

E-Tutorial: Pemodelan Dan Simulasi Respon Transien Arus Dan Tegangan Pada Rangkaian RLC Menggunakan ATPDraw

Iswadi HR^{1,2} dan Suwitno¹

1. Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Riau, Indonesia, 28293
 2. Laboratorium Mesin Mesin Listrik, Fakultas Teknik, Universitas Riau, Indonesia, 28293
- E-mail : iswadibr@unri.ac.id atau iswadibr@gmail.com

Abstrak

Artikel ini bertujuan untuk membuat alat bantu ajar yang diharapkan dapat mempermudah tenaga pengajar dan mahasiswa dalam memahami mata kuliah Rangkaian Listrik. Contoh kasus yang diambil adalah analisa transien arus dan tegangan pada rangkaian RLC seri yang terdiri dari rangkaian RL, RC dan RLC seri. Alat bantu yang digunakan adalah ATPDraw yang merupakan salah satu perangkat lunak simulasi yang penggunaannya sangat mudah dan bersifat interaktif. Dengan adanya perangkat lunak simulasi ini didapatkan bentuk respon transien arus dan tegangan pada rangkaian RLC seri secara mudah dan cepat jika dibandingkan dengan tanpa alat bantu simulasi. Produk akhir dari alat bantu ini kemudian dikemas dalam format viode untuk menghasilkan sebuah video tutorial. Dengan adanya viodeo tutorial tersebut, maka mahasiswa bisa mempelajari ulang materi tersebut secara mandiri saat di luar jadwal perkuliahan. Pada akhirnya diharapkan pemahaman mahasiswa lebih baik lagi jika dibandingkan dengan tanpa menggunakan viodeo tutorial. Hasil simulasi untuk seluruh contoh kasus sudah divalidasi dengan menggunakan perhitungan manual dan alat bantu lainnya (mathcad). Dari grafik respon transien arus dan tegangan yang dihasilkan dari simulasi ATPDraw didapatkan hasil yang sesuai dengan grafik simulasi menggunakan mathcad.

Kata Kunci : E:Tutorial, Respon Transien, Rangkaian RLC, ATPDraw, Mathcad

Abstract

The aim of this paper is to depelove teaching aid for Electrical Circuit subject. Voltage and current transient analysis in RLC series circuit had been coohsen as examples. It used ATPDraw for analyzing and modeling the circuits. It is hoped that by using this teaching aid and simulation, the result of voltage and current transient in an electrical circuit will be obtained easily and fastly than hand calucated method. The final product of this teaching aid will be converted to a video tutorial. Using this video tutorial, the students can review the subject by themselfe. Finally, it is hoped that using this video tutorial, the student's understanding in electrical circuit subject will increase. All of simulation results in these cases study had been compared to hand calculated method and other software (mathcad). From the graphs results, ATPDraw has the same result with mathcad simulation.

Key words: E: Tutorial, Transient Responses RLC Circuit, ATPDraw, Mathcad

1. Pendahuluan

Mata kuliah Rangkaian Listrik adalah salah satu mata kuliah dasar dan juga termasuk sebagai mata kuliah wajib di jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Riau. Untuk program studi Teknik Elektro D3, mata kuliah ini diberikan pada semester I dan semester II dengan nama mata kuliah adalah Rangkaian Listrik I dan Rangkaian Listrik II dan masing masing bobot 2 SKS. Sedangkan untuk program studi Teknik Elektro S1, mata kuliah ini diberikan pada semester II dan semester III dengan nama mata kuliah Rangkaian Listrik I dan Rangkaian Listrik II dengan masing masing bobot sebesar 3 SKS (Suwitno, 2008).

Walaupun mata kuliah ini adalah mata kuliah dasar, namun untuk mengikuti mata kuliah ini peserta kuliah diharapkan memiliki kemampuan prasyarat Matematika yang cukup baik. Materi utama mata kuliah ini adalah analisa rangkaian, yaitu suatu cara untuk

menghitung besarnya arus maupun tegangan dalam suatu rangkaian listrik dengan berbagai teknik analisa. Analisa rangkaian listrik dapat dibedakan menjadi dua macam, yaitu: 1) analisa rangkaian dalam kondisi steady state (mantap) dan 2) analisa rangkaian dalam kondisi transient (peralihan/transien).

