

BAB IV PERANCANGAN

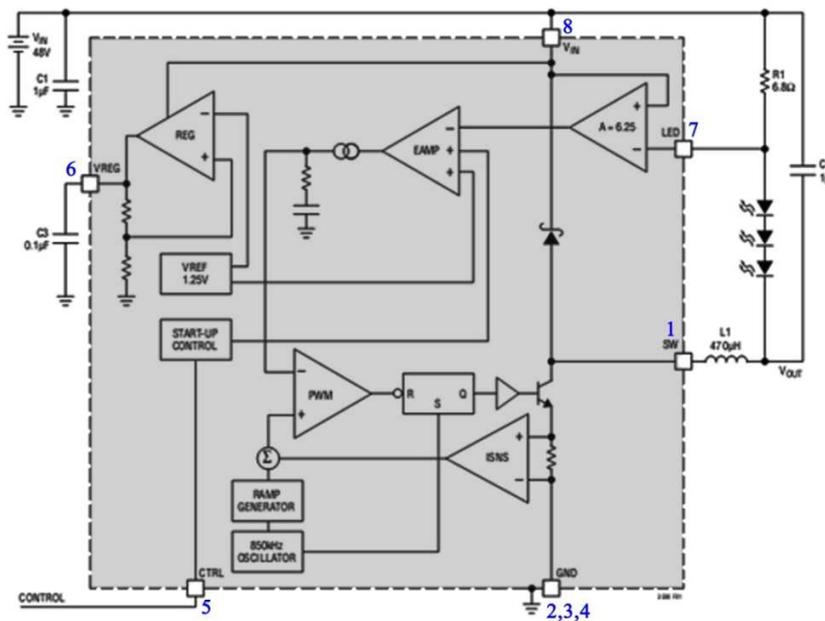
Pada bagian ini, lampu bohlam DC yang diajukan seperti pada bab 3 akan dijelaskan lebih detail. Mulai dari blok diagram lampu yang didesain, kemudian desain skematik bagian – bagian lampu bohlam, dan pemilihan komponen.

4.1 Diagram Blok

4.1.1 Diagram Blok IC

Pada bagian ini akan dijelaskan tentang diagram blok LED *Driver* LT3590 yang digunakan pada pembuatan lampu LED DC 3 Watt.

Blok Diagram



Gambar 4.1 Diagram Blok LT3590 [Linear, 2008]

Prinsip kerja rangkaian ini telah dijelaskan pada datasheet LT3590, yang bagian chipnya adalah yang diblok warna abu – abu. Sementara di luar blok abu – abu adalah rangkaian luar yang dapat diubah – ubah sesuai kebutuhan. Berikut ini akan dijelaskan tentang prinsip kerja chip LT3590.

LT3590 merupakan sebuah *high voltage current mode buck mode LED driver* yang mampu membangkitkan arus konstan ke sebuah rangkaian LED hingga tegangan total 40V. Memiliki fitur *internal compensation*, sebuah internal *power switch* 55V dan sebuah internal *Schottky diode* 55V yang dapat meneruskan arus DC hingga 50mA dengan efisiensi hingga 91%[Navabi, 2008].

LT3590 ini mempunyai 3,3V *onboard linear regulator* yang memiliki kemampuan menyuplai hingga 1mA untuk digunakan oleh sebuah peralatan eksternal. Regulator 3,3V tetap tersedia bahkan pada saat keadaan *shut down*. Fitur ini dapat digunakan untuk *power-up* (menyalakan) *external controller* LT3590 yang hasilnya dapat mengontrol arus LED dengan mengaktifkan pin CTRL. Secara alternatif, pin output regulator (V_{REG}) boleh dihubungkan langsung ke pin CTRL (Pin 5). Pin CTRL jika diberi tegangan lebih dari 150mV, maka osilator, komparator PWM, dan *error amplifier* aktif. LT3590 menggunakan *buck mode converter* untuk meregulasi tegangan output ke level tegangan yang dibutuhkan LED agar sesuai dengan arus yang diinginkan[Navabi, 2008]. Apabila masih kurang dari 100mV maka *switcher* (BJT pada rangkaian) tidak aktif dan *current sense voltage* dan arus LED sama dengan nol. Pada skripsi ini mengambil alternatif yaitu pin CTRL langsung dihubungkan pada pin regulator output V_{REG} (Pin 6). Dengan menghubungkan langsung antara pin CTRL dan pin V_{REG} , pada saat *power-up* LED *driver* akan diaktifkan dan mengontrol arus pada skala maksimal yang telah ditentukan oleh resistor *feedback* melalui rangkaian LED.

