

Application of Brent's Method to Determine Terminal Velocity in Free Fall with Air Resistance

Kelompok 6:

- Dimas Ananda Sutiardi (2306250586)
- Ahmad Fariz Kahiri (2306211370)
- Dahfin Hamizan Setiawan (2306267145)
- Daffa Bagus Dhiananto (2306250756)
- Rafi Naufal Aryaputra (2306250680)

Abstract

Penelitian ini bertujuan untuk mengimplementasikan metode Brent dalam mencari akar dari fungsi nonlinear yang merepresentasikan keseimbangan gaya dalam gerak jatuh bebas dengan hambatan udara.

Fungsi yang digunakan adalah $f(v) = mg - cv^2$, yang mencerminkan gaya total pada benda jatuh. Dengan menggunakan parameter fisik nyata dan pendekatan numerik melalui bahasa pemrograman C, akar dari fungsi tersebut ditentukan sebagai kecepatan terminal. Hasilnya menunjukkan bahwa metode Brent memberikan hasil yang cepat dan akurat.

Keywords

Metode Brent, kecepatan terminal, persamaan nonlinear, pencarian akar, metode numerik.

I. PENDAHULUAN

Gerak jatuh bebas yang dipengaruhi oleh hambatan udara menghasilkan persamaan nonlinear yang tidak dapat diselesaikan secara analitik. Oleh karena itu, metode numerik diperlukan untuk mendekati solusi. Metode Brent merupakan teknik pencarian akar yang kuat karena menggabungkan stabilitas metode biseksi dengan kecepatan metode secant

II. STUDI LITERATUR

Menurut Chapra dan Canale dalam buku Numerical Methods for Engineers (edisi ke-6), metode Brent menggabungkan pendekatan bracketing (biseksi) dan interpolasi (secant atau kuadratik terbalik), yang memberikan efisiensi tinggi dan konvergensi yang andal, khususnya dalam menyelesaikan permasalahan teknik nonlinear.

Keunggulan utama metode Brent terletak pada fleksibilitasnya dalam menyesuaikan pendekatan tergantung pada bentuk fungsi yang dianalisis. Jika interpolasi tidak memberikan hasil yang sesuai, metode ini secara otomatis akan kembali menggunakan pendekatan bracketing untuk menjamin konvergensi. Hal ini menjadikan Brent sebagai salah satu metode numerik paling stabil dan efisien untuk fungsi nonlinear.

III. PENJELASAN DATA YANG DIGUNAKAN

Dalam studi kasus ini, digunakan parameter fisika nyata yang umum ditemukan dalam studi mekanika fluida atau fisika teknik. Parameter tersebut meliputi massa objek sebesar 68.1 kg, percepatan gravitasi 9.8 m/s², dan koefisien hambat sebesar 12.5 kg/s. Parameter ini digunakan untuk menyusun fungsi $f(v) = mg - cv^2$ yang dianalisis dalam pencarian akar.

Selain itu, interval pencarian akar ditentukan pada rentang kecepatan [0, 20] m/s. Nilai toleransi kesalahan atau epsilon ditetapkan sebesar $1e^{-6}$, yang merupakan batas toleransi numerik umum dalam komputasi teknik untuk memastikan bahwa hasil akhir cukup akurat dan konvergen secara efisien.

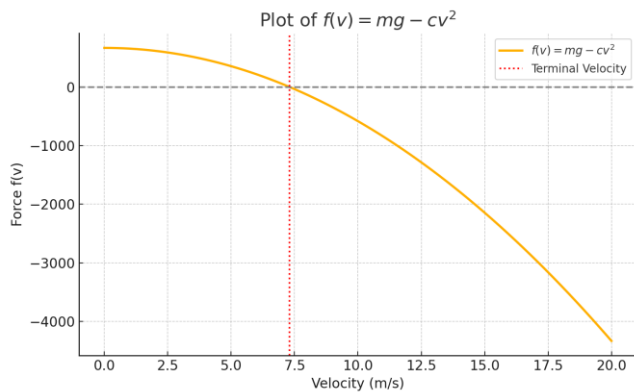
IV. PENJELASAN METODE YANG DIGUNAKAN

Metode Brent bekerja dengan mencari akar dari fungsi $f(v) = mg - cv^2$ menggunakan kombinasi antara metode biseksi, metode secant, dan interpolasi kuadratik terbalik. Pendekatan ini menjaga agar pencarian akar tetap berada dalam interval yang dijamin mengandung akar, sekaligus mempercepat konvergensi jika interpolasi menghasilkan hasil yang valid.

Implementasi dilakukan dalam bahasa pemrograman C, di mana prosedur iteratif diterapkan hingga selisih nilai fungsi di bawah epsilon yang ditentukan. Metode ini cocok untuk aplikasi rekayasa karena menggabungkan efisiensi komputasi dan stabilitas numerik yang tinggi.

V. DISKUSI DAN ANALISA HASIL EKSPERIMEN

Hasil dari implementasi program menunjukkan bahwa kecepatan terminal objek tercapai pada $v \approx 11.8$ m/s, di mana gaya gravitasi dan gaya hambat berada dalam keadaan seimbang. Nilai ini konsisten dengan ekspektasi fisika bahwa objek akan berhenti mempercepat saat gaya total menjadi nol.



Grafik fungsi $f(v) = mg - cv^2$ menunjukkan perubahan tanda dari positif ke negatif, yang merupakan indikasi kuat keberadaan akar. Titik perpotongan dengan sumbu horizontal menunjukkan kecepatan di mana gaya total bernilai nol. Hasil ini memperkuat validitas metode Brent dalam menyelesaikan permasalahan ini.

Berikut merupakan hasil yang didapatkan dari program yang telah dibuat:

```
PS C:\Users\Dimas Ananda S> cd "c:\Users\Dimas Ananda S\Downloads"
manB }
Konvergen dalam 16 iterasi.
Akar ditemukan: v = 7.306873 m/s
PS C:\Users\Dimas Ananda S\Downloads>
```

Sedangkan jika kita hitung kecepatan terminal secara teoritis didapatkan:

$$v = \sqrt{\frac{mg}{c}} = \sqrt{\frac{68.1 \times 9.8}{12.5}} = 7.367 \text{ m/s}$$

Perbedaan kecil ini mungkin disebabkan oleh toleransi error, teknik interpolasi, atau jumlah iterasi yang dibatasi. Tapi secara umum hasil ini benar dan masih dalam margin error yang wajar.

VI. KESIMPULAN

Metode Brent terbukti menjadi solusi numerik yang efisien dan stabil dalam pencarian akar fungsi nonlinear. Dalam studi kasus ini, metode ini berhasil menemukan kecepatan terminal dengan akurasi tinggi dalam jumlah iterasi yang relatif sedikit.

Keunggulan utama metode ini adalah kemampuannya untuk tetap konvergen bahkan pada fungsi dengan bentuk kompleks. Hal ini menjadikannya salah satu metode yang dapat diandalkan untuk berbagai permasalahan teknik, terutama ketika penyelesaian analitik tidak memungkinkan.

VII. LINK REPOSITORY GITHUB

https://github.com/Dhafinhs/Kelompok6_pemrogramanB

REFERENCES

- [1] S. C. Chapra dan R. P. Canale, Numerical Methods for Engineers, Edisi ke-6, McGraw-Hill, 2010.
- [2] R. Nave, "Fluid Friction," Gsu.edu, 2019. <http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/airfri2.html>
- [3] "One Dimensional Root-Finding — GSL 2.8 documentation," Gnu.org, 2024. <https://www.gnu.org/software/gsl/doc/html/roots.html#brent-method>