

KARAKTERISTIK RANGKAIAN RL DAN RC MENGUNAKAN BAHASA KOMPUTASI MATLAB

Khairunnisa ¹⁾, Qamariah ²⁾, Jarot Wijayanto ³⁾

khairunnisa@poliban.ac.id ¹⁾, qamariah@poliban.ac.id ²⁾, jarot@poliban.ac.id ³⁾

^{1,2)} Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Banjarmasin

³⁾ Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Banjarmasin

Abstrak

Arus, tegangan, dan daya adalah parameter utama yang biasanya menjadi acuan bagi teknisi untuk diukur ketika mengoperasikan perangkat-perangkat listrik dan elektronika. Pengukuran menggunakan alat ukur konvensional berupa multimeter dan osiloskop, analog, maupun digital. Secara keseluruhan, hasil pengukuran seharusnya bisa menjadi acuan apakah respon rangkaian sudah sesuai dengan teori, apakah rangkaian layak atau tidak untuk diimplementasikan. Biasanya hasil pengukuran disajikan berupa tabel data. Beberapa tabel data dibuat dengan menggunakan variabel yang berbeda, kemudian disimulasikan dalam bentuk grafik. Grafik inilah yang biasanya dianggap sebagai karakteristik rangkaian. Untuk menghindari analisis berulang, diperlukan suatu modul komputasi praktis sehingga pembelajaran praktek rangkaian listrik dapat disajikan secara efektif dan efisien. Penelitian merancang suatu modul pembelajaran yang dapat menampilkan grafik karakteristik rangkaian meliputi arus, tegangan, dan daya berdasarkan persamaan sifat-sifat rangkaian sehingga dapat memberikan pemahaman yang lebih baik kepada mahasiswa sekaligus membuktikan teori yang sudah ada.

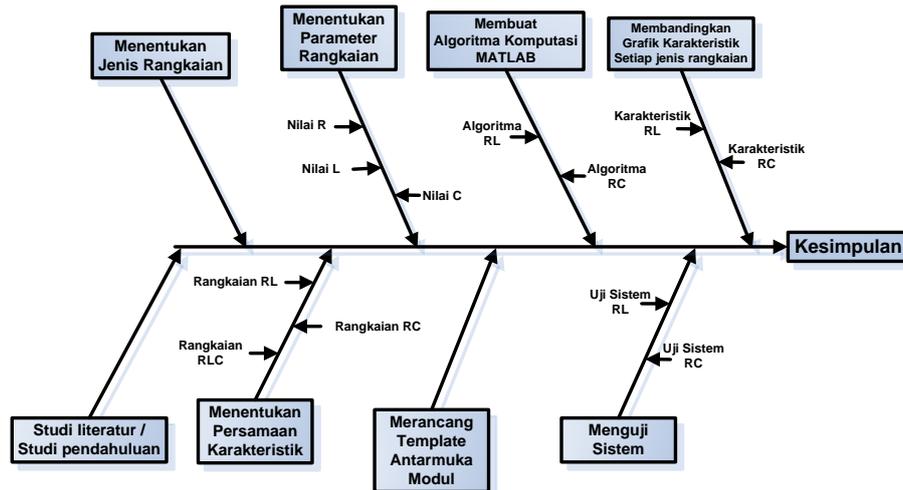
Kata Kunci : *Karakteristik, Rangkaian listrik, RL, RC*

1. PENDAHULUAN

Beberapa penelitian telah menyebutkan bahwa ada pengaruh antara pemanfaatan fasilitas belajar terhadap prestasi belajar siswa dimana metode pembelajaran interaktif memiliki keunggulan dalam hal peningkatan pemahaman dan hasil belajar peserta didik [1]. Terdapat peningkatan sebesar 34,7% dari hasil belajar Fisika dengan menggunakan multimedia interaktif pada sub konsep rangkaian listrik arus searah [2]. Namun akan lebih baik jika metode ini dikembangkan kontennya sesuai dengan kebutuhan pengguna.

Analisis rangkaian listrik merupakan salah satu ilmu dasar yang harus dimiliki oleh seseorang yang berkecimpung dalam bidang teknik elektro. Analisis melibatkan persamaan

rangkaiannya yang kompleks dimana setiap persamaan memiliki karakteristik yang berbeda untuk jenis rangkaian yang juga berbeda. Jenis rangkaian ditentukan oleh komponen penyusun rangkaian dan bagaimana komponen terhubung ke rangkaian. Karakteristik rangkaian diukur dari respon yang diterima oleh beban. Respon rangkaian terhadap beban biasanya meliputi respon arus, tegangan, dan daya. Penulis mencoba untuk membuat modul pembelajaran interaktif berkaitan dengan karakteristik rangkaian yang melibatkan komponen induktor (L) dan kapasitor (C).