Setelah memberikan tegangan lebih dari 150mV pada pin CTRL maka *power switch* juga akan menyala. Arus yang lewat melalui induktor dan kemudian melalui pin SW (Pin 1) yang langsung menuju *ground* akan terus bertambah selama *switch* masih menyala. Tegangan proporsional terhadap arus *switch* akan terus ditambahkan dengan *stabilizing ramp* (*ramp generator*) yang hasilnya menjadi masukan tanda positif (+) pada PWM komparator hingga tegangan pada kutub positif PWM komparator lebih besar dari tegangan pada

kutub negatif PWM komparator. Masukan pada sisi negatif PWM komparator berasal dari *Error Amplifier* yang masukan negatifnya dari selisih antara V_{IN} dan V_{LED} yang diperkuat (diberi amplifler $A=6,25$) dan *bandgap reference*. Apabila sudah lebih besar, maka logika keluaran PWM komparator memadamkan *power switch* sehingga arus sudah tidak bisa bertambah lagi. Siklus inilah yang menyebabkan tegangan V_{IN} yang terus ditambahkan dari V_{IN} minimal (persamaan 4.1) hingga $V_{IN}= 48V$ tidak mengalami perubahan besar arus pada rangkaian LED.

$$V_{IN(MIN)} = \frac{(V_{LED}+V_D)}{DC_{MAX}} + V_{SW} - V_D \quad (4.1)$$

Dengan tegangan jatuh dioda ($V_D \sim 0,8V$), tegangan jatuh *internal switch* ($V_{SW} \sim 0,5V$), dan *Duty Cycle* maksimum ($DC_{MAX}=0,9$). Persamaan di atas adalah tegangan input minimal yang harus diberikan agar LED bisa menyala [Linear, 2008].

4.1.2 Diagram Blok Desain

Diagram blok desain secara umum yang direncanakan sesuai dengan gambar 3.1. Seperti yang telah dijelaskan pada bagian sebelumnya, diagram blok tersebut menunjukkan secara garis besar jalur bagaimana mulai dari tegangan bus masuk hingga lampu LED menyala. Dengan *driver* yang akan mengatur nyala dari lampu LED yang merupakan bagian yang harus dirancang pada skripsi ini. seperti yang telah dijelaskan pada bagian sebelumnya bahwa LED *driver* ini akan menggunakan chip LT3590 yang merupakan *Buck Mode LED Driver*.

4.2 LED Array

Pada bagian ini, desain dan pemilihan tipe LED akan dibahas. Desain ini harus sesuai dengan dimensi standar yang digunakan di Indonesia. Jadi, desain LED *array* ini harus sesuai dengan dimensi lampu tersebut.

Karena pada skripsi ini tidak dibahas tentang mekanik lampu, maka untuk kerangka lampu akan menggunakan sisa kerangka lampu yang sudah ada. Pada

skripsi ini akan digunakan kerangka lampu bohlam LED Royal 12VDC yang telah ditunjukkan pada gambar 3.2. Berikut ini disebutkan tentang spesifikasi asal lampu LED Royal 12VDC [Anonim2, 2012], yaitu

Spesifikasi Lampu Royal 12VDC

Ukuran Fitting lampu : E27 (ukuran umum yang digunakan di Indonesia)

Material : *Aluminum Alloy + glass cover*

Tegangan Input : DC12V

Konsumsi Daya : 5Watt

Jumlah LED : 5 buah LED (chip: EPISTAR)

Luminous Flux : 400lm

Color Temperature : 6000 - 6500K (Pure White=Putih Terang)

