

# ANALISIS KINERJA *INVERTER* DENGAN RANGKAIAN RESONAN SERI DAN SERI-PARALEL BERBEBAN *RECTIFIER-LED*

Tatas Ardhy Prihanto<sup>\*)</sup>, Mochammad Facta, and Munawar Agus Ryadi

Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro  
Jl. Prof. Sudharto, Tembalang, Semarang, Indonesia

<sup>\*)</sup>*Email : tatasardhy@gmail.com*

## Abstrak

Resonansi pada rangkaian listrik merupakan keadaan dimana reaktansi induktif dan reaktansi kapasitif memiliki nilai yang sama ( $X_L = X_C$ ). Reaktansi induktif akan meningkat seiring meningkatnya frekuensi sedangkan reaktansi kapasitif justru sebaliknya, akan menurun jika frekuensi meningkat. Jadi hanya akan ada satu nilai frekuensi dimana keadaan kedua reaktansi tersebut bernilai sama. Pada penelitian ini, dilakukan analisis tentang pengaruh beban *rectifier-LED* secara paralel terhadap rangkaian resonan, khususnya rangkaian resonan seri dan seri-paralel. Rangkaian resonan seri dan rangkaian resonan seri-paralel dapat mengubah gelombang tegangan yang dihasilkan oleh inverter jembatan penuh. Hasil pengujian menunjukkan frekuensi resonansi rangkaian resonan seri hasil perancangan adalah 51,1kHz, dan untuk rangkaian resonan seri-paralel adalah 18,5 kHz dan 65,1kHz. Dengan duty cycle sebesar 50% dan tegangan masukan sebesar 14 Volt AC, rangkaian resonan seri mampu menghasilkan tegangan keluaran mencapai 154 Volt AC, dan untuk rangkaian resonan seri-paralel mampu menghasilkan tegangan 70 Volt AC dan 84 Volt AC. Beban *rectifier-LED* yang dicatu secara paralel tidak mengubah nilai frekuensi resonansi namun menurunkan nilai gain pada rangkaian.

*Kata kunci: Rangkaian resonan seri, Rangkaian resonan seri-paralel, Frekuensi resonansi, rectifier-LED*

## Abstract

Resonance in an electric circuit is a condition when inductive reactance and capacitive reactance have equal value ( $X_L = X_C$ ). Inductive reactance will increase in line with increasing frequency while capacitive reactance would decrease if the frequency increased. So there is only one point of the frequency where the state of both the reactance is at the equal value. This research analysed about the influence of the *rectifier-LED* load in parallel position with the resonant tank, the resonant tank was made in a series and series-parallel circuit. The series and series-parallel resonant circuit changed a wave of voltage that was produced by inverter full bridge. The experimental result showed that the resonance frequency of the series resonant circuit was 51,1kHz and the resonance frequencies of the series-parallel resonant circuit were 18,5 khz and 65,1 khz. With duty cycle by 50 %, and the input voltage 14 volt, the series resonant circuit was able to produce an output voltage up to 154 volt and the series-parallel resonant was able to produce an output voltage up to 70 volt and 84 volt. The *rectifier-LED* load in parallel position did not change the resonance frequency but it decreased the value of the gain.

*Keywords: Series resonant circuit, Series-parallel resonant circuit, resonance frequency, rectifier-LED*

## 1. Pendahuluan

Resonansi pada rangkaian listrik merupakan keadaan dimana reaktansi induktif dan reaktansi kapasitif memiliki nilai yang sama ( $X_L = X_C$ ). Reaktansi induktif akan meningkat seiring meningkatnya frekuensi sedangkan reaktansi kapasitif justru sebaliknya, akan menurun jika frekuensi meningkat. Jadi hanya akan ada satu nilai frekuensi dimana keadaan kedua reaktansi tersebut bernilai sama.[1]

Resonan konverter sebelumnya telah banyak diteliti guna mengamati respon dari tegangan keluaran akibat dari perubahan frekuensi kerja pada rangkaian resonan ini. Sudah banyak penelitian tentang resonan yang dilakukan sebelumnya yakni *a high DC voltage generator using*

*rectifier circuits with LC resonance*[2], analisa kerja *inverter* setengah jembatan dengan rangkaian resonan LC seri[3], perancangan *half bridge inverter* untuk catu daya pemanas induksi pada alat *extruder* plastik[4], analisa *inverter* dual resonan sebagai catu daya lampu led[5], perancangan *inverter* jembatan penuh dengan rangkaian pasif LC beban paralel[6], dan analisis *filter* seri-paralel dalam rangkaian frekuensi tinggi penaik tegangan. [7]

Pada penelitian ini akan dilakukan analisis tentang pengaruh beban *rectifier-LED* terhadap rangkaian resonan seri, dan rangkaian resonan seri-paralel. Rangkaian resonan seri dan resonan seri-paralel dipilih pada penelitian ini dengan pertimbangan bahwa pada rangkaian resonan ini mampu menguatkan tegangan keluaran, dan sebelumnya belum pernah digunakan untuk mensuplai beban *rectifier-LED*. Tujuan dari penelitian ini yaitu

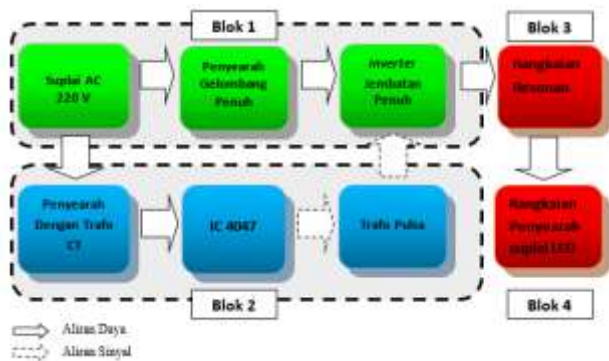
untuk mengetahui kinerja *inverter* dengan rangkaian resonan seri dan seri-paralel berbeban *rectifier*- LED.

