



UNIVERSITAS INDONESIA

**ANALISA INDUKTOR TOROID BINOKULER
PADA RANGKAIAN *BOOST CONVERTER***

SKRIPSI

FAHMI UMARELLA

0906602622

**FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
DEPOK
JANUARI 2012**



UNIVERSITAS INDONESIA

**ANALISA INDUKTOR TOROID BINOKULER
PADA RANGKAIAN *BOOST CONVERTER***

SKRIPSI

**Diajukan sebagai salah satu persyaratan menjadi sarjana teknik pada
program Sarjana Teknik**

FAHMI UMARELLA

0906602622

**FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
DEPOK**

JANUARI 2012

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

Skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri,
dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk
telah saya nyatakan dengan benar

Nama : FAHMI UMARELLA

NPM : 0906602622

Tanda Tangan :



Tanggal : 16 Januari 2011

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :

Nama : Fahmi Umarella

NPM : 0906602622

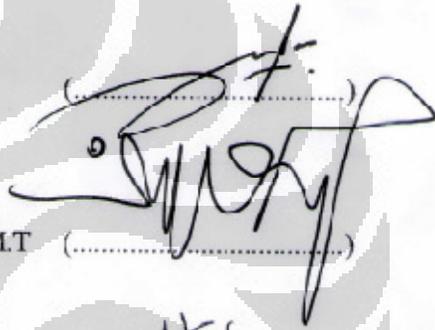
Program Studi : Teknik Elektro

Judul Skripsi : Analisa Induktor Toroid Binokuler Pada Rangkaian *Boost Converter*

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia

DEWAN PENGUJI

Pembimbing : Dr. Ir. Feri Yusivar M.Eng



Penguji : Dr. Ir. Agus Santoso Tamsir M.T

(.....)

Penguji : Dr. Abdul Halim M.Eng



Ditetapkan di : Depok

Tanggal : 16 Januari 2012

UCAPAN TERIMA KASIH

Puji syukur saya panjatkan kehadirat Allah S.W.T, karena atas berkah dan rahmatNya, saya dapat menyelesaikan skripsi ini. Penulisan skripsi ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Teknik Jurusan teknik elektro pada Fakultas Teknik Universitas Indonesia. Saya menyadari bahwa tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, sejak masa perkuliahan sampai pada penyusunan skripsi ini, tidak dapat selesai dengan baik. Oleh karena itu, saya mengucapkan terima kasih kepada :

- (1) Dr. Ir. Feri Yusivar M.Eng, sebagai dosen pembimbing yang telah menyediakan waktu, tenaga, dan pikiran untuk membimbing saya dalam penyusunan skripsi ini;
- (2) Orang tua saya tercinta, adik-adik dan keluarga besar yang telah memberikan bantuan dukungan material dan moral;
- (3) Teman-teman yang telah banyak membantu saya dalam menyelesaikan seminar ini.

Akhir kata, saya berharap Allah S.W.T berkenan membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu. Semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat khususnya bagi pengembangan ilmu.

Depok, 16 Januari 2011



Fahmi Umarella

**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
SKRIPSI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai sivitas akademik Universitas Indonesia, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Fahmi Umarella
NPM : 0906602622
Program Studi : Teknik Elektro
Departemen : Teknik Elektro
Fakultas : Teknik
Jenis karya : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Indonesia **Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Non-exclusive Royalty-Free Right*)** atas karya ilmiah saya yang berjudul :

**ANALISA INDUKTOR TOROID BINOKULER PADA RANGKAIAN
*BOOST CONVERTER***

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalih media / formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan mempublikasikan skripsi saya tanpa meminta izin dari saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis / pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Depok
Pada tanggal : 16 Januari 2011
Yang menyatakan



(Fahmi Umarella)

Fahmi Umarella
NPM : 0906602622

Dosen Pembimbing
Dr. Ir. Feri Yusivar M.Eng

Departemen Teknik Elektro

ANALISA INDUKTOR TOROID BINOKULER PADA RANGKAIAN *BOOST CONVERTER*

ABSTRAK

Boost converter adalah suatu rangkaian elektronika yang dapat menaikkan nilai tegangan keluaran. Nilai tegangan output yang dihasilkan dapat diatur dengan merubah nilai *duty cycle*. Contoh penggunaan rangkaian ini adalah pada sistem *solar cell*. Karakteristik intensitas matahari selalu berubah-ubah terhadap waktu, cuaca dan iklim sehingga menjadikan sel surya tidak maksimal untuk digunakan jika ditempatkan secara pasif. Salah satu dampaknya adalah perubahan nilai tegangan yang tergantung pada intensitas cahaya yang diterima oleh sel surya. Induktor memegang peran yang cukup penting pada *boost converter*. Fungsi induktor pada *boost converter* adalah untuk menyimpan energi listrik, energi ini nantinya akan disalurkan ke beban. Sehingga tegangan pada beban adalah hasil dari tegangan input ditambah dengan energi yang tersimpan pada induktor, sehingga tegangan output *boost converter* menjadi lebih besar dari pada tegangan input. Dalam penelitian ini akan dibahas mengenai perancangan induktor toroid binokuler. Induktor ini akan diujikan pada *boost converter* yang bekerja pada mode kontinyu dengan frekuensi *switching* 10 KHz. Tegangan input dikontrol dengan *variac* dan dinaikkan secara bertahap sampai terjadi kenaikan suhu induktor hingga 41 derajat celsius. Pengujian dilakukan untuk mengetahui efisiensi *boost converter* terhadap variasi jumlah lilitan induktor, variasi tegangan input dan beban.