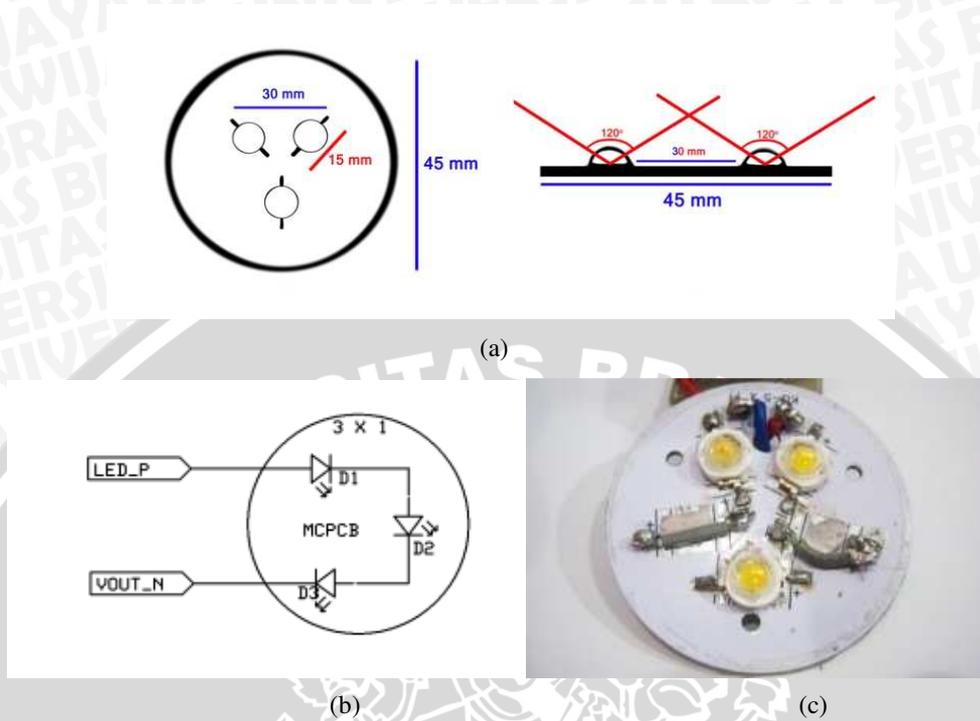
Sudut penyorotan : 180 derajat

Lifetime : 50.000 jam

Berat bersih : 125g

Dimensi : diameter 60 mm, panjang 114 mm

LED yang digunakan adalah merek EPISTAR. Dengan melihat spesifikasi lampu di atas bahwa lampu tersebut dapat menghasilkan *luminous flux* sebesar 400 lm, maka tiap LED memiliki *luminous flux* sekitar 80 lm. Jadi, jika menggunakan 3 buah LED, maka seharusnya dapat menghasilkan *luminous flux* hingga 240lm. Seperti yang telah dijelaskan pada bab 2, LED ini harus diletakkan di atas sebuah MCPCB untuk ditempelkan ke aluminium *heatsink*. Dan seperti yang telah dijelaskan pada bab 3, bahwa MCPCB yang digunakan pada perancangan ini mengambil MCPCB lampu LED milik Royal ini. Berikut ini adalah gambar desain skematik dan fisik dari MCPCB yang akan digunakan.

