

BAB V

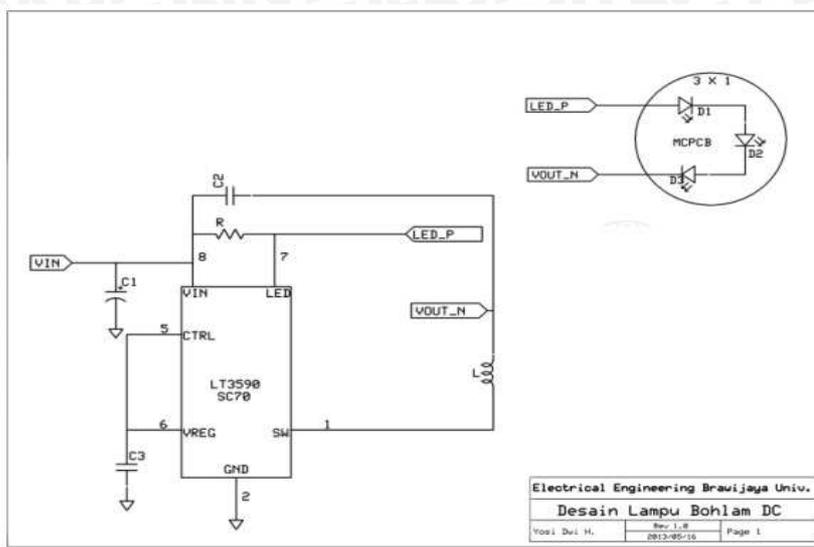
PENGUJIAN DAN ANALISIS DATA

Pada bagian ini akan dijelaskan tentang desain perangkat keras, pengujian, dan analisis data. Yang akan dibahas berikut pertama adalah PCB 2 layer kemudian LED *array*, dan *heatsink*. Untuk pengujian terdiri atas pengujian efisiensi, luminasi, dan pengukuran suhu pada lampu.

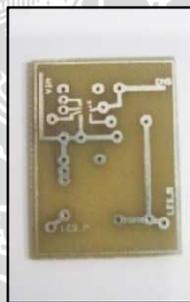
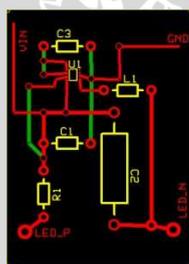
5.1. Desain *Layout Custom PCB 2-layer*

Seperti yang telah dijelaskan pada bab 3 bahwa cara mendesain PCB lampu bohlam ini ada dua langkah. Langkah pertama yang dilakukan adalah membuat skematik rangkaian. Pada skripsi ini menggunakan *ExpressSCH*. Setelah selesai membuat rangkaian skematik barulah bisa membuat desain PCB yang menggunakan aplikasi *ExpressPCB* yang merupakan aplikasi desain PCB yang menyediakan mulai dari 2-layer sampai 4-layer. Dengan menghubungkan (*link*) desain skematik dari *ExpressSCH* ke *ExpressPCB* dapat membantu pengguna untuk mengetahui pin yang harus dihubungkan dengan cara meng-*highlight* pin tersebut sehingga mengurangi resiko kesalahan pada desain PCB.

Pada gambar 5.1 berikut adalah desain skematik LED *driver* dan LED *array* yang akan digunakan pada rancang bangun lampu bohlam LED DC 3Watt yang kemudian gambar 5.2 merupakan desain PCB pada *ExpressPCB* dan yang sudah dicetak.



Gambar 5.1 Desain Skematik untuk Lampu Bohlam DC menggunakan ExpressSCH

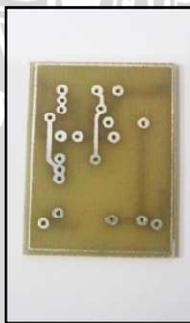
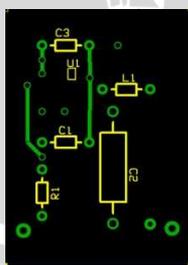


(1)

(2)

Layer 1 (1) Desain Skematik (2) Desain Fisik

(a)



(1)

(2)

Layer 2 (1) Desain Skematik (2) Desain Fisik

(b)

Gambar 5.2 Desain PCB 2 Layer.[penulis]

Gambar (a) menunjukkan layer pertama(b) menunjukkan layer kedua.