Adapun tujuan Penelitian antara lain :

1. Mengetahui karakteristik nilai tegangan terhadap nilai frekuensi yang dihasilkan oleh *inverter* dengan rangkaian resonan seri dan resonan seri-paralel.
2. Mengetahui karakteristik *inverter* dengan rangkaian resonan seri dan seri-paralel ketika dibebani *rectifier*-LED, karena rangkaian resonansi sangat sensitif terhadap perubahan nilai resistif, kapasitif dan induktif.
3. Mengamati pengaruh pengaturan frekuensi kerja *inverter* dengan rangkaian resonan seri dan resonan seri-paralel terhadap energi yang disalurkan dan pancaran cahaya pada lampu LED

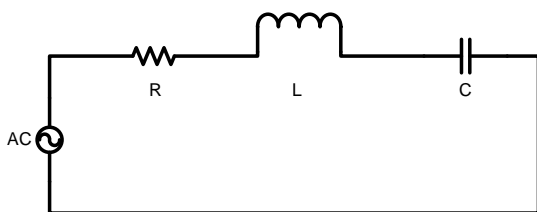
## 2. Metode

### 2.1 Perancangan Alat

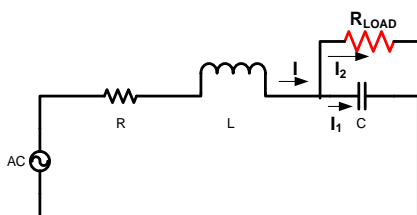


Gambar 1. Blok diagram perancangan alat secara keseluruhan

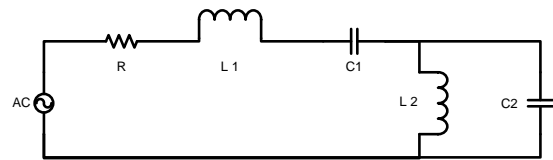
### 2.2 Perancangan Rangkaian Resonan



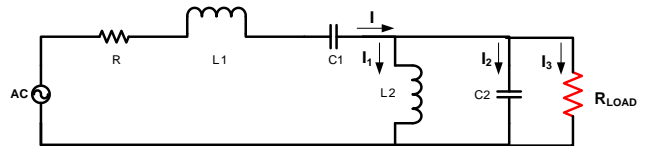
Gambar 2. Rangkaian resonan seri



Gambar 3. Rangkaian resonan seri berbeban



Gambar 4. Rangkaian resonan seri-paralel



Gambar 5. Rangkaian resonan seri-paralel berbeban

Untuk rangkaian resonan seri:

$$f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \text{ Hz} \quad (3)$$

$$\frac{V_o}{V_{in}} = \frac{1}{R \cdot j\omega C - \omega^2 LC + 1} \quad (4)$$

Untuk rangkaian resonan seri berbeban paralel:

$$\frac{V_{out}}{V_{in}} = \left( \frac{1}{\frac{R}{R_{load}} + R \cdot j\omega C + \frac{j\omega L}{R_{load}} - \omega^2 LC + 1} \right) \quad (5)$$

Untuk rangkaian seri-paralel tanpa beban:

$$f_1 = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{2,62}{LC}} \text{ dan } f_2 = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{0,38}{LC}} \quad (6)$$

$$\frac{V_o}{V_{in}} = \frac{1}{jR(\omega C - \frac{1}{\omega L}) - (\omega^2 LC + \frac{1}{\omega^2 LC}) + 3} \quad (7)$$

Untuk rangkaian resonan seri-paralel dengan beban paralel:

$$\frac{V_{out}}{V_{in}} = \frac{1}{jR(\omega C - \frac{1}{\omega L}) + \frac{j}{R_L}(\omega L - \frac{1}{\omega C}) - (\frac{1}{\omega^2 LC} - \frac{R}{R_L} + \omega^2 LC) + 3} \quad (8)$$

### 2.3 Perancangan Blok Rangkaian Daya

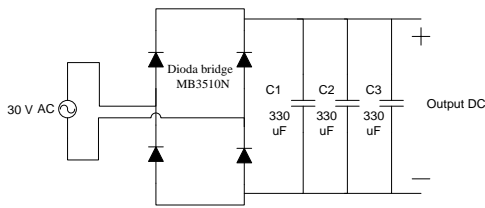


Gambar 6. Blok diagram rangkaian Daya

#### 2.3.1 Penyearah Gelombang Penuh

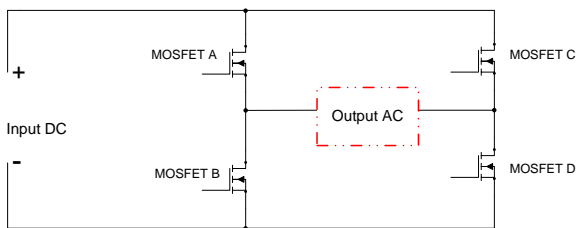
Gambar 7. adalah gambar penyearah gelombang penuh yang menggunakan dioda *bridge* MB3510 dengan 3 buah

kapasitor 330 uf yang dirangkai paralel sebagai tapis kapasitor.



Gambar 7. Rangkaian penyearah gelombang penuh

### 2.3.2 Rangkaian Inverter Jembatan Penuh



Gambar 8. Rangkaian Inverter jembatan penuh

*inverter* jembatan penuh dipilih karena mempunyai efisiensi yang paling bagus dibanding inverter jenis yang lain. Pada *inverter* jembatan penuh ini menggunakan MOSFET IRFP460. MOSFET pada rangkaian *inverter* diatas mampu menerima tegangan masukan hingga 500 V<sub>DC</sub> dan Arus maksimal yang dapat dialirkan pada MOSFET tersebut adalah 20 A.

