

## BAB IV

### HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Data Umum

Pada pengujian Tugas akhir ini yaitu simulasi yang menggunakan program aplikasi PowerSIM (PSIM). Power Simulation atau yang lebih dikenal dengan PSIM adalah salah satu software yang berguna untuk mensimulasikan berbagai karakteristik elektronika dan sistem tenaga listrik yang berjalan pada Operator System Windows XP dan selanjutnya. Software ini dikembangkan oleh perusahaan Power Sim Inc dan dapat di download pada alamat situs <http://powersimtech.com>.

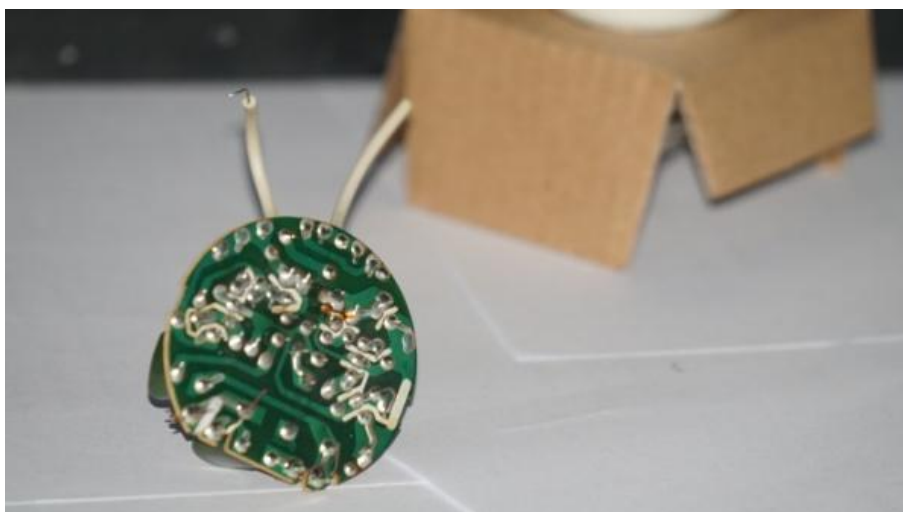
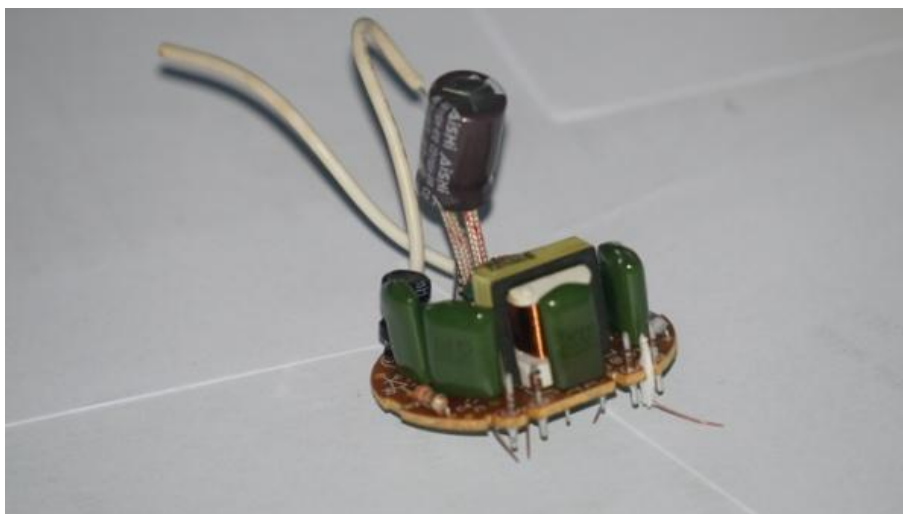
Pada Tugas akhir ini, penulis melakukan penelitian yang dilakukan pada lampu hemat energy dan lampu LED untuk mengetahui perbandingan harmonisa dan faktor daya pada kedua lampu. Pengukuran dilakukan dengan ukuran lampu LED 3 Watt dan lampu hemat energi 11 Watt. Keduanya memiliki nilai daya yang berbeda, hal ini akan mempengaruhi hasil penelitian karena memang akan terjadi perbedaan arus. Namun dengan daya yang berbeda kedua lampu memancarkan cahaya yang kurang lebih sama.



Gambar 4.1 kedua lampu yang disimulasikan

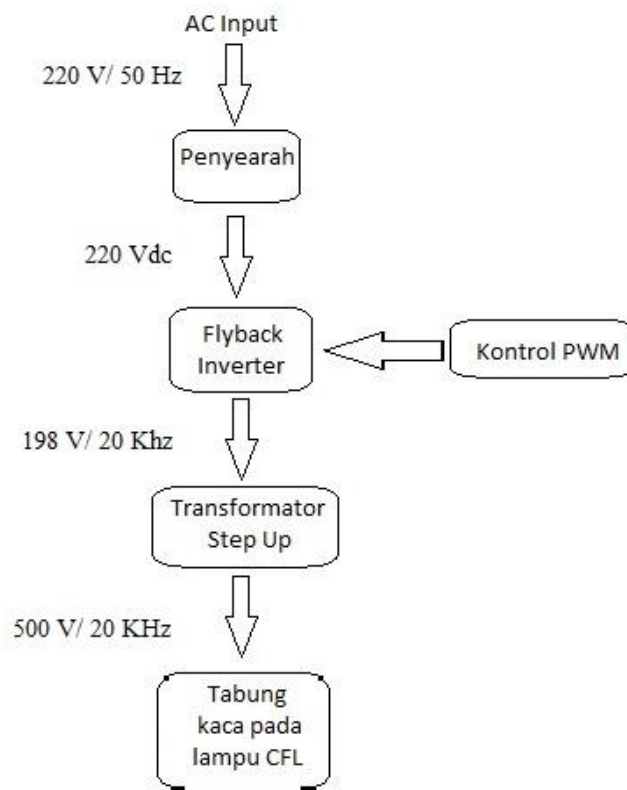
#### **4.1.1 Rangkaian dan Cara Kerja Lampu Hemat Energi**

Prinsip kerja dari lampu hemat energi adalah mengaktifkan *compact fluorescent* yang terdapat di dalam tabung dengan cara memberikan panas pada tabung tersebut.

