

Rancang Bangun Lampu LED 12 Volt DC dengan Rangkaian Penggerak Berbasis Topologi Flyback

Yakub Jonathan*, Budhi Anto**, Dian Yayan Sukma**

*Alumni Teknik Elektro Universitas Riau **Jurusan Teknik Elektro Universitas Riau
Kampus Binawidya Km 12,5 Simpang Baru Panam, Pekanbaru 28293
Jurusan Teknik Elektro Universitas Riau
Email: nathan.elect@yahoo.com

ABSTRACT

Driving circuit function as a source of voltage to drive an electronic circuit. Source of voltage (power supply) created using the switching mode with Flyback converter topology. Component used as the switch is Mosfet. Time to live (on) and off (off) controlled by the circuit mosfet Totempole to accelerate the process on or off of the switch with a frequency of 50 kHz generated by IC SG3524. Switching mode power supply with Flyback converter topology are made to produce a constant voltage of 87 volts. Input source that will be used is lead acid batteries 12 Volt supplies 78 pieces LED.

Keywords: Flyback Converter, circuit Totempole, Mosfet IR540, LED, IC SG3524, Switching Power Supply

PENDAHULUAN

Berdasarkan data statistik tahun 2009, jumlah nelayan Indonesia berkisar 2,7 juta jiwa, 80 persen di antaranya nelayan skala kecil dan tradisional dengan kapasitas kapal di bawah 30 gross ton (GT) (Kementrian Kelautan dan Perikanan Republik Indonesia). Nelayan merupakan Profesi yang ditekuni oleh banyak orang disekitar Pesisir Pantai. Usaha ini mulai beroperasi pada sore atau malam hari lalu berhenti menjelang pagi hari. Karena bersifat mobilitas, usaha ini memerlukan bahan bakar yang bersifat dapat disimpan (storagable) untuk keperluan pencahayaan di malam hari. Pada umumnya mereka mengkonsumsi minyak tanah untuk keperluan-keperluan tersebut.

Seiring dengan menipisnya cadangan bahan bakar fosil dunia dan mahalnya harga minyak tanah maka program konversi minyak tanah nampaknya perlu diterapkan pada usaha mencari ikan dimalam hari oleh Nelayan. Suatu upaya yang dapat direalisasikan adalah menggantikan lampu minyak tanah yang biasa digunakan mereka dengan lampu LED yang digerakan oleh sumber tenaga batere akumulator. Usaha mencari ikan dilaut akan dilengkapi dengan lampu LED, batere akumulator dan unit pengisian muatan batere

(battery charge). Pada pagi hari, batery di-charge dan kemudian pada sore dan malam hari, batere itu digunakan untuk mencatu lampu LED.

Banyak penelitian yang sebelumnya dilakukan mengenai Penilaian TA/Skripsi. Dalam upaya mengembangkan dan menyempurnakan penilaian TA/Skripsi ini perlu dilakukan studi pustaka (*literature review*) sebagai salah satu dari penerapan metode penelitian yang akan dilakukan. Berikut adalah penelitian yang telah dilakukan dan memiliki korelasi yang searah dengan penelitian yang akan dibahas dalam Skripsi ini.

Penelitian yang telah dijalankan oleh Hendro Uli Sugio Simamora dari Jurusan Teknik Elektro, Universitas Riau pada tahun 2008. Penelitian ini merancang Konverter DC-DC Topologi Boost. Penelitian ini hanya mampu membuat konverter yang bisa mempertahankan tegangan keluaran yang tidak tinggi dan juga penelitian ini hanya merancang susunan LED tanpa mempertimbangkan efisiensi radiasi cahaya maksimal yang di pancarkan LED.

Penelitian yang telah dijalankan oleh Slamet Riyadi, Fl. Budi Setiawan Teknik Elektro Unika Soegijapranata Semarang, Penelitian ini merancang Konverter DC-DC Topologi Buck-Boost Converter. Penelitian ini hanya mampu

membuat konverter yang bisa mempertahankan tegangan keluaran yang tidak tinggi.

Penelitian yang akan saya lakukan adalah Rancang Bangun Lampu LED 12 Volt DC dengan Rangkaian Penggerak Berbasis Topologi *FLYBACK*. Penelitian ini didasarkan atas kekurangan-kekurangan penelitian sebelumnya, seperti pada penelitian Hendro Uli Sugio Simamora yang menggunakan topologi boost pada konverter-nya, untuk mendapatkan Distribusi Radiasi cahaya yang luas dibutuhkan untaian led yang banyak, semakin banyak untaian led maka tegangan yang dibutuhkan juga semakin tinggi, sedangkan boost sulit bekerja pada output tegangan yang tinggi, Sama halnya dengan Penelitian Slamet Riyadi, Fl. Budi Setiawan yang menggunakan topologi *buck-boost* Konverter. Maka dari itu penelitian yang akan saya lakukan yaitu melakukan pengembangan-pengembangan dari kekurangan-kekurangan penelitian sebelumnya yang telah dilakukan.

LANDASAN TEORI

LAMPU LED

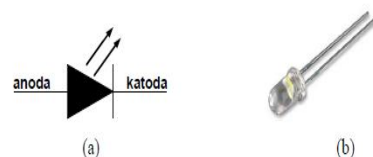
Lampu LED adalah lampu yang menggunakan diode LED (*light emitting diode*) sebagai sumber cahaya. LED adalah sejenis dioda yang apabila diberi tegangan searah dengan polaritas tertentu akan memancarkan cahaya. Cahaya yang dipancarkan biasanya adalah warna merah, kuning, hijau, biru, dan putih. Pada dasarnya terdapat 2 jenis lampu LED yaitu LED untuk keperluan indicator dan LED untuk keperluan pencahayaan. LED untuk keperluan indikator adalah LED berdaya rendah (kurang dari 0,2 W), digunakan sebagai signaling pada peralatan-peralatan elektronika. LED untuk keperluan indikator menghasilkan cahaya kurang dari 10 lumen. Dengan kemajuan teknologi semi konduktor tahun 1990-an, penggunaan LED untuk keperluan pencahayaan menjadi menjanjikan. LED untuk keperluan pencahayaan adalah LED yang menghasilkan cahaya Putih (White LED) berdaya besar (lebih dari 1 W). LED jenis ini dapat menghasilkan cahaya 40 lumen sampai 150 lumen tergantung dari temperature kerjanya (*correlated color temperature/CCT*) dan besar arus yang melewatinya (WAC *Lighting*,2010). Dibandingkan dengan jenis-jenis lampu lainnya, lampu LED mempunyai beberapa keunggulan sebagaimana diperlihatkan pada tabel 1

Tabel 1. perbandingan beberapa jenis lampu (en.wikipedia.org/diakses tanggal 2/2/2014).

