

Rangkaian Segitiga Daya

Mohammad Istajarul Alim, Lutfi Fitria Ningsih

Departemen Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)

Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111 Indonesia

e-mail: lutfifitria25@gmail.com

Abstract—Power triangle is the relationship between all the power available in the circuit. The purpose of the experiment power triangle circuit are to analyze the active power, reactive power, and passive power in AC circuits. The next purpose are to compare the power triangle in RL and RC circuits. The principle of the power triangle is the result of an analysis of the overall power relationships studied. When an electrical circuit currents flowed, it can be measured whether the existing power active power, reactive power, and passive power or apparent power. The third power have different values. However, the resultant of the active power and reactive power is the value of the apparent power or passive power. The results obtained in the experimental circuit power triangle is the power measured in each of the electrical components are analyzed in both the RL circuit and the RC circuit.

Keywords—Constant time, inductor, capacitor, oscilloscope, resistor.

I. PENDAHULUAN

Tidak dapat dipungkiri bahwa berbagai alat yang kita gunakan dalam kehidupan sehari-hari merupakan suatu alat elektronik. Tentunya, peralatan listrik tersebut memiliki berbagai komponen didalamnya seperti kapasitor, induktor, resistor. Komponen-komponen tersebut sangat mempengaruhi terhadap aliran elektron yang bergerak pada rangkaian. Apabila kita kaitkan dengan energi dalam rangkaian listrik, maka energi tersebut akan dipengaruhi oleh adanya besaran nilai kapasitor, induktor, dan resistor. Energi yang dimaksud merupakan daya listrik yang merupakan besarnya laju hantaran energi listrik yang terjadi pada suatu rangkaian listrik. Daya tersebut tentunya tidak serta merta digunakan oleh suatu rangkaian. Akan terdapat energi yang tidak digunakan pada rangkaian yang disebut dengan daya reaktif. Sedangkan daya yang benar-benar digunakan adalah daya aktif. Dengan begitu, diperlukan analisa untuk mengetahui hubungan antar ketiga daya baik daya aktif, reaktif, maupun semu.

Resistor merupakan komponen elektronika yang memiliki dua buah kaki dan didesain untuk mengatur tegangan dari listrik yang melewatinya. Dengan kita mengatur nilai hambatan dari resistor, maka dengan mudah kita akan mengubah nilai dari tegangan listrik. Hubungan dari besarnya resistansi dari resistor terhadap besarnya nilai tegangan apabila nilai dari arus listrik yang mengalir berupa nilai konstan, maka hubungan resistansi dengan nilai tegangan adalah sebanding. Semakin besar resistansi yang ada maka nilai tegangannya pun juga akan semakin membesar. Hal tersebut tentunya berkesesuaian dengan hukum Ohm sendiri yang menyatakan perbandingan nilai antara tegangan dan suatu kuat arus [1].

Kapasitor atau yang disebut dengan kondensator merupakan suatu komponen elektronika yang dapat menyimpan energi didalam medan listrik. Kapasitor

diidentitaskan dengan simbol memiliki dua kaki. Satuan yang digunakan pada kapasitor yaitu Farad. Karena kapasitor dapat menyimpan dalam bentuk muatan listrik, maka akan didapatkan adanya prosedur pengisian dan pengosongan tegangan pada komponen kapasitor. Ketika kapasitor mengalami pengisian tegangan, maka kapasitor harus dihubungkan pada tegangan tertentu. Butuh waktu t untuk melakukan pengisian hingga kapasitasnya terpenuhi. Kemudian untuk proses pengosongan dapat terjadi ketika salah satu kaki kapasitor dilepas pada hubungan dengan rangkaian. Tegangan yang tersimpan pada kapasitor akan turun pada waktu t secara eksponensial. Namun apabila kedua kaki dilepas dengan kapasitor masih memiliki tegangan didalamnya, maka tidak akan terjadi proses pengosongan pada kapasitor [1].