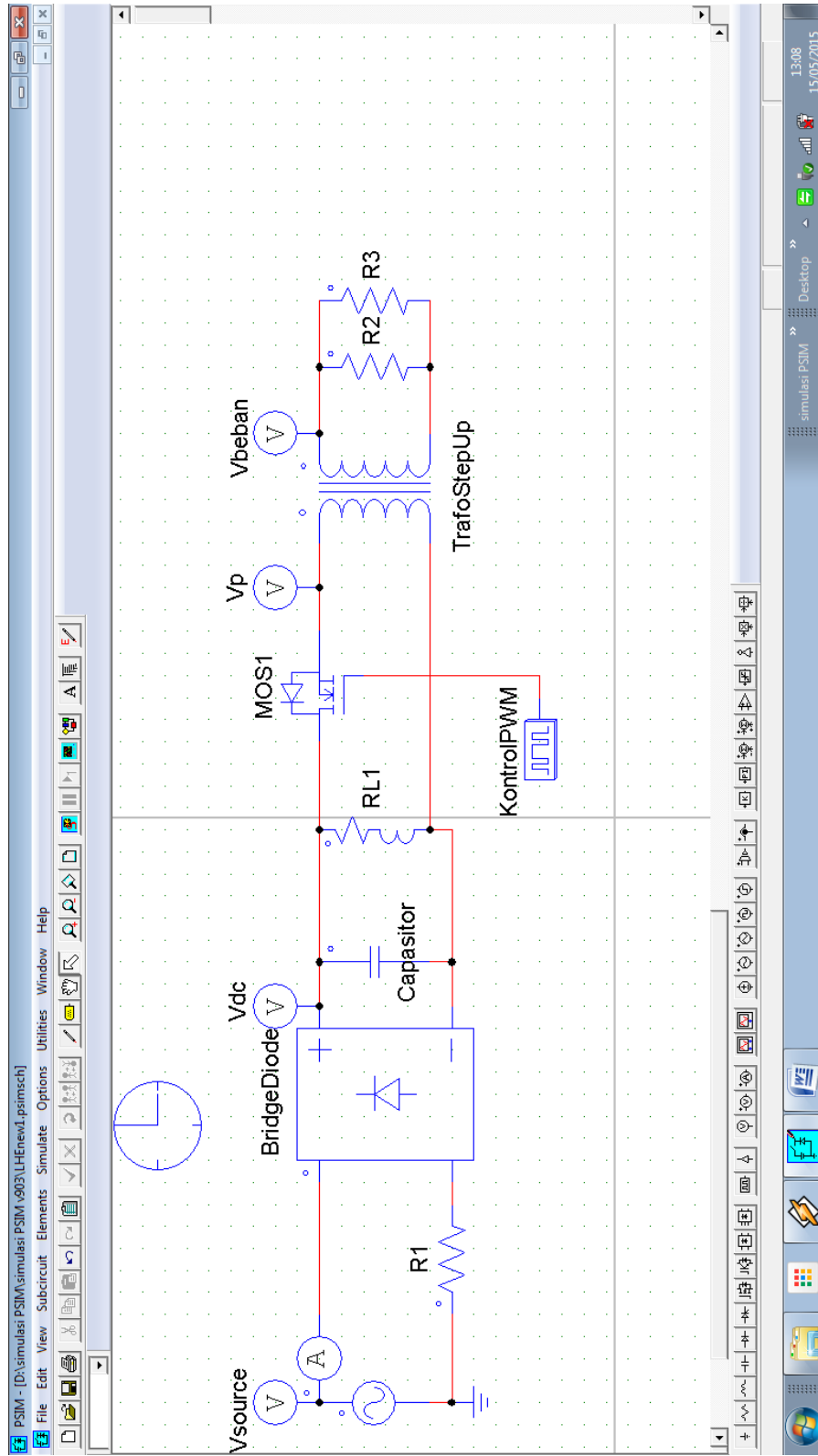


Gambar 4.2 Lampu hemat energi fluorescent 11 Watt

Berikut adalah gambar diagram blok dan gambar rangkaian pada lampu hemat energi jika disimulasikan menggunakan PSIM.



Gambar 4.3 Blog diagram gambaran cara kerja lampu hemat energi



Gambar 4.4 gambar rangkaian simulasi lampu hemat energi

Cara kerja dari catu daya pada LHE adalah masukkan tegangan sumber (Tegangan AC 220 V) disearahkan dengan menggunakan dioda bridge. Tegangan masukan 220 V/50Hz disearahkan menjadi tegangan searah 220 V yang selanjutnya menuju ke rangkaian Flyback Inverter. Gambaran perubahan tegangan diatas dapat dilihat pada gambar 4.5.

Kemudian tegangan tersebut dibuat menjadi tegangan yang berfrekuensi tinggi dengan menggunakan *flyback inverter*. Perbandingan tegangannya dapat dilihat pada gambar 4.6. Rangkaian flyback inverter terdiri dari komponen kapasitor, resistor, induktor, mosfet dan kontrol PWM (*Pulse Width Modulation*).

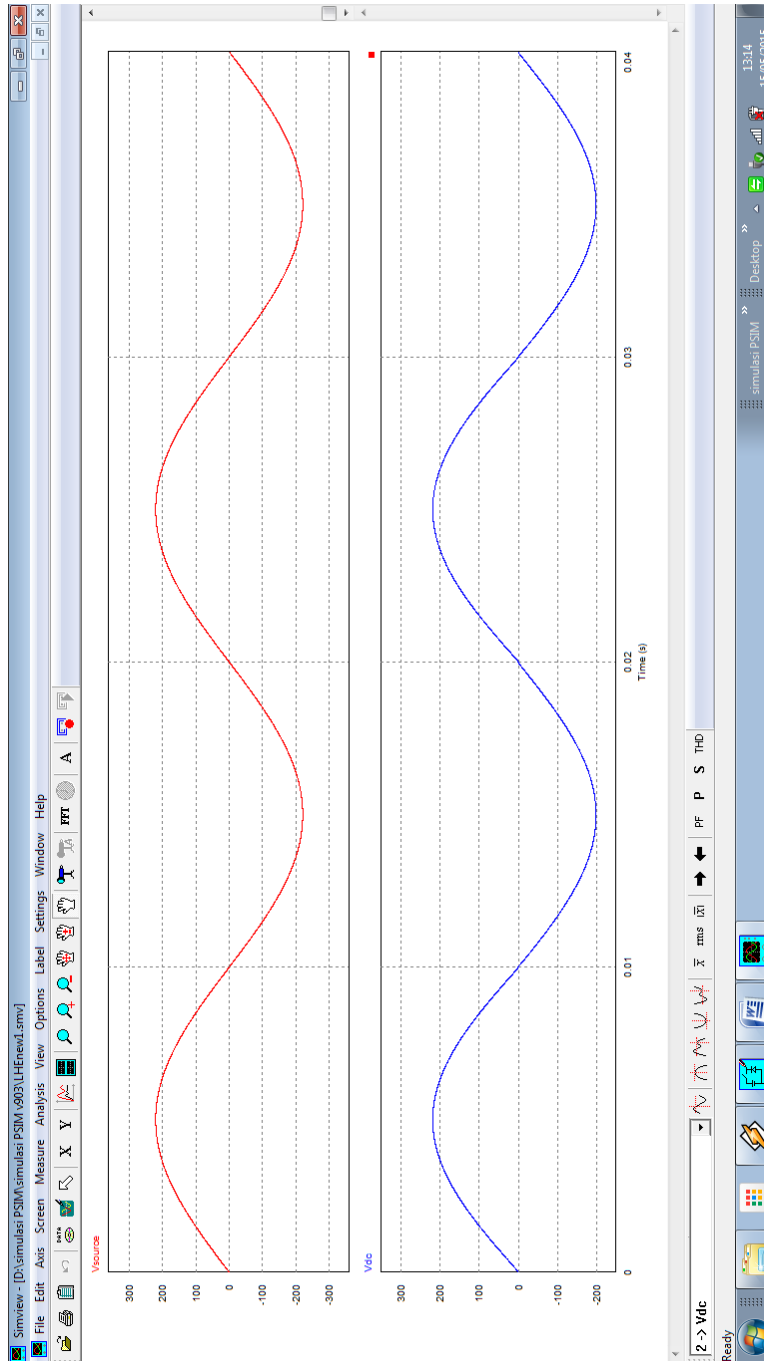
*Mosfet* adalah suatu komponen yang dikendalikan oleh tegangan dan memerlukan arus masukan yang kecil. Sedangkan *PWM (Pulse Widh Modulation)* merupakan metode pengendalian pada aplikasi konverter yang dikembangkan untuk mendapatkan keluaran yang diinginkan. PWM biasanya berada didalam inverter yang berfungsi sebagai rangkaian elektronik yang dapat mengubah sumber tegangan searah menjadi tegangan bolak-balik.

Setelah tegangan berfrekuensi tinggi, maka tegangan tersebut dinaikkan menggunakan trafo *step-up*. Kemudian tegangan berfrekuensi tinggi tersebut dialirkan pada kawat pijar yang kedua ujung kawatnya terdapat elektroda dan menyambung pada tabung yang sudah terdapat *merkuri* dan *gas argon* yang bertekanan rendah. Saat dialiri arus listrik, elektroda akan memanaskan dan menyebabkan elektron-elektron berpindah tempat dari satu ujung ke ujung lainnya. Perpindahan elektron akan bertabrakan dengan atom merkuri sehingga energi elektron akan meningkat ke level yang lebih tinggi. Elektron-elektron akan

melepaskan cahaya saat energy elektron tersebut kembali ke level normalnya.

Gambaran perubahan tegangan antara  $V_p$  dengan  $V_{beban}$  dapat dilihat pada gambar

4.7.



