

## **Perhitungan Kecepatan Terminal Obyek Jatuh di Udara**

**Catur Edi Widodo**

*Jurusan Fisika, FMIPA, Universitas Diponegoro*

### **Abstract**

*A program for determined terminal velocity of falling object in the air have been done with Python programming language version 4.2. Program was simulated interaction between massive object spheris with fluid gas (air). Program was construct by mean finite difference equation in object oriented programming Python. Object simulation is falling massive object spheris in static fluide. Input parameter is mass and radius object and viscosity of fluid. Output is direction and velocity of object. The result of simulation indicated the terminal velocity is depend on mass and radius of object and viscosity of fluid.*

### **Abstrak**

*Telah dibuat program untuk menghitung kecepatan terminal obyek jatuh diudara menggunakan bahasa pemrograman Python versi 4.2. Program berupa simulasi interaksi antara obyek pejal berbentuk bola dengan fluida gas (udara). Program dibangun berdasarkan metode beda hingga menggunakan bahasa pemrograman berorientasi obyek yaitu Python. Obyek yang disimulasikan adalah obyek pejal berupa bola yang jatuh dalam fluida berupa udara yang diam. Parameter input berupa massa dan jari-jari obyek serta kekentalan fluida (udara). Output berupa arah lintasan dan kecepatan obyek. Hasil simulasi menunjukkan bahwa kecepatan terminal tergantung dari massa dan jari-jari obyek serta kekentalan fluida (udara).*

### **Pendahuluan**

Di Indonesia, akhir-akhir ini banyak terjadi kecelakaan dalam dunia penerbangan, khususnya pada saat pendaratan. Banyak faktor yang berpengaruh terhadap pendaratan. Diantaranya tekanan udara, kecepatan dan arah pesawat serta kecepatan dan arah angin. Pertambahan kecepatan angin yang mendadak dibawah pesawat dapat menyebabkan pesawat jatuh karena tekanan udara dibawah pesawat lebih rendah daripada diatas pesawat [1]. Sebaliknya, pertambahan kecepatan angin yang mendadak diatas pesawat dapat menyebabkan pesawat terangkat keatas sehingga pesawat tidak dapat berhenti diujung landasan. Cuaca buruk juga dapat menyebabkan anomali udara sehingga alat penunjuk ketinggian (altimeter) tidak dapat menunjukan ketinggian yang sebenarnya. Fenomena-fenomena alam seperti inilah yang harus diperhatikan dalam dunia penerbangan. Dengan berkembangnya ilmu pengetahuan dan teknologi, hampir semua fenomena alam dapat disimulasikan

menggunakan komputer grafis. Simulasi komputer dibuat untuk mempermudah manusia mempelajari, mengamati, dan meramalkan fenomena-fenomena fisis yang mungkin terjadi. Pada prinsipnya simulasi dapat dilakukan dengan berbagai cara misalnya dengan deretan angka-angka, gambar, grafik, atau visualisasi dengan komputer. Dengan simulasi berbasis komputer, biaya yang dikeluarkan dapat diperkecil karena permodelannya tidak harus dalam dunia nyata dengan ukuran yang sebenarnya. Dengan simulasi berbasis komputer, resiko kecelakaan riset dapat ditekan menjadi nol persen [2]. Salah satu fenomena alam yang menarik untuk diamati adalah dinamika fluida. Dinamika fluida merupakan bagian dari mekanika fluida, suatu kajian mengenai efek yang ditimbulkan akibat interaksi obyek atau materi dengan fluida atau fluida dengan fluida lain [3]. Solusi eksak untuk interaksi yang sederhana misalnya benda ringan yang jatuh oleh pengaruh gravitasi dan gesekan udara diam dapat diturunkan secara analitik menggunakan hukum

Newton II. Tetapi untuk masalah dengan kondisi yang kompleks misalnya dalam udara yang bergerak/mengalir dengan kecepatan yang tidak tetap, dan tahanan udara tidak linier terhadap permukaan obyek, solusi secara analitik sudah tidak memungkinkan lagi. Cara yang ditempuh adalah dengan simulasi. Dengan simulasi, lintasan dan kecepatan obyek dapat digambarkan secara numeris maupun visual.

Tujuan penelitian ini adalah untuk mensimulasikan gerakan obyek ringan dalam fluida sesuai dengan hukum Newton II dan persamaan mekanika fluida. Obyek yang disimulasikan adalah benda padat berbentuk bola dalam fluida berbentuk gas yaitu udara.

