30

Hasil ini disebabkan karena interval perpindahan yang digunakan dalam percobaan terlalu besar sehingga interval waktu yang digunakan untuk menghitung perpindahan ketika percepatan benda meningkat atau pada saat gerak benda dipercepat tidak tercatat, sedangkan yang tercatat hanyalah ketika gerak benda sudah relatif konstan.

Sedangkan untuk grafik kecepatan, menunjukkan bahwa kecepatan bola meningkat tajam kemudian selanjutnya terus meningkat walaupun peningkatannya relatif kecil. Hasil perhitungan beserta ketidakpastian terhadap besarnya viskositas untuk SAE 30 adalah  $(\bar{h} \pm \Delta h) = (25.17 \pm 0.16) poise$ ,

untuk SAE 40  $(\bar{h} \pm \Delta h) = (33.33 \pm 0.13) poise$  dan untuk SAE 50 sebesar

$(\bar{h} \pm \Delta h) = (40.33 \pm 0.11) poise$ . Data hasil percobaan dan perhitungan terlampir.

### 4.3 Hasil pengoperasian simulasi dan pembahasan

Simulasi dapat menampilkan animasi bola, menghitung perpindahan serta kecepatan bola pada suatu interval waktu sebesar kelipatan seperseratus detik. Pembuatan dua page control utama yaitu *Ambil Data Berurutan* dan *Ambil Data Acak* dimaksudkan untuk mengetahui bagaimana variabel gerak bola khususnya yang berkaitan dengan perpindahan dan kecepatan bola yang jatuh dalam fluida yang telah diketahui kekentalannya. Seperti halnya percobaan, pada simulasi juga digunakan variasi harga viskositas, simulasi ini didasarkan pada penjabaran rumus dan teori tentang gerak benda jatuh melalui fluida.

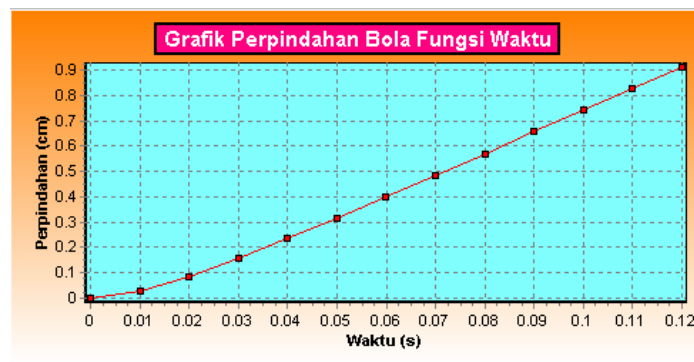
Pengoperasian simulasi dibagi dengan dua cara perhitungan yaitu:

1. Perhitungan dilakukan secara berurutan dari  $t = 0$

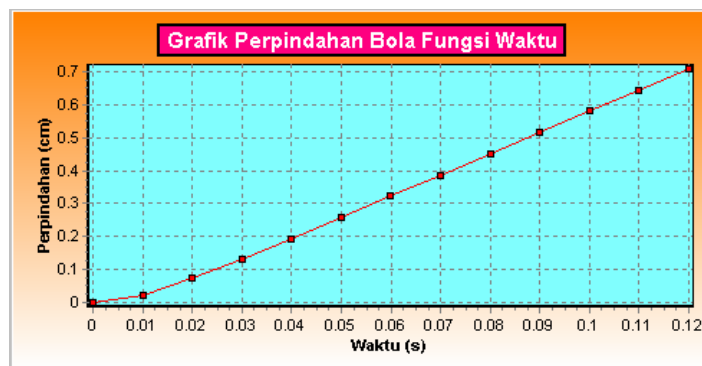
Pada bagian ini, simulasi akan menampilkan perpindahan dan kecepatan bola dari awal atau  $t = 0$  hingga simulasi dihentikan atau hingga akhir gerak sesuai dengan lamanya simulasi. Interval waktu yang digunakan adalah sebesar 0.01 detik agar perpindahan dan kecepatan bola pada saat dipercepat hingga mencapai kecepatan terminal dapat dihitung. Disamping itu untuk mempermudah membandingkan dengan percobaan yang telah dilakukan.

Hasil pengoperasian untuk bagian ini menunjukkan bahwa, kecepatan bola terus meningkat hingga suatu saat mencapai harga yang tetap. Waktu yang dibutuhkan untuk mencapai kecepatan terminal berbanding terbalik dengan viskositas, hal ini disebabkan karena semakin besar harga viskositas, maka gaya

hambat yang disebabkan oleh viskositas tersebut akan naik, akibatnya jumlah gaya yang mengarah ke atas semakin besar dan semakin cepat pula gaya-gaya itu mengimbangi gaya yang arahnya ke bawah yaitu gaya berat. Hasil simulasi dengan massa jenis bola  $2.4 \text{ g/cm}^3$ , jari-jari  $0.79 \text{ cm}$  dan massa jenis fluida  $0.82 \text{ g/cm}^3$



Gambar 4.6 Grafik perpindahan bola pada fluida dengan viskositas 25.17 poise

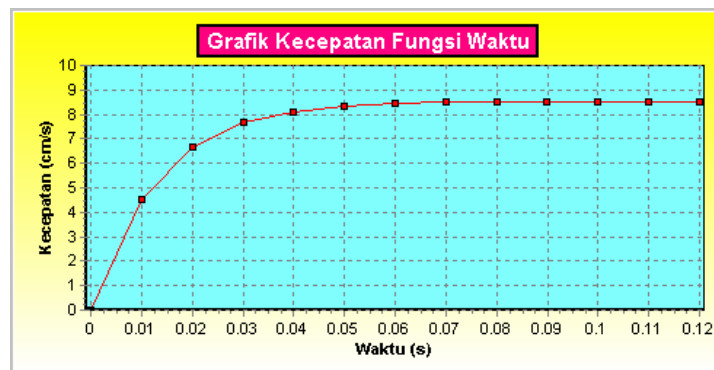


Gambar 4.7 Grafik perpindahan bola pada fluida dengan viskositas 33.33 poise

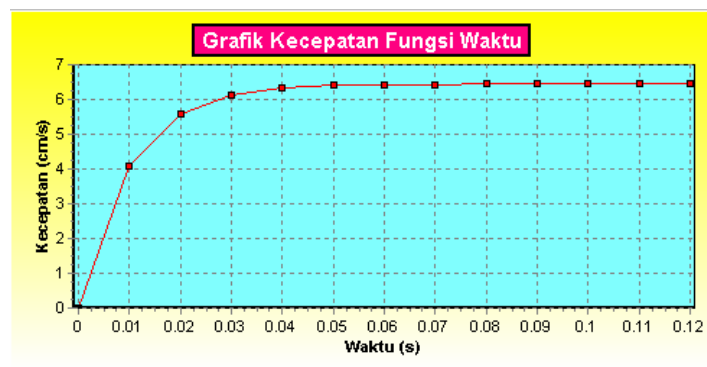
Grafik perpindahan hasil simulasi ditunjukkan pada gambar 4.6 dan 4.7. Dari hasil tersebut terlihat bahwa kemiringan grafik perpindahan akan semakin meningkat

dan pada suatu saat mencapai kemiringan yang tetap. Besarnya perpindahan akan semakin besar jika viskositas fluida meningkat.