Kata Kunci : *Boost, converter, inductor*

Fahmi Umarella
NPM : 0906602622

The lecturer of consultant
Dr. Ir. Feri Yusivar M.Eng

Departemen Teknik Elektro

ANALYSIS BINOCULARS TOROID INDUCTOR ON BOOST CONVERTER CIRCUIT

ABSTRACT

Boost converter is an electronic circuit that can increase the value of the output voltage. The resulting output voltage value can be adjusted by changing the duty cycle value. The example of its application is on solar cell system. The characteristic intensity of the sun is always changing with time, weather and climate. It makes solar cell was not optimal for use if placed passively. The consequence is the voltage value changes depending on the intensity of light received by the solar cells. The inductor function in boost converter is used to store electric energy, then electric energy will be transmited to the load. So that the voltage at the load is the result of the input voltage plus the energy stored in the inductor, so the boost converter output voltage becomes greater than the input voltage. In this research, we will design an binoculars toroid inductor. This inductor will be tested to boost converter that works in continuous mode with 10 KHz frequency switching. The input voltage is controlled by using variac. We increase that voltage step by step until the inductor temperature showed at 41 degree celcius. The testing is to know the efficiency of boost converter toward number of inductor winding, input voltage variations and load variations.

keyword : Boost, converter, inductor

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS.....	ii
LEMBAR PENGESAHAN.....	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
LEMBAR PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH.....	v
ABSTRAK	vi
ABSTRACT	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL.....	xi
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Tujuan Penulisan.....	2
1.3 Rumusan Masalah.....	2
1.4 Batasan Masalah.....	3
1.5 Metode Penulisan.....	3
1.6 Sistematika Penulisan.....	3
BAB II DASAR TEORI	
2.1 Induktor.....	5
2.1.1 Pengertian Induktor.....	5
2.1.2 Medan magnet pada induktor.....	6
2.1.3 Konstruksi Induktor.....	8
2.1.4 Jenis – Jenis Lilitan Pada Induktor.....	8
2.1.5 Jenis-jenis Induktor.....	9
2.1.6 Pengisian dan pengosongan arus pada induktor.....	10
2.1.7 Beberapa faktor yang mempengaruhi efisiensi kerja induktor....	11
2.2 Bentuk susunan induktor.....	11
2.3 Rangkaian <i>Boost converter</i>	12
2.3.1 Pengertian <i>Boost Converter</i>	12
2.3.2 Syarat rangkaian <i>boost converter</i> bekerja pada mode kontinyu...	13
BAB III PERANCANGAN IDUKTOR	
3.1 Perancangan Induktor Toroid Binokuler.....	14
3.1.1 Menentukan dimensi toroid yang digunakan.....	15
3.1.2 Mencari nilai permeabilitas toroid yang digunakan.....	15
3.1.3 Spesifikasi kawat email yang akan digunakan.....	17
3.1.4 Menghitung nilai induktansi untuk jumlah lilitan yang berbeda...	18
3.2 Induktor toroid binokuler.....	20
BAB IV Data Hasil Pengujian Dan Analisa.....	21
4.1 Diagram blok.....	21
4.2 Pengujian 1.....	23
4.3 Pengujian 2.....	30