Gambar 1. Fish Bone Diagram

Membuat aplikasi untuk analisis karakteristik rangkaian RL, RC dan RLC sehingga mempermudah dosen untuk memberikan wawasan dan pemahaman yang lebih baik kepada mahasiswa, khususnya pada mata kuliah Rangkaian Listrik di Jurusan Teknik Elektro.

2. METODE PENELITIAN

Secara berturut-turut, langkah-langkah penelitian yang dilakukan adalah :

- 1) Menentukan jenis rangkaian;
- 2) Menentukan persamaan karakteristik untuk setiap jenis rangkaian;
- 3) Menentukan jenis karakteristik yang akan ditampilkan;
- 4) Merancang template antarmuka modul;
- 5) Membuat algoritma komputasi;
- 6) Menguji Sistem;
- 7) Menjalankan Sistem;
- 8) Membandingkan grafik karakteristik berdasarkan parameter rangkaian yang dimasukkan;

Langkah-langkah penelitian secara sistematis ditunjukkan pada Gambar 1. Jenis rangkaian yang akan di analisis adalah fungsi alamiah dan fungsi pemaksa rangkaian RL dan RC. Karakteristik yang akan ditampilkan adalah karakteristik arus, tegangan dan daya terhadap variabel waktu t . Template dirancang dengan desain antarmuka yang memudahkan

user untuk memahami karakteristik rangkaian, dilengkapi dengan button-button untuk mengubah variable parameter. Algoritma komputasi dibuat berdasarkan persamaan karakteristik dan kebutuhan pengguna untuk input variable dan output grafik karakteristik.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Jenis Rangkaian dan Persamaan Karakteristik

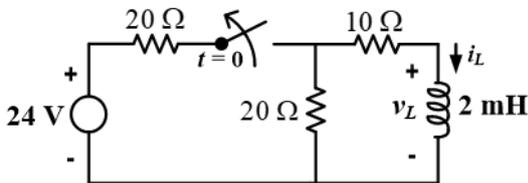
3.1.1 Respon Rangkaian RL dan RC

Rangkaian RL dan RC dalam analisis rangkaian adalah rangkaian yang mengandung hanya resistor (R) dan induktor (L) atau hanya resistor (R) dan kapasitor (C). Pada saat rangkaian sudah mencapai kondisi stabil, tiba-tiba sumber daya mati dengan mematikan saklar misalnya, artinya, rangkaian dari kondisi mantap tiba-tiba berubah kondisinya “menuju nol”. Saat demikian rangkaian dikatakan memiliki respons alamiah atau tanggapan alamiah (*natural response*), karena respons tergantung pada sifat umum rangkaian (jenis elemen-elemen, ukurannya, hubungan di antara elemen-elemen dsb) [3]. Pada saat rangkaian sedang tidak aktif, tiba-tiba sumber daya dinyalakan, artinya, rangkaian dari kondisi nol tiba-tiba berubah kondisinya “menuju mantap”. Saat demikian rangkaian dikatakan memiliki tanggapan paksaan (*forced response*) [4].

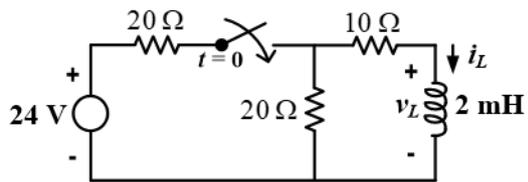
Fungsi tanggapan dalam analisis di sini dianalogikan sebagai saklar. Saklar belum berpindah dianalogikan rangkaian berada pada waktu $t = 0^-$, saklar tepat berpindah dianalogikan rangkaian berada pada waktu $t = 0^+$ dan saklar telah berpindah lama dianalogikan rangkaian berada pada waktu $t = \sim$. Pada saat perubahan kondisi $t = 0^-$ ke $t = 0^+$ berlaku sifat kondisi awal untuk arus induktor $i_L(t)$ dan tegangan kapasitor $v_C(t)$, yaitu [5].