Sedangkan grafik kecepatan bola hasil simulasi untuk ukuran bola dan fluida yang sama adalah :



Gambar 4.8 Grafik kecepatan fluida dengan viskositas 25.17 poise

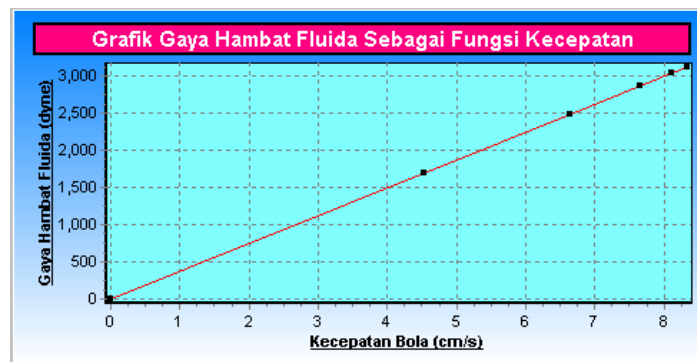


Gambar 4.9 Grafik kecepatan fluida dengan viskositas 33.33 poise

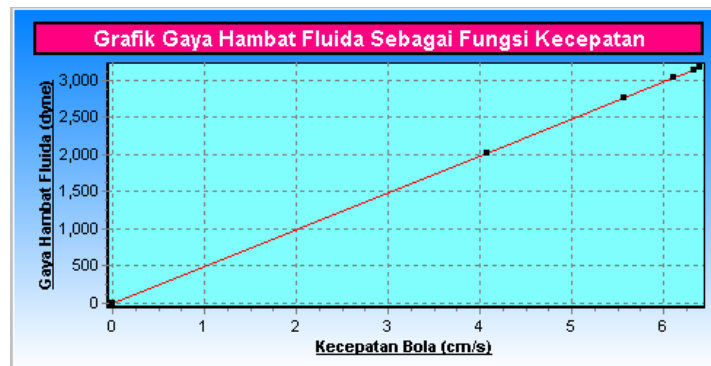
Kecepatan bola disajikan dalam bentuk grafik pada gambar 4.8 dan 4.9. Terlihat bahwa gerak bola akan dipercepat hingga suatu saat mencapai kecepatan yang

konstan yaitu sebesar 8.53 cm/s pada fluida dengan viskositas 25.17 poise dan sebesar 6.44 cm/s pada fluida dengan viskositas 33.33 poise. Dimana terlihat bahwa besarnya kecepatan tersebut menurun jika viskositas fluida meningkat.

Sedangkan grafik gaya hambat yang dialami bola adalah:



Gambar 4.10 Grafik gaya hambat untuk fluida dengan viskositas 25.17 poise



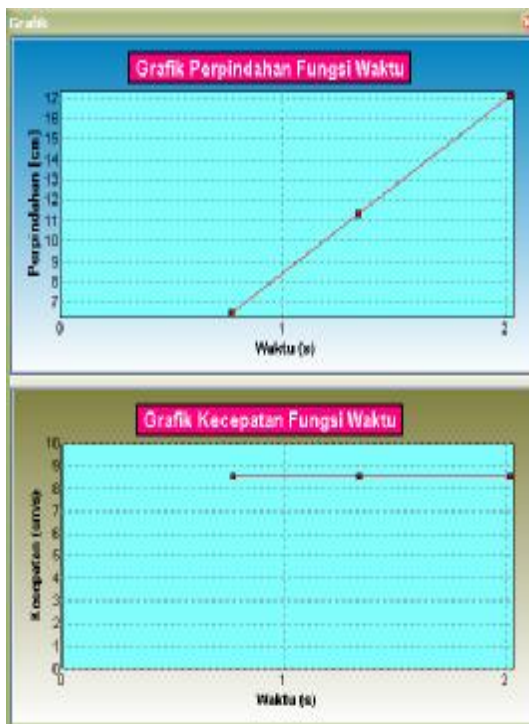
Gambar 4.11 Grafik gaya hambat untuk fluida dengan viskositas 33.33 poise

Gaya hambat yang dialami bola disajikan dalam gambar 4.10 dan 4.11. terlihat bahwa besarnya gaya hambat sebanding dengan kecepatan bola. Dan semakin besar viskositas fluida semakin besar pula gaya hambatnya.

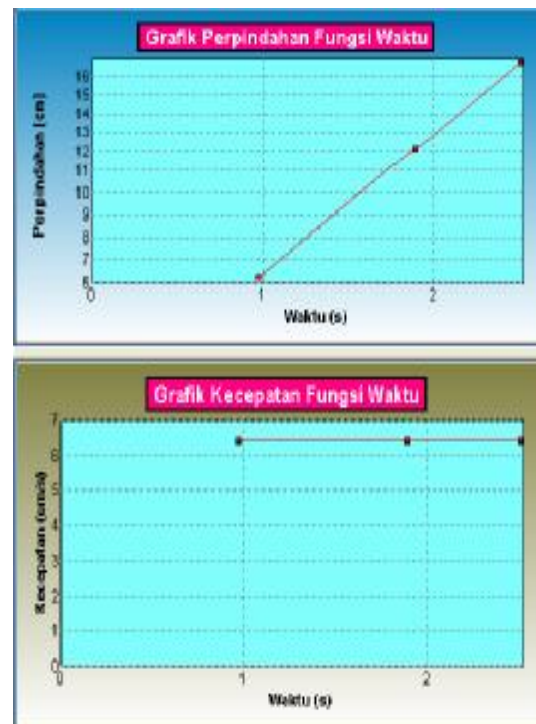


- 2 Perhitungan dilakukan setelah bola bergerak beberapa saat.

Perbedaan bagian ini dengan *Ambil Data Berurutan* adalah data yang berupa waktu, perpindahan dan kecepatan tidak dihitung secara berurutan dari awal sampai akhir gerak, tetapi data-data tersebut dihitung setelah bola bergerak beberapa saat dan dilakukan secara acak hingga simulasi dihentikan. Proses pengambilan datanya dilakukan secara berulang-ulang untuk masukan yang sama dengan cara menjalankan dan menghentikan simulasi. Hal ini dilakukan untuk menunjukkan bahwa kecepatan terminal dicapai setelah bola menempuh jarak tertentu.



Gambar 4.12 grafik perpindahan dan kecepatan bola pada fluida dengan viskositas 25.17 poise



Gambar 4.13 grafik perpindahan dan kecepatan bola pada fluida dengan viskositas 33.33 poise

Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa setelah bola bergerak beberapa saat, kecepatannya menjadi tetap atau bola mencapai kecepatan terminal sehingga kemiringan grafik perpindahan akan tetap.

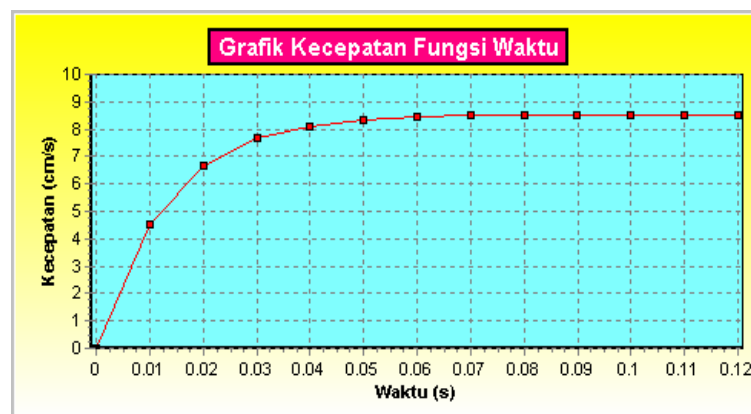
#### 4.4 Perbandingan hasil percobaan dan simulasi

Untuk massa jenis bola sebesar  $2.4 \text{ g/cm}^3$ , jari-jari  $0.79 \text{ cm}$  dan massa jenis fluida  $0.82 \text{ g/cm}^3$  serta pada fluida dengan viskositas  $25.17 \text{ poise}$

