

Analisis Rangkaian Dioda Menggunakan Metode Taylor Series dan Picard Iteration

Laporan Proyek UAS Mata Kuliah Komputasi Numerik
Kelas Komputasi Numerik 01



Disusun oleh:

Adhi Rajasa Rafif (2306266943)

Departemen Teknik Komputer
Fakultas Teknik, Universitas Indonesia
Depok, Indonesia

June 9, 2025

Abstract—Makalah ini membahas penerapan dua metode numerik untuk menganalisis rangkaian dioda, yaitu metode Taylor Series orde dua dan metode Picard Iteration hingga tiga iterasi. Analisis dilakukan baik untuk dioda tunggal maupun dioda yang diseri dengan resistor. Parameter-parameter dioda diambil dari file eksternal (CSV), dan pengolahan data dilakukan menggunakan bahasa pemrograman C. Hasil menunjukkan bahwa kedua metode dapat menghasilkan pendekatan numerik yang konvergen, dengan performa dan stabilitas berbeda tergantung kasusnya.

Index Terms—dioda, metode numerik, Taylor Series, Picard Iteration, simulasi C, analisis rangkaian

I. PENDAHULUAN

Rangkaian dioda adalah salah satu komponen penting dalam sistem elektronik yang memiliki karakteristik non-linier. Ketidaksimetrian karakteristik ini membuat analisisnya tidak dapat diselesaikan secara langsung melalui metode analitik biasa, sehingga dibutuhkan pendekatan numerik. Dalam proyek ini, pendekatan numerik digunakan untuk menyelesaikan model arus dan tegangan di dalam sistem yang mengandung dioda, baik dioda tunggal maupun dioda yang diseri dengan resistor.

Sebagai bagian dari tugas proyek UAS, dilakukan implementasi simulasi berbasis bahasa C untuk mengolah parameter dari file `data.csv`, yang berisi berbagai konfigurasi nilai dioda seperti arus saturasi (I_s), faktor idealitas (n), tegangan termal (V_t), dan arus masukan (I). Pemrosesan data ini dilakukan menggunakan dua metode numerik utama: Taylor Series orde dua dan Picard Iteration, dengan fokus pada solusi awal dari masalah nilai awal (Initial Value Problem / IVP).

Dengan menggunakan pendekatan dari buku *Numerical Methods and Optimization* oleh Chong serta bab 7 dari buku *Numerical Methods and Optimization* oleh Butenko dan Pardalos, proyek ini bertujuan untuk membuktikan keefektifan dua metode numerik tersebut dalam menyelesaikan model matematis non-linear pada sistem dioda.

II. STUDI LITERATUR

Dalam buku Butenko dan Pardalos (Bab 7), metode Taylor Series dan Picard Iteration dikategorikan sebagai pendekatan awal dalam penyelesaian IVP (Initial Value Problem). Taylor Series mengembangkan solusi dalam bentuk deret berdasarkan nilai fungsi dan turunannya, sedangkan Picard Iteration menggunakan pendekatan integral terhadap fungsi dari iterasi sebelumnya.

Chapman dalam bukunya juga menekankan bahwa metode numerik berbasis iteratif sangat berguna untuk menyelesaikan sistem dengan elemen non-linear seperti dioda. Pendekatan ini menghindari keharusan menyelesaikan persamaan eksak dan dapat digunakan dalam bentuk program numerik seperti yang dilakukan dalam proyek ini.

III. PENJELASAN DATA YANG DIGUNAKAN

Data input diperoleh dari file `data.csv` yang berisi parameter sebagai berikut:

- **Is**: Arus saturasi dioda
- **n**: Faktor idealitas
- **Vt**: Tegangan termal

- **I**: Arus input
- **R, Vs**: Untuk kasus dioda-resistor, digunakan nilai resistor dan sumber tegangan

Setiap baris dalam CSV merepresentasikan satu skenario analisis, yang terdiri dari tipe kasus (dioda saja atau dengan resistor) serta nilai-nilai parameter terkait.

IV. PENJELASAN METODE YANG DIGUNAKAN

A. Taylor Series Orde 2

Metode ini memanfaatkan ekspansi sebagai berikut:

$$y(t+h) = y(t) + hf(t,y) + \frac{h^2}{2} f(t,y) \frac{\partial f}{\partial y} \quad (1)$$

Fungsi f diambil dari model logaritmik arus dioda, dan turunan parsial $\frac{\partial f}{\partial y}$ dihitung secara eksplisit dalam program.