$$i_L(0^-) = i_L(0^+) \quad (1)$$

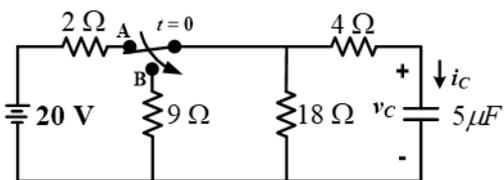
$$v_C(0^-) = v_C(0^+) \quad (2)$$



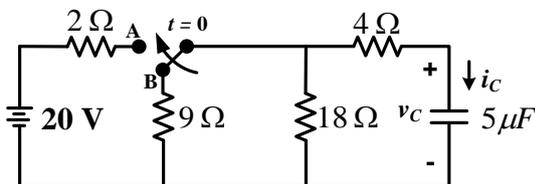
Gambar 2. Rangkaian RL fungsi alamiah



Gambar 3. Rangkaian RL fungsi paksa



Gambar 4. Rangkaian RC fungsi alamiah



Gambar 5. Rangkaian RC fungsi paksa

Jika sumber DC sudah terpasang lama pada rangkaian, maka akan membuat arus induktor dan tegangan kapasitor menjadi 0 (nol) [6]. Pada fungsi alamiah,

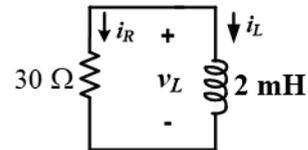
$$v_L(0^-) = 0 \text{ V} \quad (3)$$

$$i_C(0^-) = 0 \text{ A} \quad (4)$$

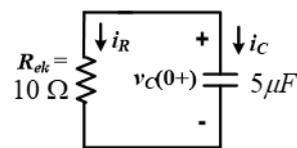
Dan pada fungsi paksa,

$$v_L(\sim) = 0 \text{ V} \quad (5)$$

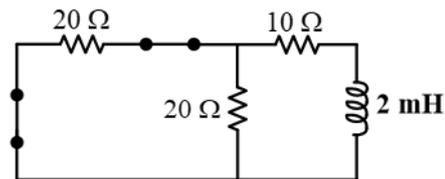
$$i_C(\sim) = 0 \text{ A} \quad (6)$$



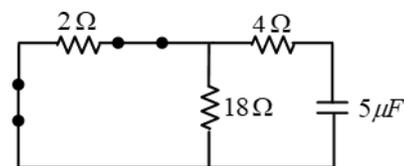
Gambar 6. RL ekuivalen fungsi alamiah



Gambar 7. RC ekuivalen fungsi alamiah



Gambar 8. RL ekuivalen fungsi paksa



Gambar 9. RC ekuivalen fungsi paksa

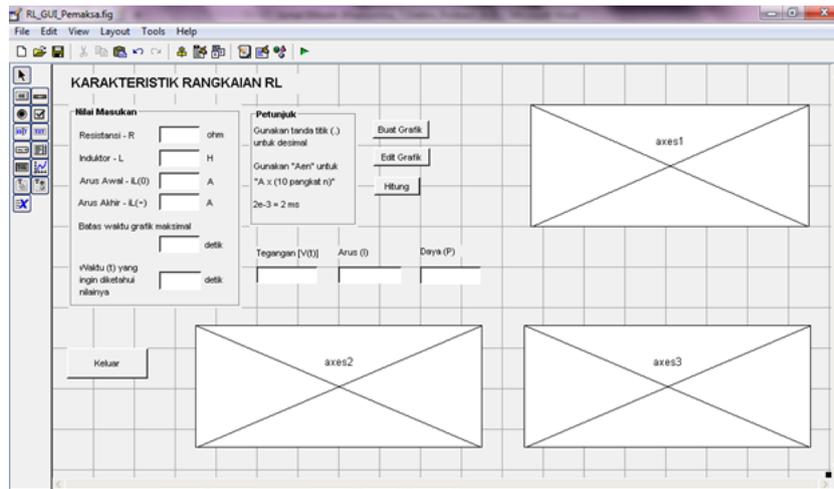
3.1.2 Respon Lengkap Rangkaian RL dan RC

Jika fungsi arus dan tegangan dinyatakan secara umum sebagai $f(t)$, respon lengkap rangkaian RL dan RC berturut-turut adalah [7],