Setelah dicetak desain layer PCB yang berdimensi 3.5 x 2.5 cm di atas, dapat dipasang komponen – komponen serupa yang sudah ditentukan pada *datasheet* LTSpice.

Berikut ini akan ditunjukkan komponen – komponen yang digunakan pada rancang bangun lampu bohlam LED DC ini.



Gambar 5.3 Komponen – Komponen Pada Rangkaian Luar

- (1) Kapasitor (a) Polar 1 μ F (b)Nonpolar 1 μ F (c)Nonpolar 0,1 μ F; (2) Resistor;
(3) Induktor[Penulis].

Pemilihan komponen – komponen diatas sesuai dengan yang telah dijelaskan pada bab 4.

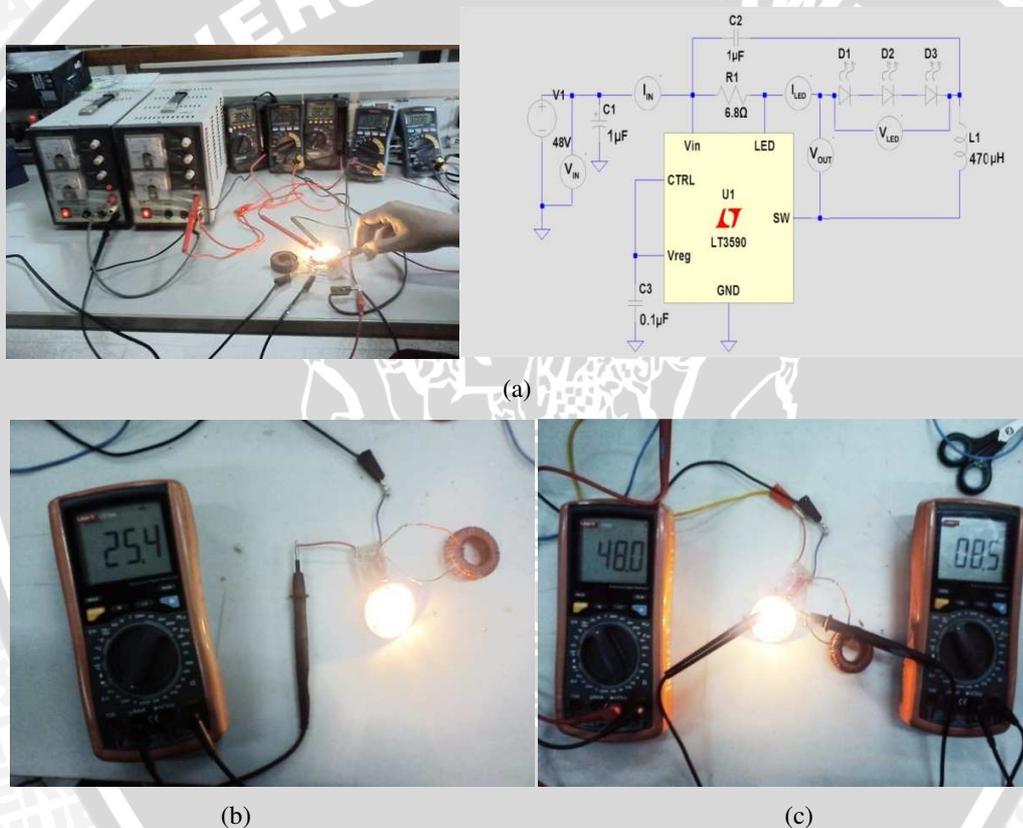
5.2. Desain LED Array dan Heatsink

Untuk desain LED *array* dan *heatsink* ini, seperti yang telah dijelaskan pada bab 4, pada bagian 4.2.

