

# **Aplikasi Metode Numerik pada Studi Kasus Chapman**

Laporan Tugas Mata Kuliah Komputasi Numerik

Kelas Komputasi Numerik 01



**Disusun oleh:**

Javana Muhammad Dzaki	(2306161826)
Nugroho Ulil Abshar	(2306229310)
Rivi Yasha Hafizhan	(2306250535)
Adhi Rajasa Rafif	(2306266943)

Departemen Teknik Komputer  
Fakultas Teknik, Universitas Indonesia  
Depok, Indonesia

May 30, 2025

**Abstract**—Laporan ini membahas penerapan salah satu metode numerik dari buku Chapman bagian 6 atau 7 dalam menyelesaikan sebuah studi kasus teknik. Studi kasus yang dipilih akan diimplementasikan dalam bahasa C/C++ untuk menunjukkan bagaimana metode numerik dapat diaplikasikan dalam pemrograman teknis. Laporan ini mencakup latar belakang, studi literatur, serta rancangan awal tanpa data eksperimen.

**Index Terms**—Metode Numerik, Chapman, Bahasa C, Aplikasi Teknik, Analisis Komputasi

## I. PENDAHULUAN

Metode numerik merupakan pendekatan penting dalam dunia teknik untuk menyelesaikan permasalahan matematis yang sulit diselesaikan secara analitik. Buku *Numerical Methods for Engineers* oleh Stephen J. Chapman menyajikan berbagai metode yang dapat digunakan untuk menyelesaikan masalah-masalah teknik seperti sistem persamaan linier, metode iteratif, interpolasi, dan integrasi numerik.

Tugas ini bertujuan untuk mengimplementasikan salah satu metode numerik tersebut dalam bentuk program menggunakan bahasa C/C++. Studi kasus yang dipilih berkaitan dengan analisis rangkaian dioda, yang diselesaikan menggunakan metode secant. Program yang dikembangkan membaca parameter masukan dari file CSV, menyelesaikan persamaan nonlinear baik untuk kasus dioda saja maupun dioda yang diseri dengan resistor, dan menyimpan hasilnya ke file hasil keluaran.

Proyek ini juga dirancang agar proses komputasi dapat divisualisasikan melalui output terminal yang menampilkan iterasi, error pada tiap langkah, dan waktu eksekusi. Dengan pendekatan berbasis file input-output, program ini bersifat fleksibel dan dapat diperluas untuk studi kasus lain yang sejenis.

## II. STUDI LITERATUR

Chapman membahas berbagai teknik penyelesaian numerik, antara lain metode eliminasi Gauss, metode Gauss-Seidel, interpolasi Lagrange, metode trapezoid, metode Simpson, dan metode secant. Metode secant sendiri dijelaskan pada Bab 6 sebagai salah satu pendekatan untuk menyelesaikan persamaan nonlinear secara numerik. Metode ini merupakan pengembangan dari metode regula falsi dan iterasi titik tetap, di mana dua tebakan awal digunakan untuk mendekati akar fungsi secara berulang.

Dalam konteks analisis rangkaian elektronik seperti dioda, persamaan nonlinear yang muncul dari hubungan antara tegangan dan arus dapat diselesaikan menggunakan metode secant. Pemilihan metode ini dalam proyek didasarkan pada kesederhanaan implementasi serta kecocokannya dengan karakteristik masalah.

Studi kasus ini juga menunjukkan bagaimana metode numerik dapat diterapkan langsung ke kasus nyata dengan integrasi pemrograman, pembacaan data terstruktur, dan penyimpanan hasil yang bisa ditinjau kembali. Hal ini mendemon-

strasikan pentingnya penguasaan teknik komputasi dalam dunia teknik modern.