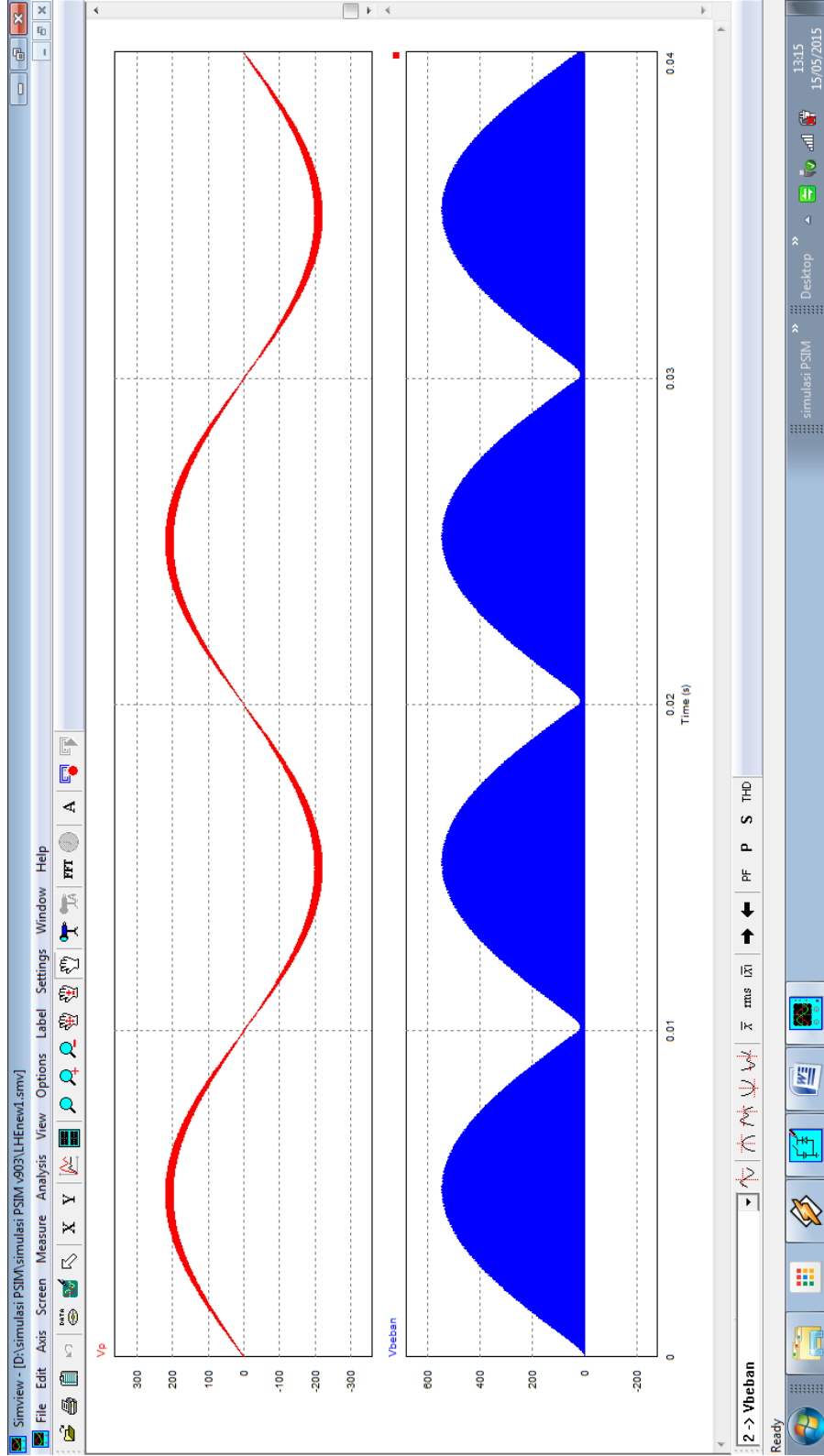
Gambar 4.5 Sinyal Vsource diatas adalah tegangan sumber 220 V

dan sinyal Vdc diatas adalah tegangan yang sudah disearahkan



Gambar 4.6 Sinyal Vdc (biru) dibandingkan dengan sinyal Vp (merah) yang sudah dibuat menjadi tegangan yang berfrekuensi

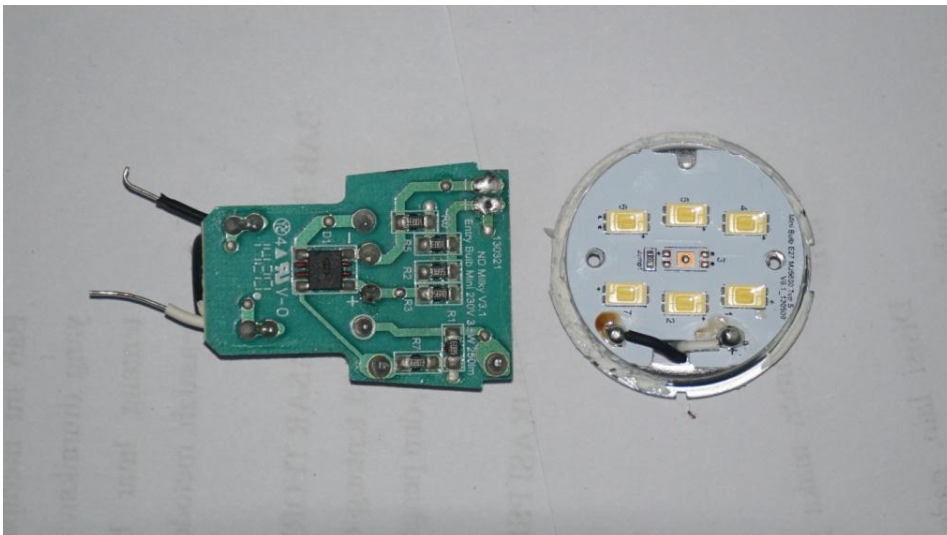
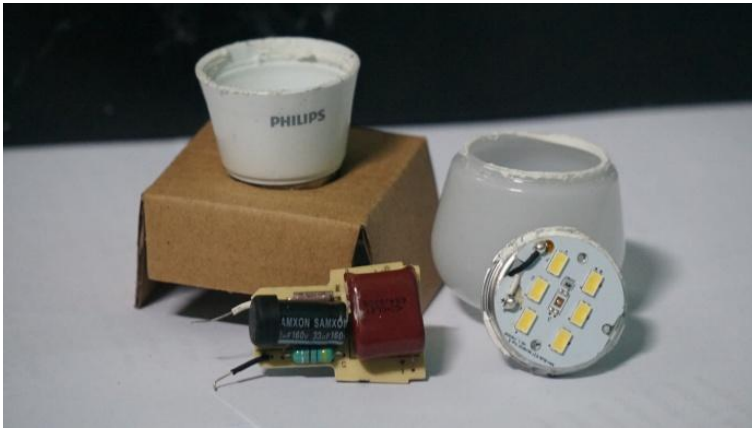




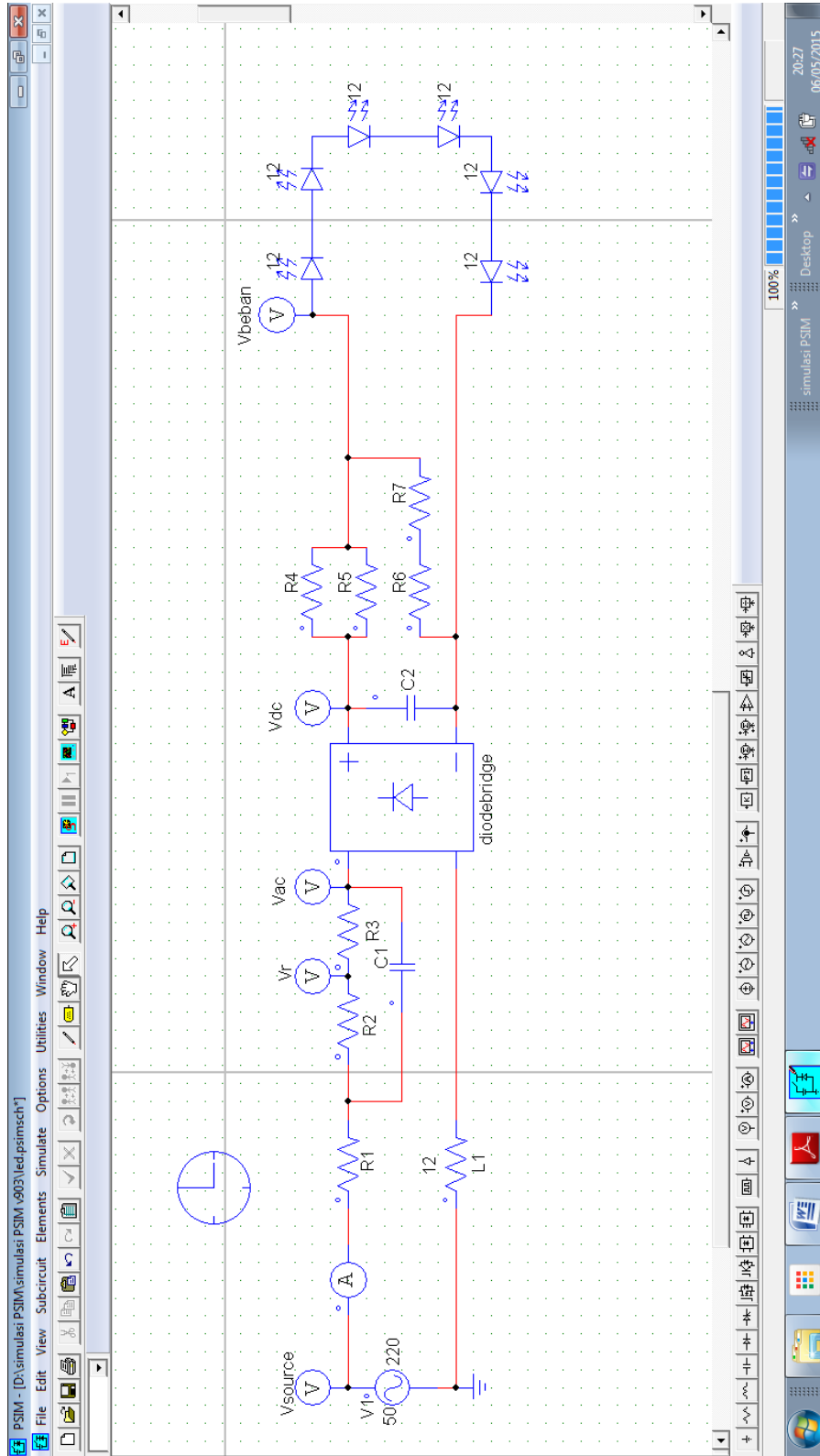
Gambar 4.7 Sinyal  $V_p$  (merah) dinaikan tegangannya menjadi tegangan tinggi oleh trafo step up dan selanjutnya tegangan tinggi tersebut digunakan untuk menyalakan fluorescent atau gas yang ada pada gelas kaca lampu hemat energi (CFL)