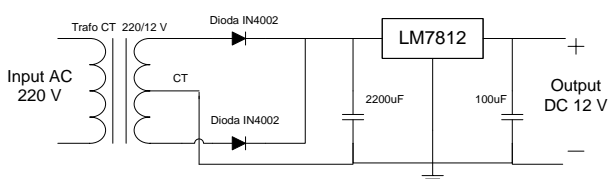
## 2.4 Perancangan Blok Rangkaian Kontrol

Secara garis besar perancangan pada blok rangkaian kontrol dapat dilihat pada Gambar 13. :

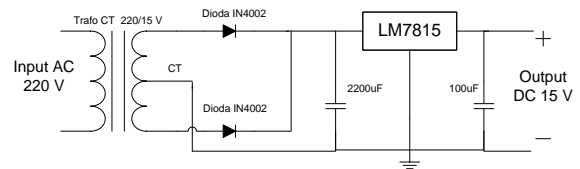


Gambar 9. Blok diagram perancangan rangkaian kontrol

### 2.4.1 Rangkaian Penyearah Gelombang Penuh Satu Fasa dengan Center Tap



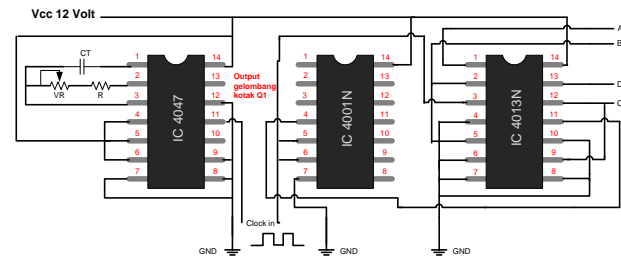
Gambar 10. Penyearah gelombang penuh satu fasa dengan center tap 12 V



Gambar 11. Penyearah gelombang penuh satu fasa dengan center tap 15 V

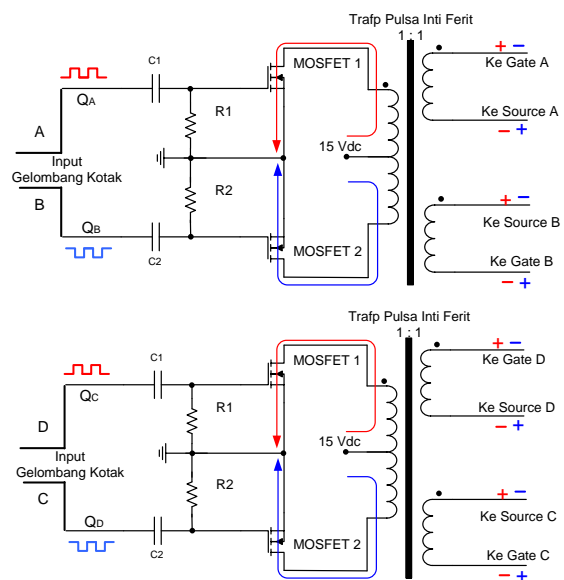
### 2.4.2 Rangkaian Kontrol IC 4047

Rangkaian kontrol dengan IC 4047 digunakan untuk mengontrol pemucuan MOSFET pada rangkaian daya *inverter*. IC 4047 akan menghasilkan gelombang kotak untuk pemucuan dengan *dutycycle* sebesar 50% dengan frekuensi tertentu. Pada perancangan penelitian ini, direncanakan *inverter* akan bekerja pada range frekuensi dari 20 KHz – 250 KHz dengan beberapa range frekuensi kerja. Range frekuensi kerja ini dimaksudkan agar pergeseran frekuensi dapat diatur dengan lebih halus.



Gambar 12. Rangkaian Kontrol dengan IC 4047

### 2.4.3 Rangkaian Driver dan Trafo Isolator Pulsa



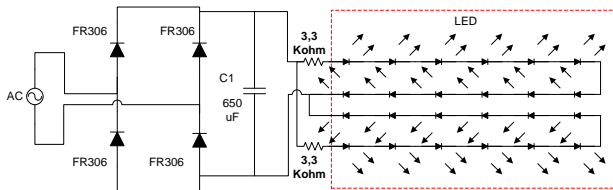
Gambar 13. Rangkaian driver dan trafo isolator pulsa

Trafo pulsa ini disusun dengan belitan primer dan sekunder mempunyai perbandingan 1 : 1. Trafo pulsa ini

diberi tegangan masukan 15 Vdc pada bagian tap tengahnya. Dengan tegangan masukan yang diberikan sebesar 15 Vdc maka digunakan MOSFET IRFZ44N, MOSFET ini memiliki tegangan dadal 60 V, tegangan threshold 4 V dan arus maksimalnya 50 A.

**2.5 Perancangan Rangkaian Suplai Lampu LED**

Untuk mensuplai beban lampu LED, maka tegangan yang dibutuhkan adalah tegangan DC. oleh sebab itu, karena tegangan keluaran dari rangkaian resonan yang dirancang adalah tegangan AC maka diperlukan suatu penyearah untuk mengkonversi tegangan AC tersebut menjadi tegangan DC. Topologi penyearah yang pilih adalah topologi penyearah gelombang penuh, topologi ini dipilih agar hasil keluaran gelombang dari penyearah bisa lebih rata. Dioda yang digunakan untuk proses penyearah dalam rangkaian ini harus berjenis *fast recovery*,



Gambar 14. Skema rangkaian suplai lampu LED

**3. Hasil dan Analisis**

**3.1 Analisis keluaran rangkaian resonan seri tanpa beban**

Dengan nilai komponen yang terukur :

- R (tahanan pada kawat *litz*) = 9 Ohm
- Kapasitor = 10 nF
- Induktor = 0,84 mH

Dengan  $V_{in} = 14$  Volt ( $V_{maks}$ ), langkah selanjutnya adalah memasukan nilai-nilai yang sudah ditentukan pada persamaan penguat tegangan yang tertera pada Persamaan (4) :

$$\frac{V_{out}}{V_{in}} = \frac{1}{R \cdot j\omega C - \omega^2 LC + 1}$$

Tabel 1. Perbandingan respon keluaran rangkaian resonan seri hasil perhitungan dan pengukuran.

