

Tugas Proyek Ujian Akhir Semester

Menentukan Koefisien Drag Parasutis Menggunakan Metode Bisection

Komputasi Numerik 02

M. Avicenna Raffaiz Adiharsa
2206062844

Departement Teknik Elektro
Universitas Indonesia
Depok, Indonesia

Abstract—Studi ini bertujuan untuk menentukan nilai koefisien drag udara yang bekerja pada seorang parasutis selama proses jatuh bebas menggunakan metode numerik Bisection. Permasalahan diformulasikan ke dalam bentuk persamaan non-linear yang tidak dapat diselesaikan secara analitik, sehingga diperlukan pendekatan numerik. Dengan data massa parasutis sebesar 68.1 kg, kecepatan akhir 40 m/s, dan waktu jatuh 10 detik, simulasi dilakukan dalam bahasa pemrograman C. Hasil menunjukkan bahwa metode Bisection berhasil menentukan nilai c dengan konvergensi stabil dan galat relatif yang rendah.

I. PENDAHULUAN

Metode numerik merupakan alat penting dalam menyelesaikan persoalan rekayasa yang tidak memiliki solusi eksak secara analitik. Salah satu contohnya adalah perhitungan parameter dalam sistem fisik nonlinier seperti gaya hambat udara yang bekerja pada seorang parasutis saat jatuh bebas. Dalam kasus ini, kita ingin menentukan koefisien drag udara c yang mengakibatkan parasutis mencapai kecepatan tertentu setelah waktu tertentu. Karena model matematis yang digunakan berbentuk fungsi eksponensial nonlinier, pendekatan numerik diperlukan untuk mencari nilai c yang memenuhi persamaan tersebut.

Metode Bisection dipilih karena keandalannya dalam menemukan akar dari fungsi kontinu yang berubah tanda pada suatu interval. Meskipun tergolong metode paling sederhana dalam kelompok bracketing, Bisection menjamin konvergensi dan relatif mudah diimplementasikan dalam program komputer.

II. STUDI LITERATUR

Metode Bisection adalah salah satu teknik pencarian akar numerik tertua dan paling stabil. Ia bekerja dengan membagi dua interval $[x_l, x_u]$ yang diketahui mengandung akar, yaitu saat $f(x_l) \cdot f(x_u) < 0$. Setiap iterasi akan menghitung titik tengah $x_r = \frac{x_l + x_u}{2}$, dan memilih sub-interval baru yang masih mengandung akar berdasarkan tanda fungsi. Proses ini diulang hingga galat relatif e_a lebih kecil dari toleransi tertentu.

Keunggulan utama Bisection adalah kepastian konvergensi, tidak seperti metode lain seperti Newton-Raphson yang memerlukan turunan dan bisa gagal konvergen jika tebakan awal buruk. Kekurangannya adalah laju konvergensi yang

lambat dibanding metode lain. Sabharwal (2019) menunjukkan bahwa galat pada metode Bisection menurun separuh setiap iterasi, sehingga dapat diprediksi jumlah maksimum iterasi yang diperlukan untuk mencapai galat tertentu. Dalam pengembangan lanjut, metode Bisection bahkan telah dikembangkan menjadi bentuk kuantum (q-bisection) untuk efisiensi lebih tinggi pada sistem teknik.

III. PENJELASAN DATA YANG DIGUNAKAN

Simulasi ini menggunakan parameter fisis yang menggambarkan kondisi jatuh bebas seorang parasutis:

- Massa parasutis, $m = 68.1$ kg
- Waktu jatuh, $t = 10$ detik
- Kecepatan akhir, $v = 40$ m/s
- Percepatan gravitasi, $g = 9.81$ m/s²

Model matematis kecepatan terminal akibat gaya drag linier diturunkan dari hukum Newton dan diberikan oleh persamaan:

$$f(c) = \frac{gm}{c} \left(1 - e^{-\frac{ct}{m}} \right) - v$$

Tujuan dari pendekatan numerik ini adalah untuk menentukan nilai c sedemikian sehingga $f(c) = 0$, yaitu titik di mana kecepatan model setara dengan kecepatan aktual.

IV. PENJELASAN METODE YANG DIGUNAKAN

Metode Bisection diterapkan dengan batas awal $x_l = 12, x_u = 16$. Interval ini dipilih berdasarkan estimasi kasar dari grafik fungsi $f(c)$, yang menunjukkan perubahan tanda pada rentang tersebut. Toleransi galat relatif ditetapkan sebesar $\epsilon = 0.01\%$. Iterasi dilanjutkan hingga syarat berhenti terpenuhi, yaitu:

$$e_a = \left| \frac{x_r + x_{r,old}}{x_r} \right| \times 100 < \epsilon$$

Pemilihan interval awal sangat mempengaruhi keberhasilan metode. Bila $f(x_l) \cdot f(x_u) > 0$, maka algoritma akan gagal. Oleh karena itu, penting untuk mengestimasi secara grafis atau numerik interval yang valid. Selain itu, jumlah maksimum iterasi dibatasi untuk menghindari *infinite loop* jika toleransi tidak pernah tercapai.