Grafik kecepatan bola

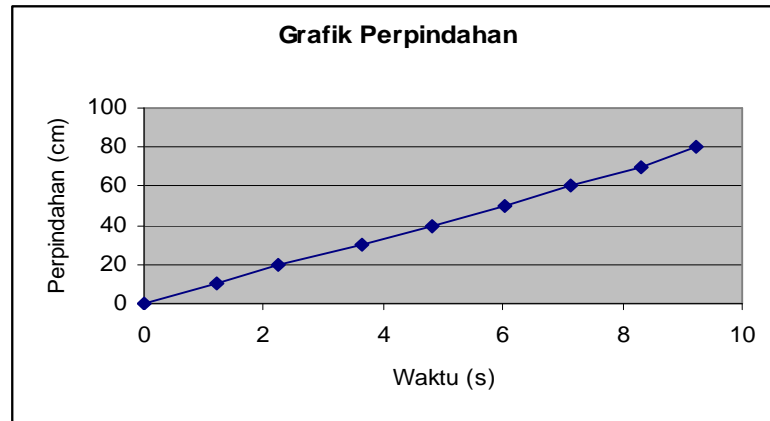


Gambar 4.14 Grafik kecepatan hasil percobaan

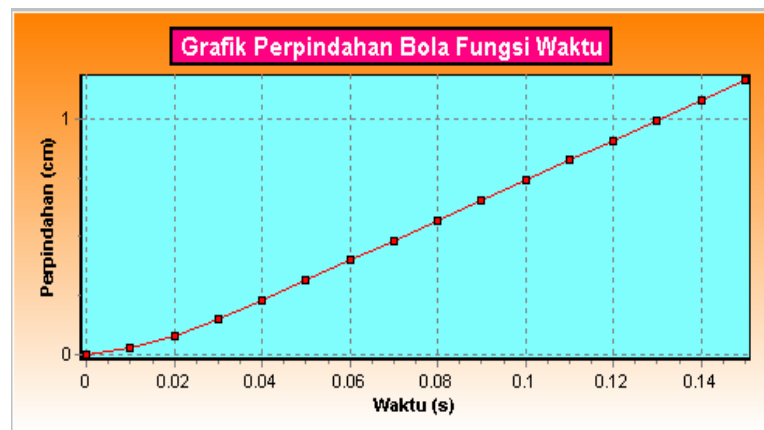


Gambar 4.15 Grafik kecepatan hasil simulasi

Grafik perpindahan bola



Gambar 4.16 Grafik perpindahan hasil percobaan



Gambar 4.17 Grafik perpindahan hasil simulasi

Gambar 4.14 dan 4.15 masing-masing adalah grafik kecepatan dan perpindahan bola hasil percobaan, sedangkan grafik 4.15 dan gambar 4.17 masing-masing adalah grafik kecepatan dan perpindahan hasil simulasi, terlihat bahwa terdapat perbedaan hasil dimana hal tersebut disebabkan karena perbedaan interval waktunya. Dimana pada percobaan besarnya interval waktunya cukup besar akibat interval perpindahan yang digunakan bernilai besar. Akibatnya untuk interval waktu yang kecil, khususnya

interval waktu ketika gerak bola dipercepat tidak dapat dicatat. Sedangkan untuk simulasi, karena interval waktunya cukup kecil sehingga fenomena ketika gerak bola dipercepat atau sebelum mencapai kecepatan terminal dapat tercatat.

Pada saat melakukan percobaan di laboratorium, pengukuran waktu dilakukan secara manual sehingga keakuratan dan kekonsistenan data bersifat subyektif, sedangkan pada simulasi perhitungan didasarkan pada rumusan teoritis sehingga hasilnya akan lebih konsisten. Simulasi ini mempunyai kelebihan antara lain:

1. Dengan simulasi ini pelajar dan mahasiswa akan lebih mudah memahami prinsip bola yang jatuh dan mengalami suatu gaya hambat khususnya gaya hambat yang disebabkan oleh kekentalan suatu fluida
2. Seperti simulasi-simulasi yang lain, pada simulasi ini pelajar maupun mahasiswa dapat dengan mudah mengganti variabel yang ada dan mengetahui dengan cepat perpindahan dan kecepatan gerak jatuh bola dalam suatu fluida tanpa harus melakukan percobaan

Kekurangan simulasi ini antara lain :

1. Simulasi hanya menampilkan ketinggian fluida yang terbatas, sehingga untuk waktu simulasi atau lama simulasi yang besar, gerak bola sudah tidak terlihat pada tampilan simulasi walaupun simulasi masih berjalan.
2. Simulasi hanya dapat digunakan untuk benda berbentuk bola dengan ukuran tertentu, sedangkan untuk benda dengan ukuran sembarang simulasi tidak dapat berjalan.

## **BAB V**

### **KESIMPULAN**

#### **5.1 KESIMPULAN**

Dari hasil dan pembahasan maka dapat diambil kesimpulan:

1. Besarnya perpindahan dan kecepatan bola yang jatuh melalui fluida berbanding terbalik dengan viskositas fluida.
2. Besarnya gaya hambat yang dialami sebuah bola yang jatuh melalui fluida sebanding dengan kecepatan bola.
3. Simulasi telah dapat digunakan untuk memvisualisasikan fenomena gerak jatuh dan menghitung perpindahan maupun kecepatan benda berbentuk bola melalui fluida

#### **5.2 SARAN**

Pemakaian simulasi ini terbatas hanya pada benda yang berbentuk bola dengan ukuran tertentu yang bergerak dengan kecepatan relatif kecil, sehingga untuk benda-benda dengan bentuk dan ukuran sembarang yang bergerak dengan kecepatan besar, simulasi tidak dapat digunakan. Untuk itu disarankan untuk selanjutnya membuat simulasi yang dapat digunakan untuk benda dengan bentuk dan ukuran serta bergerak dengan kecepatan sembarang.

## DAFTAR PUSTAKA

Darmawan, 1984: Teori ketidakpastian menggunakan satuan SI, Penerbit ITB, Bandung.

Giancoli, diterjemahkan oleh Cuk Imawan Fisika, jilid 1, Edisi keempat, Erlangga, Jakarta.

Madcoms, Pemrograman Borland Delphi 7, Jilid 1, Penerbit Andi, Jokjakarta.

Reuben, Steven, 1993: Dasar-dasar Mekanika Fluida Teknik, Edisi kelima, Penerbit PT Gramedia Pustaka Utama, Jakarta

Serway, 1991: Physics for Scientists & Engineers, Edisi keempat, Saunders Collage Publishing.

Young, Freedman, 1999 : Fisika Universitas, Jilid 1, Edisi kesepuluh, Erlangga, Jakarta.

<http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/Hbase/lindrg2.html>.

<http://id.wikipedia.org/wiki/fluida>.

## LAMPIRAN 1.

### Data Percobaan

- Massa jenis bola :  $2.4 \text{ g/cm}^3$  dan jari-jari bola :  $0.79 \text{ cm}$
- Massa jenis pelumas :  $0.82 \text{ g/cm}^3$

#### 1. Pelumas SAE 30

Perpindahan (cm)	Waktu (s)
0	0
10	1.2
20	2.24
30	3.65
40	4.82
50	6.02
60	7.15
70	8.32
80	9.21

#### 2. Pelumas SAE 40

Perpindahan (cm)	Waktu (s)
0	0
10	1.48
20	2.68
30	3.98
40	5.3
50	6.63
60	7.94
70	9.12
80	10.54

#### 3. Pelumas SAE 50

Perpindahan (cm)	Waktu (s)
0	0
10	1.93
20	3.89
30	5.67
40	7.5
50	9.36
60	11.2
70	13.11
80	14.96

## LAMPIRAN 2

### Perhitungan data

Massa jenis bola =  $2.4 \text{ g/cm}^3$  dan jari-jari bola =  $0.79 \text{ cm}$   
Massa jenis pelumas =  $0.82 \text{ g/cm}^3$