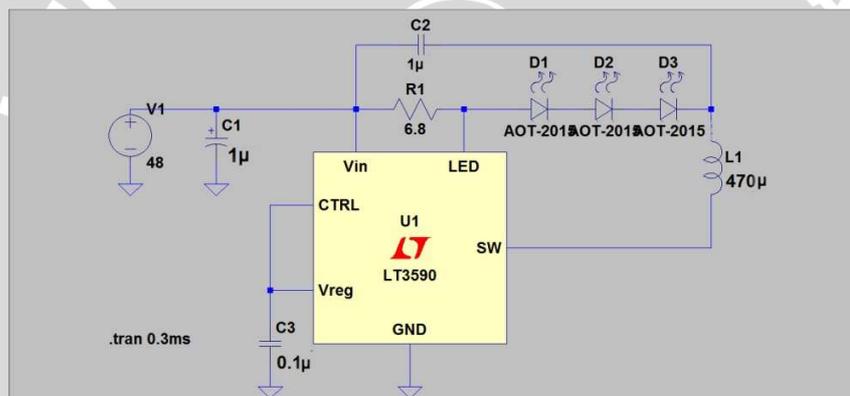


Gambar 4.2 MCPCB (a) Desain Jarak Antar LED (b) Desain Skematik (c) Desain fisik [Penulis, 2014].
 Desain LED array di atas MCPCB pada gambar 4.2 di atas yang akan digunakan pada pembuatan lampu LED pada skripsi ini.

Berikut ini akan dijelaskan perhitungan posisi dan jarak antar LED. Karena menggunakan 3 buah LED maka sebaiknya diletakkan dalam posisi segitiga. Hal ini dimaksudkan agar cahaya LED yang keluar sama rata. Kemudian jarak antar LED dihitung dengan mengetahui ukuran LED secara keseluruhan. Panjang tiap LED beserta kakinya adalah 15 mm. Penulis bermaksud meletakkannya pada posisi segitiga sama sisi karena memiliki *viewing angle* sebesar 120° . Sehingga cara mencari jarak LED yang dilakukan adalah dengan menentukan jarak antar LED tersebut (sisi segitiga sama sisi) berasal dari panjang LED dikalikan 2, sehingga jaraknya adalah 30 mm. Jarak ini merupakan jarak yang paling sesuai dengan diameter MCPCB. Perhitungan ini dimaksudkan agar lampu bohlam dapat menghasilkan tingkat terang yang maksimum. Akan tetapi hal ini dapat menyebabkan cahaya keluar dalam satu titik saja. Oleh karena itu, diperlukan *light diffuser* (Gambar 3.2) agar cahaya bisa menyebar.

4.3 LED Driver

Pada bagian ini, LED driver untuk lampu bohlam DC akan dibahas dan disimulasikan. *Linear Technology 3590* dipilih dengan salah satu keunggulannya yaitu adalah harga komponen yang murah. LT3590 ini merupakan 48V *Buck Mode LED Driver* memiliki range tegangan input antara 4,5 – 55V yang didesain untuk dapat mengendalikan hingga 10 LED yang disusun seri dari tegangan sumber hingga 48V. memiliki frekuensi *switching* tinggi yaitu 850kHz [Linear, 2008]. Pada gambar 4.3 di bawah ini merupakan desain LED driver yang akan digunakan pada lampu bohlam DC.



Gambar 4.3 Skematik LED Driver pada 48V *Buck Mode LED Driver* [Penulis, 2013]

Rangkaian luar chip disusun berdasarkan *datasheet* yang akan dijelaskan pada bagian ini. Komponen yang digunakan disesuaikan dengan yang ada di Indonesia.

Untuk pemilihan kapasitor, disarankan mulai kapasitor C_2 merupakan kapasitor regulator pada LED array, karena menggunakan LED sebanyak 3 buah, maka C_2 menggunakan kapasitor keramik sebesar $1\mu\text{F}$ (jika kurang dari 3 buah maka menggunakan $2,2\mu\text{F}$). Untuk kapasitor input C_3 dianjurkan menggunakan kapasitor keramik sebesar $0,1\mu\text{F}$. Berikutnya adalah menentukan kapasitor output C_1 . Kapasitor yang digunakan adalah kapasitor elektrolit sebesar $1\mu\text{F}$ sesuai yang dianjurkan pada *datasheet* dengan tegangan kapasitor 50V [Linear, 2008].

Yang dilakukan berikutnya adalah menentukan resistor R dan induktor L_1 yang akan digunakan. Resistor yang digunakan disesuaikan dengan spesifikasi LED yang digunakan. Spesifikasi LED pada skripsi ini dapat dilalui arus maju maksimum 0,35A, tegangan 3,3V dan dayanya 1Watt. Untuk besar resistor yang dapat digunakan dapat dilihat pada tabel berikut

Tabel 4.1 Nilai R Secara Teori untuk Tegangan Referensi 200mV[Linear, 2008]

I_{LED} (mA)	$R1$ (Ω)
10	20
20	10
30	6.8
40	5.0
50	4.0

Tabel 4.1 menggunakan tegangan referensi 200mV yang menghasilkan arus LED maksimal. Pada skripsi ini memilih resistor sebesar $6,8\Omega$ yang menghasilkan $I_{LED}=30mA$. Resistor ini dipilih karena pada simulasi nilai resistor ini yang menghasilkan efisiensi yang paling baik.