Komponen elektronika induktor atau yang biasa disebut dengan reaktor merupakan komponen elektronika pasif yang dapat menyimpan energi pada medan magnet yang ditimbulkan oleh arus listrik yang mengalir. Satuan yang digunakan induktor adalah Henry. Besarnya kemampuan suatu induktor dalam menyimpan medan magnet disebut dengan induktansi. Komponen induktor terdiri dari suatu kawat yang memiliki berbentuk lingkaran atau disebut dengan kumparan. Besarnya medan magnet yang dapat tersimpan pada komponen induktor tergantung pada banyaknya lilitan kumparan yang ada, kemudian luasan penampang dan jenis bahan yang digunakan. Karena induktor merupakan komponen listrik yang tidak ada hambatan yang besar, maka komponen ini hanya akan mengalirkan arus yang melewatinya. Jadi, apabila tidak ada komponen resistor dalam rangkaian, akan terjadi hubungan arus pendek pada rangkaian yang digunakan [1].

Daya listrik merupakan besarnya laju hantaran energi listrik yang terjadi pada suatu rangkaian listrik. Besarnya daya pada suatu rangkaian listrik dapat ditulis seperti pada persamaan (1). Daya listrik memiliki hubungan yang erat dengan hukum Ohm. Apabila daya listrik dihubungkan dengan hukum Ohm, maka dapat dibentuk persamaan baru seperti pada persamaan (2) dan (3). Dalam satuan internasional, digunakan simbol W yang berarti watt yang menyatakan besarnya usaha yang dilakukan oleh sumber tegangan untuk mengalirkan arus listrik tiap satuan waktu atau bisa ditulis J/s (Joule/detik) [2].

$$P = \frac{W}{t} \quad (1)$$

$$P = V \cdot I \quad (2)$$

$$P = I^2 R \quad (3)$$

Pada daya yang ada pada suatu rangkaian, terdapat tiga jenis daya yaitu daya aktif, daya reaktif, dan daya semu. Resultan dari daya aktif dan daya reaktif merupakan nilai dari daya semu. Apabila seluruh daya digambarkan pada suatu diagram, maka dapat dibuat dalam bentuk suatu segitiga.

Dengan begitu, segitiga daya merupakan hubungan dari daya aktif, daya reaktif, dan daya semu yang saling berkaitan dan nilainya dapat dibentuk seperti pada segitiga siku-siku [3].

Daya aktif merupakan daya dalam rangkaian listrik yang sesungguhnya dipakai atau dibutuhkan pada rangkaian tersebut. Satuan dalam daya aktif adalah Watt. Pengukuran daya ini dengan menggunakan wattmeter. Karena daya aktif merupakan daya yang sebenarnya digunakan, maka daya aktif dapat bertindak sebagai energi minimum yang digunakan pada suatu rangkaian listrik. Daya aktif terjadi ketika suatu rangkaian memiliki beban yang mana besarnya daya merupakan perkalian antara tegangan dan arus yang menghasilkan dua gelombang yang keduanya bersifat positif. Satuan yang digunakan pada daya aktif yaitu watt. Adapun persamaan yang dapat ditulis pada daya aktif yaitu seperti pada persamaan (4) [3].