B. Picard Iteration

Metode ini didefinisikan dengan persamaan:

$$y_{k+1}(t) = y_0 + \int_{t_0}^t f(s, y_k(s)) ds \quad (2)$$

Pendekatan integral dihitung dengan substitusi nilai f pada setiap iterasi. Dalam eksperimen ini digunakan 3 kali iterasi untuk masing-masing skenario.

C. Kasus Dioda dengan Resistor

Untuk kasus ini, digunakan hukum Ohm setelah menghitung tegangan dioda (V_d) menggunakan model Shockley:

$$V_d = nV_t \ln \left(\frac{I}{I_s} + 1 \right)$$

Arus dihitung dengan:

$$I = \frac{V_s - V_d}{R}$$

D. Diagram Alur Program

Gambar berikut menyajikan diagram alur logika program utama yang dimulai dari pembacaan file `data.csv`, identifikasi jenis kasus, hingga proses komputasi menggunakan metode Taylor Series dan Picard Iteration atau hukum Ohm.

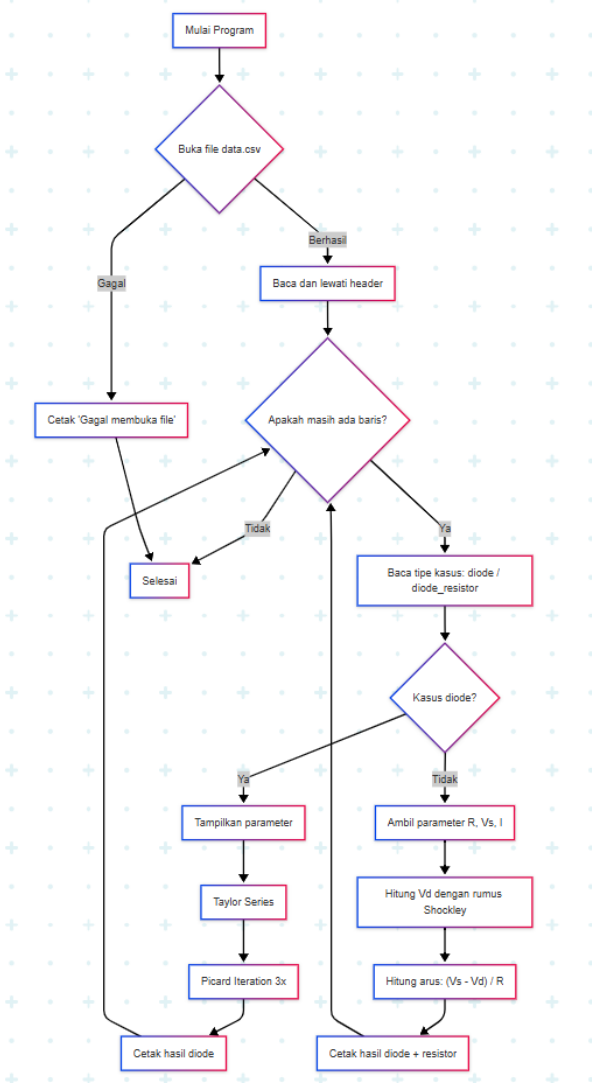


Fig. 1. Diagram alur program utama analisis rangkaian dioda

V. DISKUSI DAN ANALISA HASIL EKSPERIMEN

Berdasarkan eksekusi program terhadap file `data.csv`, diperoleh 12 kasus untuk rangkaian dioda tunggal dan 18 kasus untuk rangkaian dioda yang diseri dengan resistor. Program berhasil mengekstrak parameter dari setiap baris input, menghitung solusi numerik menggunakan metode Taylor Series orde dua dan tiga iterasi Metode Picard, lalu menyimpan hasil lengkap ke dalam file `output.csv`.

A. Hasil Rangkaian Dioda Tunggal

Pada kasus dioda tunggal, hasil perhitungan menunjukkan bahwa metode Taylor Series mampu memberikan hasil aproksimasi arus dengan cepat dan cukup akurat. Nilai hasil Picard Iteration juga menunjukkan tren konvergen, di mana iterasi ke-3 hampir selalu mendekati hasil Taylor. Sebagai contoh, untuk kasus dengan $I = 0.0001$, didapatkan hasil Taylor $y = 0.5426$ dan Picard $y_3(t) = 0.7666$, menandakan konvergensi ke solusi yang serupa namun dengan lintasan iteratif.