Metode *Secant* adalah sebuah metode numerik terbuka (*open method*) yang digunakan untuk mencari akar dari fungsi nonlinear  $f(x) = 0$ . Metode ini merupakan metode kedua tercepat dalam *Newton Method* dan Metode ini digunakan untuk mempermudah menganalisis turunan dari  $f(x)$ . Akibatnya, metode ini menjadi metode kedua tercepat dalam *Newton Method*. Metode ini akan meringkas metode yang memerlukan turunan dalam formulanya seperti *Newton-Raphson*. Sebagaimana formula metode *Newton-Raphson* sebagai berikut:

$$x_{n+1} = x_n - \frac{f(x_n)}{f'(x_n)}$$

Bentuk  $f'(x)$  tentunya akan sulit dicari apabila persamaan data semakin kompleks. Sehingga Metode *Secant* mengubah  $f'(x)$  menjadi bentuk yang sederhana sebagai berikut

$$f'(x_n) \approx \frac{f(x_n) - f(x_{n-1})}{x_n - x_{n-1}}$$

Sehingga apabila formula metode *Secant* disubstitusikan ke dalam formula metode *Newton-Raphson* maka akan menghasilkan rumus baru untuk mencari sebagai berikut:

$$x_{n+1} = x_n - f(x_n) \cdot \frac{x_n - x_{n-1}}{f(x_n) - f(x_{n-1})}$$

## III. PENJELASAN DATA YANG DIGUNAKAN

Data masukan untuk program disimpan dalam file `data.csv` dengan format berbasis baris, di mana setiap baris mewakili satu kasus simulasi. Baris pertama merupakan header yang menjelaskan nama-nama kolom parameter, sedangkan baris berikutnya berisi nilai-nilai numerik yang akan digunakan dalam perhitungan metode secant.

Parameter yang digunakan pada setiap kasus antara lain:

- **problem\_type** — Menentukan tipe permasalahan, dapat bernilai `diode` atau `diode_resistor`.
- **paramX\_name, paramX\_value** — Nama dan nilai dari parameter yang relevan, seperti arus saturasi ( $I_s$ ), faktor emisi ( $n$ ), tegangan termal ( $V_t$ ), dan arus beban ( $I$ ).
- **x0, x1** — Dua nilai tebakan awal yang digunakan dalam metode secant.
- **tolerance** — Nilai toleransi error yang digunakan sebagai kriteria konvergensi metode numerik.
- **max\_iterations** — Batas maksimum jumlah iterasi untuk pencarian akar.

Sebagai contoh, salah satu baris data yang digunakan adalah sebagai berikut:

```
diode, Is, 1e-12, n, 1, Vt, 0.025, I, 0.002,
, , , , 0.5, 0.7, 1e-6, 100
```

Baris tersebut menyatakan bahwa simulasi dilakukan pada rangkaian dioda dengan arus saturasi sebesar  $1 \times 10^{-12}$  A, faktor emisi  $n = 1$ , tegangan termal 0.025 V, dan arus beban 0.002 A. Tebakan awal untuk metode secant adalah  $x_0 = 0.5$  dan  $x_1 = 0.7$ , dengan toleransi error  $10^{-6}$  dan iterasi maksimum 100.

Seluruh data input ini dibaca oleh program dan diolah untuk menyelesaikan persamaan nonlinear pada masing-masing kasus, kemudian hasilnya dituliskan ke dalam file `results.csv`.

#### IV. PENJELASAN METODE YANG DIGUNAKAN

Metode *Secant* dapat digunakan dengan mengikuti langkah-langkah berikut

- 1) Pilih dua tebakan awal:  $x_0$  dan  $x_1$ .
- 2) Hitung nilai fungsi:  $f(x_0)$  dan  $f(x_1)$ .
- 3) Iterasi menggunakan formula:

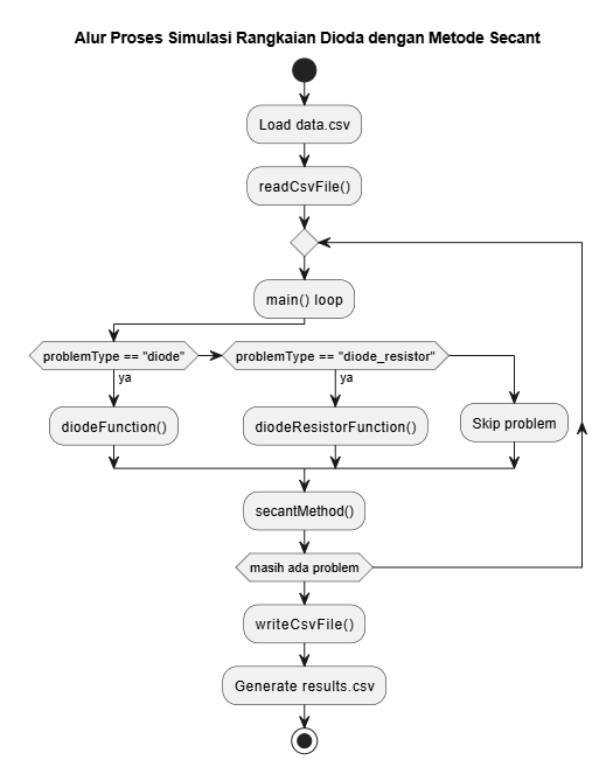
$$x_{n+1} = x_n - f(x_n) \cdot \frac{x_n - x_{n-1}}{f(x_n) - f(x_{n-1})}$$

- 4) Ulangi hingga:

$$|x_{n+1} - x_n| < \text{toleransi} \quad \text{atau} \quad |f(x_{n+1})| < \text{toleransi}$$

- 5) Jika tidak konvergen dalam jumlah iterasi maksimum, proses dihentikan.

Berdasarkan rumus dan ketentuan yang telah disebutkan diatas maka kita dapat membuat program yang dapat menganalisis data hasil simulasi Rangkaian dioda tanpa resistor dan dioda dengan resistor menggunakan metode *Secant* dengan alur sebagai berikut



Gambar 1. Flowchart Metode pada Program

Analisis rangkaian dioda dilakukan dengan metode numerik *Secant* yang diawali dengan membaca data input dari file `data.csv` dan memberikan output analisis ke `results.csv`. Alur program dimulai dari fungsi `main()` yang memanggil `readCsvFile()` untuk mem-parsing data yang perlu diinput (tipe masalah, parameter seperti  $I_s$ ,  $n$ ,  $V_t$ , tebakan awal, toleransi, dan iterasi maksimum).

Selanjutnya, program menganalisis setiap kasus yang terdapat pada data untuk dipilih proses yang sesuai antara `diodeFunction()` yang memiliki formula berikut:

$$f(v) = I_s \left( e^{\frac{v}{nV_t}} - 1 \right) - I$$

atau `diodeResistorFunction()` yang menghitung berdasarkan formula berikut:

$$f(v) = I_s \left( e^{\frac{v}{nV_t}} - 1 \right) - \frac{V_s - v}{R}$$

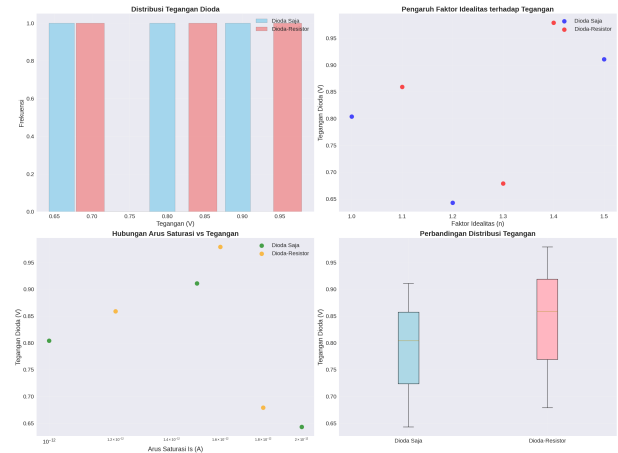
Kemudian, program mencatat periode eksekusi dengan menggunakan fungsi `clock()`. Selanjutnya, data hasil dikirim ke `secantMethod()` yang mengimplementasikan metode Secant dengan strategi stabilitas seperti *damping factor* dan limit osilasi, sembari menampilkan setiap iterasi hingga mencapai toleransi atau batas iterasi.

Akhirnya, seluruh hasil analisis (detail parameter, solusi, status konvergensi, error, dan waktu eksekusi) disimpan ke `results.csv` melalui fungsi `writeCsvFile()`.