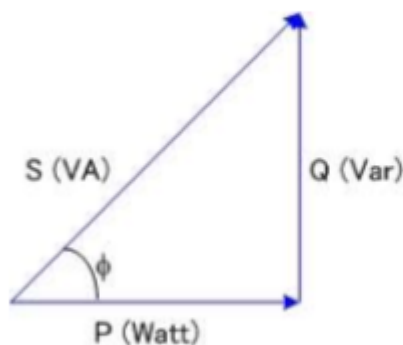
$$P = V.I.\cos\phi \tag{4}$$

Daya reaktif merupakan daya yang dibutuhkan oleh suatu alat elektronika untuk membentuk medan magnet atau daya yang ditimbulkan oleh beban yang bersifat induktif. Daya ini bisa dikatakan daya yang tidak digunakan pada suatu rangkaian sehingga dirubah menjadi suatu medan magnet yang dihasilkan. Satuan yang digunakan pada daya reaktif yaitu VAR atau disebut dengan volt ampere reaktif. Biasanya untuk menghemat daya reaktif dilakukan dengan memasang kapasitor pada rangkaian yang memiliki beban bersifat induktif. Hal serupa tentunya sering digunakan oleh pabrik-pabrik besar yang banyak menggunakan motor listrik. Daya reaktif juga dapat disebut sebagai daya imajiner karena daya ini tidak digunakan dalam rangkaian listrik. Adapun persamaan yang dapat ditulis pada daya reaktif yaitu seperti pada persamaan (5) [3].

$$Q = V.I.\sin\phi \tag{5}$$

Daya semu merupakan daya total dari nilai daya reaktif dan daya aktif. Daya ini disebut dengan daya resultan antar daya-daya yang ada. Daya semu adalah daya yang nilainya hasil perkalian antara tegangan efektif dan arus efektif. Satuan yang digunakan dalam daya semu adalah VA atau disebut dengan volt ampere. Apabila daya semu dihubungkan dengan daya reaktif dan daya aktif, maka dapat dibentuk suatu hubungan yang menyatakan besaran antar ketiganya. Yang dimaksud demikian itu adalah segitiga daya. Jadi, segitiga daya dapat diartikan sebagai hubungan antara nilai yang ada pada daya aktif, reaktif, dan semu. Segitiga daya dapat dibentuk seperti pada gambar 1. Berdasarkan perumusan trigonometri, maka nilai dari masing-masing daya dapat diketahui apabila salah satu komponen daya tidak ada. Adapun persamaan yang dapat ditulis untuk daya semu adalah seperti pada persamaan (6) berikut ini [3].

$$S = V.I \tag{6}$$

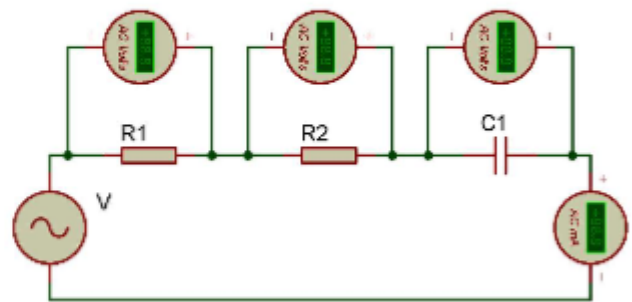


Gambar 1. Segitiga daya

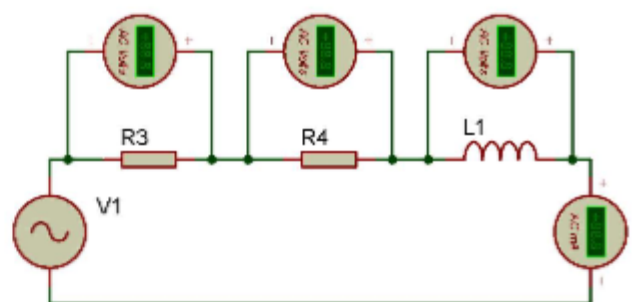
II. METODE PENELITIAN

Pada percobaan rangkaian segitiga daya digunakan beberapa alat untuk menunjang dalam pengambilan data. Adapun alat-alat yang digunakan dalam percobaan yaitu sebuah generator AC yang digunakan untuk mengolah tegangan dari PLN sehingga didapatkan bentuk tegangan sesuai yang diinginkan. Kemudian digunakan VOM meter untuk dilakukan pengukuran besarnya tegangan pada masing-masing komponen listrik dan arus pada setiap rangkaian. Dua buah resistor, sebuah kapasitor, dan sebuah induktor yang digunakan sebagai variasi dalam percobaan. Kabel penghubung digunakan untuk menghubungkan antar komponen. Project board digunakan untuk merangkai antar komponen. Dan yang terakhir digunakan RCL meter untuk dilakukan pengukuran besarnya kapasitansi dari kapasitor, resistansi dari resistor, dan induktansi dari induktor.