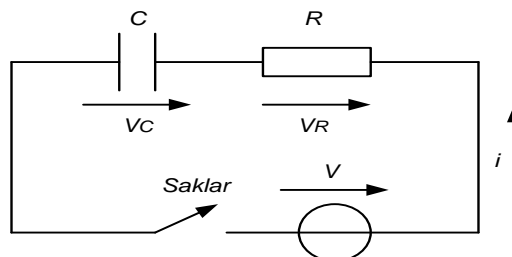
Analisa rangkaian dalam kondisi mantap cukup mudah dipahami karena nilai arus dan tegangan dapat dihitung dan digambar secara konvensional dalam waktu yang relatif cepat. Pada dasarnya analisa rangkaian dalam kondisi transien juga dapat dilakukan secara konvensional namun apabila dilakukan secara konvensional akan memerlukan waktu yang cukup lama terutama untuk menggambar grafik respon transien suatu rangkaian.

Seiring dengan perkembangan teknologi informasi, maka perangkat hitung (seperti: komputer) bisa dimanfaatkan untuk mempermudah analisa rangkaian dalam kondisi transien tersebut. Dengan menggunakan komputer dan perangkat lunak pemodelan yang sudah banyak tersedia diharapkan analisa rangkaian transien dapat dilakukan secara cepat. Salah satu perangkat lunak yang banyak digunakan untuk analisa rangkaian listrik dalam kondisi transien adalah ATPDraw (Iswadi-HR et al., 2009) (Danyek, 2005).

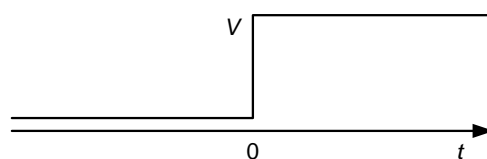
Tujuan utama dari artikel ini secara garis besar adalah memperkenalkan dan menggunakan alat bantu ajar berbasis pemodelan menggunakan perangkat lunak ATPDraw. Produk akhir alat bantu ajar ini nantinya juga akan dikemas dalam bentuk e-tutorial, yaitu suatu modul tutorial elektronik dalam format video sehingga dengan adanya e-tutorial tersebut mahasiswa bisa mengulang materi perkuliahan saat waktu senggang di luar jadwal perkuliahan dengan demikian pemahaman mahasiswa terhadap materi ajar dapat ditingkatkan secara mandiri.

Respon Transien Rangkaian Seri RC

Gambar 1. menunjukkan sebuah rangkaian seri RC dengan tegangan masukan yang memiliki magnitud sebesar V seperti ditunjukkan pada gambar 2.



Gambar 1. Rangkaian RC Seri



Gambar 2. Tegangan Masukan Step sebesar V

Dari rangkaian pada gambar 1 tersebut dapat diturunkan persamaan tegangan pada kapasitor v_C , persamaan tegangan pada resistor v_R dan persamaan arus i yang mengalir pada rangkaian tersebut seperti dituliskan pada persamaan (1), persamaan (2) dan persamaan (3) (Bird.2003).

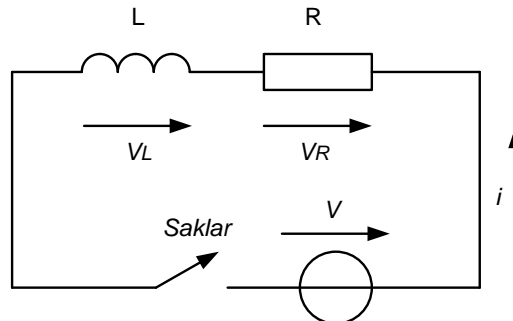
$$v_C = V(1 - e^{-t/CR}) \quad \text{Persamaan (1)}$$

$$v_R = Ve^{-t/CR} \quad \text{Persamaan (2)}$$

$$i = \frac{V}{R}e^{-t/CR} \quad \text{Persamaan (3)}$$

Respon Transien Rangkaian Seri RL Terhadap Masukan Step

Gambar 3. menunjukkan sebuah rangkaian seri RL dengan tegangan masukan yang memiliki magnitud sebesar V .



Gambar 3. Rangkaian RL Seri

Dari rangkaian pada gambar 3 tersebut dapat diturunkan persamaan tegangan pada induktor v_L , persamaan tegangan pada resistor v_R serta persamaan arus i yang mengalir pada rangkaian seperti dituliskan pada persamaan (4), persamaan (5) dan persamaan (6) (Bird, 2003).