Frekuensi i (kHz)	Perhitungan					V out ukur
	Vin (Volt)	R (ohm)	L (mH)	C (nf)	V out (Volt)	
25,2	14	9	0,84	10	17,4	18
30,2	14	9	0,84	10	19,6	18
35,12	14	9	0,84	10	22,9	20
38,25	14	9	0,84	10	26,1	28
42,9	14	9	0,84	10	33,8	39,2
45,1	14	9	0,84	10	39,8	44
47,02	14	9	0,84	10	47,6	70
49,03	14	9	0,84	10	60,5	122
51,1	14	9	0,84	10	85,5	154
53,2	14	9	0,84	10	151,4	124
56,6	14	9	0,84	10	477,9	80
58,8	14	9	0,84	10	124,8	64
60,9	14	9	0,84	10	72,1	44
63,01	14	9	0,84	10	50,1	38
69	14	9	0,84	10	26,0	25,6
74,41	14	9	0,84	10	17,7	21,6
78,5	14	9	0,84	10	14,0	14,4
85,05	14	9	0,84	10	10,4	12,8

Dari Tabel 1. perhitungan tegangan keluaran pada rangkaian resonan seri yang tertinggi adalah 477,9 Volt pada frekuensi 56,6 kHz sedangkan pada pengukuran nilai yang tertera adalah 154 Volt terjadi pada frekuensi 51,1 kHz.

Dari Tabel 1 terlihat perbedaan yang cukup tampak, baik frekuensi penguat maupun tegangan. Perbedaan - perbedaan nilai tegangan yang melalui perhitungan dan pengukuran ini terjadi disebabkan beberapa hal, yaitu :

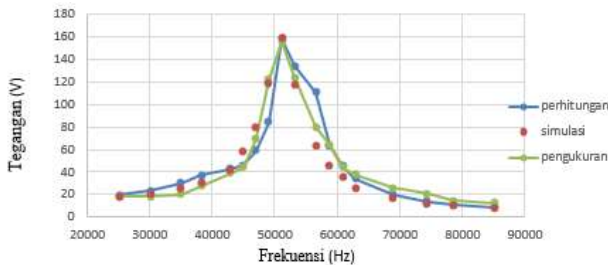
- Pada proses pembuatan terjadi efek parasitik yang disebabkan pada penyambungan komponen menggunakan jalur PCB yang disolder. Beban parasitik ini juga berada pada hambatan dalam pada masing-masing komponen yang digunakan, sehingga rangkaian ini dapat menimbulkan adanya penambahan nilai resistansi, kapasitansi dan induktansi. Hal tersebut dapat menimbulkan pergeseran nilai frekuensi sehingga nilai penguat tegangan juga berubah.<sup>[16]</sup>
- Pada komponen induktor tidak hanya memiliki nilai induktif melainkan memiliki nilai kapasitif dan resistif.<sup>[17]</sup>
- Pada komponen kapasitor tidak hanya memiliki nilai kapasitif melainkan memiliki nilai induktif dan resistif.

Ketiga alasan inilah yang menyebabkan nilai perhitungan dan pengukuran tidak sama, sehingga terjadi pergeseran nilai tegangan dan frekuensi. Jika nilai R,L,C yang digunakan dirubah dengan dikurangi dan ditambahkan nilainya, maka didapatkan nilai yang seharusnya ada didalam komponen tersebut. Dengan menggunakan simulasi PSpice, maka akan didapat pertambahan nilai komponen sehingga nilai frekuensi dan tegangan mendekati nilai pengukuran. Tabel 2. adalah tabel perubahan nilai R,L,C dengan menggunakan simulasi, perhitungan dan membandingkan dengan pengukuran keluaran tegangan yang dihasilkan resonan seri.

Tabel 2. Perbandingan respon keluaran rangkaian resonan seri hasil perhitungan, simulasi, dan pengukuran

Vin (Volt)	F (kHz)	Perhitungan			Vout (Volt)	Simulasi (Volt)	Ukur (Volt)
		C (nF)	L (mH)	R (ohm)			
14	25,2	19	0,51	14,5	19,62	18,37	18
14	30,2	19	0,51	14,5	23,36	21,2	18
14	35,12	19	0,51	14,5	29,92	26,2	20
14	38,25	19	0,51	14,5	37,36	30,9	28
14	42,9	19	0,51	14,5	62,94	42	39,2
14	45,1	19	0,51	14,5	46,56	58	44
14	47,02	19	0,51	14,5	59,21	80	70
14	49,03	19	0,51	14,5	84,26	119,1	122
14	51,1	19	0,51	14,5	158,18	158,3	154
14	53,2	19	0,51	14,5	134,04	118	124
14	56,6	19	0,51	14,5	110,81	63	80
14	58,8	19	0,51	14,5	63,76	46	64
14	60,9	19	0,51	14,5	44,87	35,7	44
14	63,01	19	0,51	14,5	34,29	26,4	38
14	69	19	0,51	14,5	20,00	16,8	25,6
14	74,41	19	0,51	14,5	14,18	12,6	21,6
14	78,5	19	0,51	14,5	11,48	10,4	14,4
14	85,05	19	0,51	14,5	8,66	7,9	12,8

Dari Tabel 2. dan Gambar 15. dapat dilihat antara nilai perhitungan, simulasi dan pengukuran cenderung sama. Dari gambar tersebut, dapat disimpulkan bahwa jika rangkaian resonan dioperasikan atau dihidupkan maka pada rangkaian tersebut terjadi perubahan nilai R,L,C akibat adanya efek parasitik (perubahan yang diakibatkan nilai internal pada komponen). Nilai hambatan berubah, dari yang semula 9 ohm menjadi 14,5 ohm, nilai C dari 10 nF menjadi 19 nF dan nilai L dari 0,79 mH menjadi 0,51 mH. Perubahan nilai inilah yang menyebabkan perhitungan dan pengukuran berbeda.