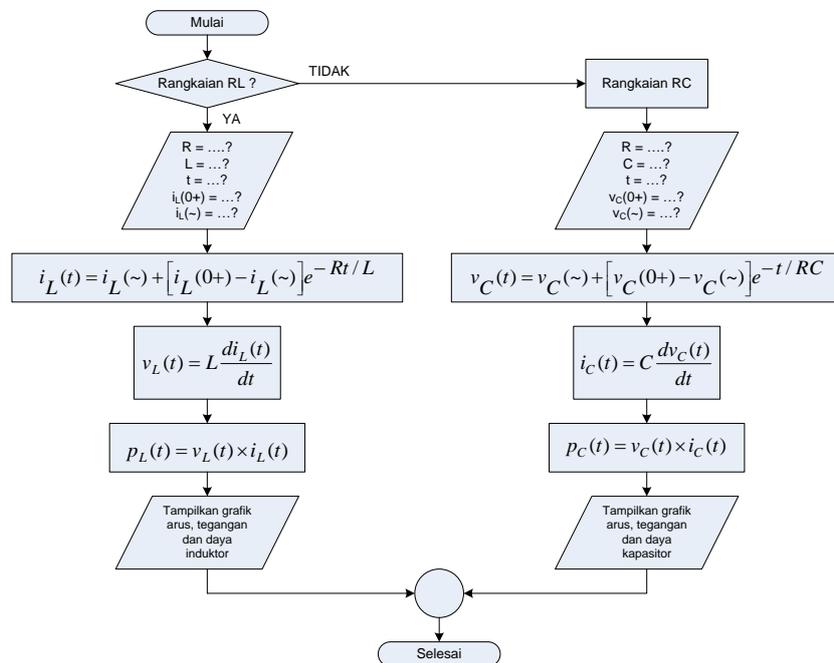
$$f(t) = f(\sim) + (f(0^+) - f(\sim))e^{-Rt/L} \quad (7)$$

$$f(t) = f(\sim) + (f_0 - f(\sim))e^{-t/RC} \quad (8)$$

Dimana R, L dan C berturut-turut adalah nilai ekuivalen total resistansi, induktansi dan kapasitansi rangkaian pada saat $t > 0$ yang didapatkan dengan menerapkan kaidah rangkaian seri – paralel.



Gambar 10. Desain *Template* Modul



Gambar 11. Flowchart algoritma

3.2 Desain *Template* Modul

Desain *template* modul sebagai antarmuka seperti yang ditunjukkan pada gambar 10 menggunakan fitur *Graphical User Interface* (GUI) dari Matlab. Prinsip kerja antarmuka modul disajikan dalam *flowchart* seperti yang ditunjukkan pada gambar 11.

3.3 Menguji Sistem

Sistem diuji pada rangkaian RL fungsi pemaksa pada $t = 0,1$ ms dengan nilai

konstanta ekivalen, $R = 20$ ohm, $L = 2$ mH, $i_L(0^-) = 0$ A, $i_L(\sim) = 0,6$ A.