	Lampu pijar	Lampu halogen	Lampu tabung	Lampu LED
Harga tiap unit	\$2	\$4	\$4	\$20
Konsumsi listrik (watt)	60W	42W	13W	9W
Fluks cahaya(lumen)	660	570	825	900
Effikasi (lumen/Watt)	11	13.6	63.5	100
Usia pakai (jam)	2000 jam	3500 jam	8000 jam	25000 jam
Biaya pengadaan dalam 10 tahun	\$22	\$28	\$12	\$20
Biaya energy selama 10 tahun @ 15cents/KWh	\$197.10	\$137.97	\$42.71	\$29.57
Total	\$219.10	\$165.97	\$54.71	\$49.57

Dari table 1. terlihat bahwa lampu LED menghasilkan cahaya yang lebih banyak untuk watt yang sama jika dibandingkan dengan tiga jenis lampu lainnya (yaitu lampu pijar, lampu halogen, dan lampu floresen atau lampu tabung) dengan nilai effikasi 100 lumen/watt. Usia pakai lampu LED adalah sangat lama yaitu 25000 jam atau sekitar 10 tahun dengan (pemakain rata-rata 6 jam tiap hari). Saat ini kelemahan utama penggunaan lampu LED adalah biaya pengadaannya yang masih tinggi, hamper sepuluh kali lipat dibandingkan dengan harga lampu pijar. Tetapi untuk jangka pemakaian yang lama (lebih dari 10 tahun), penggunaan lampu LED tetap lebih menguntungkan dibandingkan dengan penggunaan jenis lampu lainnya.

Berikut ini adalah gambar skematis dari LED :



Gambar 1. (a) Simbol LED (b) Bentuk Fisik LED(<http://rasapas.files.wordpress.com/LED-rasapas.jpg>)

Perancangan Pada lampu LED

a. Analisa dan konversi LUMEN dan Candela

Untuk memudahkan *Designer* dalam merancang pencahayaan yang dihasilkan oleh suatu lampu, *designer* harus dapat menentukan berapa lumen atau candela yang dihasilkan oleh lampu tersebut. Pada lampu LED biasanya telah disediakan parameter nilai dalam satuan candela, tetapi parameter tersebut belum cukup untuk menganalisa dari pencahayaan dari suatu lampu, maka untuk memudahkan dalam mengubah candela ke dalam bentuk lumen, digunakan persamaan di bawah ini (Sumber : <http://www.rapidtables.com/calc/light/candela-to-lumen-calculator.htm>) ,

$$\text{Lumens} = \text{Candela} \times (2\pi(1 - \cos(\text{degrees}/2))) \quad (1)$$

a. Distribusi Cahaya

Perancangan distribusi cahaya pada lampu LED bertujuan, agar distribusi cahaya yang dihasilkan oleh Lampu Led dapat lebih Effisien, baik itu dari sekumpulan LED yang tersusun dengan bermacam bentuk susunan maupun satu buah led. Dengan merancang pendistribusian lampu LED, *Designer* dapat menentukan berapa jarak Antara Lampu LED maupun karakteristik Lampu LED tersebut. Dengan demikian didapat suatu nilai yang lebih ekonomis di dalam perancangan Lampu Led tersebut. Susunan LED yang akan di jelas kan dibawah ini adalah LINEAR LED Sebuah Pendekatan Praktis untuk distribusi cahaya diberikan oleh persamaan sebagai berikut :

$$E(r, \theta) = E_0(r) \cos^m \theta \quad (2)$$

$$m = \frac{-\ln 2}{\ln(\cos \theta_{1/2})} \quad (3)$$

Dimana :

θ = adalah sudut pandang dari LED

$E_0(r)$ = Radiasi pada jarak r (W/m^2)

m = nilai m tergantung dari posisi LED

Berikut *Formula Design Linear LED ARRAY*,

$$E(x, y, z) = z^m A_{LED} L_{LED} \sum_{n=1}^N \{ [x - (N + 1 - 2n)(d/2)]^2 + y^2 + z^2 \}^{-(m+2)/2} \quad (4)$$

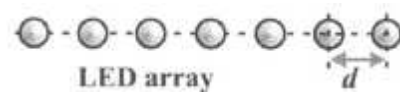
$$d = d_0 = \sqrt{\frac{3.2773}{m+4.2539}} Z \quad (5)$$

(Persamaan 4 diatas hanya berlaku apabila array yang lebih besar dari empat LED ($N = 4$ dan $m = 30$))

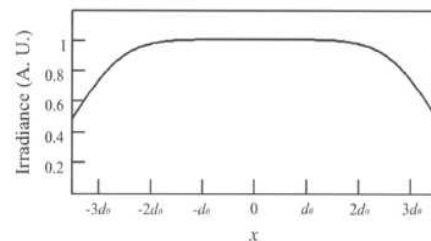
Dimana :

N = adalah jumlah LED

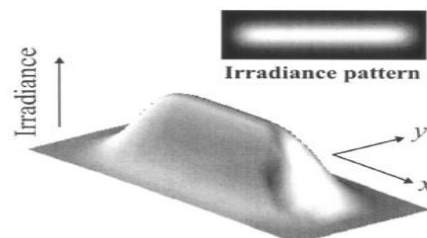
Untuk lebih jelas mengenai Untuk lebih jelasnya dapat dilihat seperti gambar dibawah ini,



Gambar 2.a



Gambar 2.b



Gambar 2.c

Gambar. 2. Linear array LED.

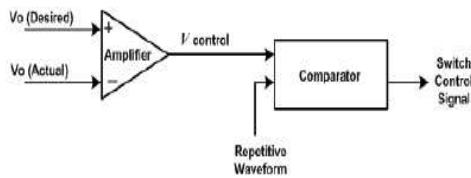
(a) Skema ilustrasi dari sebuah array dengan $N=7$.

(b) Distribusi radiasi seragam array ini ketika $m=80,7$ dan $d= d_0= 0.135$.

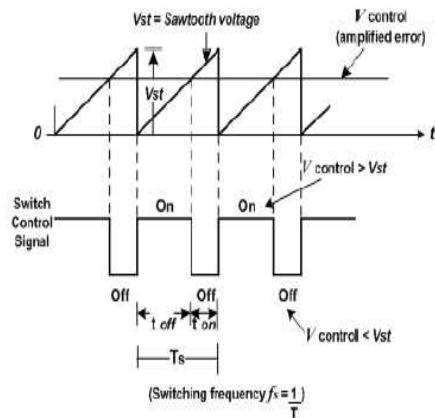
(c) Hasil radiasi normal grafik sepanjang arah x pada $y= 0$.

MODULASI LEBAR PULSA

PWM merupakan pulsa yang mempunyai lebar pulsa (duty cycle) yang dapat diubah-ubah. Pada Gambar 3.(a) merupakan proses pembuatan PWM yang terdiri dari gelombang segitiga, tegangan referensi dan komparator. Komparator merupakan piranti yang digunakan untuk membandingkan dua buah sinyal masukan. Dua sinyal masukan yang dibandingkan adalah gelombang segitiga dengan tegangan referensi



(a)



(b)

Gambar 3. (a) Diagram Blok Dari PWM (b) Sinyal Komparator Dari PWM

Pada Gambar 3 (b) adalah hasil perbandingan gelombang segitiga dengan tegangan DC yang menghasilkan gelombang kotak dengan lebar pulsa yang dapat diatur. Pengaturan lebar pulsa dapat dilakukan dengan cara mengubah nilai tegangan DC referensi.