Langkah kerja dilakukannya percobaan rangkaian segitiga daya yaitu peralatan disiapkan dan diukur nilai masing-masing komponen kapasitor, induktor, dan resistor. Rangkaian percobaan kemudian disusun seperti pada gambar 2 untuk rangkaian RC dan gambar 3 untuk rangkaian RL. Lalu tegangan, amplitudo, dan frekuensi pada sumber tegangan AC di atur. Arus kemudian diukur pada masing-masing rangkaian. Dilakukan pengukuran juga untuk nilai tegangan pada masing-masing komponen. Seluruh langkah kerja tersebut dilakukan variasi untuk tegangan sumber yang berbeda yaitu 5 V dan 3 V.



Gambar 2. Percobaan segitiga daya rangkaian RC



Gambar 3. Percobaan segitiga daya rangkaian RL

Percobaan rangkaian segitiga daya menggunakan beberapa persamaan untuk menentukan nilai-nilai yang ada. Untuk menentukan nilai daya semu, digunakan persamaan (7) berikut ini.

$$S = V.I \tag{7}$$

Kemudian untuk menentukan nilai daya aktif, digunakan persamaan (8) berikut ini.

$$P = I^2 R \tag{8}$$

Dari persamaan (7) dan (8) dapat ditentukan nilai daya reaktif berdasarkan konsep segitiga daya. Maka nilai dari daya reaktif dapat ditulis pada persamaan (9).

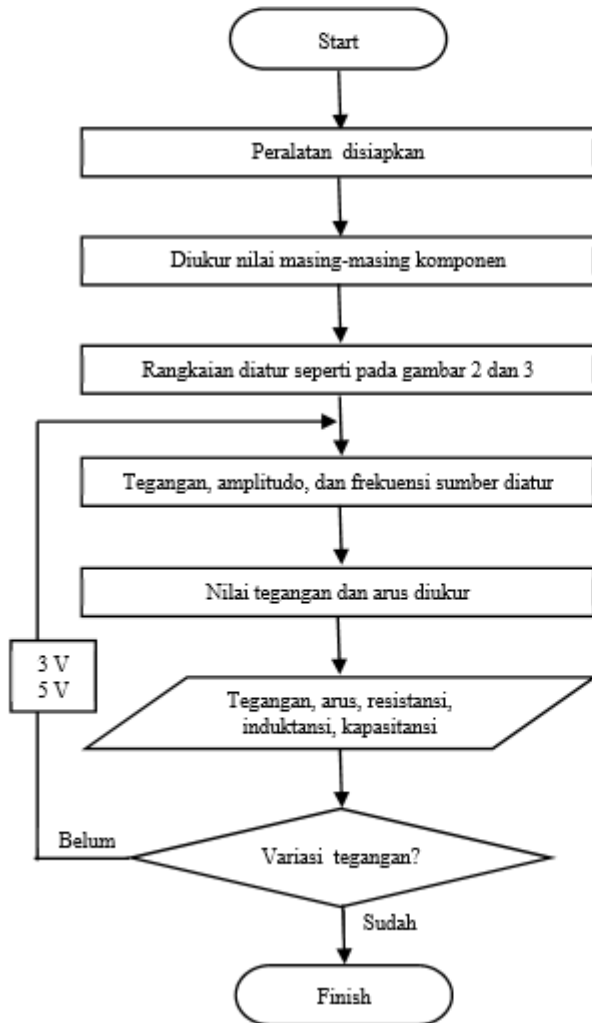
$$Q = \sqrt{S^2 - P^2} \tag{9}$$

Karena nilai dari daya aktif dapat ditentukan, maka dapat ditentukan pula nilai dari ϕ yang merupakan komponen dari faktor daya baik pada daya reaktif maupun daya aktif. Adapun untuk menentukan ϕ dapat ditulis pada persamaan (10).

$$P = V.I.\cos\phi$$

$$\phi = \cos^{-1} \frac{P}{V.I} \quad (10)$$

Dalam percobaan rangkaian segitiga daya dapat dibuat diagram alir percobaan. Adapun diagram alir tersebut seperti pada gambar 4.