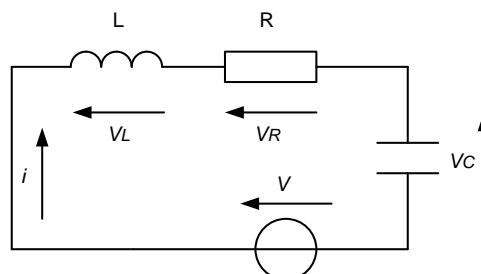
$$v_L = V e^{-Rt/L} \quad \text{Persamaan (4)}$$

$$v_R = V(1 - e^{-\frac{Rt}{L}}) \quad \text{Persamaan (5)}$$

$$i = \frac{V}{R}(1 - e^{-\frac{Rt}{L}}) \quad \text{Persamaan (6)}$$

Respon Transien Rangkaian Seri RLC

Gambar 4. menunjukkan sebuah rangkaian seri RLC dengan tegangan masukan yang memiliki magnitud sebesar V .



Gambar 4. Rangkaian RLC Seri

Dari rangkaian pada gambar 4. tersebut dapat diturunkan hukum tegangan kirchoff sebagai berikut (Bird, 2003) :

$$V = v_L + v_R + v_C \quad \text{Persamaan (7)}$$

dimana:

$$v_L = L \frac{di}{dt}$$

$$i = C \frac{dv_C}{dt}$$

Maka v_L dapat ditulis sebagai berikut:

$$v_L = L \frac{d}{dt} \left(C \frac{dv_C}{dt} \right) = LC \frac{d^2 v_C}{dt^2}$$

$$v_R = iR = \left(C \frac{dv_C}{dt} \right) R = RC \frac{dv_C}{dt}$$

Sehingga persamaan (7) dapat ditulis sebagai berikut:

$$V = LC \frac{d^2 v_C}{dt^2} + RC \frac{dv_C}{dt} + v_C \quad \text{Persamaan (8)}$$

Persamaan (8) adalah persamaan differensial orde 2 yang memiliki 3 kemungkinan penyelesaian (Bird. 2003):

1. Apabila persamaan differensial orde 2 memiliki akar-akar real dan berbeda, maka penyelesaian umumnya dapat ditulis sebagai: $v_C = Ae^{\alpha t} + Be^{\beta t}$

Dimana :

$$\alpha = -\frac{R}{2L} + \sqrt{\left[\left(\frac{R}{2L}\right)^2 - \frac{1}{LC}\right]}$$

$$\beta = -\frac{R}{2L} - \sqrt{\left[\left(\frac{R}{2L}\right)^2 - \frac{1}{LC}\right]}$$

2. Apabila persamaan differensial orde 2 memiliki akar tunggal, maka penyelesaian umumnya dapat ditulis sebagai: $v_C = (A + \beta)e^{\alpha t}$

Dimana :

$$\alpha = -\frac{R}{2L}$$

3. Apabila persamaan differensial orde 2 memiliki akar complex, maka penyelesaian umumnya dapat ditulis sebagai :

$$v_C = e^{\alpha t} \{A \cos \beta t + B \sin \beta t\}$$

Dimana :

$$\alpha = -\frac{R}{2L}$$

$$\beta = \sqrt{\left[\frac{1}{LC} - \left(\frac{R}{2L}\right)^2\right]}$$

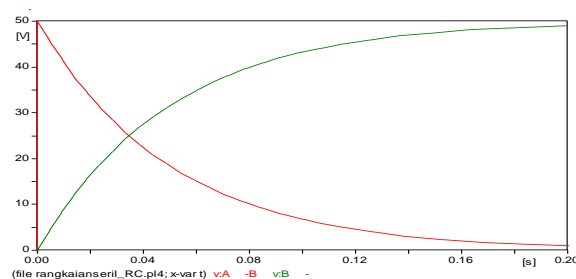
2. Bahan dan Metode

Studi kasus yang dibahas pada artikel ini adalah analisa transien arus dan tegangan untuk rangkaian RLC seri. Rangkaian ini terdiri dari sebuah sumber DC yang dibebani dengan komponen, RL, RC dan RLC yang disusun secara seri. Adapun metode yang telah dilaksanakan meliputi beberapa tahapan berikut: 1. Pembuatan model rangkaian seri RLC menggunakan ATPDraw 2. Melihat hasil respon transien tegangan dan arus untuk masing rangkaian seri RLC yang telah dimodelkan tersebut. 3. Memvalidasi model yang telah dibuat menggunakan ATPDraw tersebut dengan mathcad. 4. Pembuatan materi ajar e-tutorial, yaitu sebuah produk tutorial dalam format video menggunakan Camtasia Studio 5.