PWM (pulsa width modulation) bekerja sebagai switching power suplai untuk mengontrol

on dan off trafo ferit. Tegangan dc dikonvert menjadi sinyal kotak bolak balik, saat on mendekati tegangan puncak dan saat off menjadi nol (0) volt. Modulasi lebar pulsa ini dihasilkan oleh IC 3524.



Gambar 4. IC 3524 (PWM)

Pengaturan frekuensi dengan cara mengatur nilai RT dan CT dengan menggunakan persamaan sebagai berikut: (Sumber: data sheet SG3524)

$$f_s \approx \frac{1.3}{RT \cdot CT} \tag{6}$$

Keterangan :

RT = Resistansi dalam $K\Omega$

CT = Kapasitansi dalam μF

Duty Cycle adalah perbandingan lama waktu suatu signal berada dalam kondisi high dengan lama waktu suatu signal tersebut dala kondisi (high+low), duty cycle sangat berguna dalam merancang yang menggunakan konsep PWM (Pulse Width Modulation). Untuk menentukan besarnya *duty cycle* dalam rangkaian *Flyback converter* adalah dengan menggunakan persamaan berikut; (Sumber: *Mohan N, 1989*)

$$\frac{V_o}{V_d} = \frac{T_s}{t_{off}} = n \frac{D}{1-D} \tag{7}$$

Keterangan:

- V_d : Tegangan masukan
- V_o : Tegangan keluaran
- T_s : Periode
- D : *Duty cycle*
- n : Rasio Transformers

Flyback Konverter

Ada berbagai macam converter yang dapat digunakan untuk proses *Switching* dimana pemilihan metode yang digunakan berdasarkan kisaran daya *Output* yang diinginkan salah satunya *Flyback Converter*. Metode *Flyback* memiliki cara kerja yang berbeda dari metode yang lainnya, saat mosfet pada kondisi on arus mengalir melalui kumparan primer dan menyimpan energi pada kumparan sekunder, karena diode D1 pada kondisi *reverse bias* maka tidak terjadi transfer energi sehingga arus pada beban disupply oleh output kapasitor. Pada saat mosfet pada kondisi off diode D1 menjadi *forward* dan mengisi *output* kapasitor dan mengalirkan arus ke beban.

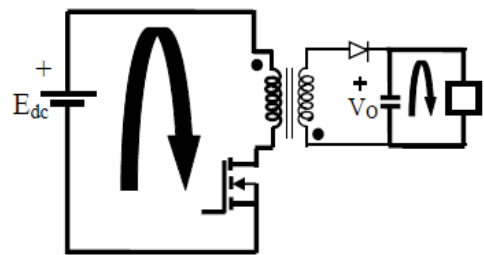
Konverter ini memiliki efisiensi tinggi karena menggunakan metode penskalaan atau *switching* dengan menggunakan frekuensi tinggi. System *switching* dan frekuensi tinggi pada converter ini akan menghasilkan ripple voltage yang kecil sehingga output dari converter tersebut dapat konstan apabila dibebani. Inilah yang menyebabkan efisiensi *converter* ini tinggi atau bagus jika dibandingkan dengan menggunakan converter jenis konvensional. Selain itu semakin tinggi atau besar frekuensi yang diberikan maka ukuran dari inti trafo yang dibutuhkan akan semakin kecil jika dirancang pada kemampuan daya yang sama sehingga akan memiliki efisiensi tinggi dari segi berat dan ukurannya yang lebih kecil. Gambar dibawah ini menunjukkan rangkaian dari sebuah *Flyback converter*.

Prinsip Kerja *Flyback Converter*

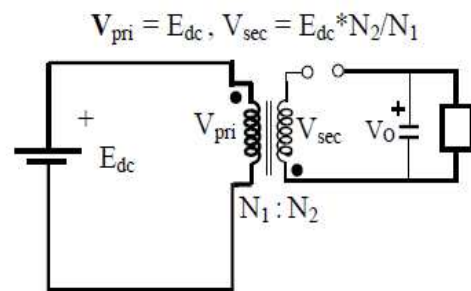
Ketika saklar ditutup (*Switch on*), trafo terhubung langsung ke sumber tegangan input. Pada saat ini fluks magnetik dan arus primer meningkat, sehingga energi tersimpan dalam transformator. Tegangan induksi pada belitan sekunder adalah negatif, sehingga diode adalah *reverse-bias* (yaitu, diblokir). Output kapasitor memasok energi ke output beban, selanjutnya ketika saklar dibuka (*Switch off*), fluks magnetik dan arus primer turun/jatuh. Tegangan sekunder adalah positif, sehingga dioda *forward bias*, sehingga memungkinkan arus mengalir dari transformator. Energi dari inti transformator mengisi kapasitor dan beban.

Agar lebih jelas lagi ada 3 buah model prinsip kerja dari *flyback* Konverter, yaitu.

1. Model 1 adalah ketika Transistor/Mosfet dalam keadaan *On*, pada model ini tegangan *supply* akan bernilai sama besar dengan tegangan pada belitan primer, disini sekunder terdapat polaritas yang berbanding terbalik dengan polaritas sisi primer sehingga diode yang dipasang seri bersifat *reverse bias*. Dengan demikian beban hanya disuplai oleh kapasitor. Model satu ini dapat dilihat pada gambar 6 dan 7 dibawah ini dan garis tebal pada gambar merupakan pergerakan arusnya,

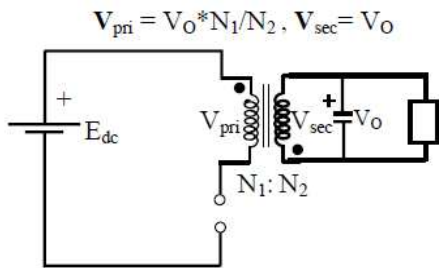


Gambar 5. Pergerakan Arus pada Model 1

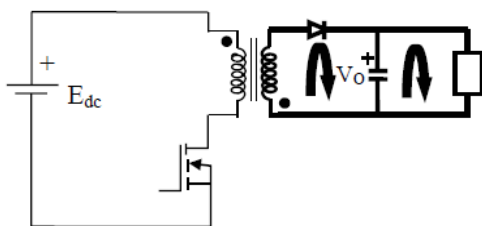


Gambar 6. Ekuivalen Model 1

2. Model 2 adalah ketika Transistor/Mosfet dalam keadaan *Off*, sisi primer menjadi terputus, sehingga terjadi pembalikan polaritas tegangan pada sisi sekunder. Pembalikan polaritas tegangan membuat diode dalam rangkaian sekunder menjadi bias maju. Sehingga tegangan pada sisi sekunder akan sama dengan tegangan beban dan tegangan kapasitor. Hal ini dapat ditampilkan dari gambar 7 dan 8 dibawah ini,