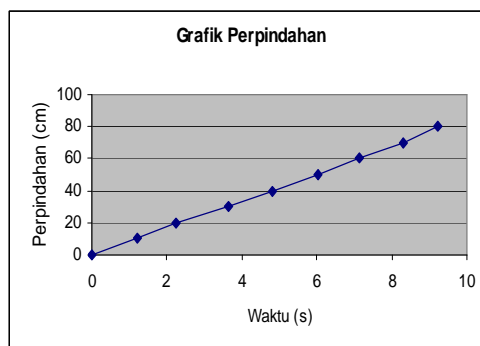
#### 1. Pelumas SAE 30

##### Perpindahan dan Kecepatan setiap saat

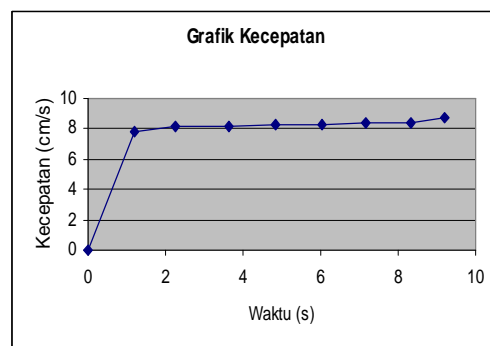
$$Kec. = \frac{\text{Perpindahan}}{\text{waktu}}$$

Jarak (cm)	Waktu Tempuh (s)	Kecepatan (cm/s)
0	0	0
10	1.2	7.81
20	2.24	8.18
30	3.65	8.21
40	4.82	8.31
50	6.02	8.31
60	7.15	8.39
70	8.32	8.42
80	9.21	8.69

##### Grafik



a. Grafik perpindahan bola



b. Grafik kecepatan bola



**Perhitungan kecepatan terminal ( $v_T$ ) dan koefisien viskositas ( $\eta$ )**

no	Perpindahan (10 cm)	$t(s)$	$v_T(cm/s)$	$h = \frac{2}{9} \frac{r^2 g(r_b - r_f)}{v_T} poise$
1	70-80	1.18	8.47	25.34
2	70-80	1.18	8.47	25.34
3	70-80	1.16	8.62	24.91
4	70-80	1.15	8.70	24.70
5	70-80	1.19	8.40	25.55

• **Kecepatan terminal ( $v_T$ )**

$$\overline{v_T} = \frac{\sum v_T}{n} = 8.53$$

$$\Delta v_T = \frac{1}{n} \sqrt{\frac{n(\sum v_T^2) - (\sum v_T)^2}{n-1}}$$

$$\Delta v_T = 0.05$$

$$(\overline{v_T} \pm \Delta v_T) = (8.53 \pm 0.05) cm/s$$

• **Koefisien viskositas ( $\eta$ )**

$$\overline{h} = \frac{\sum h}{n} = 25.17$$

$$\Delta h = \frac{1}{n} \sqrt{\frac{n(\sum h^2) - (\sum h)^2}{n-1}}$$

$$\Delta h = 0.16$$

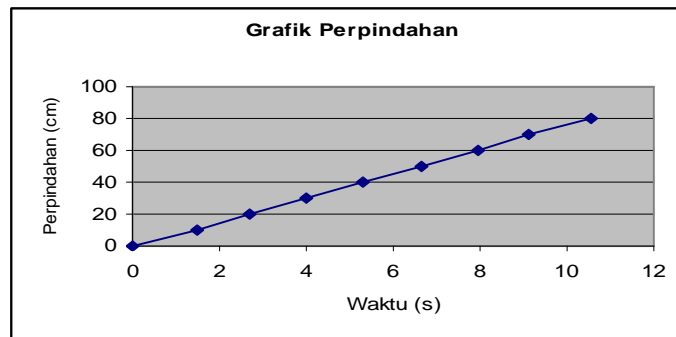
$$(\overline{h} \pm \Delta h) = (25.17 \pm 0.16) poise$$

## Pelumas SAE 40

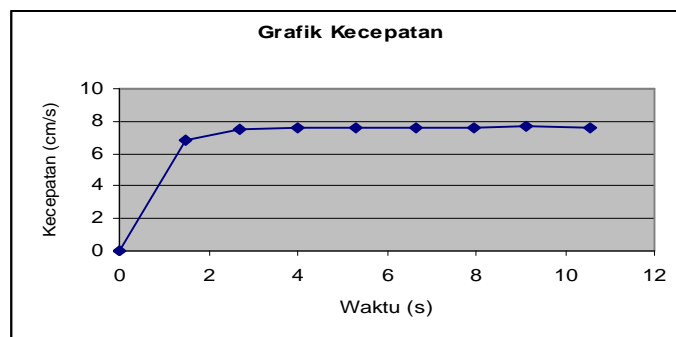
### Perpindahan dan perhitungan kecepatan setiap saat

Perpindahan (cm)	Waktu Tempuh (s)	Kecepatan (cm/s)
0	0	0
10	1.48	6.78
20	2.68	7.47
30	3.98	7.55
40	5.3	7.55
50	6.63	7.55
60	7.94	7.55
70	9.12	7.65
80	10.54	7.59

### Grafik



Grafik perpindahan bola



Grafik kecepatan bola

**Perhitungan kecepatan terminal ( $v_T$ ) dan koefisien viskositas ( $\eta$ )**

no	Perpindahan (10 cm)	$t(s)$	$v_T(cm/s)$	$h = \frac{2}{9} \frac{r^2 g (r_b - r_f)}{v_T} poise$
1	70-80	1.56	6.41	33.50
2	70-80	1.56	6.41	33.50
3	70-80	1.55	6.45	33.29
4	70-80	1.53	6.54	32.86
5	70-80	1.56	6.41	33.50

• **Kecepatan terminal ( $v_T$ )**

$$\bar{v}_T = \frac{\sum v_T}{n} = 6.44$$

$$\Delta v_T = \frac{1}{n} \sqrt{\frac{n(\sum v_T^2) - (\sum v_T)^2}{n-1}}$$

$$\Delta v_T = 0.02$$

$$(\bar{v}_T \pm \Delta v_T) = (6.44 \pm 0.02) cm/s$$

• **Koefisien viskositas ( $\eta$ )**

$$\bar{h} = \frac{\sum h}{n} = 33.33$$

$$\Delta h = \frac{1}{n} \sqrt{\frac{n(\sum h^2) - (\sum h)^2}{n-1}}$$

$$\Delta h = 0.13$$

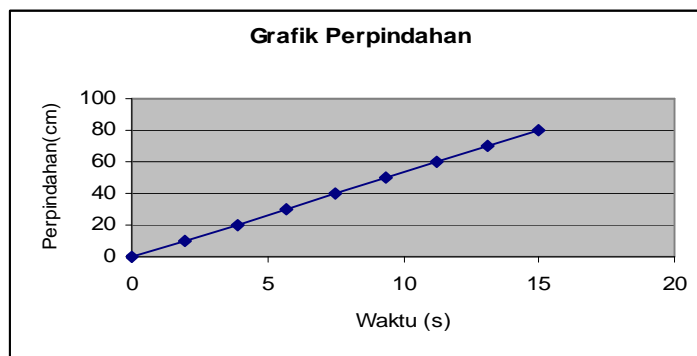
$$(\bar{h} \pm \Delta h) = (33.33 \pm 0.13) poise$$

**Pelumas SAE 50**

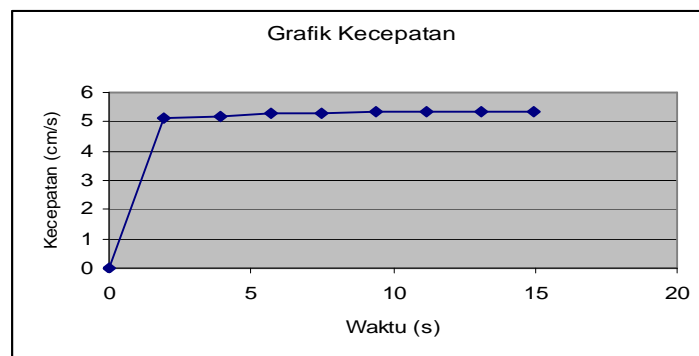
**Perpindahan dan perhitungan kecepatan setiap saat**