3. Hasil dan Pembahasan

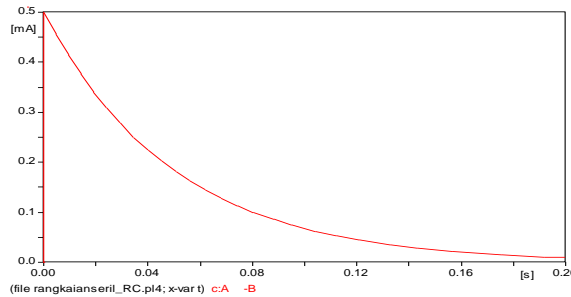
Respon Transien Arus dan Tegangan Pada Rangkaian Seri RC Menggunakan ATPDraw

Gambar 4. adalah grafik respon transien arus dan tegangan pada rangkaian RC seri menggunakan ATPDraw yang dirangkai berdasarkan rangkaian pada gambar 1 dimana $v = 50$ volt, $R = 50$ ohm dan $C = 0,5 \mu\text{F}$.



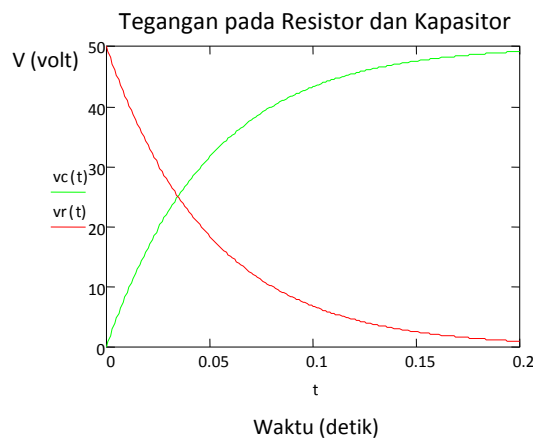
Gambar 4. Tegangan pada Resistor dan Kapasitor pada Rangkaian RC Menggunakan ATPDraw

Sedangkan gambar 5. adalah bentuk respon transien arus yang terjadi pada rangkaian seri RL. Masing masing grafik respon transien arus dan tegangan pada gambar 4 dan gambar 5. tersebut kemudian dibandingkan dengan grafik respon transien menggunakan mathcad. Gambar 6. dan 7. menunjukkan grafik respon arus dan tegangan pada rangkaian RC menggunakan Mathcad. Dari gambar 4-6 terlihat bahwa grafike transien arus dan tegangan pada rangkaian RL seri menggunakan ATPDraw sama dengan grafik yang dihasilkan oleh Mathcad

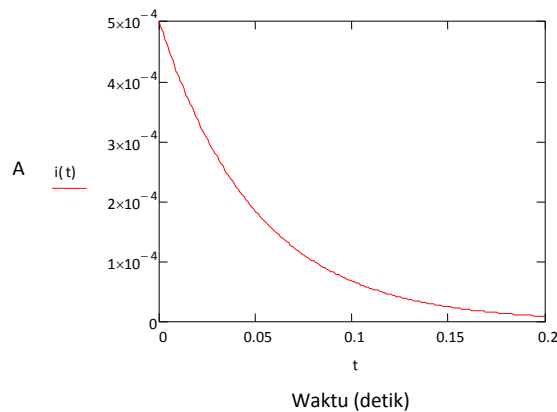


Gambar 5. Arus pada Rangkaian RC Menggunakan ATPDraw

Masing masing grafik respon transien arus dan tegangan pada gambar 4.1. sampai dengan gambar 4.3. tersebut kemudian dibandingkan dengan grafik respon transien menggunakan mathcad. Gambar 4.4. sampai dengan gambar 4.6. berikut menunjukkan grafik respon arus dan tegangan pada rangkaian RC menggunakan Mathcad.