Gambar 15. Grafik perbandingan frekuensi terhadap tegangan perhitungan, simulasi dan pengukuran pada output resonan seri

### 3.2 Analisis keluaran rangkaian resonan seri-paralel tanpa beban

Dengan nilai komponen yang terukur :

- R (tahanan pada kawat *litz*) = 9 Ohm
- Kapasitor = 20 nF
- Induktor = 0,79 mH

Dengan  $V_{in} = 14$  Volt ( $V_{maks}$ ), langkah selanjutnya adalah memasukan nilai-nilai yang sudah ditentukan pada persamaan penguat tegangan yang tertera pada Persamaan (4) :

$$\frac{V_o}{V_{in}} = \frac{1}{jR(\omega C - \frac{1}{\omega L}) - (\omega^2 LC + \frac{1}{\omega^2 LC}) + 3}$$

Tabel 3. Perbandingan respon keluaran rangkaian resonan seri-paralel hasil perhitungan dan pengukuran.

F (Hz)	Perhitungan					Ukur (Volt)
	Vin (Volt)	R (Ohm)	C (nF)	L (mH)	Vout (Volt)	
5	14	9	20	0,79	0,30	14
10,5	14	9	20	0,79	1,22	17
17	14	9	20	0,79	5,31	20
18,5	14	9	20	0,79	7,04	70
24,2	14	9	20	0,79	88,56	20
35,03	14	9	20	0,79	15,32	18
41,02	14	9	20	0,79	14,00	16
55,3	14	9	20	0,79	23,23	18
58,1	14	9	20	0,79	30,47	20
60,4	14	9	20	0,79	42,51	22
63	14	9	20	0,79	82,54	40
65,1	14	9	20	0,79	320,79	84
68,49	14	9	20	0,79	43,52	46
70,32	14	9	20	0,79	30,08	40
73,21	14	9	20	0,79	19,90	26
75,81	14	9	20	0,79	15,07	20
80,1	14	9	20	0,79	10,58	10

Dari Tabel 3. perhitungan tegangan keluaran pada rangkaian resonan seri yang tertinggi adalah 320,79 Volt pada frekuensi 65,1, kHz sedangkan pada pengukuran nilai yang tertera adalah 84 Volt terjadi pada frekuensi 65,1 kHz.

Dari Tabel 3. terlihat perbedaan yang cukup tampak, baik frekuensi penguat maupun tegangan. Perbedaan-perbedaan nilai tegangan yang melalui perhitungan dan pengukuran ini terjadi karena disebabkan beberapa hal, yaitu :

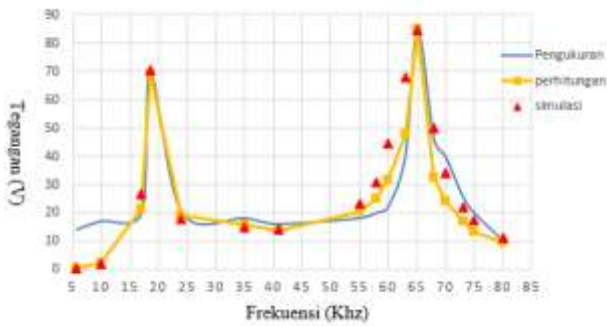
Seperti pada subbab 4.2.1 ketiga alasan yang sudah disebutkan sebelumnya menyebabkan nilai perhitungan dan pengukuran tidak sama, sehingga terjadi pergeseran nilai tegangan dan frekuensi. Jika nilai R, L, C yang digunakan dirubah dengan dikurangi dan ditambahkan nilainya, maka didapatkan nilai yang seharusnya ada didalam komponen tersebut. Dengan menggunakan simulasi PSpice, maka akan didapat pertambahan nilai komponen sehingga nilai frekuensi dan tegangan mendekati nilai pengukuran. Tabel 4. adalah tabel perubahan nilai R,L,C dengan menggunakan simulasi, perhitungan dan membandingkan dengan pengukuran keluaran tegangan yang dihasilkan resonan seri.

Tabel 4. Perbandingan respon keluaran rangkaian resonan seri-paralel hasil perhitungan, simulasi, dan pengukuran.

F (kHz)	Perhitungan					Simulasi (Volt)	Ukur (Volt)
	Vin (Volt)	C (nF)	L (mH)	R (ohm)	Vout (Volt)		
5,7	14	59	0,47	17	0,54	0,42	14
10,5	14	59	0,47	17	2,43	2,2	17
17	14	59	0,47	17	21,09	26,5	20
18,5	14	59	0,47	17	69,41	70,5	70
24,2	14	59	0,47	17	19,18	17,7	20
35,03	14	41	0,382	16	15,96	15,15	18
41,02	14	41	0,382	16	13,93	14,02	16
55,3	14	41	0,382	16	20,35	23,21	18
58,1	14	41	0,382	16	25,06	30,76	20
60,4	14	41	0,382	16	31,84	44,56	22
63	14	41	0,382	16	47,86	68,02	40
65,1	14	41	0,382	16	85,29	84,6	84
68,49	14	41	0,382	16	32,58	50,1	46
70,32	14	41	0,382	16	24,18	34	40
73,21	14	41	0,382	16	16,95	21,9	26
75,81	14	41	0,382	16	13,22	17,5	20
80,1	14	41	0,382	16	9,55	11,3	10