Gambar 4. Diagram alir percobaan rangkaian segitiga daya

III. HASIL DAN DISKUSI

Data yang telah didapat dalam percobaan rangkaian segitiga daya dapat disusun dalam bentuk tabel serta dapat dilakukan perhitungan untuk menentukan besarnya nilai daya aktif, reaktif, dan semu. Kemudian dapat ditentukan pula nilai dari ϕ pada komponen faktor daya. Setelah itu dapat dilakukan pembahasan mengenai segitiga daya yang terjadi pada rangkaian RL maupun RC.

3.1 Analisa Data

Berdasarkan data percobaan yang telah diperoleh terdiri dari besarnya nilai tegangan pada masing-masing kompoen, nilai kuat arus pada rangkaian yang dianalisa, dan besarnya resistansi, induktansi, dan kapasitansi pada komponen. Adapun data selengkapnya ada pada tabel 1, 2, dan 3.

Tabel 1
Nilai resistansi, induktansi, dan kapasitansi

Sumber tegangan	Komponen	Nilai
3 V	R1	99,2 Ω
3 V	R2	100 Ω
3 V	Rc	101,9 μF
3 V	R _L	10,78 mH
5 V	R1	100,1 Ω
5 V	R2	99,8 Ω
5 V	Rc	47 μF
5 V	R _L	986 mH

Tabel 2
Nilai tegangan dan arus pada rangkaian dengan sumber tegangan 3 V

Sumber tegangan	Komponen	Tegangan (volt)	Arus (mA)
Rangkaian RL	R1	0,375	0,02
	R2	0,361	
	R _L	0,193	
Rangkaian RC	R1	0,38	0,1
	R2	0,382	
	Rc	0,124	

Tabel 3
Nilai tegangan dan arus pada rangkaian dengan sumber tegangan 5 V

Sumber tegangan	Komponen	Tegangan (volt)	Arus (mA)
Rangkaian RL	R1	1,63	15,7
	R2	1,62	
	R _L	1,48	
Rangkaian RC	R1	0,16	1,58
	R2	0,16	
	Rc	3,53	

3.2 Perhitungan

Dalam menentukan seluruh nilai dari segitiga daya dapat digunakan rumus yang telah dipaparkan. Adapun contoh perhitungan yang dapat dibuat untuk komponen resistor pada sumber tegangan 3 V dan menggunakan R1 pada rangkaian RL yaitu sebagai berikut.

Diketahui : $I = 0,02 \text{ mA}$
 $R = 99,2 \Omega$
 $V = 0,375 \text{ volt}$

Ditanya : $S, P, Q, \text{ dan } \phi$
 Jawab :

$$S = V.I$$

$$S = 0,375 \times 0,02 \times 10^{-3}$$

$$S = 7,5 \times 10^{-6} \text{ VA}$$

$$P = I^2.R$$

$$P = (0,02 \times 10^{-3})^2 \times 99,2$$

$$P = 3,968 \times 10^{-8} \text{ watt}$$

$$Q = \sqrt{S^2 - P^2}$$

$$Q = \sqrt{(7,5 \times 10^{-6})^2 - (3,968 \times 10^{-8})^2}$$

$$Q = 7,500 \times 10^{-6} \text{ VAR}$$

$$\phi = \cos^{-1} \frac{P}{V.I}$$

$$\phi = \cos^{-1} \frac{3,968 \times 10^{-8}}{7,5 \times 10^{-6}}$$

$$\phi = 89,697^\circ$$

Berdasarkan contoh perhitungan yang telah dibuat, dapat dilakukan perhitungan untuk data yang lain. Adapun data perhitungan selengkapnya untuk nilai daya semu, daya aktif, daya reaktif dan nilai ϕ telah tertulis pada tabel 4 dan 5 berikut ini.