Gambar 6. Tegangan Resistor dan Kapasitor pada Rangkaian RC Menggunakan Mathcad

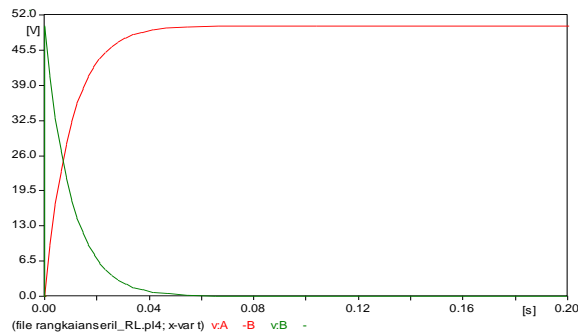


Gambar 7. Arus pada Rangkaian RC Menggunakan Mathcad

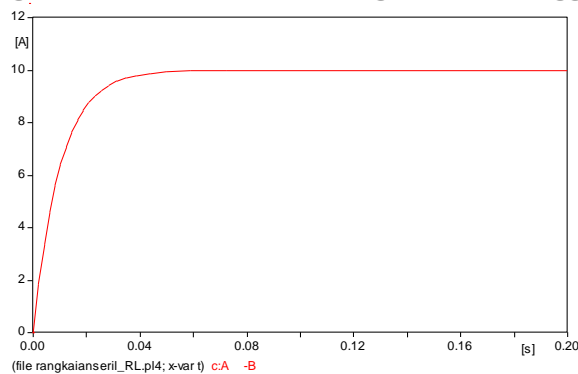
Dari gambar 4. sampai dengan gambar 7 tersebut terlihat bahwa grafik transien arus dan tegangan pada rangkaian RC yang dihasilkan dari pemodelan ATPDraw sudah sama dengan grafik yang dihasilkan oleh mathcad.

Respon Transien Arus dan Tegangan Pada Rangkaian Seri RL Menggunakan ATPDraw

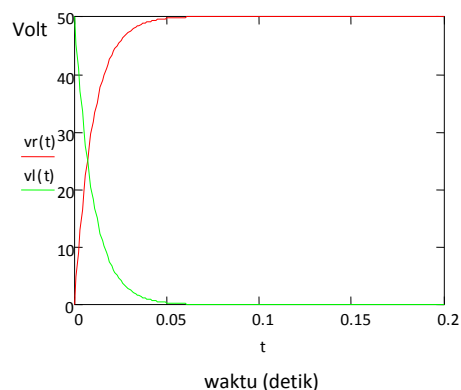
Rangkaian seri RL pada gambar 2. kemudian dirangkai menggunakan ATPDraw dengan parameter $v = 50$ volt, $R = 50 \Omega$ dan $L = 50$ mF. Rangkaian lalu disimulasikan untuk mendapatkan respon transien arus dan tegangan pada masing masing komponen. Gambar 8. dan gambar 9. menunjukkan grafik respon transien arus dan tegangan pada rangkaian RL seri.



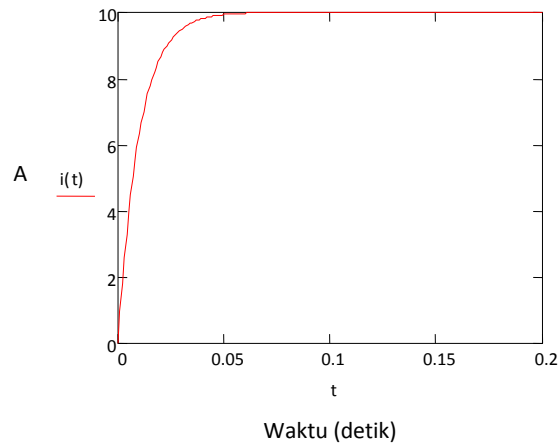
Gambar 8. Tegangan Resistor dan Induktor Rangkaian RL Menggunakan ATPDraw



Gambar 9. Arus pada Rangkaian pada Rangkaian RL Menggunakan ATPDraw. Masing masing grafik respon transien arus dan tegangan pada gambar 8 dan gambar 9. tersebut kemudian dibandingkan dengan grafik respon transien menggunakan mathcad. Gambar 10. dan gambar 11. menunjukkan grafik respon arus dan tegangan pada rangkaian RC menggunakan Mathcad.