3.4 Menjalankan Sistem

Setelah sistem di uji dan terbukti hasil yang ditampilkan oleh modul sesuai dengan karakteristik rangkaian yang telah dianalisis, maka selanjutnya modul dapat dijalankan sesuai jenis rangkaian yang diinginkan.

```

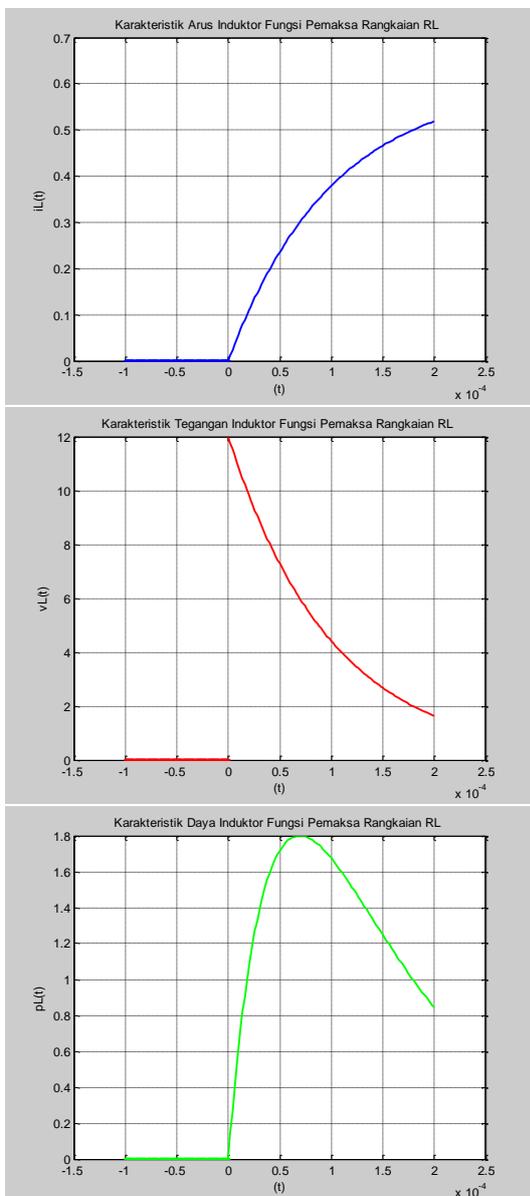
MATLAB
File Edit Debug Desktop Window Help
Current Directory: D:\Penelitian Pengembangan Dosen\2020\Matlab
Shortcuts How to Add What's New

 arus awal induktor (ampere)--> iL(0) = 0
 arus akhir induktor (ampere)--> iL(~) = 0.6
 Konstanta R ekuivalen (ohm) = 20
 Konstanta L ekuivalen (H) = 2e-3
 Batas interval waktu akhir > 0 = 0.2e-3

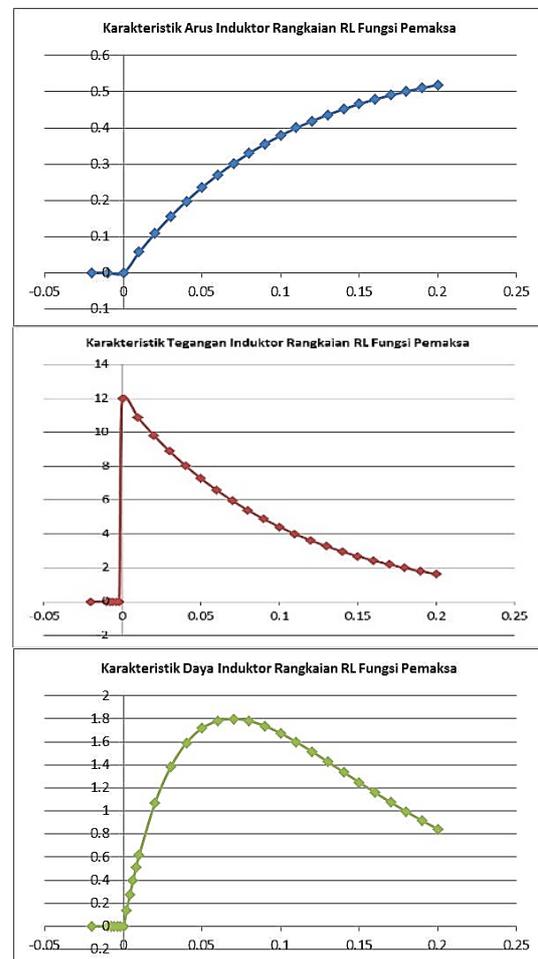
 waktu yang ingin diketahui nilai responnya = 0.1e-3

 nilai respon karakteristik rangkaian RL pada t = 0.0001 s adalah
 iL(t) = 0.37927 ampere
 vL(t) = 4.4146 volt
 pL(t) = 1.6743 watt
 >> |
    
```

Gambar 12. Uji sistem dengan Windows Matlab



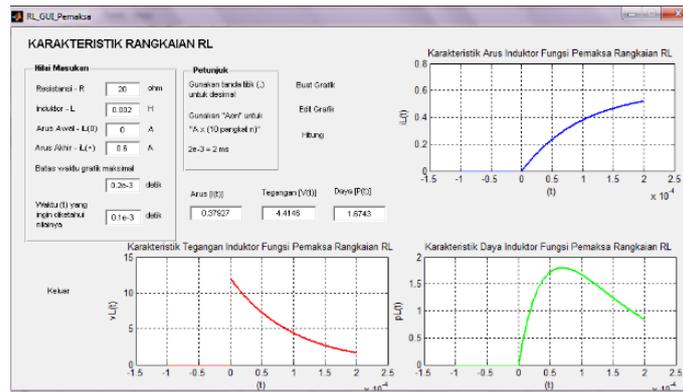
Gambar 13. Grafik hasil pengujian sistem dengan Windows Matlab