Tabel 4
Nilai segitiga daya pada tegangan sumber 3 V

Rangkaian komponen	Daya semu ($\times 10^{-4}$ VA)	Daya aktif ($\times 10^{-7}$ watt)	Daya reaktif ($\times 10^{-6}$ VAR)	θ ($^{\circ}$)
RL - R1	7,50	0,397	7,50	89,697
RL - R2	7,22	0,40	7,22	89,683
RL - R _c	3,86	0,00406	3,86	89,994
RC - R1	38,0	9,92	38,0	88,504
RC - R2	38,2	10,0	38,2	88,500
RC - R _c	12,4	10,4	12,4	85,181

Tabel 5
Nilai segitiga daya pada tegangan sumber 5 V

Rangkaian komponen	Daya semu ($\times 10^{-3}$ VA)	Daya aktif ($\times 10^{-4}$ watt)	Daya reaktif ($\times 10^{-3}$ VAR)	θ ($^{\circ}$)
RL - R1	25,6	247	6,79	15,387
RL - R2	25,4	246	6,46	14,716
RL - R _c	23,2	229	3,97	9,838
RC - R1	0,253	2,50	382	8,702
RC - R2	0,253	2,49	429	9,761
RC - R _c	5,58	5,64	5,55	84,198

3.3 Pembahasan

Percobaan rangkaian segitiga daya pada dasarnya menggunakan prinsip nilai dari masing-masing daya yang ada pada setiap rangkaian. Daya-daya tersebut terdiri dari daya aktif, daya reaktif, dan daya semu atau daya pasif. Keseluruhan daya tersebut apabila digabung atau dihubungkan, maka akan menghasilkan hubungan suatu segitiga daya. Hubungan yang dimaksud yaitu berupa resultan dari daya-daya yang ada. Resultan-resultan tersebut merupakan hubungan dari daya-daya yang terbentuk berdasarkan prinsip trigonometri.

Pada percobaan yang telah dilakukan, nilai suatu daya dapat diukur melalui perhitungan yang telah dilakukan. Dari keseluruhan data baik pada rangkaian RL maupun RC pada sumber tegangan 3 volt maupun 5 volt terlihat bahwa nilai dari daya semu merupakan resultan dari daya aktif dan daya reaktif dengan besarnya sudut faktor daya sesuai dengan yang telah tertulis di dalam tabel. Kemudian, untuk nilai aktif terlihat bahwa nilainya lebih kecil daripada daya reaktif. Hal ini dapat terjadi karena sebenarnya, daya nyata yang digunakan pada suatu rangkaian RL maupun RC lebih sedikit dari pada nilai dari daya-daya yang lain.

Seluruh hasil dari nilai segitiga daya apabila dibandingkan hasilnya antar rangkaian RL maupun RC, maka nilai daya semu untuk rangkaian RC lebih besar di sumber 3 volt dan lebih besar di RL untuk di sumber 5 volt. Hal ini terjadi karena komponen kapasitor dan induktor pada rangkaian 3 volt dan 5 volt memiliki perbedaan nilai, sehingga dapat menyebabkan adanya variasi besarnya daya yang dihasilkan.