Dari Tabel 4 dan Gambar 16. dapat dilihat antara nilai perhitungan, simulasi dan pengukuran cenderung sama. Dari gambar tersebut, dapat disimpulkan bahwa jika rangkaian resonan dioperasikan atau dihidupkan maka pada rangkaian tersebut terjadi perubahan nilai R,L,C akibat adanya efek parasitik (perubahan yang diakibatkan nilai internal pada komponen). Nilai hambatan berubah, dari yang semula 9 ohm menjadi 17 ohm pada frekuensi 5,7 – 18,5 kHz, dan berubah menjadi 16 ohm pada frekuensi 35-80,1 kHz. Nilai C berubah dari 20 nF menjadi 59 nF pada frekuensi 5,7 – 18,5 kHz, dan

berubah menjadi 41nF pada frekuensi 35-80,1 kHz. Nilai L dari 0,79 mH menjadi 0,47mH pada frekuensi 5,7 – 18,5 kHz , dan berubah menjadi 0,382 pada frekuensi 35-80,1 kHz. Perubahan nilai inilah yang menyebabkan perhitungan dan pengukuran berbeda.

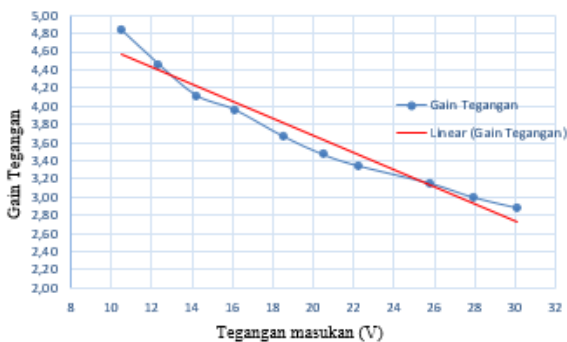


Gambar 16. Grafik perbandingan frekuensi terhadap tegangan perhitungan, simulasi dan pengukuran pada output resonan seri-paralel

### 3.3 Pengujian rangkaian resonan dengan beban Rectifier-LED

Tabel 5. data hasil pengujian pada resonan seri berbeban

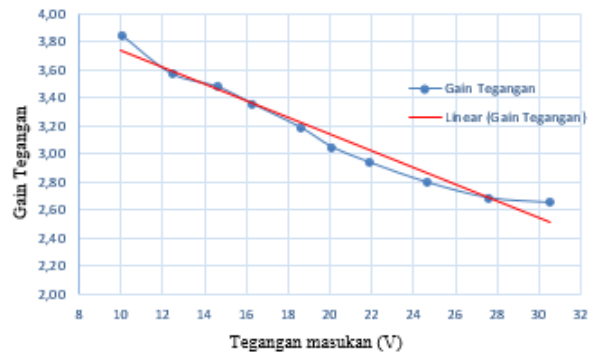
No	Vin (Volt)	Vout / V beban (Volt)	Frekuensi Kerja (kHz)	Gain (Vout/ Vin)
1	10,5	50,8	51,1	4,84
2	12,3	55	51,3	4,47
3	14,2	58,5	51,2	4,12
4	16,1	63,8	51,3	3,96
5	18,5	67,9	51,3	3,67
6	20,5	71,1	51,2	3,47
7	22,2	74,3	51,1	3,35
8	25,8	81,3	51,2	3,15
9	27,9	83,7	51,2	3,00
10	30,1	86,8	51,1	2,88



Gambar 17. Grafik hubungan tegangan masukan terhadap penguat tegangan pada resonan seri

Tabel 6. data hasil pengujian pada resonan seri- paralel berbeban

No	Vin (Volt)	Vdc / V beban (Volt)	Frekuensi Kerja (kHz)	Gain (Vout/ Vin)
1	10	38,5	65,1	3,85
2	12,4	44,3	65,1	3,57
3	14,6	50,8	65,09	3,48
4	16,3	54,7	65,1	3,36
5	18,6	59,3	65,1	3,19
6	20,1	61,3	65,1	3,05
7	21,9	64,4	65,3	2,94
8	24,6	68,9	65,1	2,80
9	27,6	74,2	65,2	2,69
10	30,5	77,1	65,1	2,53



Gambar 18. Grafik hubungan tegangan masukan terhadap penguat tegangan pada resonan seri-paralel

Gambar 17. dan Gambar 18. dapat dilihat bahwa semakin besar tegangan masukan yang diberikan pada *inverter*, maka nilai penguatan ( $V_{out}/V_{in}$ ) tegangan keluaran yang diterima oleh beban akan semakin kecil, hal ini disebabkan oleh penggunaan beban lampu Led yang bersifat non linear. Dimana menurut data sheet, menunjukkan bahwa semakin besar tegangan yang diberikan pada LED maka semakin besar pula arus yang mengalir, namun dengan perbandingan yang non linear. Maka dengan demikian dapat ketahu bahwa resistansi pada lampu LED akan semakin mengecil jika tegangan kerjanya dinaikan. Hal inilah yang menyebabkan penguatan dari rangkaian resonan seri dan seri-paralel cenderung menurun akibat resistansi total LED yang disuplai yang menurun seiring dengan bertambahnya tegangan yang di terima LED.