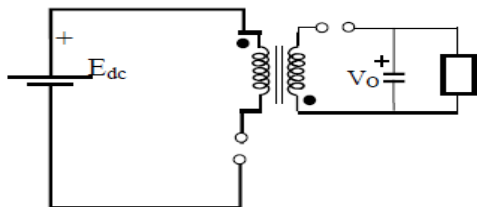


Gambar 7. Pergerakan Arus pada Model 2

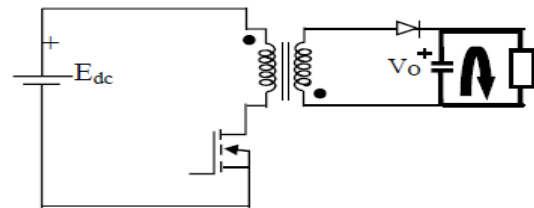


Gambar 8. Ekuivalen pada Model 2

3. Model 3 adalah ketika diode pada rangkaian sekunder kembali bias mundur, hal ini disebabkan oleh transfer *energy* pada belitan sekunder ke kapasitor dan beban. Peristiwa ini mengakibatkan sisi katoda pada dioda yang terhubung dengan kapasitor menjadi lebih positif dibandingkan sisi anoda pada *diode* yang terhubung dengan belitan sekunder. Sehingga beban hanya di suplai oleh kapasitor.



Gambar 9. Pergerakan Arus pada Model 3



Gambar 10. Ekuivalen pada Model 3

Transformator Inti Ferit

Ferit sering kita jumpai dalam kehidupan sehari-hari. Inti ferit memiliki permeabilitas yang rendah dan resistifitas listrik yang tinggi. Rugi – rugi arus eddy (*eddy current losses*) yang lebih rendah memperbolehkannya digunakan untuk frekuensi tinggi sampai 500 Mhz.

Ada bermacam-macam bahan ferit yang disebut ferromagnetik. Bahan dasarnya adalah bubuk besi oksida yang disebut juga iron powder. ada juga ferit yang dicampur dengan bahan bubuk lain seperti nikel, seng (*zinc*) dan magnesium. Melalui proses yang dinamakan kalsinasi yaitu dengan pemanasan tinggi dan tekanan tinggi, bubuk campuran tersebut dibuat menjadi komposisi yang padat. Proses pembuatannya sama seperti membuat keramik. Oleh sebab itu ferit ini sebenarnya adalah keramik.

Ferite yang sering dijumpai ada yang memiliki $m=1$ sampai $m=15.000$. Dapat dipahami penggunaan ferit dimaksudkan untuk mendapatkan nilai induktansi yang lebih besar relative terhadap jumlah lilitan yang lebih sedikit serta dimensi inductor yang lebih kecil. Penggunaan ferit juga disesuaikan dengan frekuensi kerjanya. Karena beberapa ferit akan optimum jika bekerja pada selang frekuensi tertentu. Berikut ini adalah beberapa contoh bahan ferit yang dipasar dikenal dengan kode nomor materialnya. Pabrik pembuat biasanya dapat memberikan data kode material, dimensi dan permeabilitas yang lebih detail.



Gambar 11. Inti ferrite

Prinsip kerja trafo inti ferit ini menggunakan asas induksi resonansi Antara kumparan primer dan sekunder. Apabila pada kumparan primer dialiri arus AC maka akan timbul medan magnet yang berubah-ubah fluktuasinya, akibatnya kumparan sekunder yang berada pada daerah medan magnet akan membangkitkan gaya gerak listrik (GGL) atau tegangan induksi. Hal ini apabila tegangan primer di putus maka akan hilang tegangan sekundernya. Apabila tegangan sekunder lebih besar dari tegangan primernya, maka transformator tersebut berfungsi sebagai penaik tegangan (Step Up), akan tetapi apabila tegangan sekunder lebih kecil dari tegangan primernya maka transformator berfungsi sebagai penurun tegangan (Step Down).

Untuk menentukan besarnya area produk (A_p) pada *Flyback Converter Transformer – Complete energy transfer mode* dapat digunakan rumus pada persamaan 2.8 berikut ini, (Sumber = Umanand, L dan Bhat, S.R)

$$A_p = \frac{P_{O2} \left(\frac{1}{\eta} \sqrt{\frac{4D}{3}} + \sqrt{\frac{4(1-D)}{3}} \right)}{K_w J B_m f_s} \quad (8)$$

- Dimana :
- A_p = Area produk trafo
 - P_{O2} = Daya Output
 - η = Efisiensi
 - D = Duty Cycle
 - f_s = Frekuensi Switching
 - J = Kerapatan arus
 - K_w = Utilisation Factor
 - ΔB = Fluks

Untuk menentukan Jumlah lilitan primer (N_1) dan sekunder (N_2) menggunakan rumus pada

persamaan 16 berikut ini, (Sumber = Umanand, L dan Bhat, S.R)

$$N_1 = \frac{V_{ccmax} D_{min}}{A_c B_m f_s} \quad (9)$$

$$N_2 = n \cdot N_1 \quad (10)$$

Keterangan:

- N_1 = Lilitan Primer
- N_2 = Lilitan Sekunder
- n = Perbandingan antara lilitan primer dan sekunder
- $V_{cc maks}$ = Tegangan Maksimum pada trafo
- D_{min} = Duty cycle minimum
- A_c = Area inti trafo

Dimana n diperoleh dari persamaan 17 berikut, (Sumber = Umanand, L dan Bhat, S.R)

$$n = \frac{(V_o + V_d)}{V_{cc min}} \left(\frac{1 - D_{maks}}{D_{maks}} \right) \quad (11)$$

Keterangan :

- V_D = Tegangan jatuh diode
- D_{maks} = Duty cycle maksimum

Sedangkan untuk menentukan besarnya daya output (P_{O2}), arus yang mengalir pada belitan primer (I_1) dan sekunder (I_2), dapat dilihat dari persamaan dibawah ini (Sumber = Umanand, L dan Bhat, S.R),

$$P_{O2} = (V_o + V_D) I_o \left(\frac{1 - D_{min}}{D_{min}} \right) \quad (12)$$

$$I_1 = \sqrt{\frac{(D_{maks})}{3} \left[\Delta I_1^2 + \frac{3}{4} \left(\left(\frac{2 \cdot n \cdot I_o}{D_{maks}} \right)^2 - \Delta I_1^2 \right) \right]} \quad (13)$$

$$I_2 = \sqrt{\frac{(1 - D_{maks})}{3} \left[\Delta I_2^2 + \frac{3}{4} \left(\left(\frac{2 \cdot I_o}{1 - D_{maks}} \right)^2 - \Delta I_2^2 \right) \right]} \quad (14)$$