#### 4.1.2 Rangkaian dan Cara Kerja Lampu LED Bulb

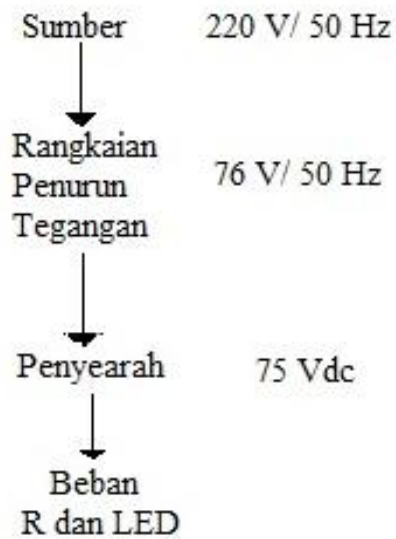
Sedangkan untuk LED mempunyai definisi yang sedikit berbeda dengan lampu hemat energi fluorescent. Tak seperti lampu fluorescent, LED mempunyai kecenderungan polarisasi. Chip LED mempunyai kutub positif dan negatif (p-n) dan hanya akan menyala bila diberikan arus maju.



Gambar 4.8 Lampu LED Philips 3 Watt



Gambar 4.9 gambar rangkaian simulasi lampu LED

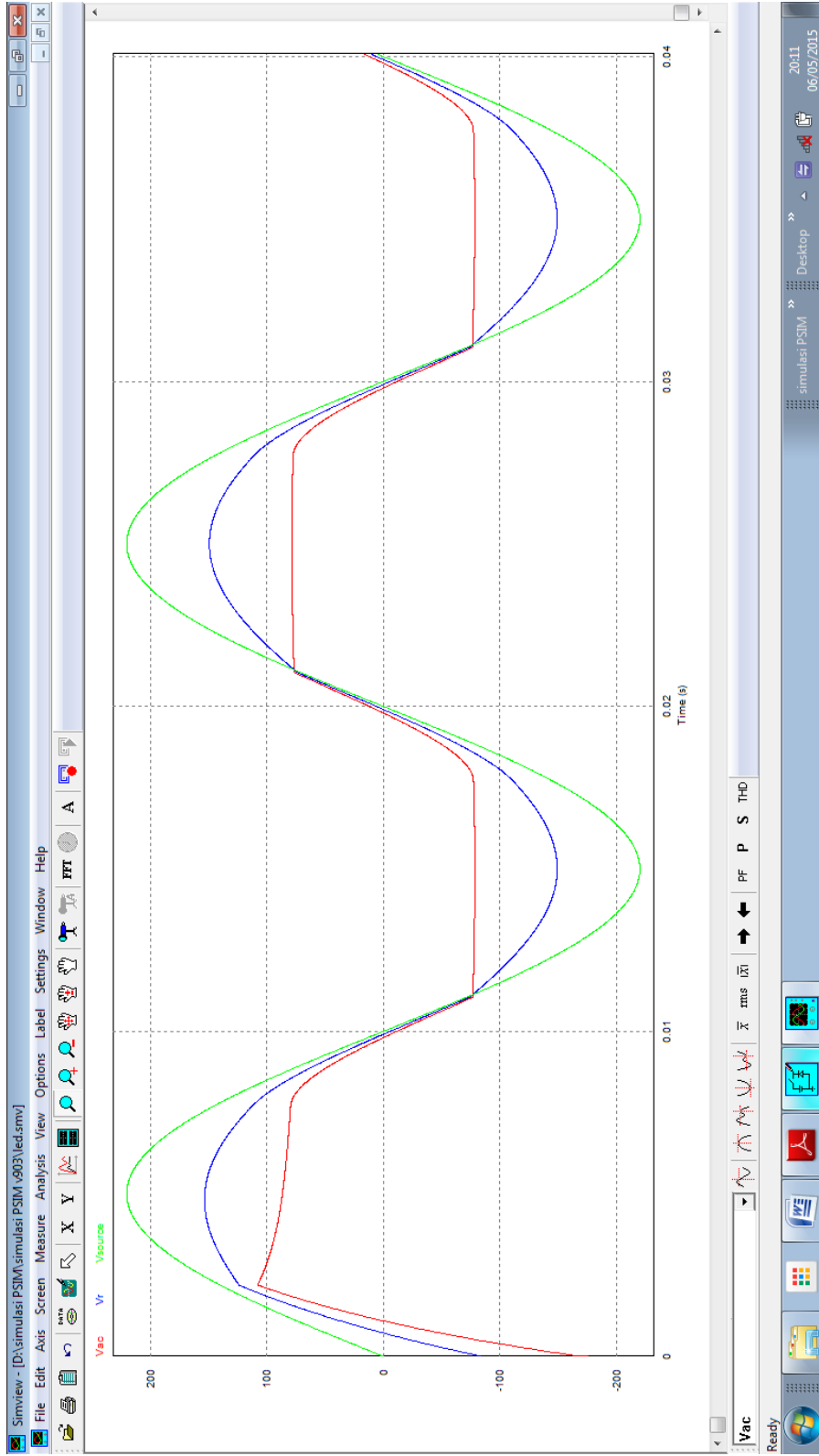


Gambar 4.10 Blok diagram cara kerja lampu LED

Cara kerja dari rangkaian LED adalah masukkan tegangan AC 220 V/50 Hz diturunkan dengan menggunakan rangkaian resistor dan kapasitor. Bisa dilihat fungsi dari resistor diatas adalah untuk mengurangi tegangan masukannya menjadi 76 V/ 50 Hz. Perbandingan nilai tegangan yang dimaksud diatas bisa dilihat pada gambar 4.10.

Kapasitor selain berfungsi sebagai filter dalam rangkaian catu dayanya juga berfungsi sebagai penyearah. Terbukti pada Vsource diatas sinyal keluaran masih ada tegangan negatif (tegangan bolak-balik) sedangkan tegangan setelah melewati kapasitor ( $V_{ac}$ ), tegangan negatif diatas menjadi hilang (tegangan searah).

Selanjutnya tegangan disearahkan dengan menggunakan dioda bridge menjadi 74 Vdc. Tegangan yang sudah melewati rangkaian penyearah lalu dihubungkan dengan rangkaian R dan LED yang disusun seri. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 4.10 Pada gambar diatas bisa kita lihat perbandingan antara tegangan sumber (Vsource) yang berwarna hijau, tegangan yang sudah diturunkan oleh resistor (Vr) yang berwarna biru dan tegangan yang disaring/difilter oleh komponen kapasitor (Vac) yang berwarna merah.