### Dasar Teori

Dalam mekanika fluida dikenal dua jenis materi yaitu zat padat dan fluida. Zat padat dapat menahan regangan akibat gaya luar, sedangkan fluida tidak. Fluida memiliki sifat mudah mengalir jika diberi gaya regangan [4]. Fluida merupakan substansi yang tidak dapat menahan tegangan geser yang bekerja pada saat diam. Hal ini secara tidak langsung menunjukkan bahwa tegangan geser hanya timbul jika bergerak dan memiliki viskositas. Fluida yang tidak memiliki viskositas disebut fluida ideal dan tegangan geser tidak terjadi pada fluida ideal. Viskositas fluida ditentukan oleh tingkat hambatan yang ditimbulkan oleh aliran fluida yang bersangkutan [3]. Udara dapat dianggap sebagai fluida murni seperti fluida yang umum dikenal misalnya air, alkohol, dan bensin. Fluida murni mempunyai beberapa sifat sebagai berikut:

1. Sifat kinematik (kecepatan, percepatan, dan regangan).
2. Sifat transport (viskositas, konduktivitas termal, dan difusitas massa).
3. sifat termodinamika (tekanan, temperatur, dan koefisien ekspansi termal).

Jika obyek benda (zat padat) dilepas diudara (fluida), maka akan mendapat dua gaya yang berlawanan yaitu tarikan kebawah dari gaya gravitasi  $F_d$  dan gaya keatas dari tahanan udara  $F_v$  [5].  $F = F_d + F_v$ . Jika gaya kebawah diberi tanda positif, hukum kedua Newton dapat digunakan untuk merumuskan gaya yang disebabkan oleh gaya berat sebagai:  $F_d = m g$ , dengan  $g$  adalah konstanta gravitasi dan  $m$  adalah massa. Tahanan udara dapat dirumuskan dengan berbagai cara. Satu pendekatan yang sederhana adalah dengan menganggap bahwa tahanan udara berbanding linier terhadap kecepatan benda, sehingga:  $F_v = -c v$ . dengan  $c$  adalah konstanta kesebandingan yang disebut koefisien hambat (dalam  $Kg/det$ ). Jadi makin besar kecepatan jatuh, makin besar gaya keatas akibat tahanan udara. Parameter  $c$  menerangkan sifat-sifat obyek jatuh tersebut misalnya bentuk dan kekasaran permukaan yang mempengaruhi tahanan udara. Gaya netto adalah selisih antara gaya kebawah dan gaya keatas. Dari dua persamaan tersebut jika dikombinasikan dan disubstitusikan dengan persamaan  $F = m.a$  menghasilkan:  $m.a = m.g - c.v$  atau dengan membagi kedua ruas dengan  $m$  dan mengingat  $a = d^2y/dt^2$ , diperoleh:  $d^2y/dt^2 = g - c/m . v$ . Persamaan tersebut merupakan persamaan deferensial orde dua. Konstanta kesebandingan  $c$  tergantung dari dimensi dan kekasaran permukaan [1]. Untuk benda pejal dengan bentuk bola dengan jari-jari  $r$  diperoleh pendekatan secara empiris:  $c = .6 \Pi r \eta$  dengan  $\eta$  adalah viskositas ; untuk udara adalah  $0,081 \times 10^{-3} Pa.s$ .

### Metode

#### Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang diperlukan dalam penelitian ini adalah:

- Satu set komputer dengan prosesor pentium dan monitor berwarna.
- Sistem operasi Windows
- Bahasa pemrograman Python

## Tahapan

Tahapan penelitian mengikuti alur pengembangan perangkat lunak paradigma waterfall yang meliputi analisis requirement / persyaratan, desain, implementasi, dan testing. Tahapan analisis kebutuhan meliputi penentuan fungsi-fungsi perangkat lunak. Sebagai masukan dalam analisis adalah deskripsi sistem yang akan dibangun. Hasil analisis dituangkan dalam bentuk *Software Requirement Specification* berupa deskripsi fungsional, deskripsi informasi, dan deskripsi perilaku. Tahapan desain meliputi perancangan arsitektur sistem, antar muka dan algoritma yang siap diimplementasikan. Sebagai masukan dalam desain adalah *Software Requirement Specification*. Hasil proses tahap desain berupa *Design Specification* berupa desain struktur data, desain arsitektural, desain procedural, dan desain antar muka. Tahapan implementasi berupa penulisan program (*coding*) berdasarkan algoritma yang telah dihasilkan oleh tahap desain. Program dilaksanakan menggunakan bahasa pemrograman Python.

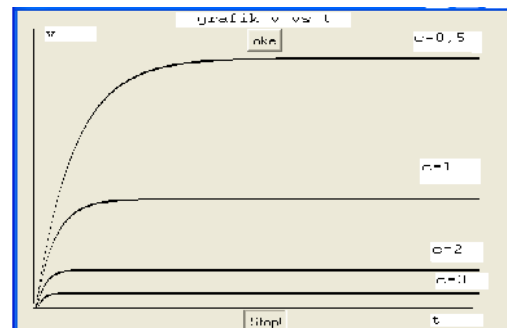
Tahapan testing atau pengujian dilakukan untuk mengetahui apakah program sudah benar. Pengujian berupa verifikasi apakah software yang dihasilkan sudah sesuai dengan spesifikasi yang diharapkan serta validasi apakah fungsi-fungsi yang terbentuk sudah benar/valid.