METODE PENELITIAN

PERANCANGAN ALAT

Perancangan rangkaian MOSFET

Pensaklaran (*switching*) dilakukan oleh MOSFET kanal-n *enhancement*. Mosfet yang digunakan harus mempunyai rating tegangan dan arus yang lebih besar dari perhitungan, dan juga karena salah satu kelemahan dari konverter ini bahwa begitu besar lonjakan tegangan yang dirasakan pada komponen-komponen saklar untuk itu dipilih Mosfet jenis IRF540N dengan spesifikasi:

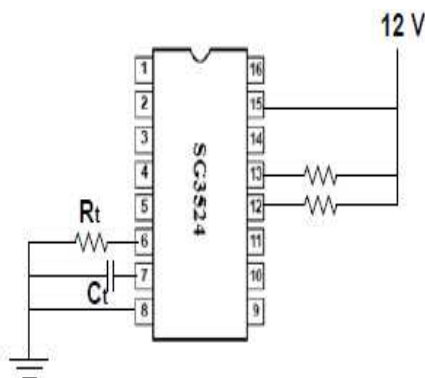
$$V_{DSS} = 100 \text{ V}$$

$$(on) = 44 \text{ m}\Omega$$

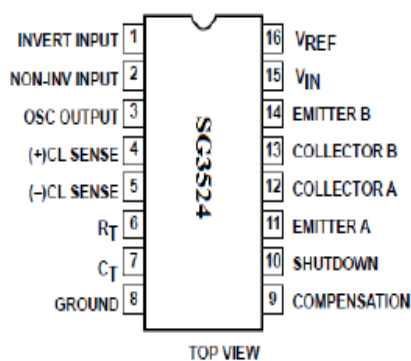
$$I_D = 33 \text{ A}$$

Perancangan rangkaian modulasi lebar pulsa (PWM)

Gelombang segi empat yang digunakan dalam rangkaian kontrol dihasilkan oleh IC SG3524 dengan frekuensi yang dapat diatur. Dimana spesifikasi IC adalah sebagai berikut,



Gambar 12. Pin Configurasi SG3524



Gambar 13. Pembangkit pulsa PWM

Sesuai dengan Persamaan (6) menentukan besar RC dan RT adalah sebagai berikut, Misalkan frekuensi yang diinginkan 50.000 Hz, nilai CT dalam μF yang ditentukan yaitu 0,002 maka nilai RT dalam $K\Omega$, RT adalah nilai timing resistor dan CT adalah timing kapasitor, adalah

$$RT \approx \frac{1.3}{50 \cdot 0.02}$$

$$RT \approx 11.8 \text{ K}\Omega$$

Jadi dengan memasang nilai CT 0,002 μF dan RT 11.8 $K\Omega$ maka akan diperoleh frekuensi 50.000 Hz.

Perancangan LED

Pada bagian ini akan dijelaskan prosedur perancangan Lampu LED. Prosedur yang harus dilakukan yaitu :

1. Tentukan Tipe LED yang akan digunakan.
2. Bandingkan dengan lampu Hemat Energi.
3. Hitung Jumlah Led yang dibutuhkan.
4. Tentukan susunan dan untaian LED dengan mempertimbangkan rugi-rugi daya, drop tegangan dan kerusakan pada led (atau LED putus).
5. Tentukan Jarak antar LED agar didapat distribusi radiasi cahaya yang merata, hal ini digunakan sebuah software , yaitu *Matlab 2009*

LED yang digunakan adalah *Led STRAWHAT 5mm* , dengan *Luminous Intensity 1.8 candela (cd)* , sudut 120° dan memiliki Daya 0.085 Watt. Berdasarkan perhitungan kalkulator network (<http://www.rapidtables.com/calc/light/candela-to-lumen-calculator.htm>), *Led Strawhat 5mm* memiliki 5.65 Lumen. Untuk membuktikan perhitungan dari kalkulator network tersebut digunakan persamaan (1) , seperti dibawah ini,

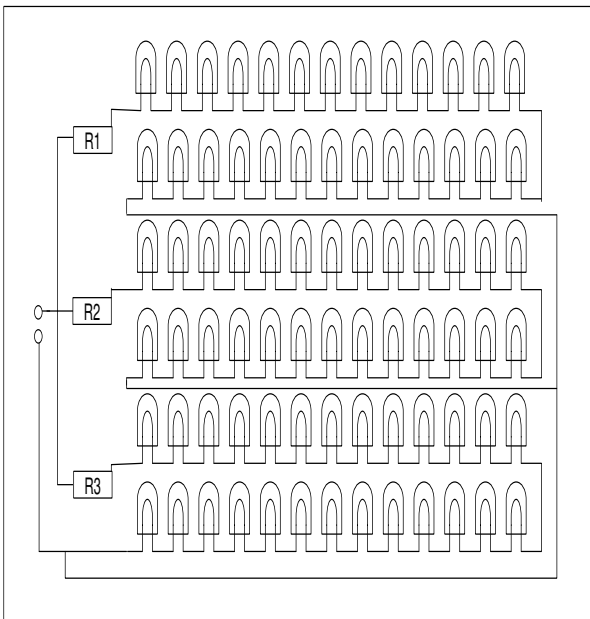
$$Lumens = 1.8 \times (2\pi(1 - \cos(120/2)))$$

$$Lumens = 5.65 \text{ Lm}$$

Selanjutnya dilakukan perbandingan nilai Lumen dari Lampu Hemat energi, *Philips Essential 8 watt* , lampu ini bernilai 440 Lumen (*Based on Philips Lighting Catalogue 2008 – 2009*). Sehingga untuk

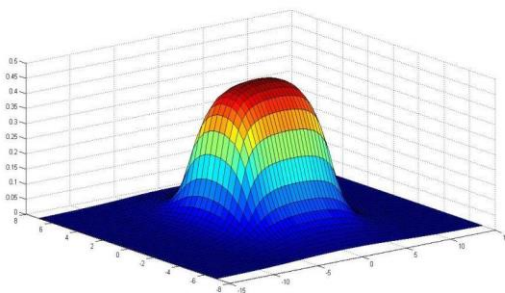
mendapatkan cahaya yang sama dengan *Philips Essential 8 watt* dibutuhkan 78 buah LED *Strawhat 5mm*.

Lampu LED yang akan digunakan adalah lampu LED berwarna putih. Dimana lampu LED tersebut disusun seri sebanyak 26 buah LED dan diparalelkan sebanyak 3 untai, tetapi dalam pemasangan di PCB, LED tersebut disusun seri sebanyak 13 buah dengan 6 untai. Adapun skema lampu LED yang akan di buat ditunjukkan pada gambar dibawah ini.



Gambar 15. Skema LED

Selanjutnya, Led akan disusun dengan jarak 0.8 cm disetiap sisi , Led ini telah disimulasikan melalui software *MATLAB 2009*. Adapun hasil dari simulasi *MATLAB 2009* dapat dilihat seperti gambar dibawah ini,



Gambar 16. Simulasi Led 13x6

Perancangan Transformator Frekuensi Tinggi.