4.4 Pengujian 3..... 37
BAB V Kesimpulan..... 47
Daftar acuan..... 48

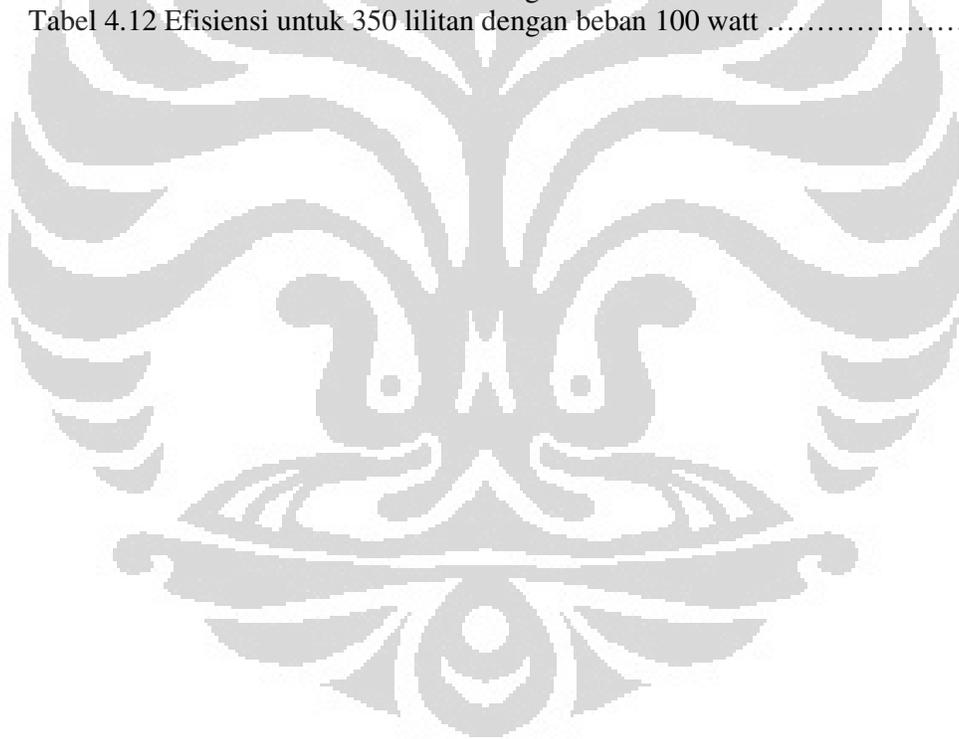


DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Aturan tangan kanan	5
Gambar 2.2	Garis gaya magnet pada solenoid	6
Gambar 2.3	Garis gaya magnet pada induktor E-core	7
Gambar 2.4	Garis gaya magnet pada induktor toroid binokuler.....	7
Gambar 2.5	Simbol . induktor dengan inti udara.....	9
Gambar 2.6	Simbol induktor dengan inti besi.....	9
Gambar 2.7	Simbol induktor dengan inti ferrit.....	10
Gambar 2.8	Simbol induktor dengan inti perubahan inti.....	10
Gambar 2.9	Rangkaian Pengisian Induktasi dengan tegangan DC.....	10
Gambar 2.10	Rangkaian Pengosongan Induktasi	11
Gambar 2.11	Beberapa contoh susunan bentuk induktor.....	11
Gambar 2.12	Rangkaian Dasar <i>Boost Converter</i>	12
Gambar 2.13	(a) kondisi Q = ON, (b) kondisi Q = OFF [2]	12
Gambar 3.1	Contoh induktor toroid binokuler	14
Gambar 3.2	Spesifikasi toroid yang digunakan.....	15
Gambar 3.3	Induktor toroid.....	16
Gambar 3.4	Grafik selisih kesalahan nilai induktansi toroid binokuler hasil perhitungan dan pengukuran.....	20
Gambar 3.5	Induktor Toroid binokuler yang dibuat.....	20
Gambar 4.1	Diagram blok pengujian.....	21
Gambar 4.2	Rangkaian <i>boost converter</i>	22
Gambar 4.3	Rangkaian pengujian 1 menggunakan 185 lilitan.....	23
Gambar 4.4	Hubungan antara efisiensi terhadap perubahan V_{in}	28
Gambar 4.5	Hubungan antara efisiensi terhadap perubahan beban	29
Gambar 4.6	Hubungan antara V_o/V_i terhadap perubahan V_{in}	30
Gambar 4.7	Rangkaian pengujian 2 menggunakan 275 lilitan.....	31
Gambar 4.8	Hubungan antara efisiensi terhadap perubahan V_{in}	35
Gambar 4.9	Hubungan antara efisiensi terhadap perubahan beban	36
Gambar 4.10	Hubungan antara V_o/V_i terhadap perubahan V_{in}	37
Gambar 4.11	Rangkaian pengujian 3 menggunakan 350 lilitan.....	38
Gambar 4.12	Hubungan antara efisiensi terhadap perubahan V_{in}	42
Gambar 4.13	Hubungan antara efisiensi terhadap perubahan beban	43
Gambar 4.14	Hubungan antara V_o/V_i terhadap perubahan V_{in}	44
Gambar 4.15	Hubungan antara tingkat efisiensi terhadap jumlah lilitan.....	45

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Spesifikasi dimensi toroid yang digunakan	15
Tabel 3.2 Tabel spesifikasi kawat AWG	17
Tabel 3.3 Hasil pengukuran induktansi single toroid dan toroid binokuler	18
Tabel 3.4 Nilai induktansi toroid binokuler hasil perhitungan dan pengukuran ...	19
Tabel 4.1 Efisiensi untuk 185 lilitan dengan beban 25 watt	23
Tabel 4.2 Efisiensi untuk 185 lilitan dengan beban 50 watt	25
Tabel 4.3 Efisiensi untuk 185 lilitan dengan beban 75 watt	26
Tabel 4.4 Efisiensi untuk 185 lilitan dengan beban 100 watt	27
Tabel 4.5 Efisiensi untuk 275 lilitan dengan beban 25 watt	31
Tabel 4.6 Efisiensi untuk 275 lilitan dengan beban 50 watt	32
Tabel 4.7 Efisiensi untuk 275 lilitan dengan beban 75 watt.....	33
Tabel 4.8 Efisiensi untuk 275 lilitan dengan beban 100 watt	34
Tabel 4.9 Efisiensi untuk 350 lilitan dengan beban 25 watt	39
Tabel 4.10 Efisiensi untuk 350 lilitan dengan beban 50 watt	40
Tabel 4.11 Efisiensi untuk 350 lilitan dengan beban 75 watt	40
Tabel 4.12 Efisiensi untuk 350 lilitan dengan beban 100 watt	41



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Boost converter adalah suatu rangkaian elektronika yang dapat menaikkan nilai tegangan keluaran. Nilai tegangan output yang dihasilkan dapat diatur dengan merubah nilai *duty cycle*. Contoh penggunaan rangkaian ini adalah pada sistem pembangkit listrik terbarukan, contohnya *solar cell*. Seperti yang kita ketahui bahwa karakteristik intensitas matahari selalu berubah-ubah terhadap waktu, cuaca dan iklim sehingga menjadikan sel surya tidak maksimal untuk digunakan ketika ditempatkan secara pasif. Hal ini menyebabkan perubahan nilai tegangan yang tergantung pada intensitas cahaya yang diterima oleh sel surya. Salah satu cara untuk memaksimalkan penggunaan sel surya adalah dengan menggunakan rangkaian *dc to dc converter* yaitu berupa rangkaian *boost converter*. Pada rangkaian *boost converter* terdapat komponen induktor, fungsi induktor tersebut adalah untuk menyimpan energi listrik, energi listrik ini nantinya akan disalurkan ke beban. Tegangan pada beban adalah hasil dari tegangan input ditambah dengan energi yang tersimpan pada induktor, sehingga tegangan output *boost converter* menjadi lebih besar dari pada tegangan input. Oleh karena itu, induktor memegang peran yang cukup penting pada rangkaian *boost converter*.

