

Grafik Step Response dari Rangkaian RC dengan Metode Iterasi

Muhammad Heronan Hyanda
(13218073)

Sekolah Teknik Elektro dan
Informatika
Bandung, Indonesia
muhammadheronan@gmail.com

Abstract—Pada tugas ini, mahasiswa membuat grafik RC step response dengan menggunakan bahasa pemrograman C. Masalah yang diberikan adalah berupa rangkaian RC sederhana dengan sebuah sumber tegangan, resistor, dan sebuah kapasitor. Dengan nilai resistansi dan kapasitansi yang telah diberikan, mahasiswa bisa menentukan besar tegangan ujung-ujung kapasitor dengan proses iterasi yang kemudian hasilnya disimpan ke file eksternal dan kemudian diolah menggunakan program Microsoft Excel untuk diplot menjadi grafik RC step response.

Keywords—RC step response, iterasi, differensial, file eksternal

I. PENDAHULUAN

Pada tugas ini, mahasiswa diberikan suatu rangkaian berbentuk seperti pada Fig. 1. Tujuan dari tugas ini adalah mahasiswa dapat menentukan RC step response dari rangkaian RC. Pada persoalan ini diberikan beberapa batasan seperti nilai R dan C yang sudah ditentukan dari awal yaitu, resistansi R sebesar 10 k Ω dan kapasitansi C sebesar 1 μ F serta mahasiswa tidak diperbolehkan untuk menggunakan rumus secara langsung. Proses yang digunakan adalah menganalisa terlebih dahulu rangkaian menggunakan analisis rangkaian kemudian diselesaikan menggunakan penyelesaian persamaan differensial. Oleh karena itu, karena harus menyelesaikan suatu persamaan differensial, penyelesaian dengan proses iterasi dirasa lebih cocok untuk digunakan.

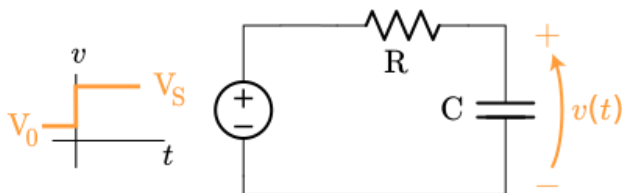


Fig. 1. Rangkaian RC [1]

II. STUDI PUSTAKA

A. RC Step Response

RC step response adalah jenis response yang dihasilkan oleh suatu rangkaian RC saat diberikan suatu masukan berupa step [2]. Kondisi ini biasanya terjadi saat sinyal input berubah secara instant/tiba-tiba (step input). Pada kasus rangkaian RC, proses ini dapat dijelaskan sebagai berikut; pertama, anggap kapasitor dalam keadaan kosong, arus belum mengalir. Lalu, rangkaian diberikan eksitasi sinyal masukan berupa step (perubahan nilai tegangan/arus input secara tiba-tiba) sehingga arus sudah mengalir pada rangkaian dan mengisi muatan pada kapasitor. Untuk waktu yang lama, tegangan kapasitor akan makin mendekati nilai tegangan sumber serta arus akan mendekati nilai 0. Untuk kondisi ini, disebut juga dengan kondisi *steady-state*.

B. Penyelesaian Masalah

Dengan menggunakan dasar teori RC step response pada bagian A, maka untuk kasus yang diberikan pada tugas ini dapat dianalisa terlebih dahulu untuk mendapatkan model matematika dari kasus tersebut sebelum nanti diimplementasikan pada bahasa C. Berikut langkah-langkah menganalisa rangkaian pada Fig. 1 dengan nilai R 10 k Ω dan C 1 μ F serta sumber tegangan (eksitasi step) dengan nilai maksimum $V_s = 5$ V.

- Pertama, kapasitor belum berisi (kosong) dan eksitasi input step belum diberikan.
- Selanjutnya, pada $t = 0$, diberikan input berupa eksitasi step sehingga arus mulai mengalir dengan besar $I = V_s/R$, namun kapasitor masih berupa *short circuit* akibat belum berisi muatan ($V_c = 0$)
- Seiring berjalannya waktu, kapasitor mulai diisi oleh muatan sehingga mengakibatkan nilai tegangan kapasitor (V_c) meningkat dan nilai arus mulai menurun karena muatan disimpan oleh kapasitor.
- Oleh karena itu, dapat dilakukan analisa mesh pada rangkaian tersebut dan didapatkan persamaan :