Faktor daya dalam percobaan ini merupakan faktor yang mempengaruhi daya reaktif dan daya aktif. Nilai faktor daya ini tergantung pada besarnya sudut θ yang merupakan variabel dalam satuan sudut. Untuk nilai dari daya aktif sendiri merupakan perkalian dari daya semu dengan cosinus dari θ yang dimaksud. Hal ini seperti yang telah dijelaskan sebelumnya, daya aktif merupakan daya yang digunakan sesungguhnya. Jadi nilainya nyata digunakan. Dalam bilangan kompleks nilai nyata yaitu nilai dari cosinus variabel yang digunakan. Kemudian untuk nilai dari daya reaktif sendiri merupakan perkalian dari daya semu dengan dengan sinus dari θ yang dimaksud. Tentunya seperti pada nilai daya aktif, daya reaktif merupakan daya yang tidak digunakan pada rangkaian atau daya yang berubah menjadi medan magnet dari rangkaian. Nilai ini merupakan nilai imajiner

dalam bilangan kompleks sehingga perlu dikalikan dengan sinus dari θ yang dimaksud.

Hal lain yang perlu diperhatikan bahwa nilai dari keseluruhan daya dapat memiliki hubungan dalam prinsip trigonometri. Seperti yang telah digambarkan pada gambar 1, sumbu tegak merupakan nilai dari daya reaktif, sumbu datar merupakan nilai dari daya aktif, dan sumbu miring merupakan nilai dari daya semu. Ketiganya membentuk hubungan trigonometri dengan sudut θ sebagai komponen nilai faktor daya. Resultan dari besarnya daya semu merupakan resultan dari nilai daya aktif dan reaktif yang telah dipengaruhi oleh faktor daya. Dengan begitu, segitiga daya yang terbentuk berkesesuaian dengan seluruh daya-daya yang digunakan dan daya-daya tersebut akan dipengaruhi oleh suatu variabel faktor daya.

Selama pengambilan data pada percobaan segitiga daya, tentunya terdapat faktor eror yang mempengaruhi terhadap nilai dari data-data yang telah didapat. Faktor eror tersebut antara lain terjadi karena *human error*. Kesalahan dari faktor manusia tersebut biasanya terjadi karena ketidaktelitian pikiran dalam menentukan nilai dari suatu *output* yang nilainya tidak konstan ataupun memiliki nilai dengan tingkat ketelitian tinggi. Dengan begitu, faktor *human error* dapat terjadi didalam pengambilan data. Kemudian, faktor eror lain terjadi karena fungsi kerja alat yang mulai menurun atau terdapat suatu komponen alat yang telah usang ataupun cacat. Biasanya, kesalahan alat terjadi pada VOM meter karena sekering didalamnya telah terputus atau usang akibat dari pengukuran data yang tidak sesuai dengan standarnya. Faktor ini memiliki pengaruh yang besar, karena biasanya eror yang didapat pada percobaan sangat terlampaui batas dari kewajarannya.

IV. KESIMPULAN

Dari hasil percobaan yang telah dilakukan, dapat ditarik kesimpulan yaitu daya aktif, daya reaktif, dan daya semu pada percobaan ini dapat dilakukan analisa baik dalam menentukannya maupun hubungannya antar daya-daya tersebut dalam prinsip segitiga daya. Kemudian dapat pula dilakukan perbandingan nilai dari segitiga daya pada rangkaian RL dan RC dengan daya semu lebih besar di RC untuk sumber 3 volt dan lebih besar di RL untuk 5 volt

UCAPAN TERIMAKASIH

Saya selaku penulis laporan ini dan praktikan dari percobaan rangkaian segitiga daya mengucapkan terimakasih kepada segenap asisten laboratorium elektronika. Terimakasih saya sampaikan kepada saudari Lutfi Fitria Ningsih sebagai asisten laboratorium dari percobaan rangkaian segitiga daya. Ucapan terimakasih saya sampaikan kepada rekan-rekan dan semua pihak yang terkait dalam praktikum rangkaian segitiga daya.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Tipler A P. "Fisika Untuk Sains dan Teknik". Jakarta : Erlangga (1998)
- [2] Alexander C K, Sadiku M N O. "Fundamental of Electric Circuits". New York : Mc Graw-Hill, Inc (2013)
- [3] Grob B. "Basic Electronics". New York : McGraw-Hill, Inc (1997)