Dalam penelitian ini, perancangan induktor menggunakan inti ferit bertujuan agar diperoleh nilai induktansi yang cukup besar namun dengan dimensi yang lebih kecil dan jumlah lilitan yang relatif lebih sedikit. Hal ini karena nilai permeabilitas ferit lebih besar dari pada permeabilitas bahan inti berupa udara ataupun besi. Dalam penelitian ini induktor yang dibuat adalah bentuk toroid binokuler. Bentuk ini adalah pengembangan dari bentuk toroid sehingga bentuk dasarnya berupa lingkaran. Dengan bentuk toroid dapat dibuat induktor dengan induktansi yang lebih besar dan dimensi yang relatif lebih kecil dibandingkan dengan induktor E-core. Disamping itu, toroid umumnya menggunakan inti

(core) yang melingkar sehingga jumlah garis-garis gaya magnet yang timbul akan lebih banyak dibandingkan dengan jumlah garis-garis gaya magnet pada E-core. Pada saat sekarang ini, khususnya pada pasar lokal di Indonesia, ferit yang dijual tidak dilengkapi dengan spesifikasi yang lengkap, seperti permeabilitas dan frekuensi kerja.

Dengan penelitian ini, diharapkan kita dapat mengetahui karakteristik induktor bentuk toroid binokuler ketika digunakan pada rangkaian *boost converter* yang bekerja dengan mode kontinu dan mengetahui nilai efisiensi *Boost converter* ketika menggunakan induktor toroid binokuler. Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberi sedikit gambaran mengenai rangkaian *boost converter* khususnya induktor yang digunakan serta sebagai bahan diskusi atau tambahan bagi para pembaca yang akan membuat tugas akhir yang berkaitan dengan induktor dan rangkaian *boost converter*.

1.2 Tujuan Penulisan

Tujuan skripsi ini adalah sebagai berikut: Merancang induktor bentuk toroid binokuler yang akan digunakan pada rangkaian *boost converter* dengan mode kontinu dan mencari karakteristik induktor bentuk toroid binokuler ketika digunakan pada rangkaian *boost converter*. Induktor ini diharapkan dapat menunjang kemampuan kerja rangkaian *boost converter*. Frekuensi dan level input tegangan yang cukup tinggi dan dapat menghasilkan tegangan keluaran lebih besar dari tegangan masukan.

1.3 Perumusan masalah

Pada awal perencanaan, induktor yang dibuat akan diujikan menggunakan rangkaian *boost converter* pada mode kontinu. Rangkaian ini diharapkan mampu mengeluarkan tegangan keluaran yang besar dengan efisiensi daya yang baik. Rangkaian *boost converter* ini akan bekerja pada frekuensi tinggi (KHz) dan menggunakan sumber tegangan input dari PLN.

1.4 Pembatasan Masalah

Dalam penelitian ini, penulis melakukan pembatasan masalah dengan batasan-batasan sebagai berikut :

1. Cara membuat induktor toroid binokukuler.
2. Pengujian dilakukan pada 185 lilitan, 275 lilitan dan 350 lilitan dengan beban lampu pijar 25 watt, 50 watt, 75 watt, dan 100 watt.
3. Frekuensi input yang diberikan dari *switch generator* sebesar 10 KHz. Dengan frekuensi sebesar 10 KHz maka *boost converter* bekerja dengan mode kontinyu.
4. Karakteristik induktor toroid binokuler ketika bekerja pada rangkaian *boost converter* dengan mode kontinyu.
5. Pengujian dilakukan sampai terjadi kenaikan suhu pada induktor hingga 41 derajat Celsius.

1.5 Metode Penulisan

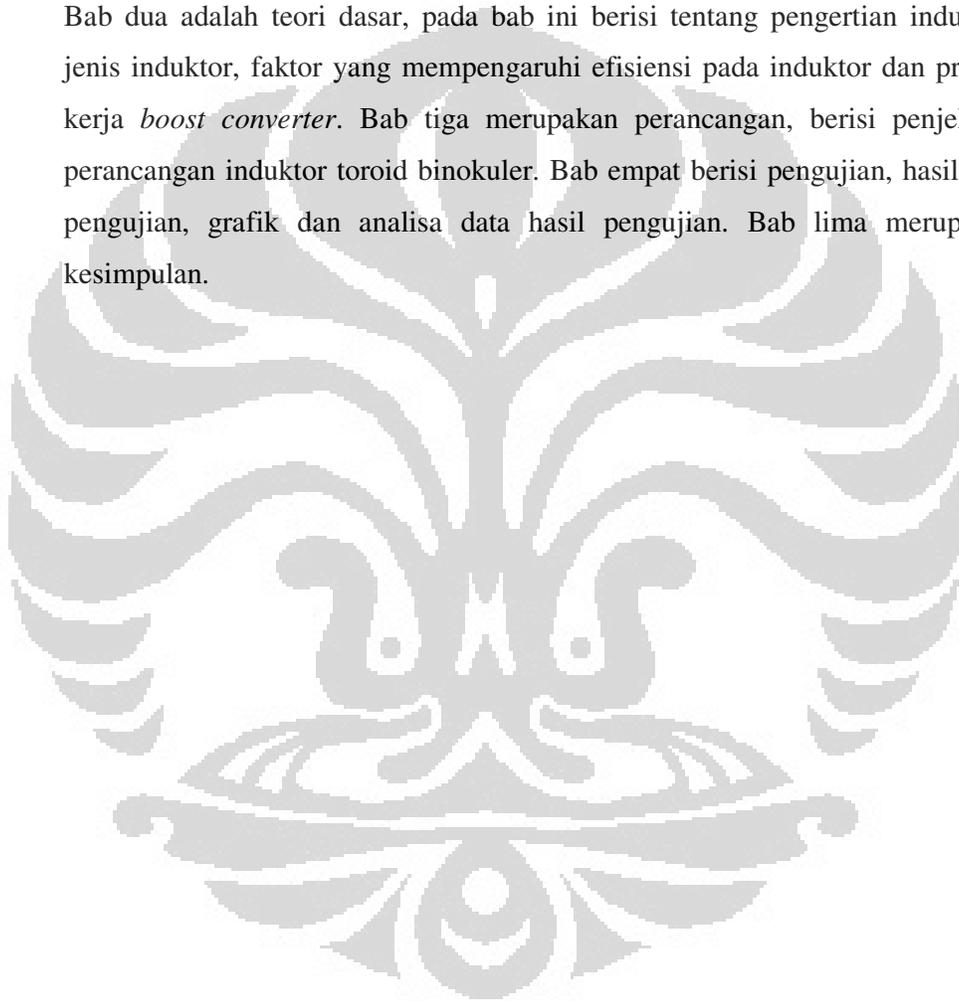
Metode penulisan yang digunakan dalam penyusunan laporan skripsi ini adalah:

1. Metode Kepustakaan
Metode ini merupakan pengumpulan data-data melalui buku, jurnal dan eBook yang berkaitan dengan penulisan skripsi ini.
2. Metode Observasi
Merupakan metode pembuatan alat dan pengujian alat yang berkaitan dengan penulisan skripsi ini.
3. Metode Konsultasi dan Diskusi
Merupakan metode dengan cara berdiskusi atau konsultasi langsung kepada dosen pembimbing, dosen pengajar, serta orang-orang yang memahami dan berkompeten tentang judul penulisan skripsi ini.

1.6 Sistematika Penulisan

Dalam penulisan skripsi ini penulis akan menyusun secara sistematis bagian-bagian yang saling berhubungan sehingga diharapkan akan mudah dibaca dan dipahami.

Bab satu merupakan pendahuluan, berisi latar belakang, tujuan, perumusan masalah, pembatasan masalah, metode penulisan dan sistematika penulisan. Bab dua adalah teori dasar, pada bab ini berisi tentang pengertian induktor, jenis induktor, faktor yang mempengaruhi efisiensi pada induktor dan prinsip kerja *boost converter*. Bab tiga merupakan perancangan, berisi penjelasan perancangan induktor toroid binokuler. Bab empat berisi pengujian, hasil data pengujian, grafik dan analisa data hasil pengujian. Bab lima merupakan kesimpulan.

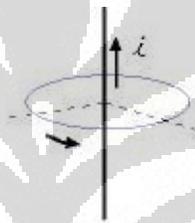


BAB II LANDASAN TEORI

2.1. Induktor

2.1.1 Pengertian Induktor

Ketika seutas kawat tembaga dialiri arus listrik maka di sekeliling tembaga akan timbul medan listrik. Dengan aturan tangan kanan kita dapat mengetahui arah medan listrik terhadap arus listrik. Arah jempol adalah arah arus dan medan listrik yang mengitari ditunjukkan oleh arah ke empat jari yang menggenggam. Penjelasan tersebut dapat dilihat pada gambar 2.1 [5]



Gambar 2.1 Aturan tangan kanan

Ketika kawat tembaga dililitkan membentuk suatu kumparan, kemudian kita mengalirkan arus listrik melalui kumparan tersebut maka tiap lilitan akan saling menginduksi. Inilah dasar proses terjadinya medan listrik pada induktor

Induktor adalah sebuah komponen elektronika yang dapat menyimpan energi pada medan magnet yang ditimbulkan oleh arus listrik yang melewatinya. Kemampuan induktor untuk menyimpan energi magnet ditentukan oleh besar induktansinya. Pada umumnya, sebuah induktor adalah sebuah kawat penghantar yang dibentuk menjadi kumparan. Lilitan-litan tersebut membantu membuat medan magnet yang kuat di dalam kumparan. Induktor merupakan salah satu komponen elektronik dasar yang digunakan dalam rangkaian dengan arus dan tegangan yang berubah-ubah. Aplikasi induktor pada rangkaian dc adalah menghasilkan tegangan dc yang konstan terhadap fluktuasi beban arus.

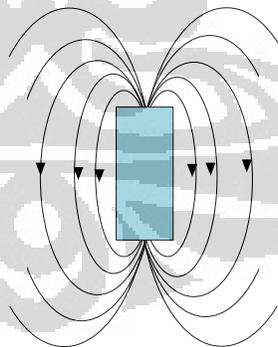
Pengertian induktor ideal, yaitu induktor yang memiliki induktansi, tetapi tanpa resistansi dan tidak memboroskan daya. Akan tetapi, pada kenyataannya sebuah induktor akan memiliki resistansi yang berasal dari kawat lilitan. Selain memboroskan daya pada resistansi kawat, induktor berinti magnet juga memboroskan daya di dalam inti karena efek histeresis, dan pada arus tinggi mungkin mengalami nonlinearitas karena mengalami penjenuhan.

2.1.2. Medan magnet pada induktor

Pada tegangan DC, garis - garis gaya magnet akan terjadi pada saat arus listrik mengalir melalui kabel. Bila kita mengalirkan arus melalui coil (kumparan) yang dibuat dari kabel yang digulung, akan terjadi garis-garis gaya dalam arah sama yang membangkitkan medan magnet. Kekuatan medan magnet sama dengan jumlah garis-garis gaya magnet, dan berbanding lurus dengan hasil kali dari jumlah gulungan dalam kumparan dan arus listrik yang melalui kumparan tersebut.

Di bawah ini adalah bentuk medan magnet pada beberapa jenis induktor :

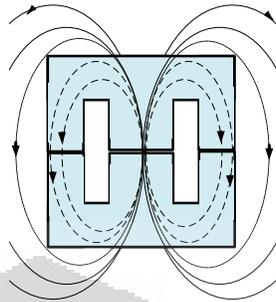
1. Medan magnet pada induktor solenoid ditunjukkan pada gambar 2.2.