$$-V_c + IR + V_s = 0$$

Kemudian, diketahui juga bahwa arus yang mengalir pada rangkaian adalah arus yang sama dengan arus yang mengalir pada kapasitor, maka :

$$I = C \frac{d(-V_c)}{dt}$$

Sehingga kedua persamaan tersebut dapat menghasilkan, persamaan differensial secara umum yaitu :

$$\frac{dV_c}{dt} = \frac{V_s}{RC} - \frac{V_c}{RC}$$

- Kemudian, untuk memudahkan model matematikan agar dapat diimplementasikan pada program dengan bahasa C, persamaannya dapat diubah bentuknya menjadi :

$$dV_c = \left(\frac{V_s - V_c}{R} \right) \times \frac{dt}{C}$$

Dengan I ditulis sebagai

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

- Untuk memudahkan pemodelan proses iterasinya, bentuk dV_c dapat diubah kedalam bentuk :

$$dV_c = V_{c'} - V_c$$

Dengan $V_{c'}$ sebagai tegangan kapasitor sekarang dan V_c adalah tegangan kapasitor sebelumnya.

- Maka, pada persamaan yang akan digunakan pada proses iterasi adalah :

$$V_{c'} = V_c + dV_c = V_c + I \frac{dt}{C}$$

$$I = \frac{V_s - V_{c'}}{R}$$

Dengan arus awal adalah :

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

III. IMPLEMENTASI

Sebelum mengimplementasikan model matematikanya ke dalam bentuk program bahasa C, mahasiswa membuat terlebih dahulu rancangan alur kerja program pada flowchart dan kemudian mengimplementasikan flowchart tersebut ke dalam bentuk program untuk dieksekusi.

A. Flowchart (Alur Program)

Berikut merupakan flowchart (alur kerja) program untuk menghitung step response dari rangkaian RC.

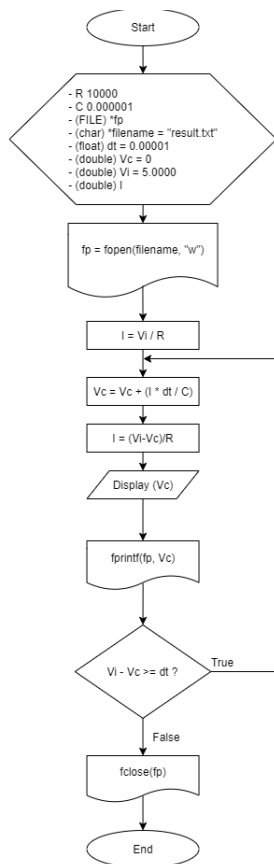


Fig. 2. Flowchart program menghitung RC step response

Berdasarkan flowchart pada Fig. 2, pertama dilakukan inisialisasi terlebih dahulu. Nilai R dan C ditentukan dengan menggunakan preprocessor directive `#define` sedangkan untuk variabel lain diinisialisasi sebagai variabel global. Selanjutnya, dilakukan pembuatan file untuk menampung data hasil perhitungan tegangan kapasitor untuk setiap hasil iterasi. Lalu, inisiasi nilai arus awal sebagai pembagian tegangan sumber dengan resistor. Selanjutnya, masuk ke dalam tahap iterasi dari program, karena menggunakan `do..while`, maka statement pada body loop dilakukan minimal sekali sehingga, V_c pada kondisi inisial ditentukan dengan nilai arus (I) awal sebelumnya. Selanjutnya setelah merubah nilai tegangan kapasitor, maka dilakukan juga perubahan nilai arus sehingga untuk setiap iterasi nilai tegangan kapasitor dan nilai arus diperbaharui dan juga dilakukan penulisan tegangan kapasitor ke file eksternal.

B. Implementasi pada Bahasa C

Berikut merupakan program hasil implementasi dari alur kerja program yang telah dirancang sebelumnya.

```

#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
#define R 10000
#define C 0.000001

int main()
{
    FILE *fp;
    char *filename = "result.txt";
    float dt = 0.00001;
    double Vc = 0;
    double Vi = 5.0000;
    double I;

    /* open for writing */
    fp = fopen(filename, "w");

    /* Write content to file */
    I = Vi/R;
    do
    {
        Vc += I * dt / C;
        I = (Vi - Vc)/R;
        printf("%lf\n", Vc); //print console
        fprintf(fp, "%lf\n", Vc); //print pada
        file dengan menggunakan stream
    } while (Vi - Vc >= dt);

    /*Closing File Properly*/
    fclose(fp);
}
  
```

Fig. 3. Source code

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Setelah program dijalankan hingga selesai, pada file result.txt akan muncul hasil sebagai berikut.