Jarak (cm)	Waktu Tempuh (s)	Kecepatan (cm/s)
0	0	0
10	1.93	5.15
20	3.89	5.18
30	5.67	5.29
40	7.5	5.31
50	9.36	5.33
60	11.2	5.34
70	13.11	5.34
80	14.96	5.34

**Grafik**



Grafik perpindahan bola



Grafik kecepatan bola

**Perhitungan kecepatan terminal ( $v_T$ ) dan koefisien viskositas ( $\eta$ )**

no	Perpindahan (10 cm)	$t(s)$	$v_T(cm/s)$	$h = \frac{2}{9} \frac{r^2 g(r_b - r_f)}{v_T} poise$
1	70-80	1.87	5.35	40.16
2	70-80	1.87	5.35	40.16
3	70-80	1.89	5.29	40.59
4	70-80	1.89	5.29	40.59
5	70-80	1.87	5.35	40.16

• **Kecepatan terminal ( $v_T$ )**

$$\overline{v_T} = \frac{\sum v_T}{n} = 5.32$$

$$\Delta v_T = \frac{1}{n} \sqrt{\frac{n(\sum v_T^2) - (\sum v_T)^2}{n-1}}$$

$$\Delta v_T = 0.01$$

$$(\overline{v_T} \pm \Delta v_T) = (5.32 \pm 0.01) cm/s$$

• **Koefisien viskositas ( $\eta$ )**

$$\overline{h} = \frac{\sum h}{n} = 40.33$$

$$\Delta h = \frac{1}{n} \sqrt{\frac{n(\sum h^2) - (\sum h)^2}{n-1}}$$

$$\Delta h = 0.11$$

$$(\overline{h} \pm \Delta h) = (40.33 \pm 0.11) poise$$

### LAMPIRAN 3.

#### Listing Program

```
unit U_TA;// unit utama

interface

uses
  Windows, Messages, SysUtils, Variants, Classes, Graphics, Controls, Forms,
  Dialogs, StdCtrls, ExtCtrls, ComCtrls, Mask, Menus, jpeg, TeEngine,
  Series, TeeProcs, Chart;

type

TForm1 = class(TForm)
  SaveDialog1: TSaveDialog;
  PageControl1: TPageControl;
  TabSheet1: TTabSheet;
  Panel1: TPanel;
  Label12: TLabel;
  Label13: TLabel;
  Label14: TLabel;
  Label10: TLabel;
  Label11: TLabel;
  Label18: TLabel;
  Editmjc: TEdit;
  Editmjb: TEdit;
  Editrb: TEdit;
  Panel5: TPanel;
  Label5: TLabel;
  Label22: TLabel;
  Edt: TEdit;
  Panel6: TPanel;
  Memo2: TMemo;
  TabSheet2: TTabSheet;
  Panel2: TPanel;
  Label1: TLabel;
  Label2: TLabel;
  Label3: TLabel;
  Label24: TLabel;
  Label25: TLabel;
  Label26: TLabel;
  edmjc: TEdit;
  edmjb: TEdit;
  edrb: TEdit;
  Panel3: TPanel;
  Label6: TLabel;
  Label28: TLabel;
  editt: TEdit;
  Button2: TButton;
  Panel4: TPanel;
  Label9: TLabel;
  Memo1: TMemo;
  Panel7: TPanel;
  Label4: TLabel;
  Label27: TLabel;
  edkv: TEdit;
  Panel9: TPanel;
  Shape1: TShape;
  Panel10: TPanel;
  Shape2: TShape;
  Shape3: TShape;
  Shape4: TShape;
  Panel11: TPanel;
  Edits: TEdit;
  Label15: TLabel;
  Label16: TLabel;
  UpDown1: TUpDown;
  UpDown2: TUpDown;
  TabSheet3: TTabSheet;
  Panel8: TPanel;
  RadioButton3: TRadioButton;
  RadioButton4: TRadioButton;
  Button3: TButton;
  Button1: TButton;
  Button4: TButton;
  Button5: TButton;
  Button6: TButton;
  Button7: TButton;
  RadioButton5: TRadioButton;
  Memo3: TMemo;
  Panel12: TPanel;
```

Panel13: TPanel;  
 Image1: TImage;  
 Panel14: TPanel;  
 Label41: TLabel;  
 Label33: TLabel;  
 Label39: TLabel;  
 Label34: TLabel;  
 Label40: TLabel;  
 Edit6: TEdit;  
 Edit2: TEdit;  
 Edit5: TEdit;  
 Label42: TLabel;  
 Label32: TLabel;  
 Label43: TLabel;

Panel15: TPanel;  
 RadioButton1: TRadioButton;  
 RadioButton2: TRadioButton;  
 Image6: TImage;  
 SaveDialog2: TSaveDialog;  
 Image5: TImage;  
 Image3: TImage;  
 Image7: TImage;  
 Image2: TImage;  
 Label7: TLabel;  
 Label8: TLabel;  
 Panel16: TPanel;  
 Label17: TLabel;  
 Timer1: TTimer;

procedure satusatu ;  
 procedure satu;  
 procedure Button2Click(Sender: TObject);  
 procedure Label9MouseMove(Sender: TObject; Shift: TShiftState; X,  
     Y: Integer);  
 procedure Label9Click(Sender: TObject);  
 procedure Label9MouseLeave(Sender: TObject);  
 procedure Button3Click(Sender: TObject);  
 procedure RadioButton1Click(Sender: TObject);  
 procedure RadioButton3Click(Sender: TObject);  
 procedure edrbChange(Sender: TObject);  
 procedure EditrbChange(Sender: TObject);  
 procedure edmjcChange(Sender: TObject);  
 procedure edmjbChange(Sender: TObject);  
 procedure edkvChange(Sender: TObject);  
 procedure edittChange(Sender: TObject);  
 procedure EditmjcChange(Sender: TObject);  
 procedure EditmjbChange(Sender: TObject);  
 procedure EditsChange(Sender: TObject);  
 procedure EdtChange(Sender: TObject);  
 procedure RadioButton4Click(Sender: TObject);  
 procedure Button1Click(Sender: TObject);  
 procedure RadioButton5Click(Sender: TObject);  
 procedure Button8Click(Sender: TObject);  
 procedure Button4Click(Sender: TObject);  
 procedure Timer1Timer(Sender: TObject);

private  
     { Private declarations }  
 public  
     { Public declarations }  
 end;

var

```

Form1: TForm1;
c,re,rel, mjc,mjb,rb,kt,kv,tr,v,h,fd:real;
b,n,t:integer;
a1,mjc1,mjb1,rb1,kt1,kv1,tr1,v1,h1:real;
b1,n1,t1:integer;
filename:string;

```

implementation

```

uses U_TA1, U_TA2, U_TA3;

```

```

{$R *.dfm}

```

```

procedure TForm1.RadioButton1Click(Sender: TObject);// bagian ambil data berurutan
begin
shape2.Visible:=true;
n:= strtoint(editt.Text); //memasukkan waktu simulasi
mjc:=strtofloat(edmjc.Text); //memasukkan massa jenis fluida
mjb:=strtofloat(edmjb.Text); //memasukkan massa jenis bola
rb:=strtofloat(edrb.Text); // memasukkan jari-jari bola
kv:=strtofloat(edkv.Text); // memasukkan viskositas fluida
if mjc>=mjb then //jika massa jenis fluida >=massa jenis bola maka tampilkan pesan dan
jalankan proses di bawah ini
begin
  messagedlg('Massa jenis cairan < Massa jenis bola agar bola dapat tenggelam (hukum
Archimedes)',mtinformation,[mbOK],0);
  memo1.Clear;
  radiobutton1.Checked:=false;
  with memo1.Lines do// menampilkan masukkan di atas ke dalam kotak memo
  begin
    add('Massa Jenis Cairan : '+floattostr(mjc)+' g/cm3');
    add('Massa Jenis Bola : '+floattostr(mjb)+' g/cm3');
    add('Jari-jari Bola : '+floattostr(rb)+' cm');
    add('');
    add('Koefisien Viskositas : ');
    add('');
    add('Kecepatan terminal : ');
    add('');
    add('-----');
    add('Waktu(s) Kec.(cm/s) Perpindahan(cm) ');
    add('-----');
    add(' 0 0 0');// proses hanya sampai di sini dan tidak dilakukan
animasi bola maupun perhitungan
    shape2.Top:=0;
    label34.Caption:= 't s :';
    edit2.Clear;
    label40.Caption:= 't s :';
    edit5.clear;
    edit6.clear;