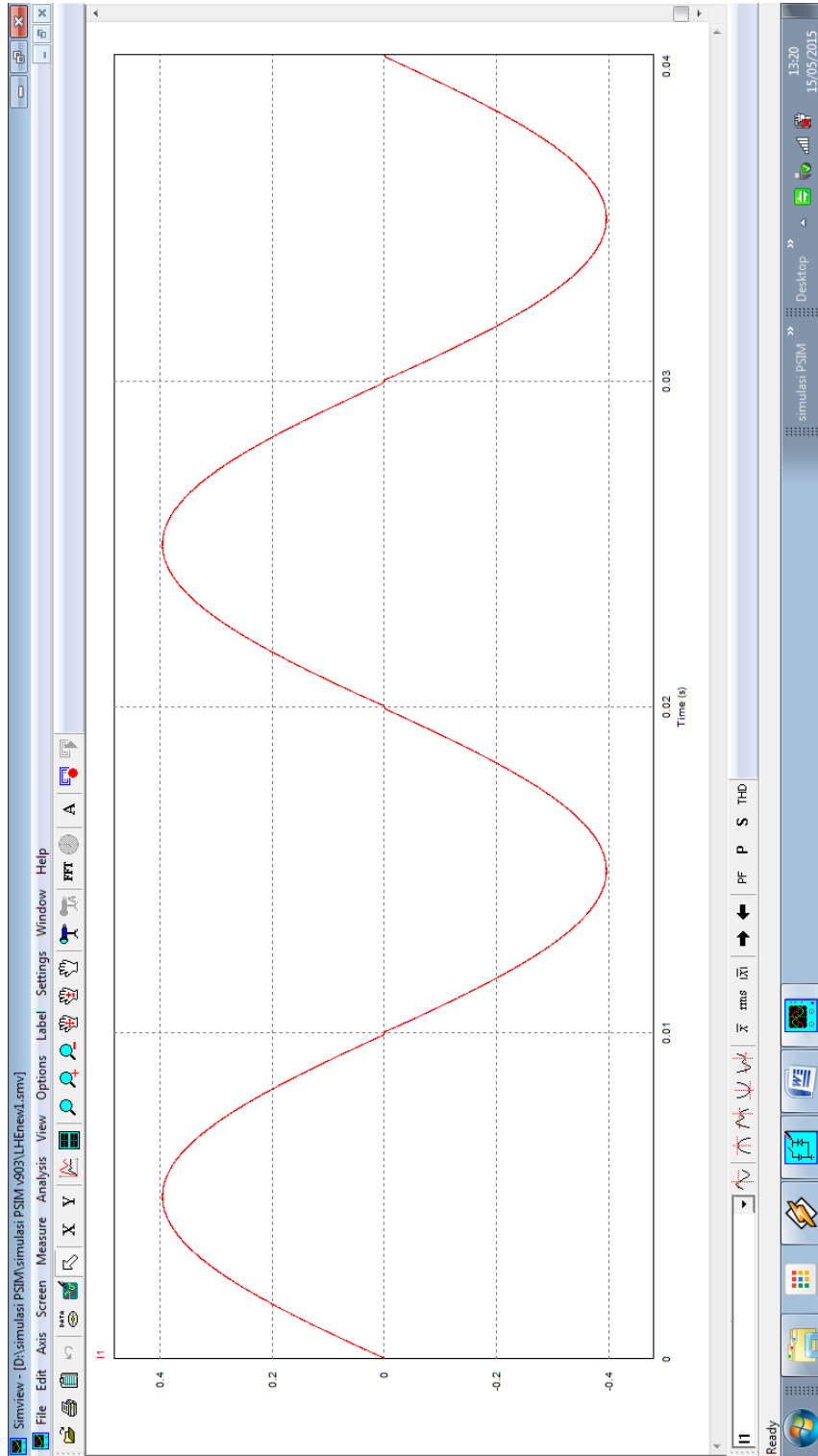
Gambar 4.11 Pada gambar diatas bisa kita lihat perbandingan antara tegangan masukan/input dari dioda jembatan (Vac) yang berwarna merah, tegangan yang sudah dilewatkan dioda (Vdc) yang berwarna hijau dan tegangan yang menuju beban (Vbeban) yang berwarna biru.

## 4.2 Hasil Data

Berikut ini adalah data-data hasil simulasi yang telah dilakukan pada lampu hemat energi dan lampu LED. Dimulai dari hasil pengukuran tegangan pada rangkaian lampu hemat energi dan lampu LED.

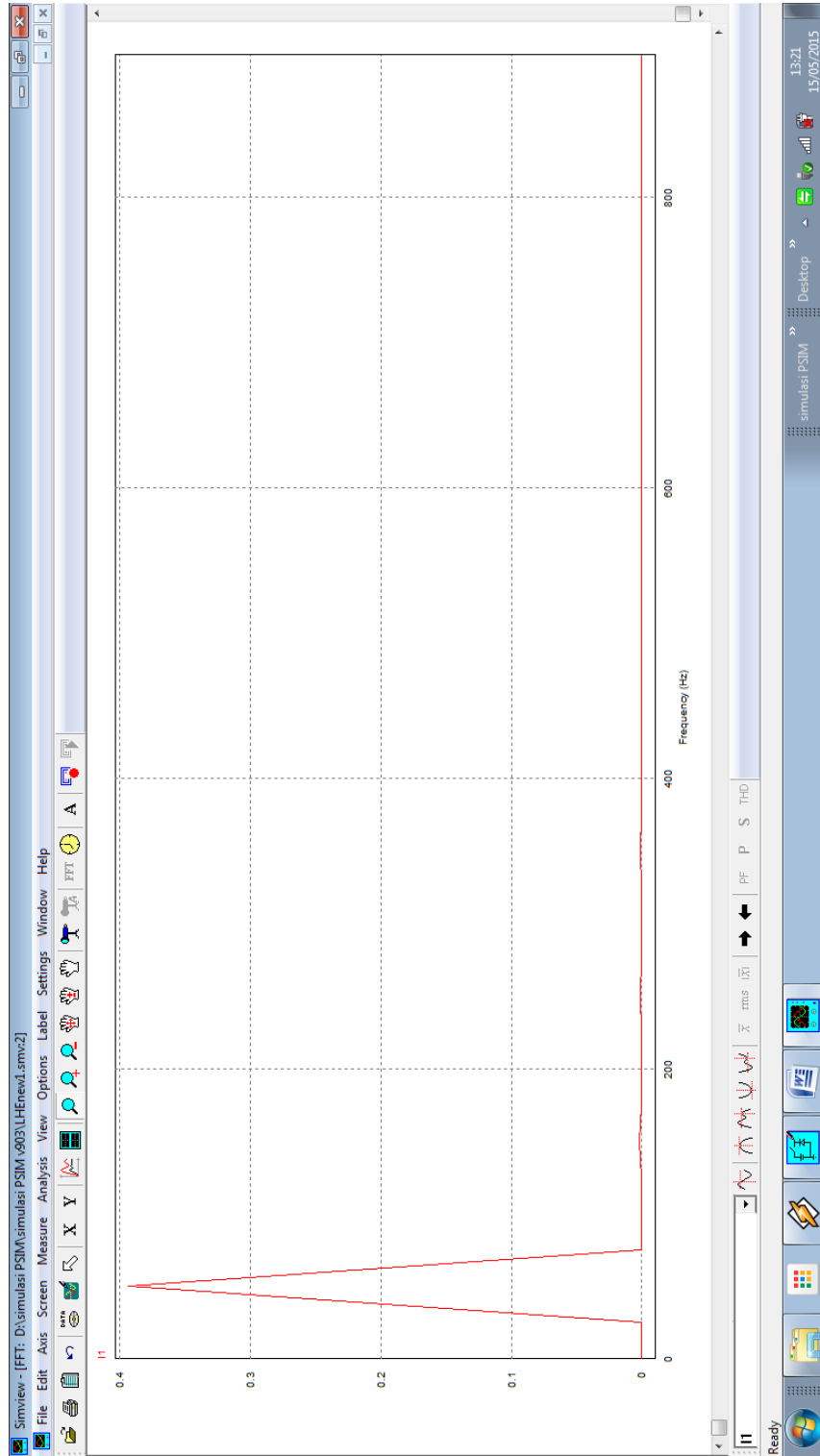
Tabel 4.1 Tabel pengukuran tegangan pada simulasi kedua lampu

No.	LHE (CFL Lamp)	LED Bulb
1	Vsource : 220 Vac 50Hz	Vsource : 220 Vac 50 Hz
2	Vdc : 218 Vdc	Vr : 149 Vac 50Hz
3	Vp : 198 Vac 20KHz	Vac : 78,5 Vac 50 Hz
4	Vbeban : 543 Vdc	Vdc : 76,4 Vdc
5		Vbeban : 75,5 Vdc