Pada bagian ini akan dijelaskan prosedur perancangan Transformator Frekuensi tinggi . Prosedur yang harus dilakukan adalah,

1. Tentukan Parameter-parameter perancangan Transformator Frekuensi Tinggi Seperti B_m , J_s , K_w dan V_D .
2. Tentukan Tegangan Keluaran V_O dan Arus keluaran yang di inginkan (I_O)
3. Hitung P_{O2} .
4. Hitung luas Penampang inti tempat belitan transformator.
5. Hitung Luas Jendela dan Luas Inti Transformator.
6. Hitung Jumlah belitan primer dan sekunder.
7. Hitung diameter kawat belitan

Spesifikasi Transformator yang akan dibuat sebagai berikut,

B_m	= 0.15 T, ΔB	= 0.2 T
J	= 3.5 A/mm ² atau 3500000 A/mm ²	
F_s	= 50000 Hz	
K_w	= 0.3	
V_O	= 90 V	
I_O	= 0.05 A	
V_D	= 1.5 V	
D_{maks}	= 0.3	

Untuk menghitung daya digunakan persamaan (12) , dimana P_{O2}

$$P_{O2} = (90 + 1.5)0.05 \left(\frac{1 - 0.288}{0.288} \right)$$

$$P_{O2} = 11.29 \text{ Watt}$$

Berdasarkan hasil perhitungan diatas, dapat ditentukan *Area Product* dengan persamaan (8) sehingga diperoleh nilai,

$$A_p = \frac{11.29 \left(\frac{1}{\eta \sqrt{3}} \sqrt{\frac{4(0.3)}{3}} + \sqrt{\frac{4(1-0.3)}{3}} \right)}{(0.3)(3500000)(0.15)(50000)} = 2583.4 \text{ mm}^4$$

Agar Kawat Konduktor dapat dililit dalam inti ferit maka A_p yang diperoleh harus lebih besar dari yang diperhitungkan, dimana inti yang di peroleh :

$$A_p = 12198,56 \text{ mm}^4$$

Untuk menghitung rasio, jumlah belitan Primer (N_1) dan jumlah belitan sekunder (N_2) dihitung dengan persamaan (11), (9), (10) sehingga diperoleh,

$$n = \frac{(90+1.5)}{12} \left(\frac{1-0.3}{0.3} \right) = 17.79$$

$$N_1 = \frac{12.7 (0.288)}{(17.6)(0.15)(50000)} = 21 \text{ lilitan} ,$$

$$N_2 = (17.79) \cdot 21 = 370 \text{ lilitan}$$

Untuk menghitung Diameter belitan primer (d_1) dan diameter belitan sekunder (d_2) tahap awal yang harus dilakukan adalah menghitung Arus pada sisi Primer dan sekunder, dalam hal ini Arus dihitung dengan persamaan 13 dan persamaan 14,

$$I_1 =$$

$$\sqrt{\frac{(0.3)}{3} \left[6.17^2 + \frac{3}{4} \left(\left(\frac{2(17.79)(0.05)}{0.3} \right)^2 - 6.17^2 \right) \right]} = 1.89 \text{ A}$$

$$I_2 =$$

$$\sqrt{\frac{(1-0.3)}{3} \left[0.34^2 + \frac{3}{4} \left(\left(\frac{2(0.05)}{1-0.3} \right)^2 - 0.34^2 \right) \right]} = 0.102 \text{ A}$$

Kemudian, hitung luas penampang kawat belitan dengan cara membagi Arus dengan Rapat Arus, seperti perhitungan dibawah ini,

$$a_1 = \frac{I_1}{J} = \frac{1.89}{3.5} = 0.54 \text{ mm}^2$$

$$a_2 = \frac{I_2}{J} = \frac{0.102}{3.5} = 0.02 \text{ mm}^2$$

Diameter didapat dari rumus Luas lingkaran, seperti perhitungan dibawah ini,

$$d_1 = \sqrt{\frac{4a_1}{\pi}} = \sqrt{\frac{4(0.54)}{3.14}} = 0.83 \text{ mm}$$

$$d_1 = \sqrt{\frac{4a_2}{\pi}} = \sqrt{\frac{4(0.02)}{3.14}} = 0.19 \text{ mm}$$

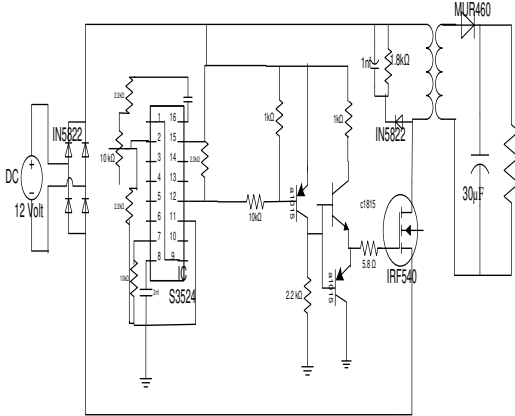
Setelah diperoleh besaran- besaran komponen yang diperlukan maka selanjutnya dirancang cara penggulangan kawat email pada bobbin dari transformator inti ferit. Penggulangan pada travo mengacu pada beberapa hal antara lain :

1. Tipe inti trafo pada converter ini adalah inti ferit EI.
2. Teknik gulungan dilakukan searah jarum jam (awal gulungan umumnya berfungsi sebagai dot sign)
3. Teknik gulungan dilakukan dengan urutan primer sekunder.
4. Dipilih kawat dengan kualitas bagus dan kerapatan kawat pada saat penggulangan dibuat serapat mungkin karena mempengaruhi nilai induktansi bocor yang akan mempengaruhi pada lonjakan tegangan (Spike Voltage) pada mosfet.
5. Setelah penggulangan dari trafo itu selesai maka diukur nilai induktansi.



Gambar 17. Transformator Inti ferit setelah penggulangan.

Perancangan Rangkaian keseluruhan



Gambar 18. Rangkaian Keseluruhan Alat

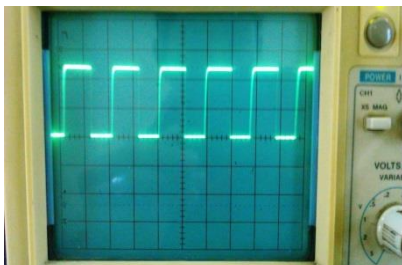
HASIL DAN PEMBAHASAN

HASIL

PENGUJIAN ALAT

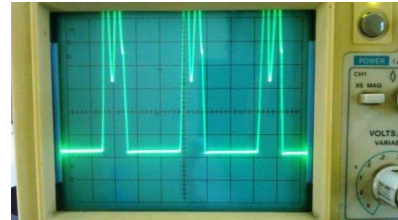
Pengujian PWM Control

Pengujian PWM Control merupakan Pengujian Gelombang IC SG3524, Dengan memberikan $C_t=0,002\mu\text{F}$ pada pin 7 dan $R_t=11,8\text{K}\Omega$ pada pin 6 dari IC SG3524, maka kita akan menghasilkan gelombang kotak sebesar 50 KHz. Keluaran gelombang kotak ini dihasilkan oleh pin 12 kaki IC SG3524 terhadap ground pada pin 8 kaki IC tersebut. Berikut ini gambar dari gelombang pada ic sg3524 yang diukur dengan menggunakan osiloskop.