V. DISKUSI DAN ANALISA HASIL EKSPERIMEN

Hasil simulasi menunjukkan nilai $c \approx 14.8$ setelah enam iterasi, dengan penurunan galat yang stabil dan sistematis:

Iterasi	x_l	x_u	x_r	ea (%)
1	12.0	16.0	14.000	-
2	14.0	16.0	15.000	6.667
3	14.0	15.0	14.500	3.448
4	14.5	15.0	14.750	1.695
5	14.75	15.0	14.875	0.847
6	14.75	14.875	14.8125	0.422

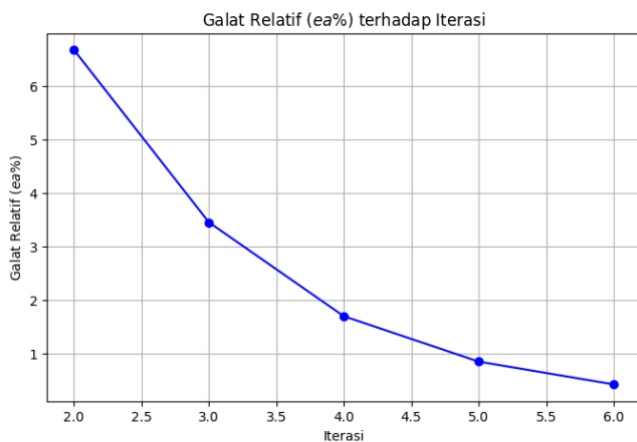


Fig. 1. Visualisasi galat relatif terhadap iterasi

Fig. 1. menunjukkan bahwa galat menurun hampir separuh tiap iterasi, sesuai teori metode Bisection. Ini menunjukkan stabilitas dan keandalan metode tersebut.

Diuji juga beberapa variasi interval awal, misalnya $x_l = 11$, $x_u = 17$. Hasil menunjukkan bahwa interval lebih lebar membutuhkan lebih banyak iterasi. Hal ini mendukung pentingnya memilih interval yang tidak terlalu besar namun cukup dekat dengan akar.

Jika metode Newton–Raphson digunakan, iterasi bisa lebih sedikit, namun fungsi ini memiliki turunan kompleks dan nilai awal yang buruk dapat menyebabkan divergensi. Metode Regula Falsi meskipun lebih cepat dari Bisection dalam beberapa kasus, sering kali stagnan di salah satu ujung interval. Dengan demikian, Bisection tetap metode yang cocok untuk kasus ini karena kesederhanaan dan jaminan konvergensinya.

VI. KESIMPULAN

Metode Bisection telah berhasil digunakan untuk menentukan koefisien drag pada kasus parasutis dengan presisi tinggi dan stabilitas konvergensi. Meskipun laju konvergensinya lambat, metode ini cocok untuk fungsi nonlinier kontinu yang memenuhi syarat perubahan tanda dalam interval. Nilai c yang diperoleh adalah sekitar 14.8 dengan galat relatif di bawah 0.01%.

Penambahan evaluasi sensitivitas dan perbandingan dengan metode numerik lain menunjukkan keunggulan praktis metode ini dalam konteks rekayasa dasar. Dengan implementasi sederhana dan hasil yang dapat diandalkan, metode Bisection sangat relevan untuk perhitungan teknik di dunia nyata

VII. LINK GITHUB

<https://github.com/avicennaraffaiz/ProyekUAS-Komnum02.git>

VIII. LINK YOUTUBE

<https://youtu.be/ddHMmRbx3Ro>

ACKNOWLEDGMENT

Penulis mengucapkan terima kasih kepada pengampu mata kuliah Komputasi Numerik atas materi dan bimbingan yang telah diberikan sepanjang perkuliahan. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada keluarga dan teman-teman atas dukungan dan doa selama proses penulisan laporan ini. kontribusi mereka sangat berarti dalam penyelesaian tugas proyek ini.

REFERENCES

- [1] S. C. Chapra and R. P. Canale, *Numerical Methods for Engineers*, 7th ed. New York: McGraw-Hill, 2014.
- [2] S. Rawat, N. Mehra, and A. Kumar, "Comparison of Bisection, Newton-Raphson and Secant Methods: A Case Study," *International Journal of Scientific Research in Computer Science, Engineering and Information Technology (IJSRCSEIT)*, vol. 9, no. 2, pp. 180–189, Mar. 2024.
- [3] C. L. Sabharwal, "A Novel Combined Algorithm for Root-Finding Problems," *Mathematics*, vol. 7, no. 6, pp. 543–554, Jun. 2019, [Online]. Available: <https://doi.org/10.3390/math7060543>
- [4] G. Gulshan, D. K. Srivastava, and M. A. Ansari, "A Novel Quantum Approach for Bisection Method," *Advances in Continuous and Discrete Models*, vol. 2023, Article ID 5837087, pp. 1–12, 2023, [Online]. Available: <https://doi.org/10.1155/2023/5837087>