```



```

    button2.Enabled:=false;
end;
end
else
if mjc<mjb then //jika massa jenis fluida < massa jenis bola maka lanjutkan proses
begin
    kt:=((2/9)*((rb*rb*980)/kv)*(mjb-mjc));// hitung kecepatan terminal
    edit6.Text:=(format('%4.2f',[kt]));// tampilkan kecepatan terminal
    tr:=(2*rb*rb*mjb)/(9*kv);// hitung waktu relaksasi
    re:=mjc*kt*rb/kv;// hitung bilangan reynolds
    form4.edit1.Text:=(format('%4.2f',[re]));//tampilkan bilangan reynolds
    if re<1 then //jika bilangan Reynolds <1 maka lanjutkan proses
    begin
        button2.Enabled:=true;
        satusatu;
        radiobutton1.Checked:=false;
        radiobutton2.Checked:=true;
    end;
end;
if re>1 then // jika bilangan reynolds>1 maka hentikan proses dan tampilkan pesan
begin
    form4.show;
    form1.Enabled:=false;
end;
    if radiobutton1.Checked then
        button2.Enabled:=true;
    end;

procedure tform1.satusatu; // Prosedur untuk menganimasi bola dan menghitung
kecepatan maupun perpindahan bola
var
    t:integer;
begin
    memo1.Clear;
    with memo1.Lines do // tampilkan kembali masukkan dalam kotak memo tersendiri
    begin
        add('Massa Jenis Cairan : '+floattostr(mjc)+' g/cm3');// massa jenis
        add('Massa Jenis Bola : '+floattostr(mjb)+' g/cm3');
        add('Jari-jari Bola : '+floattostr(rb)+' cm');
        add('');
        add('Koefisien Viskositas : '+floattostr(kv)+' poise');
        add('');
        add(format('Kecepatan Terminal : %4.2f ',[kt])+ 'cm/s');// kecepatan terminal
        add('');
        add('-----');
        add('Waktu(s)  Kec.(cm/s)  Perpindahan(cm) ');
        add('-----');
        b:=100*n;
        for t:= 0 to b do // untuk t =0 sampai 100 kali waktu simulasi maka lakukan proses di
        bawah

```

```

begin
radiobutton1.Enabled:=false;
h:=(kt*(t/100))-kt*tr*((1-exp(-(t/100)/tr))); // hitung perpindahan setiap saat
v:=kt*(1-exp(-(t/100)/tr)); // hitung kecepatan setiap saat
memo1.lines.add(format('%7.2f %17.2f %17.2f',[t/100,v,h])); // tampilkan perpindahan
dan kecepatan setiap saat
shape2.Top:=round(10*h); // gerakkan bola sesuai perpindahan
label34.Caption:=floattostr(t/100)+ ' s :';
edit2.Text:=(format('%4.2f',[h]));
label40.Caption:= floattostr(t/100)+ ' s :';
edit5.Text:=(format('%4.2f',[v]));
application.ProcessMessages; // proses diulang
sleep(1); // waktu tenggang 1/1000 detik
if radiobutton2.Checked then
begin // jika tombol radio(stop) diklik maka hentikan animasi dan proses perhitungan.
radiobutton1.Enabled:=true;
break;
end;
if t = b then // jika t mencapai waktu simulasi maka proses dihentikan
begin
radiobutton1.Enabled:=true;
radiobutton1.Checked:=false;
end;
end;
end;
end;

```

```

procedure TForm1.Button2Click(Sender: TObject); // prosedur untuk menampilkan grafik
begin
form2.show;
form2.checkbox1.Checked:=false;
form2.checkbox1.Enabled:=false;
form2.grafikv.Series[0].Clear; // reset grafik kecepatan
form2.grafikh.Series[0].Clear; // reset grafik perpindahan
form2.grafikg.Series[0].Clear; // reset grafik gaya hambat
form2.CheckBox1.Enabled:=false;
form2.CheckBox1.Checked:=false;
form2.Panel6.Visible:=false;
end;

```

```

procedure TForm1.RadioButton3Click(Sender: TObject); // bagian ambil data acak
dimana prosesnya mirip pada bagian di atas, perbedaannya adalah data (waktu,
perpindahan dan kecepatan dihitung tidak berurutan namun secara acak)
begin
button1.Enabled:=false;
button3.Enabled:=false;
button4.Enabled:=false;
shape1.Visible:=true;
n1:= strtoint(edit.Text); // masukkan waktu simulasi
mjc1:= strtfloat(editmjc.Text); // masukkan massa jenis fluida

```

```

mjb1:=strtofloat(editmjb.Text);// masukkan massa jenis bola
rb1:=strtofloat(editrb.Text);// masukkan jari jari bola
kv1:= strtofloat(edits.Text);// masukkan viskositas fluida
if mjc1>=mjb1 then// jika massa jenis fluida >= massa jenis bola maka tampilkan pesan
di bawah ini
begin
    messagedlg('Massa jenis cairan < Massa jenis bola agar bola dapat tenggelam (hukum
Archimedes)',mtinformation,[mbOK],0);
    memo2.Clear;
    radiobutton3.Checked:=false;
    with memo2.Lines do
begin

add('Waktu(s)  Kec.(cm/s)  Perpindahan(cm)' );
add('-----');
add(' 0          0          0');// proses hanya sampai di sini
shape1.Top:=0;
button3.Enabled:=false;
button4.Enabled:=false;
button1.Enabled:=false;
end;
end
else
    if mjc1<mjb1 then// jika massa jenis fluida < massa jenis bola maka lanjutkan proses di
bawah
begin
    kt1:=((2/9)*((rb1*rb1*980)/kv1)*(mjb1-mjc1));// hitung kecepatan terminal
    tr1:=(2*rb1*rb1*mjb1)/(9*kv1);// hitung waktu relaksasi
    re1:=mjc1*kt1*rb1/kv1;// hitung bilangan reynolds
    form5.edit1.Text:=(format('%4.2f',[re1]));
    if re1<1 then begin // tentukan syarat
        satu; // jika bilangan Reynolds <1 lakukan Prosedur satu taitu ambil data satu-satu dan
lakukan animasi bola
        end;
        if re1>1 then// jika bilangan reynold >1 maka hentikan proses
        begin
            form5.show;
            form1.Enabled:=false;
            end;
            if radiobutton3.Checked then
                button3.Enabled:=true;
            end;
        end;
    end;

procedure tform1.satu;// Prosedur animasi bola hitung perpindahan dan kecepatan bola
secara acak
var
    t1:integer;
begin
    memo2.Clear;