Gambar 18. Hasil Pegujian PWM Control, yaitu Gelombang Keluaran IC SG3524

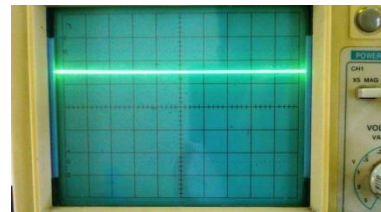
Pengujian Konverter merupakan Pengujian yang dilakukan pada Keluaran Transformator. Berikut Gambar keluaran Gelombang dari Transformator



Gambar 19. Gelombang keluaran Transformator

Pengujian Keluaran Kapasitor.

Fungsi kapasitor pada rangkaian *Flyback* konverter adalah sebagai *filter* untuk meminimalisir riak tegangan yang keluar dari dioda cepat. Berikut keluaran dari kapasitor yang memiliki tegangan 90 V dengan skala time/div 10us dan volt/div 50v div.



Gambar 20. Gelombang keluaran Kapasitor

Pengujian Beban Led

Pengujian Beban Led Terdapat 2 proses pengujian yaitu pengujian distribusi radiasi cahaya dan pengujian durasi hidup lampu led (*runlife*), Pengujian ini dapat dilihat dari gambar dibawah ini



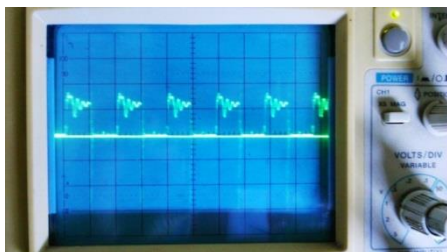
Gambar 21. Pengujian distribusi radiasi cahaya



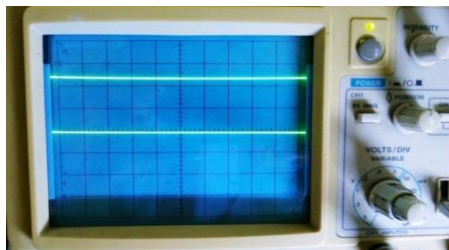
Gambar 22. Pengujian Durasi hidup lampu LED

Pengujian Alat berbeban LED.

Pengujian alat berbeban LED ini menggunakan *Accumulator 12 volt* untuk dapat melihat daya input yang terpakai dan daya output yang diserap oleh LED. Daya didapat dari pengukuran tegangan dan arus disisi primer maupun sekunder. Berikut gambar hasil pengukuran tegangan dari sebuah resistor 1 Ohm yang dipasang setelah batere, pengukuran tegangan pada resistor ini bertujuan untuk mendapatkan arus, dengan cara membagi tegangan puncak yang terdapat pada *Display Oscilloscope* dengan nilai dari resistor tersebut (1 Ohm.)



Gambar 23. Gelombang R 1 Ohm ,Skala Tegangan 1 Volt/Div



Gambar 24. Gelombang Tegangan Accumulator ,Skala Tegangan 5 Volt/Div

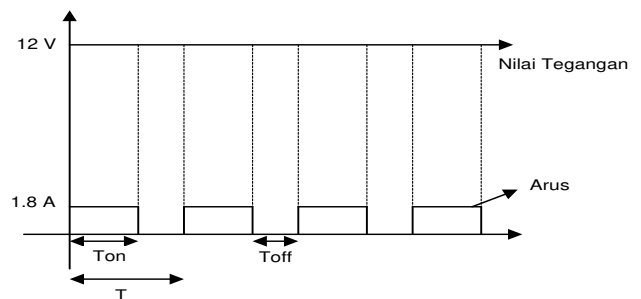


Gambar 25. Daya Output

Untuk menghitung Daya input pada konverter, dapat dilakukan seperti persamaan dibawah ini,

$$P_{Avg} = \frac{1}{T} \int_0^T V \cdot i \, dt \quad (16)$$

Karena bentuk gelombang arus yang tidak stabil seperti gambar (23). Dilakukan pendekatan seperti gambar dibawah ini,



Gambar 26. Pendekatan gelombang Arus

Pendekatan dimaksudkan agar persamaan (16) dapat digunakan. Berikut hasil perhitungan dari pendekatan tersebut.

$$P_{Avg} = \frac{1}{T} \int_0^T V \cdot i \, dt = \frac{1}{T} \int_0^{T_{on}} 12 \times 1.8 \, dt + \frac{1}{T} \int_{T_{on}}^T 12 \times 0 \, dt$$

$$P_{Avg} = \frac{1}{T} \times T_{on} \times 12 \times 1.8 + 0$$

$$P_{Avg} = D \times 12 \times 1.8$$

$$P_{Avg} = 0.3 \times 12 \times 1.8$$

$$P_{Avg} = 6.48 \, W$$

$Daya\ Input = 6.48\ W$
 $Daya\ Output = 0.04 \times 82 = 3.3\ W$
 Efisiensi alat ini adalah =

$$\eta = \frac{P_{Out}}{P_{In}} \times 100\%$$

$$\eta = \frac{3.3}{6.48} \times 100\% = 50.9\%$$

Pengujian Konverter *Flyback*

Pengujian converter *Flyback* ini dilakukan yaitu secara manual. Pengujian converter *Flyback* secara manual artinya modulasi lebar pulsa dapat kita atur. Pada IC SG33524 ini modulasi lebar pulsa dapat diatur mulai dari 0% sampai dengan maksimumnya mencapai 45% sesuai dengan data sheet. Pengaturan modulasi lebar pulsa ini dilakukan dengan menggunakan potensiometer untuk mengubah tegangan referensi pada pin 2 IC SG3524 sehingga internal *error amplifier* dari IC ini merespon besaran resistansi yang kita berikan menjadi modulasi lebar pulsa. Pada tabel berikut ini diberikan data hasil pengujian konverter *Flyback* secara manual berdasarkan persamaan (7).

Tabel 3. Data hasil pengujian konverter *Flyback* secara manual berdasarkan persamaan (7)

Duty Cycle (%)	Vin (Teori)	Vin (Praktik)	Vout(Teoris)	Vout(Praktik)
0	12	11.7	0	0
5	12	11.7	11.23	10.85
10	12	11.7	23.72	22.23
15	12	11.7	37.68	35.76
20	12	11.7	53.37	51.03
25	12	11.7	71.16	68.81
30	12	11.7	91.49	86.20
35	12	11.7	114.95	111.72
40	12	11.7	142.32	137.29
45	12	11.7	174.67	169.22

PEMBAHASAN

Pembahasan PWM Control.