Gambar 2.2. Garis gaya magnet pada solenoid

Pada induktor solenoid terlihat bahwa jumlah garis-garis gaya magnet yang dapat kembali ke inti (tidak terputus) cukup banyak, sehingga kekuatan medan magnet yang terbentuk kecil. Hal ini berpengaruh terhadap kapasitas menyimpan energi listrik.

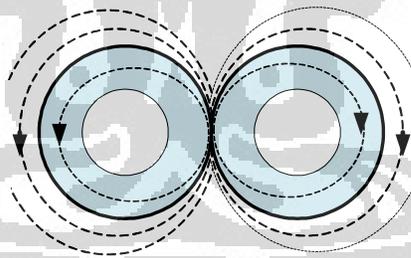
2. Medan magnet pada induktor E-Core ditunjukkan pada gambar 2.3.



Gambar 2.3. Garis gaya magnet pada induktor E-core

Garis-garis gaya magnet pada E-core relative lebih baik dari pada solenoid. Oleh karena itu bentuk ini memiliki medan magnet yang lebih besar jika dibandingkan dengan solenoid. Namun demikian, masih terdapat sejumlah garis gaya magnet yang terputus.

3. Medan magnet induktor toroid binokuler ditunjukkan pada gambar 2.4.



Gambar 2.4. Garis gaya magnet pada induktor toroid binokuler

Induktor dengan bentuk toroid binokuler akan memiliki garis-garis gaya magnet yang paling banyak dibanding dengan dua bentuk sebelumnya, sehingga mampu menghasilkan medan magnet yang cukup besar. Hal ini karena induktor ini memiliki bentuk toroid (melingkar) sehingga medan induksinya tertutup dan relatif tidak menginduksi komponen lain yang berdekatan di dalam satu pcb.

2.1.3. Konstruksi Induktor

Sebuah induktor biasanya dikonstruksi sebagai sebuah lilitan dari bahan penghantar. Biasanya kawat tembaga digulung pada inti magnet berupa udara atau bahan feromagnetik. Bahan feromagnetik mempunyai permeabilitas magnet yang lebih tinggi dari udara, dapat meningkatkan medan magnet dan menjaganya tetap dekat pada induktor. Penambahan inti feromagnetik juga akan meningkatkan induktansi induktor. Induktor yang bekerja pada frekuensi rendah dibuat dengan menggunakan baja laminasi. Untuk induktor yang bekerja pada frekuensi tinggi biasanya digunakan ferit sebagai bahan inti. Hal ini dikarenakan ferit tidak menyebabkan kerugian daya pada frekuensi tinggi seperti pada inti besi. Ferit mempunyai lengkung histeresis yang sempit dan resistivitasnya yang tinggi mencegah arus eddy.

Induktor dibuat dengan berbagai bentuk. Sebagian besar dikonstruksi dengan menggulung kawat tembaga email disekitar bahan inti dengan kaki-kaki kawat keluar. Beberapa jenis induktor memiliki gulungan kawat penuh di dalam material inti, dinamakan induktor terselubungi. Jenis induktor yang lain mempunyai inti yang dapat diubah letaknya, yang memungkinkan pengubahan induktansi. Induktor yang digunakan untuk menahan frekuensi sangat tinggi biasanya dibuat dengan melilitkan tabung atau manik-manik ferit pada kabel transmisi.

Induktor kecil dapat dicetak langsung pada papan rangkaian cetak dengan membuat jalur tembaga berbentuk spiral. Beberapa induktor dapat dibentuk pada rangkaian terintegrasi menggunakan inti planar. Tetapi bentuknya yang kecil membatasi nilai induktansinya.

2.1.4 Jenis – Jenis Lilitan Pada Induktor

Pada pembuatan induktor, dikenal beberapa model lilitan yang biasa digunakan, yaitu sebagai berikut :

1. Lilitan ferit sarang madu

Lilitan sarang madu dililit dengan cara bersilangan dengan tujuan mengurangi efek kapasitansi terdistribusi. Lilitan ini sering digunakan pada rangkaian tala pada penerima radio untuk gelombang menengah dan gelombang panjang. Dengan lilitan model seperti ini, kita dapat mendapatkan induktansi yang tinggi.

2. Lilitan inti toroid

Lilitan ini biasanya digunakan pada inti yang berbentuk seperti kue donat. Lilitan ini dapat dibuat dari lilitan silinder dengan menghubungkannya menjadi berbentuk donat, sehingga menyatukan kutub utara dan selatan. Pada lilitan toroid, medan magnet ditahan pada lilitan. Ini menyebabkan lebih sedikit radiasi magnetik dari lilitan, dan kekebalan dari medan magnet eksternal.

2.1.5 Jenis-jenis Induktor

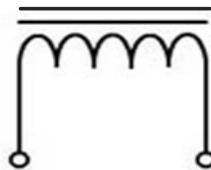
Jenis-jenis induktor berdasarkan bahan pembuat intinya dapat dibagi menjadi empat, yaitu :

1. Induktor dengan inti udara ditunjukkan pada gambar 2.5.



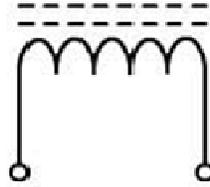
Gambar 2.5. Simbol induktor dengan inti udara

2. induktor dengan inti besi ditunjukkan pada gambar 2.6.



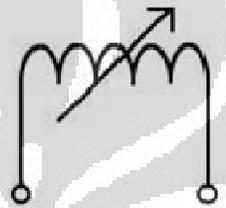
Gambar 2.6. Simbol induktor dengan inti besi

3. induktor dengan inti ferrit ditunjukkan pada gambar 2.7.