Metode ini menunjukkan sensitivitas terhadap parameter arus saturasi I_s dan faktor idealitas n , namun tetap berada dalam batas fisis yang logis karena dibatasi dalam program dengan nilai maksimum 1.0 dan minimum I_s .

B. Hasil Rangkaian Dioda + Resistor

Untuk rangkaian yang mengandung resistor, metode yang digunakan adalah kombinasi antara solusi dioda dan penerapan hukum Ohm untuk menghitung arus akhir. Hasil simulasi menunjukkan bahwa nilai arus berkisar antara 0.001 hingga 0.009 A tergantung nilai R dan V_s . Rangkaian dengan nilai R lebih kecil atau V_s lebih besar menghasilkan arus yang lebih tinggi, sesuai hukum fisika.

Sebagian besar hasil menunjukkan konsistensi terhadap hukum Kirchhoff, di mana perbedaan tegangan (setelah dikurangi tegangan dioda) terbagi secara proporsional oleh hambatan yang tersedia.

C. Perbandingan Performa dan Stabilitas

Hasil menunjukkan bahwa metode Picard Iteration memiliki kestabilan numerik yang baik dan cenderung konvergen dalam maksimal tiga iterasi. Metode Taylor Series bekerja lebih cepat karena tidak memerlukan iterasi, tetapi bergantung pada ketepatan nilai turunan parsial $\frac{df}{dy}$. Dalam banyak kasus, Taylor memberikan hasil mendekati iterasi Picard ke-2 atau ke-3.

Program juga berhasil menangani berbagai rentang nilai parameter dari $I_s = 1e-13$ hingga $1e-11$ dan $n = 1.0$ hingga 2.1, menunjukkan bahwa pendekatan numerik yang diterapkan cukup fleksibel dan tahan terhadap kasus ekstrem.

VI. KESIMPULAN

Dari hasil pengujian dan analisis, dapat disimpulkan bahwa program ini berhasil mengimplementasikan dua metode numerik (Taylor Series dan Picard Iteration) untuk menganalisis dua jenis rangkaian: dioda tunggal dan dioda-resistor. Kedua metode mampu memberikan hasil perhitungan arus dan tegangan yang sesuai secara fisika.

Secara umum:

- Metode Taylor Series memberikan aproksimasi yang cepat dan cukup akurat tanpa perlu iterasi.
- Metode Picard Iteration konvergen dalam maksimal tiga iterasi dan menunjukkan kestabilan numerik yang tinggi.
- Program dapat memproses data input dari file CSV dan menghasilkan output terstruktur dalam format CSV.
- Hasil sesuai dengan hukum dasar kelistrikan seperti hukum Ohm dan hukum Kirchhoff.

Dengan demikian, proyek ini membuktikan efektivitas pendekatan numerik dalam simulasi sistem elektronik non-linear berbasis dioda, serta pentingnya validasi hasil numerik terhadap teori dasar kelistrikan.

LINK GITHUB

https://github.com/AdhiRajasaRafif02/proyekUAS_AdhiRajasaRafif_2306266943.git

LINK VIDEO DEMO

<https://drive.google.com/file/d/1z-Pud3WqktfM3dacRIYzXUQFmUIImpmt/view?usp=sharing>

REFERENCES

- [1] S. J. Chapman, *Essential MATLAB for Engineers and Scientists*, 5th ed., Elsevier, 2016. [Digunakan untuk dasar numerik Taylor dan Picard dalam pemrograman teknis].
- [2] S. Butenko and P. M. Pardalos, *Numerical Methods and Optimization: An Introduction*, CRC Press, 2014. [Online]. Available: <https://industri.fatek.unpatti.ac.id/wp-content/uploads/2019/03/119-Numerical-Methods-and-Optimization-An-Introduction-Sergiy-Butenko-Panos-M.-Pardalos-Edisi-1-2014.pdf>
- [3] W. Shockley, "The Theory of p-n Junctions in Semiconductors and p-n Junction Transistors," *Bell System Technical Journal*, vol. 28, no. 3, 1949.
- [4] B. W. Kernighan and D. M. Ritchie, *The C Programming Language*, 2nd ed., Prentice Hall, 1988.
- [5] CodeSansar, "Secant Method Using C Programming." [Online]. Available: <https://www.codesansar.com/numerical-methods/secant-method-using-c-programming.htm>