```

```

b1:=100*n1;
for t1:= 0 to b1 do
begin
radiobutton3.Enabled:=false;
h1:=(kt1*(t1/100))-kt1*tr1*((1-exp(-(t1/100)/tr1)));
v1:=kt1*(1-exp(-(t1/100)/tr1));
memo2.lines.add(format(' %10.2f %20.2f %20.2f',[t1/100,v1,h1]));
shape1.Top:=round(10*h1);
application.ProcessMessages;
sleep(1);
if radiobutton4.Checked then
begin
radiobutton3.Enabled:=true;
memo3.lines.add(format(' %9.2f %18.2f %18.2f',[t1/100,v1,h1]));//tampilkan harga
t,kec dan perpindahan
form3.grafikhc.Series[0].AddXY((t1/100),h1);// plot garfik perpindahan
form3.grafikec.Series[0].AddXY((t1/100),v1);// plot grafik kecepatan
form3.grafikket;// tampilkan garfik kecepatan
form3.grafikh1;// tampilkan grafik perpindahan
break;// hentikan proses satu persatu
end;
if t1=b1 then
begin
radiobutton3.Enabled:=true;
radiobutton3.Checked:=false;
end;
end;
end;

procedure TForm1.Label9MouseMove(Sender: TObject; Shift: TShiftState; X,
Y: Integer);
begin
label9.Font.Size:=9;
label9.Font.Color:=clred;
label9.Font.Style:=[fsbold];
end;

procedure TForm1.Label9Click(Sender: TObject);// Prosedur untuk menyimpan data
hasil simulasi
begin
if savedialog1.Execute then
memo1.Lines.SaveToFile(savedialog1.FileName);
end;

procedure TForm1.Label9MouseLeave(Sender: TObject);
begin
label9.Font.Size:=8;
label9.Font.Color:=clblack;
label9.Font.Style:=[];
end;

```

```

procedure TForm1.Button3Click(Sender: TObject);
begin
    form3.show;
end;

procedure TForm1.edrbChange(Sender: TObject);// Prosedur untuk mengubah ukuran
tampilan bola pada bagian ambil data berurutan
begin
    shape2.Visible:=false;
    button2.Enabled:=false;
    rb:=strtoint(edrb.Text);
    if rb <=1 then
    begin
        with shape2 do
        begin
            Width:=round(20*rb);
            Height:=round(20*rb);
            Top:=0;
            Left:=20-round(10*rb);
        end;
    end
    else
        if rb >1 then
            messagedlg('Diameter tabung fluida sebesar 3 cm,Isikan jari-jari bola kurang dari 1.5
cm',mtinformation,[mbOk],0);// pesan yang akan ditampilkan jika jari-jari bola melebihi
jari-jari tabung
        end;

procedure TForm1.EditrbChange(Sender: TObject);// Prosedur untuk mengubah ukuran
tampilan bola pada bagian ambil data acak

begin
    button3.Enabled:=false;
    rb1:=strtoint(editrb.Text);
    if rb1 <=1 then
    begin
        with shape1 do
        begin
            Width:=round(20*rb1);
            Height:=round(20*rb1);
            Top:=0;
            Left:=20-round(10*rb1);
        end;
    end
    else
        if rb1 >1 then
            messagedlg('Diameter tabung fluida sebesar 3 cm,Isikan jari-jari bola <=1.5 cm'
,mtinformation,[mbOk],0);
        end;
end;

```

```
procedure TForm1.edmjcChange(Sender: TObject);  
begin  
    button2.Enabled:=false;  
    shape2.Visible:=false;  
end;
```

```
procedure TForm1.edmjbChange(Sender: TObject);  
begin  
    button2.Enabled:=false;  
    shape2.Visible:=false;  
end;
```

```
procedure TForm1.edkvChange(Sender: TObject);  
begin  
    button2.Enabled:=false;  
    shape2.Visible:=false;  
end;
```

```
procedure TForm1.edittChange(Sender: TObject);  
begin  
    button2.Enabled:=false;  
    shape2.Visible:=false;  
end;
```

```
procedure TForm1.EditmjcChange(Sender: TObject);  
begin  
    button3.Enabled:=false;  
end;
```

```
procedure TForm1.EditmjbChange(Sender: TObject);  
begin  
    button3.Enabled:=false;  
end;
```

```
procedure TForm1.EditsChange(Sender: TObject);  
begin  
    button3.Enabled:=false;  
end;
```

```
procedure TForm1.EdtChange(Sender: TObject);  
begin  
    button3.Enabled:=false;  
    shape1.Visible:=false;  
end;
```

```
procedure TForm1.RadioButton4Click(Sender: TObject);  
begin  
    radiobutton3.Caption:='Ambil data lagi';  
    editmjc.Enabled:=false;  
    editmjb.Enabled:=false;
```

```

editrb.Enabled:=false;
edits.Enabled:=false;
button1.Enabled:=true;
button3.Enabled:=true;
button4.Enabled:=true;
end;

```

```

procedure TForm1.Button1Click(Sender: TObject);// Prosedur untuk mereset proses
begin
    shape1.Visible:=false;
    memo3.Clear;// reset kotak memo
    form3.grafikhc.Series[0].Clear;// reset grafik perpindahan
    form3.grafikec.Series[0].Clear;// reset grafik kecepatan
    button3.Enabled:=false;
    button4.Enabled:=false;
    radiobutton4.Checked:=false;
end;

```

```

procedure TForm1.RadioButton5Click(Sender: TObject);// Prosedur untuk mengubah
data
begin
    button1.Enabled:=false;
    button3.Enabled:=false;
    button4.Enabled:=false;
    shape1.Visible:=false;
    editmjc.Enabled:=true;
    editmjb.Enabled:=true;
    editrb.Enabled:=true;
    edits.Enabled:=true;
    memo3.Clear;
    form3.grafikec.Series[0].Clear;
    form3.grafikhc.Series[0].Clear;
end;

```

```

procedure TForm1.Button8Click(Sender: TObject);
begin
    memo1.Clear;
end;

```

```

procedure TForm1.Button4Click(Sender: TObject);// menyimpan data
begin
    if savedialog2.Execute=true then
        memo3.Lines.SaveToFile(savedialog2.FileName);
end;

```

```

procedure TForm1.Timer1Timer(Sender: TObject);// animasi tulisan “ simulasi bola
jatuh melalui fluida”
begin
    label17.Left:=label17.Left-1;
    if (label17.Left+label17.Width) <= 0 then

```

```
    label17.Left:=Panel16.Width;  
end;end.
```

```
unit U_TA1; // unit grafik ambil data berurutan
```

```
interface
```

```
uses
```

```
    Windows, Messages, SysUtils, Variants, Classes, Graphics, Controls, Forms,  
    Dialogs, StdCtrls, TeEngine, Series, ExtCtrls, TeeProcs, Chart, Buttons,  
    ComCtrls;
```

```
type
```

```
TForm2 = class(TForm)
```

```
    Shape3: TShape;  
    Panel5: TPanel;  
    Panel1: TPanel;  
    grafikv: TChart;  
    Series2: TLineSeries;  
    Panel6: TPanel;  
    Panel2: TPanel;  
    Label1: TLabel;  
    Label2: TLabel;  
    Edit1: TEdit;  
    Edit2: TEdit;  
    grafikh: TChart;  
    Series1: TLineSeries;  
    Panel8: TPanel;  
    Label3: TLabel;  
    Label4: TLabel;  
    Edit3: TEdit;  
    Edit4: TEdit;  
    Timer1: TTimer;  
    grafikg: TChart;  
    Series3: TLineSeries;
```

```
    Panel4: TPanel;  
    Button1: TButton;  
    Button2: TButton;  
    Button3: TButton;  
    CheckBox1: TCheckBox;  
    procedure grafikvt;  
    procedure grafikht;  
    procedure Grafikgaya;  
    procedure Label1Click(Sender:  
TObject);  
    procedure CheckBox1Click(Sender:  
TObject);  
    procedure Timer1Timer(Sender:  
TObject);  
    procedure Label7Click(Sender:  
TObject);  
    procedure Button1Click(Sender:  
TObject);  
    procedure Button2Click(Sender:  
TObject);  
    procedure Button3Click(Sender:  
TObject);
```

```
private
```

```
    { Private declarations }
```

```
public
```

```
    { Public declarations }
```

```
end;
```

```
var
```

```
    Form2: TForm2;
```

```
implementation
```

```
    uses U_TA;
```

```
{ $R *.dfm }
```

```
procedure TForm2.grafikvt;
```

```
var
```



```

t:integer;
begin
  with grafikv do
  begin
    Series[0].Clear; //mereset grafik kecepatan
    visible:=true;
    top:=24; //grafik berada pada 24 pixel dari atas)
    left:=24 ;
    height:=249;
    width:=489;
    LeftAxis.Automatic:=false;
    LeftAxis.Maximum:=round(kt) +1;
    grafikh.Visible:=false; // grafik perpindahan tidak terlihat
    grafikg.Visible:=false; // grafik gaya hambat tidak terlihat
    for t:=0 to n do
    begin
      v:=kt*(1-exp(-t/100/tr)); //menghitung kecepatan setiap saat
      grafikv.BottomAxis.Increment:=0.01;
      grafikv.Series[0].Addxy((t/100),v) ; //memplot grafik kecepatan
    end; end; end;