5.3. Pengujian

5.3.1. Pengujian Efisiensi

Pada pengujian efisiensi ini menggunakan beberapa alat yaitu antara lain *DC Power Supply*, *Multimeter*, dan beberapa kabel. Kegiatan ini ditunjukkan pada gambar 5.4 berikut ini



Gambar 5.4 Alat Pengujian dan Dokumentasi Pengukuran (a) Rangkaian Pengujian (b) Pengukuran Arus Lampu (c) Pengukuran Tegangan Lampu [Penulis, 2014]

Gambar di atas menunjukkan rangkaian untuk menguji efisiensi pada lampu. Pada gambar (b) merupakan pengukuran arus. Pengukuran arus dilakukan dalam dua tahap yaitu pengukuran arus input (I_{IN}) dan arus pada LED (I_{LED}). Kemudian gambar (c) menunjukkan pengukuran tegangan pada rangkaian

LED (V_{LED}) menggunakan multimeter (sebelah kanan) dan dibandingkan dengan tegangan input 48V (sebelah kiri). Diketahui masing – masing LED membutuhkan tegangan sebesar 3,3V. Karena menggunakan 3 buah LED, maka seharusnya rangkaian LED ini membutuhkan tegangan 9,9V. Untuk hasil pengukuran di laboratorium, tegangan pada rangkaian LED sebesar 8,5V.

Kemudian berikut ini akan dijelaskan tentang pengujian efisiensi. Langkah awal pengujian ini adalah dengan mendapatkan I_{LED} dan V_{LED} dengan menggunakan alat ukur, kemudian mencari daya pada lampu LED (P_{LED}) tersebut dengan menggunakan persamaan 4.3. Kemudian setelah daya input (P_{IN}) dan daya pada LED (P_{LED}) dihitung, efisiensi lampu ini dapat diketahui dengan menggunakan persamaan efisiensi yang ditunjukkan pada persamaan 4.4.

Berikut ini adalah tabel hasil perhitungan efisiensi dengan melakukan pengukuran menggunakan multimeter yang dilakukan untuk mendapatkan I_{IN} , V_{LED} dan I_{LED} pada masukan V_{IN} mulai dari 0V – 48V.

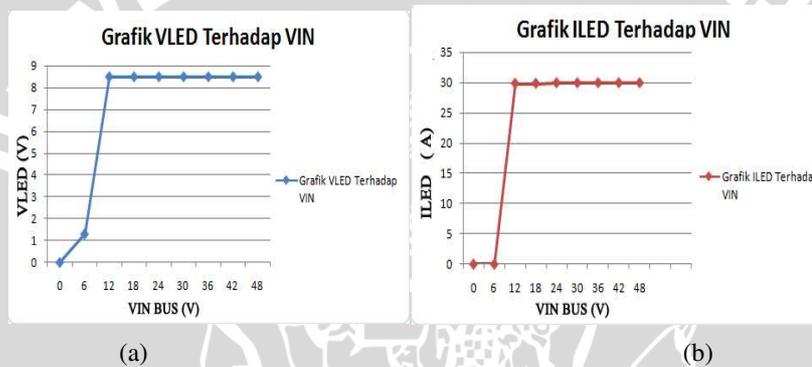
Tabel 5.1 Tabel Data Hasil Pengukuran dan Perhitungan EfisiensiLampu Bohlam LED DC.

V_{IN} (V)	I_{IN} (mA)	P_{IN} (W)	V_{LED} (V)	I_{LED} (mA)	V_{OUT} (V)	P_{OUT} (W)	EFISIENSI	KONDISI LAMPU
0	0	0	0	0	0	0	-	Padam
6	0.6	0.0108	1.3	0	4.3	0	0	Padam
12	122	4.3920	8.5	29.9	3.9	0.3498	7.9652	Menyala
18	70.8	3.8232	8.5	29.9	9.7	0.8701	22.7582	Menyala
24	52.3	3.7656	8.5	30	17.7	1.5930	42.3040	Menyala
30	40.6	3.6540	8.5	30	23.8	2.1420	58.6207	Menyala
36	35.8	3.8664	8.5	30	29	2.6100	67.5047	Menyala
42	30.9	3.8934	8.5	30	32.9	2.9610	76.0518	Menyala
48	26.5	3.8160	8.5	30	39.6	3.5640	93.3962	Menyala

Seperti yang terlihat pada tabel 5.2 bahwa LT3590 ini dapat berfungsi optimal. Tegangan pada LED (V_{LED}) dan arus pada LED (I_{LED}) tetap konstan walaupun tegangan input dinaikkan hingga 48V. Karena LT3590 adalah *Buck Mode LED Driver*, maka tegangan yang masuk dapat diturunkan dan teregulasi.