Pwm control pada *flyback* converter ini bekerja dengan frekuensi 50Khz, hal ini dibenarkan dari gambar 4.2. Berdasarkan hasil pengujian PWM Control, pada gambar tersebut terlihat bahwa perioda yang terukur adalah 2 kotak, dimana alat ukur diatur 10 μ s. Dengan demikian perioda gelombang adalah 20 μ s. Hal ini dapat dilihat pada perhitungan dibawah ini,

$$f = \frac{1}{T},$$

$$f = 50000\text{Hz} = \frac{1}{2 \times 10^{-6}},$$

Pembahasan Penyearah Frekuensi tinggi

Berdasarkan pengujian Dioda dan Kapasitor mampu membuat riak yang keluar dari trafo menjadi hilang, hal ini terlihat pada gambar gelombang yang menjadi lurus.

Pembahasan Pengujian beban Led

Pada pengujian distribusi radiasi cahaya, teknis pengujian dilakukan dengan mengambil gambar lampu menggunakan kamera, hasil pengujian dapat dilihat pada gambar 22. Pada gambar tersebut terlihat bahwa tidak ada lekukan cahaya, hal ini menandakan bahwa jarak antara led yang telah dihitung menggunakan matlab, berhasil membuat lampu mendistribusikan cahaya yang merata. Sedangkan pada pengujian durasi hidup lampu, pada pengujian ini teknisnya adalah konverter diberi sumber accumulator 12.7 Volt, setelah 1.1 jam lampu di lepas dari sumber, kemudian tegangan yang terukur pada *accumulator* berubah menjadi 12 Volt. *Accumulator* terisi penuh ketika tegangannya 13.8 Volt dan kosong ketika tegangan 12 Volt. Diketahui kapasitas accumulator yang digunakan pada tugas akhir ini adalah 7.5Ah, dengan demikian lampu dapat hidup selama 2.8 jam, karena setiap 0.7 Volt bernilai 1.1 jam. Untuk memenuhi kebutuhan penerangan nelayan di malam hari dibutuhkan 2 buah *Accumulator* dengan kapasitas 7.5 Ah, karena nelayan beraktifitas rata-rata minimal 5 sampai 6 jam.

Pembahasan Pengujian Alat Berbeban Led.

Pada pengujian Alat Berbeban Led, dilakukan pengukuran daya keluaran dan daya masukan dari konverter, daya keluaran didapat dari

perkalian antara tegangan dan arus yang diukur menggunakan Voltmeter dan Ampermeter pada sisi output. Sedangkan pengukuran pada sisi input dilakukan dengan menggunakan oscilloscope, penggunaan *oscilloscope* bertujuan agar dapat melihat riak yang dihasilkan dari masukan, riak tinggi yang dihasilkan input membuat pengukuran pada Voltmeter menjadi tidak akurat. Daya input yang terukur pada konverter adalah 6.48 Watt sedangkan daya outputnya adalah 3.3 dengan demikian konverter memiliki efisiensi 50.9% .

Pembahasan Pengujian Konverter Flyback.

Pada pengujian Konverter Flyback, dilakukan perbandingan antara tegangan keluaran yang diukur berdasarkan *dutycyle* nya dengan tegangan yang dihitung menggunakan rumus rasio konverter. Pada pengujian tersebut nilai yang diukur mendekati nilai yang dihitung, hal ini menandakan bahwa konverter bekerja dengan sangat baik. Pada pengujian ini juga dapat ditarik kesimpulan bahwa konverter mampu meningkatkan tegangan sampai 14 kali inputnya. Dengan demikian pemilihan *flyback* konverter sebagai rangkaian penggerak sangat tepat dilakukan, selain itu proses perancangan yang tidak rumit pada transformator juga menjadi alasan pemilihan *flyback* sebagai rangkaian penggerak.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Dari hasil tugas akhir ini dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Pada pengujian konverter ini alat sudah bekerja dengan baik karena sesuai dengan perencanaan, bahwa alat mampu mempertahankan tegangan output sebesar 87 Volt pada frekuensi 50 KHz ketika Dibebani LED.
2. Efisiensi daya dari alat ini adalah 50.9 %. Untuk mensuplai 78 LED.
3. Pemilihan Flyback converter sebagai penggerak sangat tepat dilakukan, karena konverter ini mampu memiliki rasio sampai 14 kali dan proses perancangan Transformator yang tidak rumit juga menjadi alasan pemilihan Flyback converter tersebut.
4. Lampu led yang dirancang pada tugas akhir ini memiliki efisiensi yang tinggi, Karena apabila dibandingkan dengan daya yang

sama pada lampu hemat energi, intensitas cahaya yang dihasilkan Lampu Led mampu sampai 3 kali intensitas cahaya yang dihasilkan dari lampu hemat energi.

5. Lampu yang terdiri dari 78 LED ini memiliki distribusi radiasi cahaya yang merata.

SARAN

Selama pengerjaan proyek tugas akhir ini tentunya tidak lepas dari berbagai macam kekurangan dan kelemahan secara khusus pada alat yang dibuat. Untuk itu demi kesempurnaan alat ini penulis dapat memberikan saran atau catatan penting sebagai berikut :

1. *flyback converter* ini menggunakan rangkaian PCB yang sudah kecil, tetapi transformator yang digunakan masih cukup besar karena frekuensi kerja converter masih tergolong rendah sehingga alat terlihat tebal, untuk hasil yang lebih maksimal diharapkan agar converter di rancang dengan frekuensi yang lebih tinggi lagi agar lampu terlihat kecil.
2. Perancangan rangkaian Snubber agar dapat ditingkatkan lagi, agar riak dari mosfet diminimalisir lagi.
3. Perancangan Kotak lampu yang tidak baik mengakibatkan pantulan cahaya yang dihasilkan juga menjadi tidak baik, sehingga diharapkan kotak lampu di disain dengan baik.

DAFTAR PUSTAKA

- Comphuphase,2010.Calculator.<http://www.rapidtables.com/calc/light/candela-to-lumen-calculator.htm>, diakses pada 21 April 2014, Pkl.09.00 Wib.
- Data Statistik Nelayan, <http://pk2pm.wordpress.com>, diakses pada 22 april 2014, Pkl.10.00 Wib
- Dwi Handari Yosi. Malang, 2013, Rancang Bangun Lampu Bohlam DC menggunakan LED untuk system rumah DC, Universitas Brawijaya.

Ivan Moreno, Maximino Avendaño-Alejo, and Rumen I. Tzonchev, 2006, Designing light-emitting diode arrays for uniform near-field irradiance, Optical Society of America.

Kementrian Kelautan, <http://kkp.go.id>, diakses pada 22 april 2014, Pkl.10.15 Wib

Led, <http://rasapas.files.wordpress.com/LED-rasapas.jpg>, diakses pada 21 April 2014, Pkl.09.00 Wib.

Uli Sugio Simamora Hendro. Pekanbaru, 2013, *Aplikasi Konverter DC-DC Topologi Boost Untuk Catu daya Lampu Led bertenaga Baterai 12 volt*, Universitas Riau.

Umanand, L, S.R Bhat., 1992, *Design Of Magnetic Components for Switched Mode Power Converter*, New Age International (P) Limited, New Delhi.