Gambar 2.7. Simbol induktor dengan inti ferrit

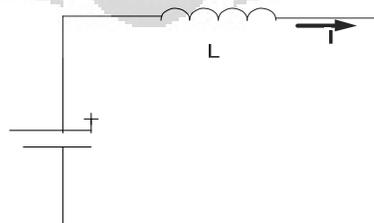
4. induktor dengan inti perubahan inti ditunjukkan pada gambar 2.8.



Gambar 2.8. Simbol induktor dengan inti perubahan inti.

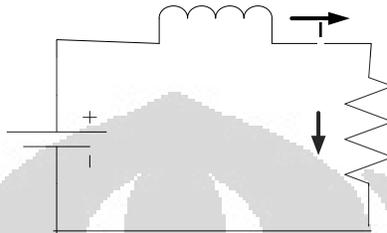
2.1.6. Pengisian dan pengosongan arus pada induktor

Bila kita mengalirkan arus listrik (I), maka terjadilah garis-garis gaya magnet. Bila kita mengalirkan arus melalui spul atau coil (kumparan) yang dibuat dari kabel yang digulung, akan terjadi garis-garis gaya dalam arah sama membangkitkan medan magnet. Kekuatan medan magnet sama dengan jumlah garis-garis gaya magnet dan berbanding lurus dengan hasil kali dari jumlah gulungan dalam kumparan dan arus listrik yang melalui kumparan tersebut. Contoh rangkaian pengisian induktor ditunjukkan pada gambar 2.9.



Gambar 2.9. Rangkaian Pengisian Induktasi dengan tegangan DC

Pada proses pengosongan induktor, ketika arus listrik (I) sudah memenuhi lilitan, maka terjadilah arus akan bergerak menuju beban bersama arus yang berasal dari sumber. Proses pengosongan induktor ditunjukkan pada gambar 2.10.



Gambar 2.10. Rangkaian Pengosongan Induktasi

2.1.7. Beberapa faktor yang mempengaruhi efisiensi kerja induktor.

Efisiensi kerja induktor dipengaruhi oleh beberapa faktor sebagai berikut:[5],[8]

1. Dimensi bahan.

Semakin besar ukuran induktor yang dibuat maka nilai induktansi yang diperoleh akan semakin bertambah, sehingga kemampuan induktor untuk menyimpan energi listrik semakin meningkat.

2. Permeabilitas bahan.

Dengan bahan yang mempunyai nilai permeabilitas tinggi maka kita dapat membuat induktor dengan nilai induktansi yang cukup besar.

3. Jumlah lilitan.

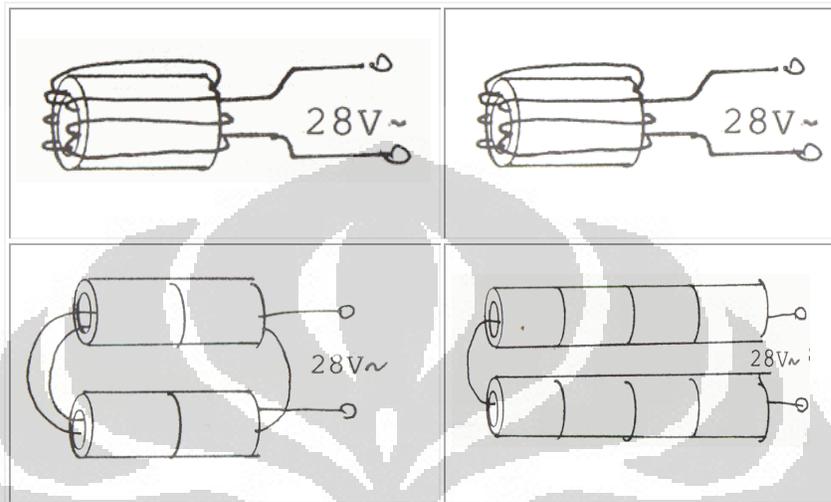
Dengan memperbanyak jumlah lilitan, kita dapat membuat induktor dengan nilai induktansi yang cukup besar. Namun demikian, perlu diperhatikan bahwa bertambahnya jumlah lilitan maka resistansi dalam pada induktor juga akan naik.

2.2. Bentuk susunan induktor

Dalam perkembangannya, induktor dibuat dengan berbagai macam bentuk dan susunan dengan tujuan untuk meningkatkan kemampuan kerja induktor

tersebut. Berikut ini beberapa susunan bentuk induktor yang telah dibuat sebelumnya.

Beberapa contoh bentuk susunan induktor ditunjukkan pada gambar 2.11 [14].

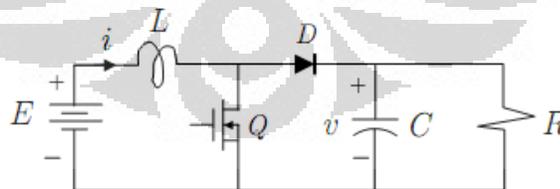


Gambar 2.11. Beberapa contoh susunan bentuk induktor

2.3 Rangkaian *Boost Converter*

2.3.1 Pengertian *Boost Converter*

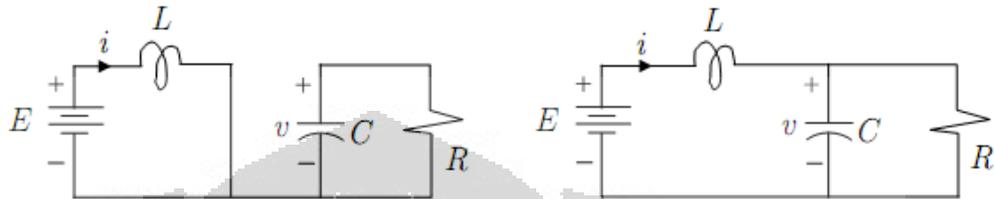
Boost converter adalah rangkaian konversi daya yang menghasilkan tegangan DC output lebih besar dari pada tegangan DC input. Rangkaian *boost converter* ditunjukkan pada gambar 2.12 [3]