Saat tegangan mulai konstan, arus input (I_{IN}) perlahan mulai berkurang. Semakin kecil I_{IN} yang masuk ke lampu, maka semakin besar efisiensi yang dihasilkan.

Efisiensi yang dihasilkan oleh lampu LED ini, Setelah dihitung dengan menggunakan persamaan, adalah sebesar 93,39% pada tegangan 48V. Dengan hasil ini dapat kita simpulkan bahwa lampu ini memiliki efisiensi yang tinggi karena efisiensinya di atas 80% dan mendekati efisiensi pada simulasi. Berikut ini akan ditunjukkan grafik perbandingan antara V_{LED} dengan V_{IN} dan I_{LED} dengan V_{IN} .



Gambar 5.5 Grafik (a) V_{LED} terhadap V_{IN} dan (b) I_{LED} terhadap V_{IN}

Sesuai dengan prinsip kerja LT3590 yang telah dijelaskan pada bagian sebelumnya, bahwa dengan membandingkan tegangan yang masuk pada PWM komparator, maka tegangan yang keluar dari PWM Komparator tersebut akan menentukan besar arus yang masuk ke LED. Tegangan minimal untuk menyalakan LED juga sesuai dengan persamaan pada *datasheet* (Persamaan 4.1) yaitu

$$\begin{aligned}
 V_{IN(MIN)} &= \frac{(V_{LED} + V_D)}{DC_{MAX}} + V_{SW} - V_D \\
 &= \frac{(3 \times 3.3 + 0.8)}{0.9} + 0.5 - 0.8 = 11.59 \text{ V}
 \end{aligned}$$

Lampu LED ini secara teori belum bisa menyala sebelum berada pada tegangan input 11,59 V. Sedangkan pada prakteknya lampu ini masih padam sebelum mencapai $V_{IN}= 10V$.

5.3.2 Pengujian Suhu

Untuk pengujian suhu perangkat lampu bohlam DC ini menggunakan termometer infra merah yaitu merupakan alat pengukur suhu yang menggunakan laser berbentuk seperti pistol dengan berat kurang lebih 1 kilogram. Spesifikasi alat ini memiliki *measurement range* -32°C sampai 330°C atau $-26^{\circ}\text{F} \sim 626^{\circ}\text{F}$ dan memiliki tingkat akurasi $\pm 2^{\circ}\text{C} / \pm 2\%$. Gambar termometer infra merah dapat dilihat pada gambar 5.6 berikut ini



Gambar 5.6 Thermometer Infrared [Penulis, 2013]

Untuk suhu LED *Junction* maksimum telah dijelaskan pada *homepage* EPISTAR adalah 85°C dan agar LED dapat berumur panjang sebaiknya suhu yang terukur kurang dari suhu maksimum tersebut [Epistar, 2011].

Tabel 5.2 Hasil Pengukuran Suhu Pada PCB dan LED Array Menggunakan Termometer Infra Merah

t (Menit)	Suhu ($^{\circ}\text{C}$)					
	Hari 1		Hari 2		Hari 3	
	PCB	LED Array	PCB	LED Array	PCB	LED Array
0	28	28.3	27	28	28	28.4
5	29	31.9	27.7	32.1	28.9	34.3
10	31	35.2	28.2	34.5	31	33.6
15	33	40.3	28.6	41.1	32	43.3
20	35	43	29	42.1	33.5	41.4
25	36.4	46.6	29.4	45	35	47.1
30	35.8	51	31	50.5	35.4	50.2
35	35.9	53.5	32.1	55.9	35.9	55.1
40	36	55.3	34.5	58.3	36	58.1
45	36	58.6	34.9	59.9	36.1	60
50	36	61.3	35.5	61.3	36.6	61.6
55	36	61.4	35.5	61.7	37	61.8
60	36	61.4	35.6	61.8	36.9	61.8