## Hasil dan Pembahasan

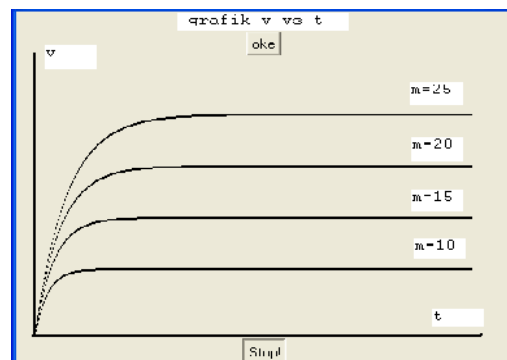
Setelah melalui tahapan-tahapan requiremen hingga pengujian, diperoleh hasil simulasi seperti pada gambar 1-3. Dengan menggunakan parameter-parameter:  $g=9,8 \text{ m/s}^2$ ,  $v_0 = 0$ , untuk benda bulat licin dengan massa jenis 1000 (berarti jari-jarinya =  $0,62 \text{ m}$  dan massanya 1 ton), jika dijatuhkan diudara yang memiliki viskostas  $0,018 \times 10^{-3}$ , diperoleh kecepatan terminal sebesar  $953 \times 10^3 \text{ m/s}$ . Kecepatan terminal ini dicapai setelah jatuh selama 100 jam dan melintasi jarak  $258 \times 10^6 \text{ km}$ . Artinya jika sebuah meteor

jatuh kebumi, maka ia hamper tidak akan mengalami gaya sebagai akibat tahanan udara, tetapi panas yang dihasilkan oleh gesekan dengan udara ini akan menghancurkan meteor tersebut.

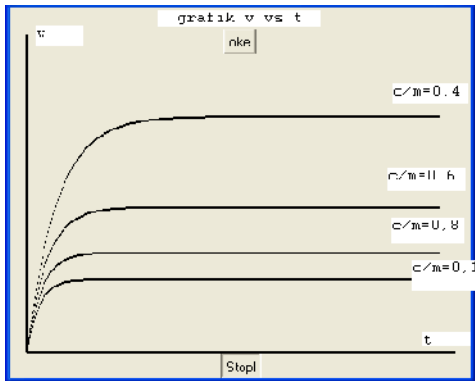
Dari percobaan simulasi dengan variasi  $c$  dan  $m$  tetap, diperoleh hasil bahwa makin besar diameter benda atau viskositas fluida, kecepatan terminal makin rendah. Dari percobaan simulasi dengan variasi  $m$  dan  $c$  tetap, diperoleh hasil bahwa makin besar massa benda yang jatuh, kecepatan terminal makin tinggi. Dari percobaan simulasi dengan variasi  $c/m$ , diperoleh hasil bahwa makin besar  $c/m$ , kecepatan terminal makin rendah. Artinya semakin kental zat alir, semakin kecil kecepatan terminal, semakin berat massa obyek, semakin besar kecepatan terminal dan semakin luas permukaan obyek, semakin kecil kecepatan terminal. Hal ini dapat untuk menjelaskan mengapa gumpalan kapas akan jatuh lebih lambat daripada gumpalan batu.



Gambar 1. Garfik  $v$  vs  $t$  pada variasi  $c$



Gambar 2. Grafik  $v$  vs  $t$  pada Variasi  $m$

Gambar 3. Grafik  $v$  vs  $t$  pada Variasi  $c/m$ 

## V. Kesimpulan

Dari hasil simulasi gerakan obyek ringan diudara ini diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Obyek ringan yang jatuh di udara akan mendapatkan gaya gesek yang cukup berarti sehingga suatu saat akan mencapai kecepatan terminal.

2. Besarnya kecepatan terminal berbanding lurus dengan massa obyek
3. Besarnya kecepatan terminal berbanding terbalik dengan viskositas udara
4. Besarnya kecepatan terminal berbanding terbalik dengan luasan permukaan obyek

## Daftar Pustaka

- [1] Giancoli, D., 1998, "Fisika" (terjemahan), Penerbit Erlangga, Jakarta.
- [2] Setiawan, S., 1990, "Sistem Simulasi", Andi Offset, Yogyakarta
- [3] Makrup, L., 2001, "Aliran Sungai dan Muara", U.I.I. Press, Yogyakarta.
- [4] White, M. F., 1979, "*Viscous Fluid Flow*", McGraw-Hill, New York.
- [5] Chapra, S. C., 1996, "Metode Numerik", Penerbit Erlangga, Jakarta.