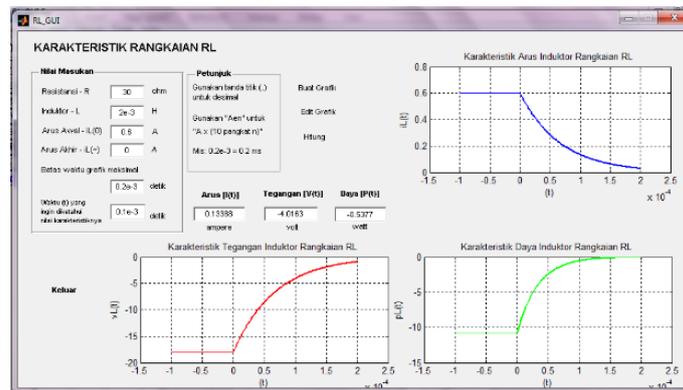
Gambar 14. Grafik hasil pengujian sistem dengan MS.Excel

3.5 Menjalankan Sistem

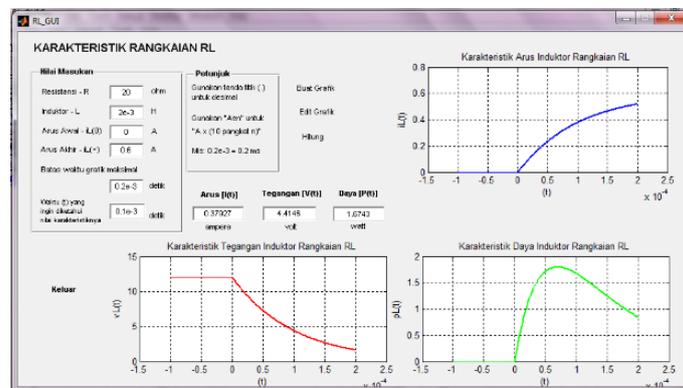
Setelah sistem di uji dan terbukti hasil yang ditampilkan oleh modul sesuai dengan karakteristik rangkaian yang telah dianalisis, maka selanjutnya modul dapat dijalankan sesuai jenis rangkaian yang diinginkan.



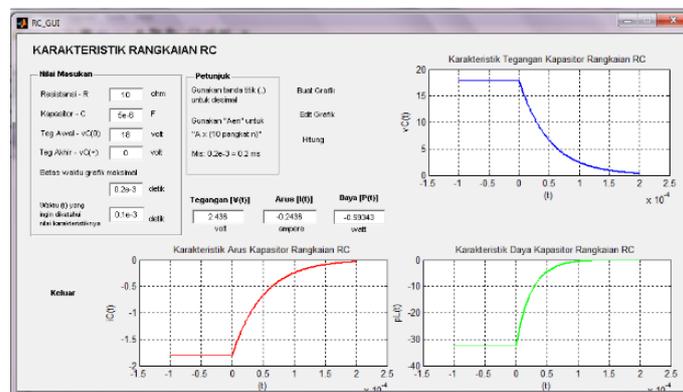
Gambar 15. Grafik hasil pengujian modul



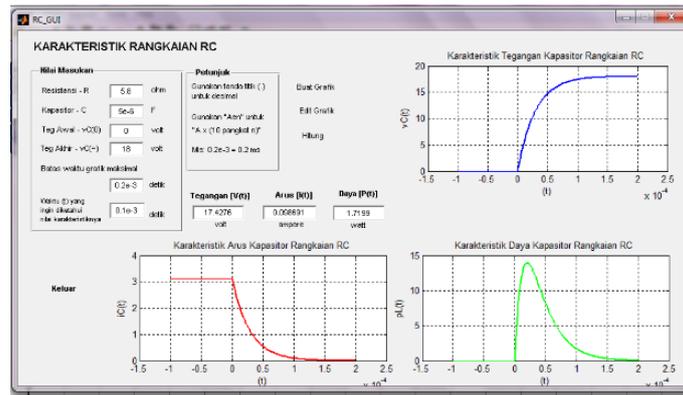
Gambar 16. Grafik karakteristik rangkaian RL fungsi aliamiah



Gambar 17. Grafik karakteristik rangkaian RL fungsi pemaksa



Gambar 18. Grafik karakteristik rangkaian RC fungsi aliamiah



Gambar 19. Grafik karakteristik rangkaian RC fungsi pemaksa

4. KESIMPULAN

Modul karakteristik rangkaian RL dan RC yang telah dibuat dapat menunjukkan sifat dari induktor dan kapasitor. Dalam analisis dibedakan tiga daerah waktu yaitu, sesaat sebelum dilakukan perubahan pada rangkaian (pada tulisan di sini yang dimaksud perubahan adalah posisi dari saklar pada rangkaian) yang dilambangkan pada saat $t = 0^-$.