Pada tabel hasil pengukuran suhu diatas, didapatkan suhu berada dibawah 85°C. Dengan suhu di atas keadaan LED berada pada tingkat aman sehingga dapat berumur panjang. Akan tetapi posisi *aluminium heatsink* yang ditempelkan pada MCPCB kurang tepat. Jadi, apabila rangkaian lampu berada dalam kerangka dan MCPCB ditempelkan tepat pada *aluminium heatsink* tersebut, dapat diperkirakan suhu bisa lebih dingin daripada yang disebutkan pada tabel.

5.3.3 Pengujian Tingkat Terang

Pada pengujian tingkat terang ini menggunakan alat lux meter terlebih dahulu. Setelah mendapatkan data menggunakan alat ukur ini yaitu dalam lm/m^2 maka dapat mencari *luminous efficacy* dengan menggunakan beberapa persamaan berikut

$$\text{luas bola} = 4\pi r^2 \quad 5.1$$

$$1 \text{ lux} = \frac{\text{lumens}}{\text{m}^2} \quad 5.2$$

$$\text{luminous efficacy} = \frac{\text{lumens}}{\text{Pin}} \quad 5.3$$

Untuk menghitung *luminous efficacy* perlu juga diketahui intensitas cahaya dengan menggunakan lux meter seperti pada gambar berikut



Gambar 5.7 Lux Meter

Jarak antara lampu dengan luxmeter ditentukan dengan rumus berikut

$$F_{total} = \frac{E \times A}{k_p \times k_d}$$

5.4

Dengan,

F_{total} = *luminous flux* total yang menerangi bidang kerja (lumen)

E = kuat pencahayaan (lux)

A = luas bidang kerja

k_p = faktor penggunaan

k_d = koefisien rugi cahaya

Dengan menentukan F_{total} sebesar 240 lumen yang merupakan *luminous flux* yang didapatkan pada spesifikasi lampu awal (untuk 3 buah LED saja), kuat penerangan sebesar 100 lux (kuat penerangan rata – rata yang dibutuhkan untuk detail tertentu yang ditunjukkan pada tabel 2.2) dengan koefisien rugi cahaya sebesar 0,8[BSN, 2001] dan faktor penggunaan merata sebesar 0,5[Muhaimin, 2001]. Didapatkan luas bidang sebesar 0,96m². Untuk memudahkan perhitungan jarak ditentukan dengan mengetahui sisi persegi yang didapatkan hasil sebesar 0,97m atau mendekati 1 meter. pada jarak tersebut didapatkan intensitas cahaya sebesar 25 lux. Dengan data ini dan dihitung menggunakan persamaan yang ada maka didapatkan *luminous flux* sebesar 314 lumen dan didapatkan pula *luminous efficacy* sebesar 82,29 lumen/W. Data hasil pengukuran dan perhitungan akan ditampilkan pada tabel 5.3 berikut.

Tabel 5.3 Tabel Pengukuran dan Perhitungan Intensitas Cahaya

no	Jarak (m)	Kuat Pencahayaan (Lux)	V _{IN}	I _{IN}	P _{IN}	Luas bola (m ²)	Luminous Flux (lm)	Luminous Efficacy (lm/W)
1	1	25	0	0	0	12.56	314.00	0.00
2	1	25	6	0.6	0.0108	12.56	314.00	0.00
3	1	25	12	122	4.392	12.56	314.00	71.49
4	1	25	18	70.8	3.8232	12.56	314.00	82.13
5	1	25	24	52.3	3.7656	12.56	314.00	83.39
6	1	25	30	40.6	3.654	12.56	314.00	85.93
7	1	25	36	35.8	3.8664	12.56	314.00	81.21
8	1	25	42	30.9	3.8934	12.56	314.00	80.65
9	1	25	48	26.5	3.816	12.56	314.00	82.29