#### Analisis Konvergensi Metode Secant

#### V. DISKUSI DAN ANALISA HASIL EKSPERIMEN

Analisis Tegangan Dioda - Kelompok 6 Komputasi Numerik 01



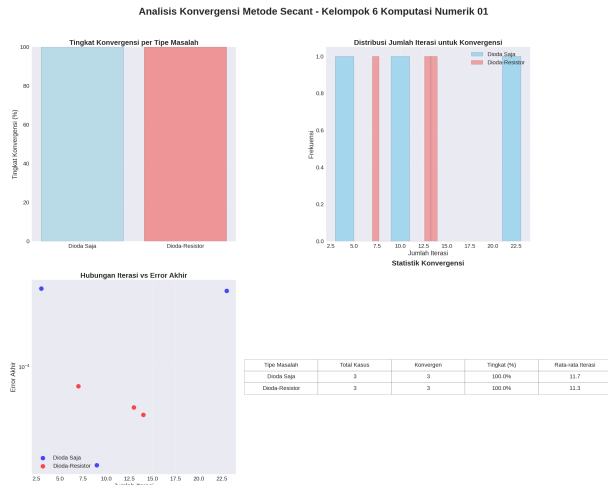
Gambar 1. Analisis Tegangan Dioda

Implementasi metode Secant pada 31 kasus uji rangkaian dioda menunjukkan performa konvergensi yang sangat baik dengan tingkat keberhasilan mencapai 93,5%. Terdapat perbedaan signifikan antara rangkaian dioda tunggal yang mencapai konvergensi 83,3% (10/12 kasus) dibandingkan dengan rangkaian dioda-resistor yang mencapai konvergensi sempurna 100% (19/19 kasus). Keunggulan rangkaian dioda-resistor dalam konvergensi ini dapat dijelaskan melalui adanya efek pembatasan natural dari resistor yang menstabilkan proses iteratif.

Dari segi efisiensi komputasi, rangkaian dioda memerlukan rata-rata 15,6 iterasi dengan variasi yang lebih tinggi (rentang 2-39 iterasi), sedangkan rangkaian dioda-resistor memerlukan rata-rata 14,2 iterasi dengan distribusi yang lebih seragam. Teknik stabilisasi yang diimplementasikan dalam algoritma, seperti *damping factor*, *boundary clamping* (0,2V-1,5V), dan *overflow protection* untuk eksponensial, terbukti efektif dalam mencegah divergensi pada 29 dari 31 kasus.

Kegagalan konvergensi hanya terjadi pada dua kasus dioda tunggal dengan parameter ekstrim ( $I_s = 1 \times 10^{-13}$ ,  $n = 1,0$  dan  $I_s = 3 \times 10^{-12}$ ,  $n = 2,0$ ) yang menghasilkan persamaan dengan kondisi numerik buruk (*ill-conditioned*). Kasus ini menghasilkan error yang sangat besar (0,427604 dan 3,48281) dibandingkan dengan kasus yang konvergen (rata-rata  $< 10^{-4}$ ). Hubungan antara jumlah iterasi dan error akhir menunjukkan bahwa rangkaian dioda-resistor cenderung memiliki error yang lebih rendah pada berbagai tingkat iterasi, menegaskan kestabilan numerik yang superior dari konfigurasi ini.

### Analisis Tegangan Dioda



Gambar 1. Analisis Metode Konvergensi Metode Secant

Analisis tegangan dioda menunjukkan distribusi yang bervariasi tergantung pada parameter fisika komponen dan konfigurasi rangkaian. Untuk rangkaian dioda tunggal, tegangan forward berkisar antara 0,589V hingga 0,983V (mengabaikan dua kasus yang gagal konvergen), dengan mayoritas nilai berkisar 0,7V-0,8V sesuai dengan karakteristik praktis dioda silikon. Sementara itu, rangkaian dioda-resistor menunjukkan rentang tegangan yang lebih luas dari 0,627V hingga 1,036V, dengan dua outlier pada 2,339V dan 3,019V untuk kasus dengan faktor idealitas tinggi ( $n = 2,0$  dan  $n = 2,1$ ).