Gambar 4.12 Hasil simulasi pengukuran arus lampu hemat

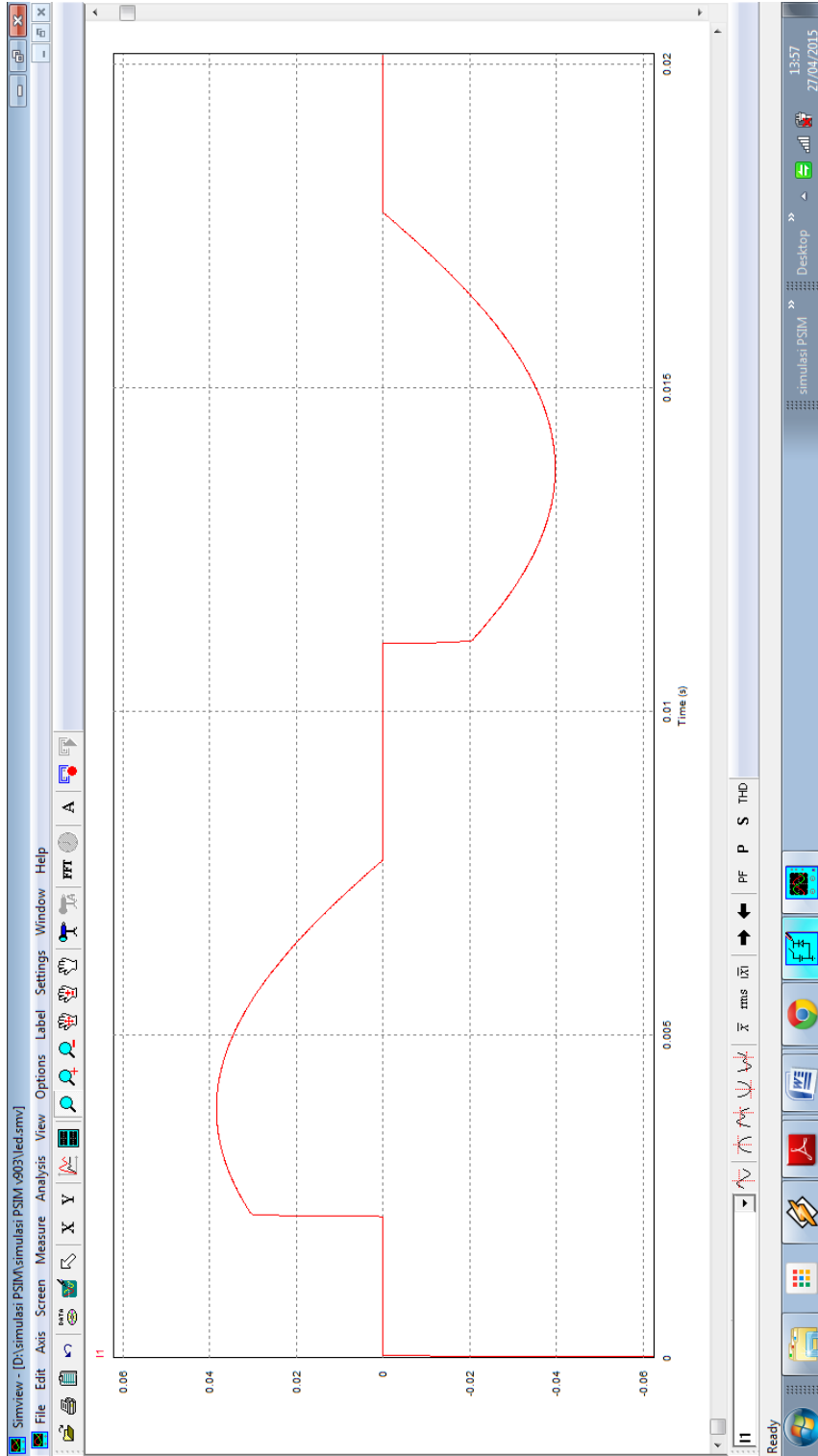




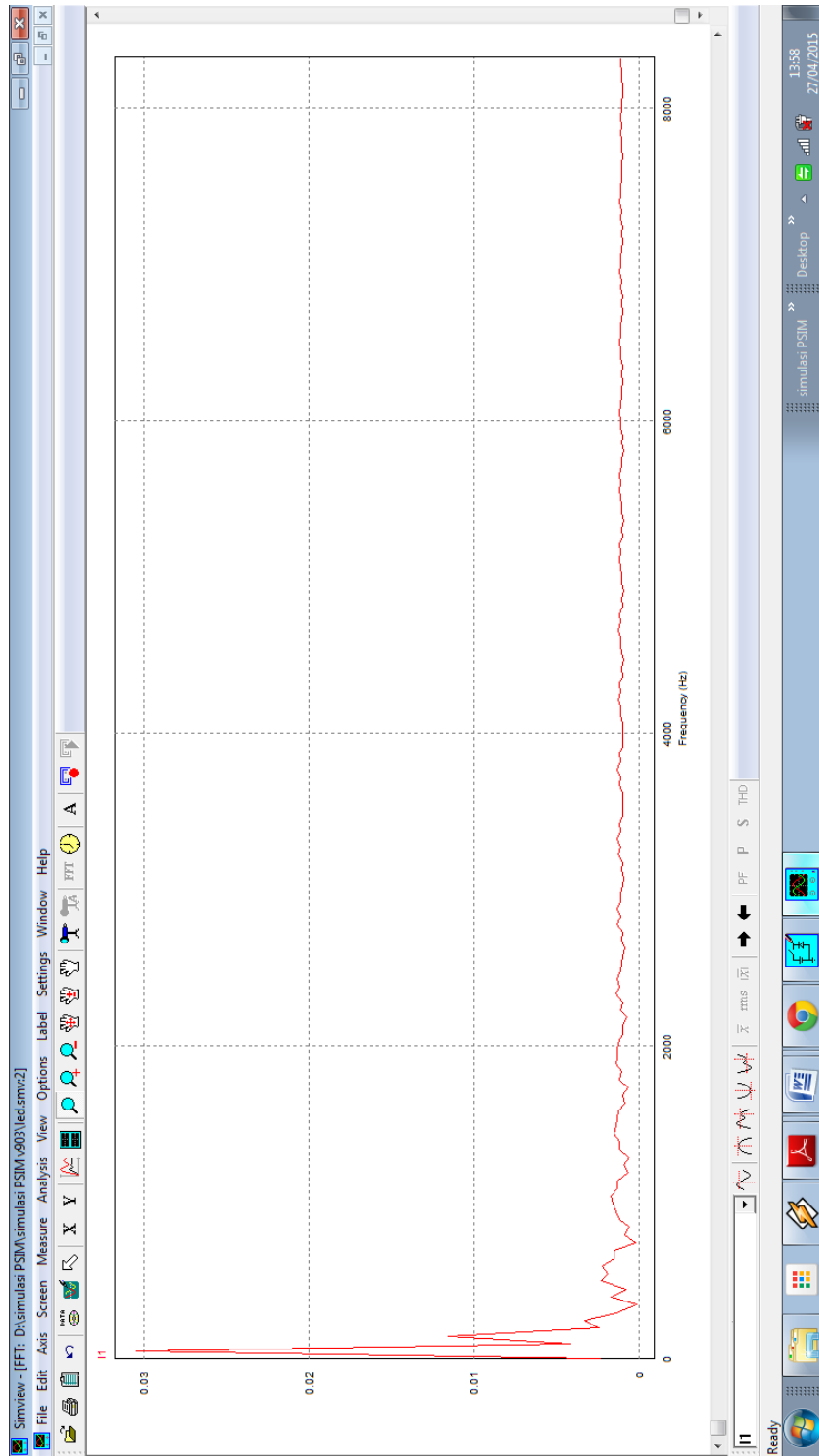
Gambar 4.13 Gambar simulasi hasil pengukuran arus pada lampu hemat energi

Frequency	I1
0	5.475513966221469e-006
25.00390686044906	1.0934160584287498e-005
50.00781372089812	0.3941184286502798
75.011720581347177	1.0913127911474952e-005
100.01562744179624	1.0883932638454828e-005
125.0195343022453	1.0857681375510174e-005
150.02344116269435	0.0015587383319083182
175.02734802314342	1.0780797486277751e-005
200.03125488359248	1.073294135639271e-005
225.03516174404155	1.0681026348845602e-005
250.03906860449061	0.00095566577925601417
275.04297546493967	1.0560425488424906e-005
300.04688232538871	1.0491835460031601e-005
325.0507891858378	1.0420688393305321e-005
350.05469604628684	0.00070204777337986831
375.05860290673593	1.0265030730098871e-005
400.06250976718496	1.0184163879663508e-005
425.066416627634	1.0095043141123483e-005
450.07032348808309	0.00056328672887334783
475.07423034853213	9.9132773613575207e-006
500.07813720898122	9.8217652696018091e-006
525.08204406943025	9.7226062576123811e-006
550.08595092987935	0.00047555624435347151
575.08985779032844	9.5251156956743877e-006
600.09376465077742	9.4259117813197186e-006
625.09767151122651	9.3225830219203924e-006
650.1015783716756	0.00041454665047574115
675.10548523212458	9.1171294491876457e-006
700.10939209257367	9.0172221066761722e-006
725.11329895302276	8.9101834455602181e-006
750.11720581347186	0.00036913217331473896
775.12111267392083	8.7031694100552144e-006
800.12501953436993	8.6053633905537454e-006
825.12892639481902	8.4975370470357895e-006
850.132833255268	0.00033359467292643505
875.13674011571709	8.2942169724074638e-006