Dengan melakukan perhitungan seperti yang ditunjukkan tabel di atas, dapat disimpulkan bahwa lampu bohlam LED ini telah memenuhi kriteria kebutuhan minimum penerangan dalam ruangan suatu rumah. Pada bagian sebelumnya telah dijelaskan bahwa desain lampu ini harus dapat menghasilkan *lumination efficacy* lebih dari 80lm/W, dan *luminous flux* lebih dari 200 lumen pada tegangan 48V.

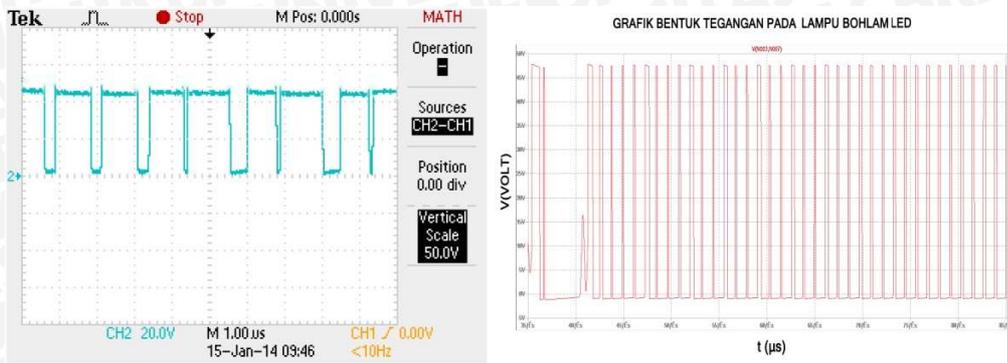
5.4. Kesimpulan Hasil Pengujian

Setelah melakukan pengujian efisiensi, suhu, dan tingkat terang, dapat disimpulkan bahwa desain lampu bohlam DC pada skripsi ini sudah memenuhi target desain untuk rumah DC. Lampu ini menghasilkan efisiensi 93,39%, dengan suhu yang masih dibawah 85°C. Untuk perbandingan hasil pengujian dan hasil simulasi yang lebih jelas akan ditampilkan pada tabel 5.4 berikut ini.

Tabel 5.4 Tabel Perbandingan Hasil Simulasi dan Pengujian

Parameter	Hasil Simulasi	Hasil Pengujian
Range tegangan input	12V - 48V	12V - 48V
Tegangan LED (V_{LED})	8,645V	8,5V
Efisiensi	97,51%	93,39%
Konsumsi Daya	4,189W	3,86W
Manufaktur LED	AOT	EPISTAR
Jumlah LED yang diseri	3 buah	3 buah
<i>Luminous Efficacy</i>	80 lm/W	82,29 lm/W
<i>Luminous Flux</i>	240 lm	314 lumen
Arus Maksimum	350Ma	30mA
Suhu Maksimum	85°C	61,8°C
Regulasi Arus Konstan	Ya	Ya
Regulasi Tegangan Konstan	Ya	Ya

Seperti yang telah ditampilkan pada tabel 5.4 di atas bahwa hasil pengujian menghasilkan data yang mendekati hasil simulasi. Kemudian untuk perbandingan grafik tegangan teregulasi antara hasil simulasi dan osiloskop akan ditunjukkan pada gambar 5.8 berikut ini



(a)

(b)

Gambar 5.8 Grafik Tegangan yang Teregulasi (a) Hasil Osiloskop (b) Hasil Simulasi

Gambar 5.8 menunjukkan grafik karakteristik yang dihasilkan oleh LT3590 yang merupakan *buck mode LED driver*. Keduanya menunjukkan bentuk tegangan output yang besarnya kurang dari 48V. Bentuk grafik tersebut sesuai dengan karakteristik *buck converter* yang terdapat kondisi ON dan kondisi OFF yang telah dijelaskan pada bab 2.