Kemudian induktor L_1 ditentukan sebesar $470\mu H$, karena $V_{IN}>25V$ (jika $V_{IN}<25V$ menggunakan induktor sebesar $220\mu H$).

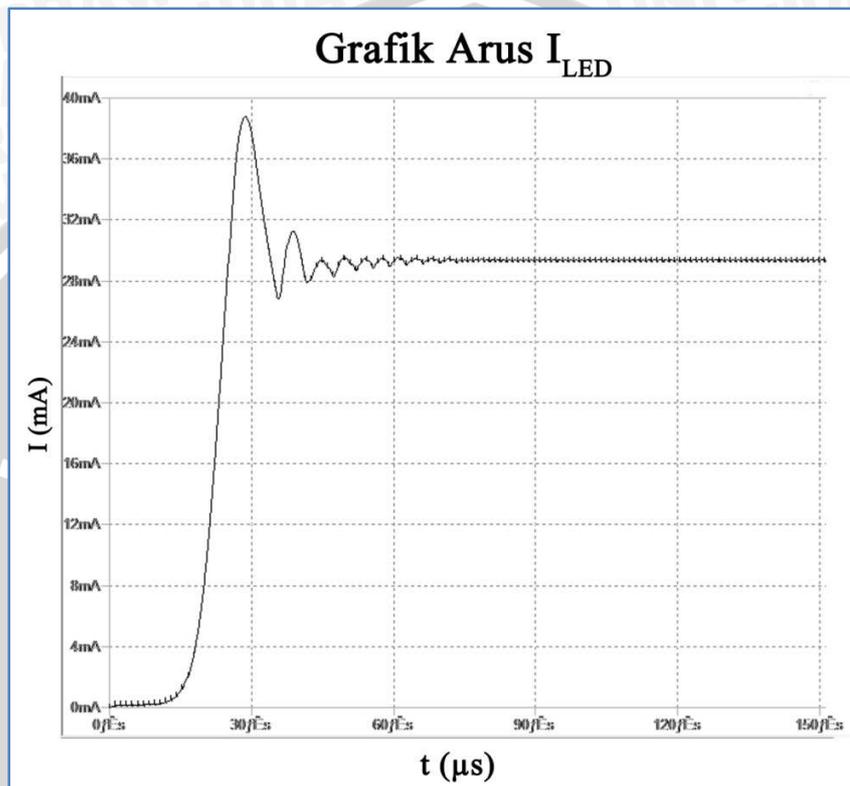
Untuk pin pada LT3590 akan dijelaskan pada bagian berikut. Pin V_{IN} langsung terhubung pada tegangan bus utama rumah DC 48VDC. Untuk pin CTRL perlu diberi tegangan lebih dari 1,25V untuk menghasilkan arus yang konstan. Jika V_{CTRL} sudah mencapai 1,25V maka tegangan *sense reference* mencapai maksimal yaitu 200mV. Oleh karena itu, persamaan I_{LED} seperti yang ditunjukkan pada persamaan 4.2.

$$I_{LED} = \frac{200mV}{R1} \text{ saat } V_{CTRL}>1,25V \quad 4.2$$

dengan persamaan diatas dapat diketahui bahwa tegangan yang masuk pada V_{CTRL} setelah melebihi 1,25V tidak akan mempengaruhi arus pada LED[Navabi, 2008].

Pada rangkaian yang dibuat untuk skripsi ini pin CTRL dihubungkan langsung ke pin V_{REG} dan melalui kapasitor C_3 kemudian di *ground*-kan. Hal ini akan menghasilkan tegangan yang masuk CTRL sebesar 3,3V(Tegangan *onboard linear* regulator V_{REG}).