Karakteristik LED yang sedemikian rupa disebabkan karena LED pada dasarnya adalah semikonduktor jenis pn, dimana hubungan arus dan tegangan yang non linear pada semikonduktor jenis ini. [18]

### 3.4 Pengujian Perubahan Nilai Kapasitor Pada Penyearah (*rectifier*) Gelombang Penuh Terhadap Respon Frekuensi Rangkaian Resonan

#### a. Rangkaian resonan seri

Tabel 7. data pengujian perubahan kapasitor pada penyearah (*rectifier*) gelombang penuh pada resonan seri

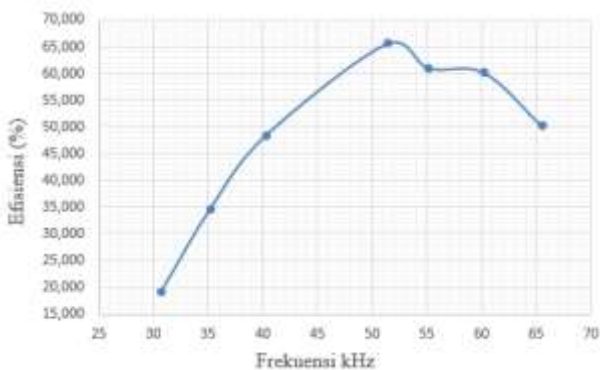
No	Vin (Volt)	Kapasitor (uF)	Vdc out (Volt)	Frekuensi (kHz)
1	20.5	330	71,1	51,1
2	20.5	430	71,1	51,1
3	20.5	650	71,1	51,1

Tabel 8. data pengujian perubahan kapasitor pada penyearah (*rectifier*) gelombang penuh rangkaian resonan seri-paralel

No	Vin (Volt)	Kapasitor (uF)	Vdc out (Volt)	Frekuensi (kHz)
1	20.1	330	61,3	65,1
2	20.1	430	61,3	65,1
3	20.1	650	61,3	65,1

Dari Tabel 7 dan Tabel 8 diatas dapat dilihat bahwa nilai tegangan keluaran dan frekuensi resonan relatif tetap. Dapat disimpulkan bahwa perubahan kapasitor tidak mempengaruhi perubahan frekuensi pada rangkaian resonan dikarenakan kapasitor ini dirangkai pada rangkaian penyearah gelombang penuh yang letaknya sudah diluar dari rangkaian resonan yang dirancang.

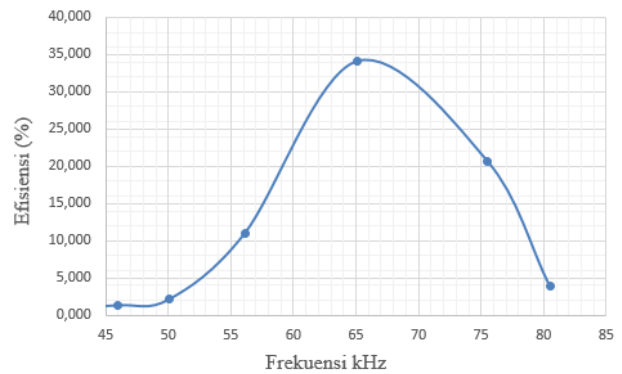
### 3.5 Efisiensi



Gambar 19. Grafik perngaruh frekuensi terhadap efisiensi rangkaian resonan seri

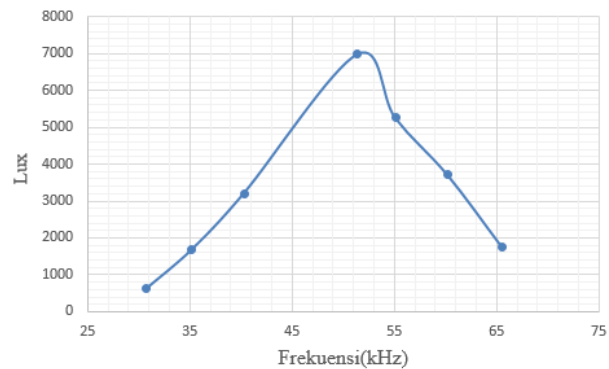
Pada Gambar 19 dan Gambar 20 Dapat dilihat bahwa semakin mendekati frekuensi resonan nilai efisiensi yang diperoleh akan semakin besar. Pada saat frekuensi resonan, yaitu 51,1 kHz untuk rangkaian resonan seri dan 65,1 kHz untuk rangkaian resonan seri paralel efisiensi alat bisa menjadi begitu baik karena pada kondisi ini rugi-rugi yang terdapat pada rangkaian bernilai begitu

minimal, sehingga dapat meningkatkan efisiensi dari alat ini.

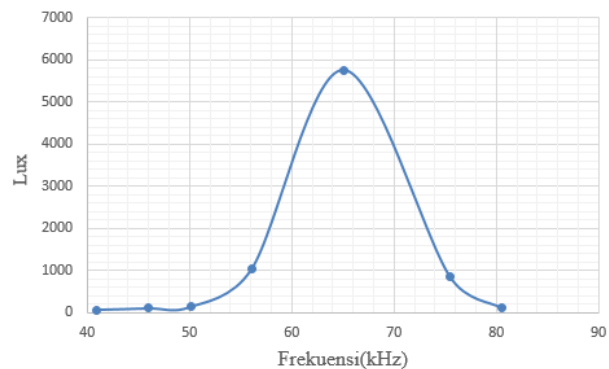


Gambar 20. Grafik perngaruh frekuensi terhadap efisiensi rangkaian resonan seri-paralel

### 3.6 Pengujian Lux keluaran LED



Gambar 21. Grafik pengaruh frekuensi terhadap lux keluaran LED rangkaian resonan seri



Gambar 22. Grafik pengaruh frekuensi terhadap lux keluaran LED rangkaian resonan paralel.

Dari Gambar 21 dan Gambar 22 dapat dilihat bahwa keluaran lux terbesar terjadi saat frekuensi diatur pada frekuensi resonan dari rangkaian, yaitu 51,1 kHz untuk rangkaian resonan seri dan 65,1 kHz untuk rangkaian resonan seri paralel. Hal ini sudah sesuai dengan teori,

bahwa pada saat rangkaian resonan seri dan seri-paralel dengan beban paralel diatur pada frekuensi resonannya, maka nilai tegangan yang dihasilkan pada sisi keluaran akan bernilai paling tinggi jika dibandingkan dengan frekuensi dibawah resonan dan diatas resonan.