Gambar 4.14 Gambar tabel hasil simulasi harmonisa arus pada lampu hemat energi



Gambar 4.15 Hasil pengukuran arus pada lampu LED



Gambar 4.18 Gambar hasil simulasi pengukuran harmonisa arusnya

Simview - [D:\simulasi PSIM\simulasi PSIM v903\led.smv : 1]

File Edit View Window Help

Frequency **I1**

0	0.0023576074399280331
49.619665265738121	0.030446596412612464
99.239330531476242	0.0041498338087918619
148.85899579721436	0.011596403313820667
198.47866106295248	0.0024122560521609849
248.0983263286906	0.0033075430226400726
297.71799159442872	0.0014271422047397021
347.33765686016682	0.00018404916694496627
396.95732212590497	0.0017073994815915441
446.57698739164312	0.00081158194764544749
496.19665265738121	0.0023401301325489897
545.8163179231193	0.0019225821520572133
595.43598318885745	0.0022538789824920157
645.0556484545956	0.0015087356203583411
694.67531372033363	0.0015298086484214842
744.29497898607178	0.0002821032636889721
793.91464425180993	0.00090770061500627757
843.53430951754808	0.00062924423006674207
893.15397478328623	0.0012454230813958552
942.77364004902427	0.0014307998983105145
992.39330531476242	0.0015789552471247202
1042.0129705805005	0.0017533633766585745
1091.6326358462386	0.0013467948355123313
1141.2523011119767	0.0013520960165149408
1190.8719663777149	0.00072535293746359066
1240.491631643453	0.0009522307176434891
1290.1112969091912	0.00061835188966917725
1339.7309621749293	0.0011956673022085814
1389.3506274406673	0.0012021273018315577
1438.9702927064054	0.0015269828447549523
1488.5899579721436	0.0014360444032327979
1538.2096232378817	0.0013725305818744424
1587.8292885036199	0.0012605759023958149
1637.448953769358	0.00087869912226392526
1687.0686190350962	0.0010331794117956624
1736.6882843008343	0.00067791632850945768

I1

Ready

Gambar 4.19 Gambar tabel hasil harmonisa arus pada lampu LED

#### 4.2.1 Hasil Data THDi

Dari hasil gambar 4.12 - gambar 4.19 diatas apabila dikonversi ke dalam bentuk tabel adalah sebagai berikut.

Tabel 4.2 Data hasil pengukuran arus

No.	Frekuensi (Hz)	i (Amp)	
		Lampu LHE	Lampu LED
1	50	0.39	0.03
2	150	0.0015	0.011
3	250	0.0009	0.0033
4	350	0.0007	0.00018
5	450	0.0005	0.0008
6	550	0.0004	0.0019
7	650	0.0004	0.0015
8	750	0.0003	0.0002
9	850	0.0003	0.0006
10	950	0.0003	0.0014

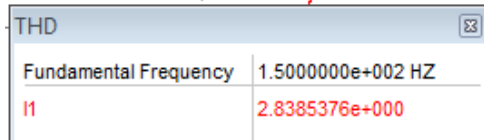
Dari tabel diatas dapat diketahui bahwa besarnya arus pada lampu LHE lebih besar daripada pada lampu LED pada frekuensi fundamentalnya (50 Hz). Nilai arus pada lampu LHE menunjukkan 0,39 ampere dan 0,03 ampere pada lampu LED. Ini menunjukkan bahwa arus yang dibutuhkan kedua lampu banyak memiliki perbedaan.

Berdasarkan tabel diatas, harmonisa ditunjukkan pada orde ketiga, kelima dan ketujuh yang pada masing-masing lampu memiliki keadaan yang berbeda. Pada lampu LHE nilai harmonisa arusnya memang terlihat lebih stabil daripada lampu LED, namun apabila dilihat lagi harmonisa pada lampu LED lebih kecil dibandingkan dengan lampu LHE.

#### 4.2.2 Hasil Data THDi dalam persen (%)

Berikut adalah hasil pengukuran simulasi THDi pada lampu LED dan LHE dalam bentuk persen.

THDi pada LHE



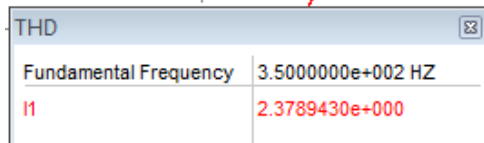
THD	
Fundamental Frequency	1.5000000e+002 HZ
I1	2.8385376e+000

Gambar 4.20 Hasil THDi LHE Orde ketiga (150 Hz)



THD	
Fundamental Frequency	2.5000000e+002 HZ
I1	2.4923230e+000

Gambar 4.21 Hasil THDi LHE Orde kelima (250 Hz)

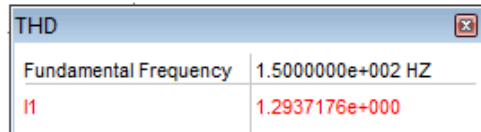


THD	
Fundamental Frequency	3.5000000e+002 HZ
I1	2.3789430e+000

Gambar 4.22 Hasil THDi LHE Orde ketujuh (350 Hz)

Gambar 4.20 diatas menunjukkan hasil pengukuran pada simulasi lampu hemat energi harmonisa orde ketiga (150 Hz) yakni menunjukkan 2,83 %, dan orde ganjil selanjutnya pada gambar 4.21 yakni pada orde kelima (250 Hz) 2,49 % dan orde ganjil selanjutnya yakni pada orde ketujuh 350 Hz gambar 4.22 hasilnya 2,37 %. Sedangkan hasil pengukuran simulasi lampu LED adalah sebagai berikut:

## THDi pada LED



The screenshot shows a window titled 'THD' with a table of results. The 'Fundamental Frequency' is 1.5000000e+002 HZ. The first harmonic component, labeled 'I1', has a value of 1.2937176e+000.

Fundamental Frequency	Value
1.5000000e+002 HZ	
I1	1.2937176e+000

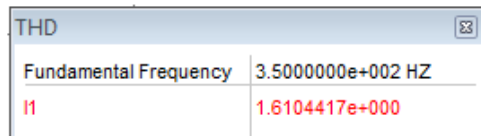
Gambar 4.23 Hasil THDi LED Orde ketiga (150 Hz)



The screenshot shows a window titled 'THD' with a table of results. The 'Fundamental Frequency' is 2.5000000e+002 HZ. The first harmonic component, labeled 'I1', has a value of 1.1429469e+000.

Fundamental Frequency	Value
2.5000000e+002 HZ	
I1	1.1429469e+000

Gambar 4.24 Hasil THDi LED Orde kelima (250 Hz)



The screenshot shows a window titled 'THD' with a table of results. The 'Fundamental Frequency' is 3.5000000e+002 HZ. The first harmonic component, labeled 'I1', has a value of 1.6104417e+000.

Fundamental Frequency	Value
3.5000000e+002 HZ	
I1	1.6104417e+000

Gambar 4.25 Hasil THDi LED Orde ketujuh (350 Hz)

Gambar 4.15 diatas menunjukkan hasil pengukuran simulasi pada lampu LED harmonisa orde ketiga (150 Hz) yakni menunjukkan 1,29 %, dan pada orde kelima (250 Hz) menunjukkan 1,14 % dan orde ganjil selanjutnya yakni pada orde ketujuh (350 Hz) hasilnya 2,37 %.

Apabila dibandingkan dengan hasil pengukuran pada lampu sebelumnya yakni pada lampu hemat energi, lampu LHE dominan lebih tinggi harmonisanya dibandingkan dengan lampu LED. Ini artinya pada lampu hemat energi terdapat harmonisa yang lebih besar dibandingkan dengan lampu LED, salah satu faktor juga mengapa kebanyakan lampu LED dapat bertahan lebih lama dibandingkan dengan lampu LHE.