Kemudian keluaran LED *driver* akan ditunjukkan dan dianalisis dengan menggunakan program simulasi LTSpice untuk I_{LED} yang ditunjukkan pada gambar grafik 4.4.

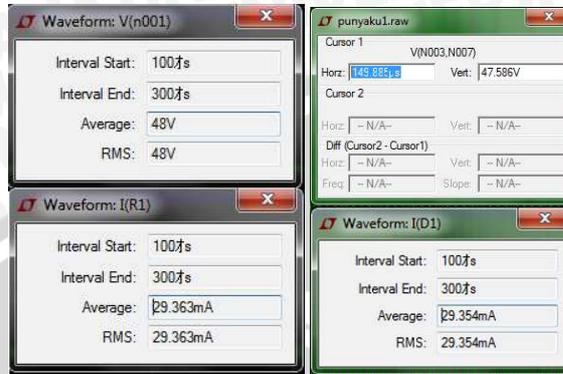


Gambar 4.4 Grafik I_{LED} terhadap waktu.

Grafik I_{LED} ditunjukkan pada gambar 4.4 merupakan grafik arus terhadap waktu yang terjadi pada D_1 . Namun karena LED dipasang seri, maka grafik arus pada D_2 dan D_3 juga sama. Arus yang masuk ditentukan oleh besarnya resistor R_1 yang dipasang.

Pada selang waktu tertentu terdapat gelombang *overshoot*. Hal ini terjadi hanya pada saat penyalaan awal perangkat *driver* lampu bohlam LED DC ini karena terjadi pengisian kapasitor.

Dengan simulasi ini kita dapatkan P_{LED} dan P_{IN} yang akan ditunjukkan pada gambar 4.5.



(a)

(b)

Gambar 4.5 Besar (a) V_{IN} dan I_{IN} (b) V_{OUT} dan I_{OUT} Pada Simulasi LTSpice

Untuk menghitung efisiensinya, data pada gambar 4.5 dihitung menggunakan persamaan 4.3 dan hasilnya harus dikalikan 3 karena menggunakan LED sebanyak 3 buah. Kemudian untuk mengetahui efisiensi dari hasil ini dapat dihitung dengan menggunakan persamaan

$$P = V \cdot I \tag{4.3}$$

$$Efisiensi = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100\% \tag{4.4}$$

Dengan menggunakan data pada gambar 4.5 kemudian dihitung dengan persamaan 4.3 dan 4.4 didapatkan efisiensi lampu yang dihasilkan melebihi 80% yaitu 97,51%.

4.4 Kesimpulan Desain Lampu Bohlam DC

Desain dan simulasi lampu bohlam LED DC disimpulkan pada tabel 4.2. Tegangan input yang digunakan pada simulasi ini adalah 48V. Desain rangkaian diperlukan agar dapat bekerja sesuai dengan tegangan lampu. Pada lampu bohlam yang dirancang ini adalah 10V.

Tabel 4.2 Hasil Desain dan Simulasi Lampu Bohlam LED DC

Parameter	Spesifikasi
Tegangan Bus (Simulasi): V_{IN}	48V
Tegangan Output keadaan Buck Mode : V_{LED}	8,645V
Efisiensi Beban Penuh*	97,51%
Total Konsumsi Daya*	4,189W
Jumlah LED yang diseri	3 buah
Color Temperature	Cool White
Suhu LED <i>Juction</i> Maksimum	85°C
<i>Luminous Flux</i>	Hingga 240lm
Tegangan Maju Maksimum	3,25V
Arus Maju Maksimum LED	350mA
Menggunakan Tegangan Regulasi Konstan	Ya
Menggunakan Arus Regulasi Konstan	Ya

*Hasil Simulasi menggunakan AOT-2015 (x3)

Tabel di atas merupakan hasil simulasi dan desain yang direncanakan. Untuk tegangan maju maksimum, arus maju maksimum LED, *color temperature*, dan Suhu LED *Juction* maksimum didapatkan dari *homepage* LED EPISTAR yang akan digunakan dalam pembuatan lampu LED pada skripsi ini.