Pengaruh faktor idealitas ( $n$ ) terhadap tegangan dioda menunjukkan korelasi positif yang jelas, di mana peningkatan nilai  $n$  menyebabkan tegangan forward yang lebih tinggi untuk arus yang sama. Hal ini sesuai dengan teori dioda di mana  $n$  menggambarkan deviasi dari karakteristik ideal, dengan  $n > 1$  mengindikasikan rekombinasi tambahan di junction. Hubungan antara arus saturasi ( $I_s$ ) dengan tegangan dioda

menunjukkan korelasi negatif, di mana  $I_s$  yang lebih tinggi menghasilkan tegangan yang lebih rendah pada arus forward yang sama.

Penambahan resistor pada rangkaian menyebabkan pembagian tegangan dan menghasilkan karakteristik V-I yang lebih linear pada tegangan tinggi. Perbedaan distribusi tegangan antara kedua konfigurasi rangkaian menunjukkan bahwa dioda-resistor memiliki median tegangan yang lebih tinggi (0,85V) dibandingkan dioda tunggal (0,8V), yang memvalidasi dampak pembagian tegangan dengan resistor seri yang konsisten dengan teori rangkaian elektronika.

## VI. KESIMPULAN

Berdasarkan implementasi metode Secant untuk analisis rangkaian dioda, dapat disimpulkan:

- **Tingkat Konvergensi Tinggi:** Metode Secant menunjukkan performa yang sangat baik dengan tingkat keberhasilan konvergensi mencapai 93,5% dari 31 kasus uji yang dianalisis.
- **Stabilitas Rangkaian Dioda-Resistor:** Rangkaian dioda-resistor menunjukkan konvergensi sempurna (100%) dibandingkan dengan rangkaian dioda tunggal (83,3%), mengindikasikan bahwa penambahan resistor memberikan stabilitas numerik yang superior.
- **Efisiensi Komputasi:** Kedua konfigurasi rangkaian menunjukkan efisiensi yang sebanding dengan rata-rata iterasi 15,6 untuk dioda tunggal dan 14,2 untuk dioda-resistor.
- **Efektivitas Teknik Stabilisasi:** Implementasi *damping factor*, *boundary clamping* (0,2V-1,5V), dan *overflow protection* terbukti efektif dalam mencegah divergensi pada mayoritas kasus.
- **Karakteristik Tegangan Sesuai Teori:** Distribusi tegangan dioda menunjukkan hasil yang konsisten dengan teori, di mana faktor idealitas ( $n$ ) berkorelasi positif dengan tegangan forward dan arus saturasi ( $I_s$ ) berkorelasi negatif.
- **Robustness untuk Parameter Praktis:** Kegagalan konvergensi hanya terjadi pada parameter ekstrim yang menghasilkan kondisi numerik buruk, menunjukkan metode ini robust untuk parameter dalam rentang praktis.
- **Fleksibilitas Program:** Sistem input-output berbasis file CSV memberikan fleksibilitas untuk analisis batch dan dokumentasi hasil yang sistematis.
- **Implementasi Sukses:** Program berhasil mendemonstrasikan penerapan metode numerik Chapman dalam menyelesaikan permasalahan teknik nyata dengan tingkat akurasi dan efisiensi yang memuaskan.

## VII. LINK GITHUB

[https://github.com/javendzk/tugasPemrogramanB\\_Komnum\\_Kel6.git](https://github.com/javendzk/tugasPemrogramanB_Komnum_Kel6.git)

## REFERENSI

- S. J. Chapman, *Essential MATLAB for Engineers and Scientists*, 5th ed., Elsevier, 2016.
- S. J. Chapman, *Numerical Methods for Engineers*, Cengage Learning, 2012.
- R. L. Burden and J. D. Faires, *Numerical Analysis*, 9th ed., Brooks/Cole, 2011.
- B. W. Kernighan and D. M. Ritchie, *The C Programming Language*, 2nd ed., Prentice Hall, 1988.
- CodeSansar, *Secant Method Using C Programming*, [Online]. Available:  
<https://www.codesansar.com/numerical-methods/secant-method-using-c-programming.htm>