Saat terjadinya perubahan yang dilambangkan pada saat $t = 0$. Sesaat setelah terjadinya perubahan yang dilambangkan pada saat $t = 0^+$. Dengan sifat yang masing-masing dimiliki oleh setiap komponen, maka resistor, induktor, dan kapasitor memiliki respon berbeda untuk setiap kondisi. Rangkaian RL dan RC sederhana terdiri dari satu buah resistor dan satu buah induktor atau satu buah resistor dan satu buah kapasitor yang dihubungkan secara seri. Analisis rangkaian menghasilkan persamaan eksponensial $i(t) = I_0 e^{-Rt/L}$ untuk rangkaian RL dan $v(t) = V_0 e^{-t/RC}$ untuk rangkaian RC yang merupakan respons alamiah atau tanggapan alamiah (*natural response*) dari rangkaian.

Respons alami terjadi jika ada penyimpanan energi awal di dalam elemen induktor yaitu berupa arus atau di dalam elemen kapasitor berupa tegangan. Respons paksaan adalah respons yang sudah dalam keadaan mantap atau *steady state*. Artinya sumber sudah lama terpasang dan selama tidak ada suatu sumber

yang dipasang atau dilepas mendadak ke rangkaian, maka tidak akan terjadi perubahan pada respons, karena itu harga fungsi pemaksa juga disebut harga akhir.

Sifat-sifat respons eksponensial menunjukkan karakteristik dari induktor dan kapasitor dimana kedua elemen tersebut memiliki sifat dapat menyimpan energi. Resistor adalah elemen pasif yang hanya bisa menyerap daya, tetapi tidak bisa memberikan daya dan juga tidak bisa menyimpan energi. Berbeda dengan resistor, induktor dan kapasitor memiliki kemampuan menyimpan energi. Induktor menyimpan energi dalam bentuk medan magnet dan kapasitor menyimpan energi dalam bentuk medan listrik.

Analisis yang lebih dalam diperlukan untuk rangkaian yang lebih umum dimana jumlah komponen diberikan lebih banyak dan bentuk rangkaian bervariasi. Konsep rangkaian seri paralel penting untuk diterapkan sehingga persamaan-persamaan yang telah didapat untuk rangkaian RL dan RC dapat langsung digunakan dalam penyelesaian persoalan.

5. DAFTAR PUSTAKA

[1] O. Sugiarto, "Penggunaan Metode Demonstrasi Dalam Peningkatan Hasil Belajar Siswa Pada Pengukuran Besaran Listrik Rangkaian Elektronika," 2019. Wacana Akademika: Majalah Ilmiah Kependidikan, Volume 3, No.2, hal 191-198.

- [2] Suryani Taib, “Penggunaan Multimedia Interaktif Untuk Meningkatkan Hasil Belajar Siswa Pada Sub Konsep Rangkaian Listrik Arus Searah Pada Siswa Kelas X Sma N 1 Kota Ternate,” Jurnal Saintifika, Vol.3, No.1, hal 49-57, 2018.
- [3] Khairunnisa, “RL dan RC Tanpa Sumber,” dalam Diktat Mata Kuliah Rangkaian Listrik, 2018.
- [4] Khairunnisa, “Fungsi Pemaksa Rangkaian,” dalam Diktat Mata Kuliah Rangkaian Listrik, 2018.
- [5] William H. Hayt, dkk, “Rangkaian-rangkaian RL dan RC Tanpa Sumber,” dalam Rangkaian Listrik Jilid 1, edisi ke-4, Jakarta, Indonesia, 2009, bab 5.
- [6] William H. Hayt, dkk, “Induktansi dan Kapasitansi,” dalam Rangkaian Listrik Jilid 1, edisi ke-4, Jakarta, Indonesia, .2009, bab 4.
- [7] William H. Hayt, dkk, “Penerapan Fungsi Pemaksa Tangga Satuan,” dalam Rangkaian Listrik Jilid 1, edisi ke-4, Jakarta, Indonesia, 2009, bab 6.