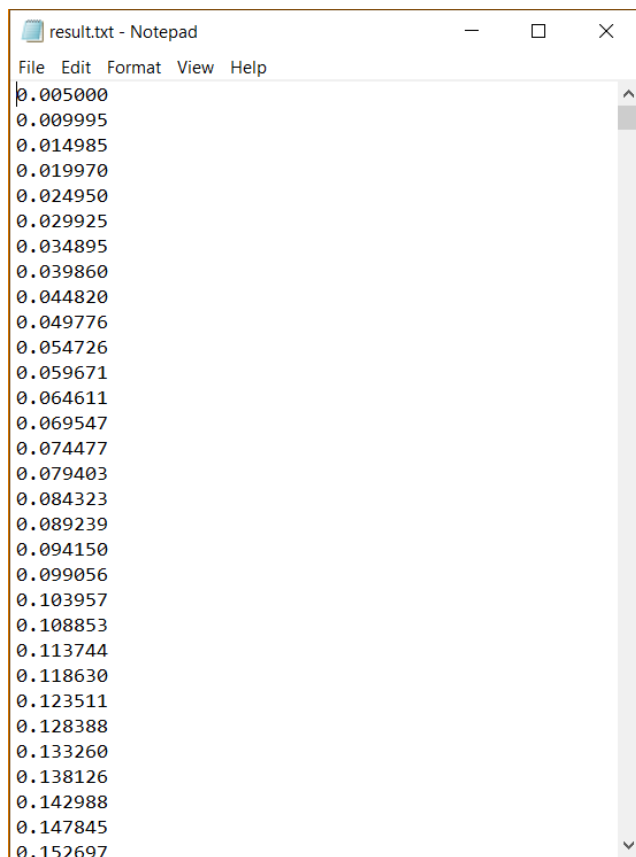


Fig. 4. Hasil pada file result.txt

Menggunakan data dari result.txt tersebut kemudian dipindahkan ke Excel untuk dilakukan plot ke dalam bentuk grafik, didapatkan grafik sebagai berikut.

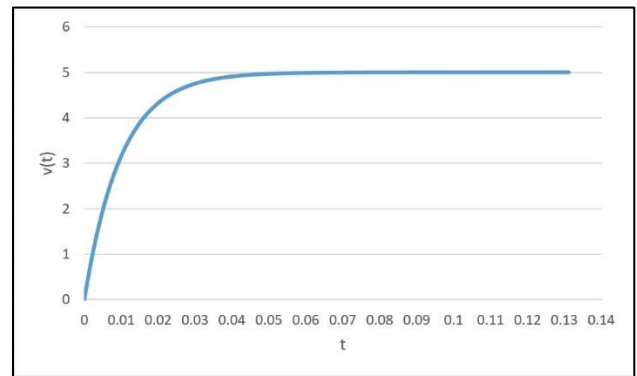


Fig. 5. Grafik RC Step Response

Untuk mengkonfirmasi apakah hasil grafik sudah menunjukkan hasil yang benar atau tidak, dapat dilihat dari posisi t pada saat sama dengan besar *time constant*. Nilai dari *time constant* untuk rangkaian RC adalah hasil perkalian antara R dan C yaitu 10 ms. Pada saat nilai t sama dengan nilai *time constant*, maka nilai tegangan kapasitor seharusnya 0,63 kali dari tegangan maksimum (kasus ini tegangan sumber) yaitu sekitar 3V. Maka, hasil grafik tersebut dapat dikatakan sesuai dengan yang seharusnya.

KESIMPULAN

Berdasarkan kasus serta penyelesaian yang telah dibuat diatas, dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut :

- Untuk memodelkan permasalahan dalam bentuk matematika perlu dilakukan analisis rangkaian terlebih dahulu dan persamaan matematika diubah ke dalam bentuk yang dapat dieksekusi dengan mudah ke dalam bentuk program.
- Grafik menunjukkan hasil yang sesuai dengan yang diharapkan yaitu nilai tegangan kapasitor pada saat t sama dengan *time constant* sekitar 3 V.

REFERENCES

- [1] https://spinningnumbers.org/i/rc_step1.svg, 14 Februari 2020, 22.00 WIB.
- [2] Charles K. Alexander dan Matthew N. O. Sadiku, Fundamentals of Electric Circuits, McGraw-Hill, USA, 2013.