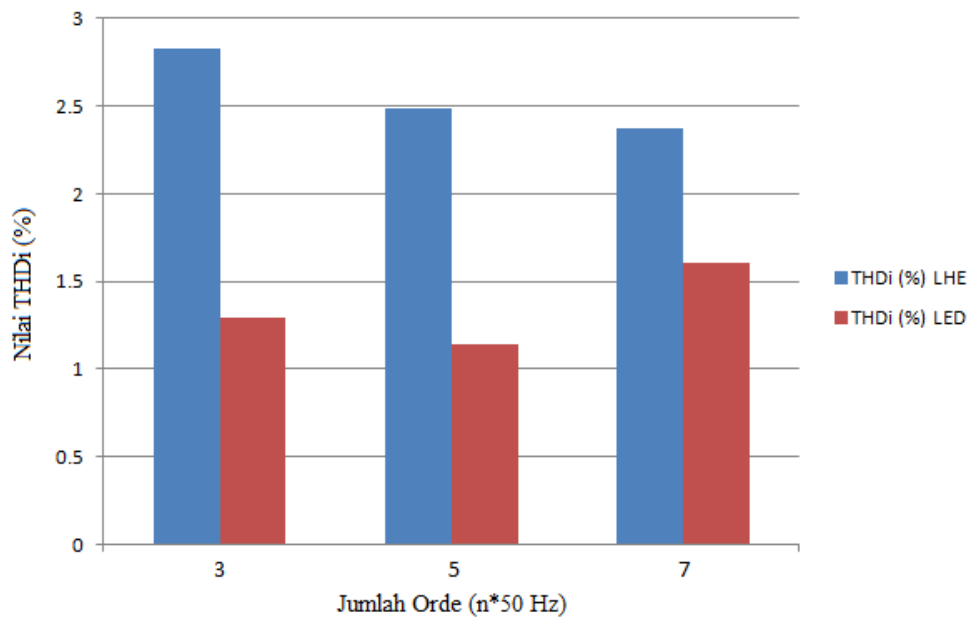


Berikut ini adalah hasil perbandingan harmonisa arus pada kedua lampu dalam bentuk persen apabila dikonversikan ke dalam bentuk tabel dan grafik.

Tabel 4.3 Hasil perbandingan THDi dalam persen(%)

No. Orde	Frek (Hz)	THDi (%)	
		LHE	LED
3	150	2.83	1.29
5	250	2.49	1.14
7	350	2.37	1.61

Grafik perbandingan THDi (%)



Gambar 4.25 Perbandingan THDi dalam grafik

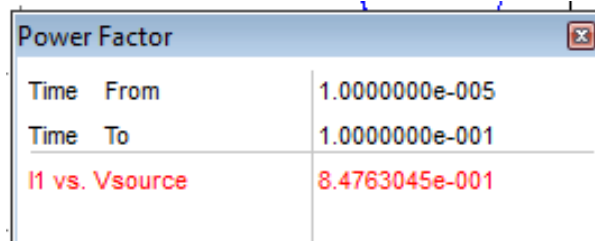
Dari tabel 4.2 diatas dapat diketahui bahwa pada orde ketiga yakni pada frekuensi 150 Hz besar THDi LHE sebanyak 2,83% dan THDi LED hanya sebesar 1,29%. Dan pada orde kelima yakni pada frekuensi 250 Hz besar THDi LHE

sebanyak 2,49% dan THDi LED hanya 1,14%. dan pada orde ketujuh yakni pada frekuensi 350 Hz besar THDi LHE sebesar 2,37% dan THDi LED hanya 1,61%.

Dari data diatas pula dapat disimpulkan bahwa besar THD harmonisa arus yang disebabkan oleh kedua lampu menunjukkan THDi pada LHE lebih besar dibandingkan dengan THDi pada lampu LED. Harmonisa arus yang dihasilkan umumnya adalah harmonisa ganjil, yang paling dominan ada pada orde ketiga, kelima dan ketujuh yaitu pada frekuensi 150, 250 dan 350 Hz.

### 4.2.3 Hasil Data Power Factor/ Faktor Daya

Hasil Pengukuran Power Factor LED

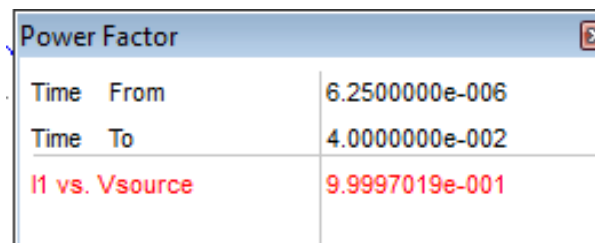


Power Factor	
Time From	1.0000000e-005
Time To	1.0000000e-001
I1 vs. Vsource	8.4763045e-001

Gambar 4.26 Hasil simulasi faktor daya pada lampu LED

Dari hasil pengukuran diatas dapat diketahui bahwa nilai faktor daya pada lampu LED adalah = 0,84.

Hasil Pengukuran Power Factor LHE



Power Factor	
Time From	6.2500000e-006
Time To	4.0000000e-002
I1 vs. Vsource	9.9997019e-001

Gambar 4.27 Hasil simulasi faktor daya pada lampu LHE

Dari hasil pengukuran diatas dapat diketahui bahwa nilai faktor daya pada lampu LED adalah = 0,99.

Tabel 4.4 hasil pengukuran faktor daya kedua lampu

No.	Jenis Lampu	Faktor Daya
1	LHE CFL 11 Watt	0,99
2	LED 3 Watt	0,84

Dari penelitian yang dilakukan data terlihat seperti pada Tabel 4.4, hasil pengukuran faktor daya dari lampu LED dengan daya 3 Watt maupun LHE CFL dengan daya 11 watt dengan merek sama yaitu philips didapatkan lampu LHE memiliki faktor daya yang cenderung lebih tinggi yaitu diantara 0,99 dari lampu LED dengan merek sama yang hasil pengukuran faktor dayanya cenderung lebih rendah yaitu diantara 0,84.

### 4.3 Perbandingan Rugi-Rugi Penghantar Jaringan Distribusi

Dari tabel 4.2 akan dapat diketahui rugi-rugi penghantar jaringan distribusi sebagai berikut

Tabel 4.5 Data hasil pengukuran arus

No.	Frekuensi (Hz)	i (Amp)	
		Lampu LHE	Lampu LED
1	50	0.39	0.03
2	150	0.0015	0.011
3	250	0.0009	0.0033
4	350	0.0007	0.00018
5	450	0.0005	0.0008
6	550	0.0004	0.0019
7	650	0.0004	0.0015
8	750	0.0003	0.0002
9	850	0.0003	0.0006
10	950	0.0003	0.0014

Rugi penghantar pada jaringan distribusi dinyatakan dalam rumus =  $\sum I_n^2 R$

$I_n$  = Arus pada penghantar masing-masing lampu

$R$  = Hambatan penghantar jaringan distribusi dari trafo yang menuju lampu

Rugi-rugi penghantar pada LED =  $I_1^2 R + I_2^2 R + I_3^2 R + \dots + I_n^2 R$

$$= I_1^2 R + I_2^2 R + I_3^2 R + I_4^2 R + I_5^2 R + I_6^2 R + I_7^2 R + I_8^2 R + I_9^2 R + I_{10}^2 R$$

$$= (I_1^2 + I_2^2 + I_3^2 + I_4^2 + I_5^2 + I_6^2 + I_7^2 + I_8^2 + I_9^2 + I_{10}^2) R$$

$$= (0.03^2 + 0.011^2 + 0.0033^2 + 0.00018^2 + 0.0008^2 + 0.0019^2 + 0.0015^2 +$$

$$0.0002^2 + 0.0006^2 + 0.0014^2) R$$

$$= 0.0010407824R \text{ W}$$

$$= 0.001R \text{ W}$$

$$\begin{aligned}
\text{Rugi-rugi penghantar pada LHE} &= I_1^2 R + I_2^2 R + I_3^2 R + \dots + I_n^2 R \\
&= I_1^2 R + I_2^2 R + I_3^2 R + I_4^2 R + I_5^2 R + I_6^2 R + I_7^2 R + I_8^2 R + I_9^2 R + I_{10}^2 R \\
&= (I_1^2 + I_2^2 + I_3^2 + I_4^2 + I_5^2 + I_6^2 + I_7^2 + I_8^2 + I_9^2 + I_{10}^2) R \\
&= (0.39^2 + 0.0015^2 + 0.0009^2 + 0.0007^2 + 0.0005^2 + 0.0004^2 + 0.0004^2 + \\
&\quad 0.0003^2 + 0.0003^2) R \\
&= 0.1521043 R \text{ W} \\
&= 0.152 R \text{ W}
\end{aligned}$$

Dari kedua data diatas dapat diartikan bahwa rugi penghantar LHE lebih besar daripada rugi penghantar LED dikarenakan arus yang mengalir pada penghantar di LHE memang lebih besar. Dan apabila kedua hasil tersebut dibandingkan maka

$$0,001: 0,152$$

$$0,001*(1000): 0,152*(1000)$$

$$1:152$$

Maka perbandingan rugi-rugi penghantar dari kedua lampu adalah 1:152