Dari semua pengujian yang telah dilakukan, yaitu pengujian dengan memvariasikan tegangan masukan pada *inverter*, perubahan nilai kapasitor pada rangkaian penyearah (*rectifier*) untuk suplai LED, memvariasikan frekuensi kerja untuk mengetahui nilai efisiensi dan LUX yang dihasilkan pada lampu LED. Dapat dilihat bahwa nilai frekuensi resonansi pada rangkaian resonan seri dan rangkaian resonan seri-paralel tetap, yaitu berada pada kisaran 51 kHz untuk rangkaian resonan seri dan 65 kHz untuk rangkaian resonan seri-paralel. Namun pada saat pengujian dengan pengaturan tegangan masukan pada sisi *inverter* diperoleh gain tegangan yang cenderung turun. Hal diatas memperkuat kenyataan bahwa beban *rectifier*-LED pada *inverter* dengan rangkaian resonan seri maupun rangkaian resonan seri-paralel cenderung bernilai resistif.

#### 4. Kesimpulan

Tegangan yang dihasilkan pada rangkaian resonansi seri tanpa beban memiliki satu gelombang penguat tertinggi yaitu pada frekuensi 51,1 kHz dengan tegangan 154 Volt, dari tegangan masukan *inverter* 14 Volt. Sedangkan pada rangkaian resonansi seri-paralel tanpa beban memiliki dua gelombang penguat yaitu pada frekuensi 18,5 kHz dan 65,1 dengan tegangan 70 Volt dan 84 Volt dari tegangan masukan *inverter* 14 Volt. Beban *rectifier*-LED yang dihubungkan paralel pada rangkaian resonan seri dan seri-paralel tidak mempengaruhi frekuensi resonansi pada rangkaian resonan, namun mempengaruhi penguatan tegangan pada output rangkaian resonansi seri dan seri paralel, dikarenakan terjadi penurunan nilai resistansi pada sisi beban. Semakin dekat frekuensi kerja rangkaian resonan yang digunakan dengan frekuensi resonansinya, maka akan semakin besar energi keluaran yang diterima beban *rectifier*-LED, sehingga efisiensi yang dihasilkan semakin bagus yaitu 65 % pada rangkaian resonan seri dan 34% pada rangkaian resonan seri-paralel. Lampu LED dapat menyala semakin terang, dengan jumlah intensitas cahaya maksimum adalah 6970 lux pada rangkaian resonan seri dan 5750 lux pada rangkaian resonan seri-paralel.

Untuk memperoleh karakteristik keluaran yang berbeda dapat dilakukan variasi terhadap topologi rangkaian resonan yang digunakan. Untuk penelitian selanjutnya juga dapat dicoba dengan pembebanan secara seri agar diperoleh tegangan penguatan yang berbeda.

#### Referensi

- [1]. resonansi listrik [www.geocities.ws](http://www.geocities.ws) diakses 25/11/2014 jam 18.00
- [2]. Matsui, Keiju, dkk. "A High DC voltage Generator Using Rectifier Circuits with LC Resonance", Chubu University.
- [3]. Wibowo, Lutfi Laksito. " Analisis Kerja *Inverter* Setengah Jembatan Dengan Rangkaian Resonan LC Seri". Penelitian, Teknik Elektro, Universitas Diponegoro, Semarang 2014.
- [4]. Budiman, Rezon Arif."Perancangan Half Bridge *Inverter* untuk Catu Daya Pemanas Induksi pada Alat Extruder Plastik", Penelitian, Teknik Elektro, Universitas Diponegoro, Semarang .2012.
- [5]. Nugraha, Dionisius Vidi, "Analisis *Inverter* Dual Resonan Sebagai Catu Daya Lampu LED" Penelitian, Teknik Elektro, Universitas Diponegoro, Semarang. 2013.
- [6]. Utomo, Nugroho ."Perancangan *Inverter* Jembatan Penuh dengan Rangkaian Pasif LC Beban Paralel." Penelitian, Teknik Elektro, Universitas Diponegoro, Semarang. 2013.
- [7]. Hendrawan, Alvian Dwi"Analisis filter seri-paralel dalam rangkaian *inverter* frekuensi tinggi penaik tegangan" Penelitian, Teknik Elektro, Universitas Diponegoro. 2013.
- [8]. Edminister, Joseph A, Mahmood Navi. *Rangkaian Listrik*, Edisi keempat. Jakarta, Erlangga.
- [9]. Zuhal, *Dasar Tenaga Listrik Dan Elektronika Daya*, Gramedia, 1995.
- [10]. M. Rashid, *Power Electronics Handbook*. Academic Press. Canada.2001
- [11]. Wardhana, Ibnu Surya. "Perancangan *Inverter* Push Pull Resonan Paralel pada Aplikasi Fotovoltaik". Penelitian, Teknik Elektro, Universitas Diponegoro, Semarang 2012.
- [12]. Harto, Saputro Jimy. "Analisa Penggunaan Lampu Led Pada Penerangan Dalam Ruangan". Penelitian, Teknik Elektro, Universitas Diponegoro. 2012.
- [13]. Safarudin, Yanuar Mahfudz."Perancangan Modul Praktikum *Inverter* Sinusoidal Pulse Width Modulation (SPWM) 2 Level, 3 Level dan Sinusoidal", Penelitian, Teknik Elektro, Universitas Diponegoro, Semarang . 2013.
- [14]. ---, <http://www.alldatasheet.com/>
- [15]. Mahardika, Tegar ."perancangan *inverter* fullbridge resonansi seri frekuensi tinggi untuk aplikasi induction cooker", Penelitian, Teknik Elektro, Universitas Diponegoro, Semarang, 2013.
- [16]. Kazimierczuk, Marian K dan Darius Czarkowski.*Resonant Power Converters* , John Wiley & sons, Inc, New York. 1976.
- [17]. Oklilas, Ahmad Fali. *Elektronika Dasar*.Universitas Sriwijaya. Palembang. 2006
- [18]. Kasap, S.O .*Optoelectronics and Photonics Principles and Practices*. Prentice Hall. 2001