```

```

procedure TForm2.Label1Click(Sender: TObject);
begin
  shape3.Top:=0;
  grafikvt; //menampilkan grafik kecepatan
end;

```

```

procedure TForm2.grafikht; // prosedur untuk mengatur grafik kecepatan
var
  t:integer;
begin
  with grafikh do
  begin
    Series[0].Clear; // mereset grafik perpindahan
    visible:=true;
    top:=24;
    left:=24 ;
    height:=249;
    width:=489;
    grafikv.Visible:=false;
    grafikg.Visible:=false;
    for t:=0 to n do
    begin
      h:=(kt*(t/100))-kt*tr*((1-exp(-(t/100)/tr))); //menghitung perpindahan
      grafikh.BottomAxis.Increment:=0.01;
      grafikh.Series[0].Addxy((t/100),h) ; //memplot grafik perpindahan
    end; end; end;

```

```

procedure TForm2.Grafikgaya; // Prosedur untuk mengatur garfik gaya hambat fluida
var

```

```

t:integer;
begin
  with grafikg do
  begin
    Series[0].Clear; //mereset grafik gaya hambatan
    visible:=true;
    top:=24;
    left:=24 ;
    height:=249;
    width:=489;
    grafikv.Visible:=false;
    grafikh.Visible:=false;
    for t:=0 to n do
    begin
      v:=kt*(1-exp(-t/100/tr)); //menghitung kecepatan.
      c:= strtfloat(format('%4.2f',[v]));
      Fd:=6*3.14*rb*kv*v; //menghitung gaya hambatan
      //grafikg.BottomAxis.Increment:=0.01;
      grafikg.Series[0].Addxy(c,Fd) ; memplot grafik gaya hambatan sebagai fungsi kecepatan.
    end; end; end;

```

```

procedure TForm2.CheckBox1Click(Sender: TObject);
begin
  if CheckBox1.Checked then
  begin
    timer1.Enabled:=true;
  end
  else
  begin
    timer1.Enabled:=false;
  end; end;

```

```

procedure TForm2.Timer1Timer(Sender: TObject);//menganimasi grafik

```

```

var
  x:integer;
begin
  x:=shape3.Top;
  shape3.top:=shape3.top+1;
  series2.Pointer.Visible:=false;
  series1.Pointer.Visible:=false;
  v:=kt*(1-exp(-x/100/tr));
  grafikv.series[0].addxy(x/100,v);
  edit1.Text:=floattostr(x/100);
  edit2.Text:=(format('%4.2f',[v]));
  h:=(kt*(x/100))-kt*tr*((1-exp(-(x/100)/tr)));
  grafikh.Series[0].Addxy((x/100),h) ;
  edit3.Text:=floattostr(x/100);
  edit4.Text:=(format('%4.2f',[h]));
  if shape3.Top=100*n then

```

```
    timer1.Enabled:=false;  
end;
```

```
procedure TForm2.Label7Click(Sender: TObject);  
begin  
    grafikgaya;  
end;
```

```
procedure TForm2.Button1Click(Sender: TObject); // menghentikan animasi grafik  
kecepatan  
begin  
    shape3.Top:=0;  
    grafikvt;  
    series2.Pointer.Visible:=true;  
    series1.Pointer.Visible:=true;  
    grafikv.Visible:=true;  
    grafikh.Visible:=false;  
    panel6.Visible:=true;  
    panel2.Visible:=true;  
    panel8.Visible:=false;  
    edit1.clear;  
    edit2.clear;  
    checkbox1.Enabled:=true;  
    checkbox1.Checked:=false;  
end;
```

```
procedure TForm2.Button2Click(Sender: TObject); //menghentikan animasi grafik  
perpindahan  
begin  
    shape3.Top:=0;  
    grafikht;  
    series2.Pointer.Visible:=true;  
    series1.Pointer.Visible:=true;  
    panel2.Visible:=false;  
    panel6.Visible:=true;  
    panel8.Visible:=true;  
    grafikh.Visible:=true;  
    grafikv.Visible:=false;  
    edit3.clear;  
    edit4.clear;  
    checkbox1.Enabled:=true;  
    checkbox1.Checked:=false;  
end;
```

```
procedure TForm2.Button3Click(Sender: TObject); // mengatur garfik gaya hambat fluida  
begin  
    grafikgaya;  
    panel6.Visible:=false;  
end; end.
```

```

unit U_TA2; // unit grafik ambil data acak

interface

uses
  Windows, Messages, SysUtils, Variants, Classes, Graphics, Controls, Forms,
  Dialogs, TeEngine, Series, ExtCtrls, TeeProcs, Chart, StdCtrls;

type
  TForm3 = class(TForm)
    Panel4: TPanel;
    grafikhc: TChart;
    Series2: TLineSeries;
    grafikec: TChart;
    Series1: TLineSeries;
    procedure grafikkect;
    procedure grafikh1;

  private
    { Private declarations }
  public
    { Public declarations }
  end;

var
  Form3: TForm3;

implementation
  uses U_TA;
  {$R *.dfm}

  procedure TForm3.grafikkect; // menagtur grafik kecepatan
  begin
    grafikec.LeftAxis.Automatic:=false;
    grafikec.LeftAxis.Minimum:=0;
    grafikec.LeftAxis.Maximum:=round(kt1) +1;
    grafikec.BottomAxis.Minimum:=0;
    grafikec.BottomAxis.AutomaticMaximum:=true;
  end;

  procedure TForm3.grafikh1;
  begin
    grafikec.LeftAxis.Automatic:=false;
    grafikhc.LeftAxis.AutomaticMaximum:=true;
    grafikhc.BottomAxis.Minimum:=0;
    grafikhc.BottomAxis.AutomaticMaximum:=true;
  end;

```

end.  
unit U\_TA3; // unit untuk menjalankan kembali unit utama setelah terjadi error dimana  
error tersebut karena masukkan menghasilkan bilangan reynolds >1

interface

uses

Windows, Messages, SysUtils, Variants, Classes, Graphics, Controls, Forms,  
Dialogs, StdCtrls, ExtCtrls, jpeg;

type

TForm4 = class(TForm)  
  Edit1: TEdit;  
  Button1: TButton;  
  Image1: TImage;  
  procedure Button1Click(Sender: TObject);  
  procedure FormClose(Sender: TObject; var Action: TCloseAction);  
private  
  { Private declarations }  
public  
  { Public declarations }  
end;

var

Form4: TForm4;

implementation

uses U\_TA;

{ \$R \*.dfm }

procedure TForm4.Button1Click(Sender: TObject);  
begin  
  form4.Close;  
  form1.show;  
  form1.Enabled:=true;  
  form1.radiobutton1.Checked:=false;  
  form1.radiobutton2.Checked:=true;  
end;

procedure TForm4.FormClose(Sender: TObject; var Action: TCloseAction);  
begin  
  form1.show;  
  form1.Enabled:=true;  
  form1.radiobutton1.Checked:=false;  
  form1.radiobutton2.Checked:=true;  
end;

end.