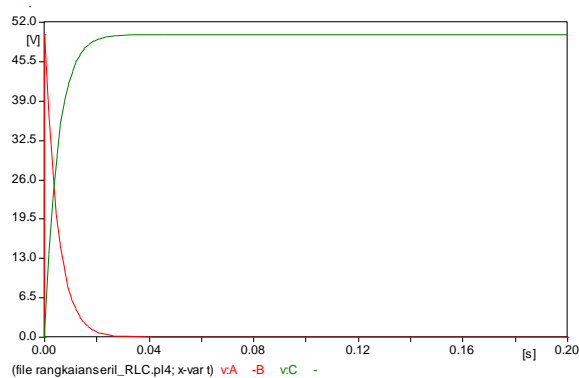
Gambar 9. Tegangan pada Resistor dan Induktor pada Rangkaian RL Menggunakan Mathcad



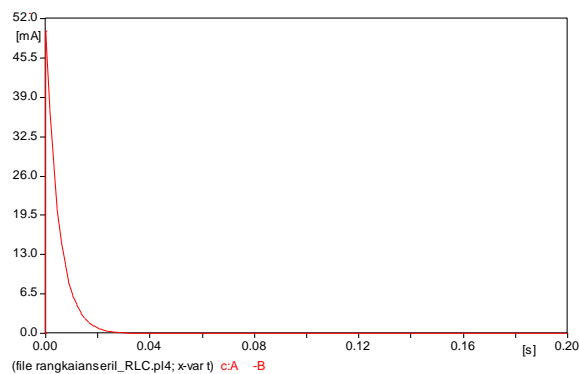
Gambar 11. Arus pada Rangkaian RL Menggunakan Mathcad
 Dari gambar 9. sampai dengan gambar 11. Tersebut terlihat bahwa grafik transien arus dan tegangan pada rangkaian RL yang dihasilkan dari pemodelan ATPDraw sudah sama dengan grafik yang dihasilkan oleh mathcad.

Respon Transien Arus dan Tegangan Pada Rangkaian Seri RLC Menggunakan ATPDraw

Rangkaian seri RLC pada gambar 4 kemudian dirangkai menggunakan ATPDraw dengan parameter $v = 50$ volt, $R = 100$ k Ω , $L = 2$ mH dan $C = 5\mu\text{F}$. Rangkaian tersebut kemudian disimulasikan untuk mendapatkan respon transien arus dan tegangan pada masing masing komponen. Gambar 12. dan gambar 13. Menunjukkan grafik respon transien arus dan tegangan pada rangkaian RLC seri.



Gambar 12. Tegangan Resistor dan Kapasitor pada Rangkaian RLC Menggunakan ATPDraw



Gambar 13. Arus pada Rangkaian RLC Menggunakan ATPDraw

4. Kesimpulan

Dari analisa yang telah dilakukan dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Pemodelan rangkaian seri RLC menggunakan ATPDraw sangat mudah untuk dilaksanakan sehingga sangat membantu bagi tenaga pengajar dan mahasiswa untuk memahami konsep analisa transien arus dan tegangan pada rangkaian seri RLC.
2. Hasil grafik transien arus dan tegangan pada pemodelan ATPDraw sama dengan pemodelan menggunakan mathcad. Dengan demikian pemodelan yang dilakukan sudah benar.
3. Video tutorial yang dihasilkan dapat digunakan oleh mahasiswa untuk me-review materi perkuliahan tersebut di luar jadwal perkuliahan.

Daftar Pustaka

- [1] Bird, J., 2003. Electrical Circuit Theory and Technology. Burlington: Newnes.
- [2] Danyek, M., 2005. Comparison of Simulation Tools ATP-EMTP and MATLAB-Simulink for Time Domain Power System Transient Studies. Budapest: Budapest University of Technology and Economic.
- [3] Degner, T., 2005. Modeling of Distributed Energy Resources with ATP-EMTP. In European ATP-EMTP Users Group Meeting and Conference. Poland, 2005.
- [4] Iswadi-HR, Hamzah, A. & Anhar, 2009. Alat Bantu Ajar Proteksi Sistem Tenaga Listrik Menggunakan ATPDraw dan MATLAB. Laporan Penelitian. Pekanbaru: Universitas Riau.
- [5] Priker, L. & Hoidalen, H.K., 2005. ATPDraw Version 3.5 for Windows 9x/NT/2000/XP User's Manual.
- [6] Suwitno, 2008. Usulan Peningkatan Program Studi Menjadi Jurusan Teknik Elektro. Dokumen Jurusan Teknik Elektro. Pekanbaru: Universitas Riau.