Gambar 2.12. Rangkaian Dasar *Boost Converter*

Rangkaian *boost converter* tersusun atas Induktor (L), dioda (D), kapasitor (C) dan Sakelar (Q) dengan tegangan masukan (E) dan beban (R). Dalam

aplikasinya, sakelar (Q) yang digunakan dapat berupa MOSFET atau IGBT. Dengan membuatnya seperti selektor maka akan didapat dua kondisi rangkaian, yaitu kondisi Q = ON dan Q = OFF seperti ditunjukkan pada gambar 2.13.[3]



Gambar 2.13. (a) kondisi Q = ON, (b) kondisi Q = OFF [2]

Pada gambar di atas didapatkan prinsip dasar cara kerja rangkaian *boost converter*, adalah sebagai berikut :

1. Pada saat kondisi *On-state* (saklar tertutup), akan terjadi peningkatan pada arus induktor (energi tersimpan di induktor naik).
2. ketika *Off-state* (saklar terbuka) : arus akan mengalir melewati induktor menuju ke kapasitor dan resistor, sehingga akan terjadi transfer daya yang terkumpul selama kondisi *On-state* menuju ke kapasitor.

2.3.2. Syarat rangkaian *boost converter* bekerja pada mode kontinyu

Untuk bekerja pada mode kontinyu, rangkaian *boost converter* harus memenuhi persamaan arus induktor sebagai berikut. [2]

$$I_{min} = \frac{V_i}{(1-D)^2 R} - \frac{V_i D T}{2L} > 0 \quad (2.1)$$

Keterangan : I_{min} : arus minimum induktor (A)

V_i : tegangan input (V)

T : periode (sekon)

L : induktansi induktor yang digunakan (H)

D : *duty cycle*

R : Beban

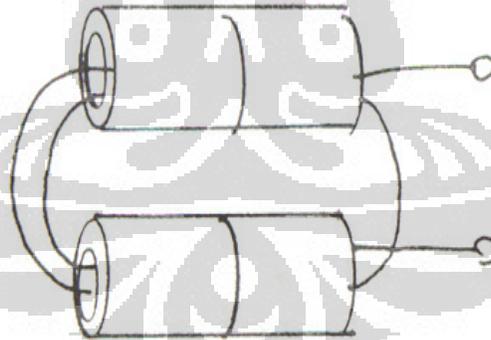
BAB III

PERANCANGAN INDUKTOR

3.1. Perancangan induktor toroid binokuler

Induktor yang akan digunakan adalah sepasang toroid yang kemudian disusun menjadi bentuk toroid binokuler. Alasan menggunakan bentuk toroid adalah untuk mendapatkan nilai induktansi yang lebih besar dan dimensi yang relatif lebih kecil jika dibandingkan dengan memakai bentuk solenoid. Karena bentuk yang melingkar maka medan induksinya tertutup sehingga tidak ada garis gaya magnet yang keluar dan relatif tidak menginduksi komponen lain yang berdekatan.

Bentuk induktor toroid binokuler adalah pengembangan dari bentuk toroid yaitu dengan cara menyusun beberapa ferit bentuk toroid untuk kemudian dililitkan kawat pada bagian tengahnya. Ilustrasi induktor toroid binokuler dapat dilihat pada gambar 3.1.

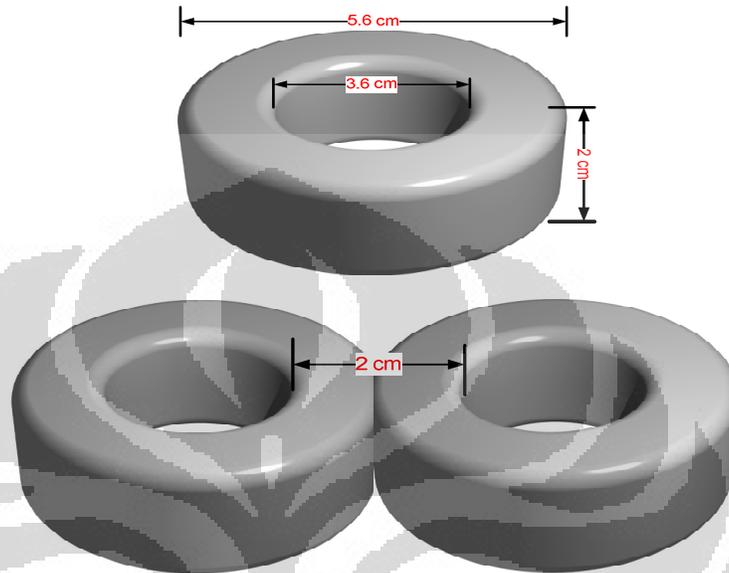


Gambar 3.1. Contoh induktor toroid binokuler

Desain yang digunakan pada perakitan induktor toroid binokuler adalah menggunakan sepasang toroid selanjutnya dililitkan kawat email berdiameter 0.8 mm pada sisi tengah kedua toroid tersebut.

3.1.1. Menentukan dimensi toroid yang digunakan.

Spesifikasi bahan yang digunakan untuk perancangan induktor toroid binokuler ditunjukkan pada gambar 3.2:



Gambar 3.2. Spesifikasi toroid yang digunakan

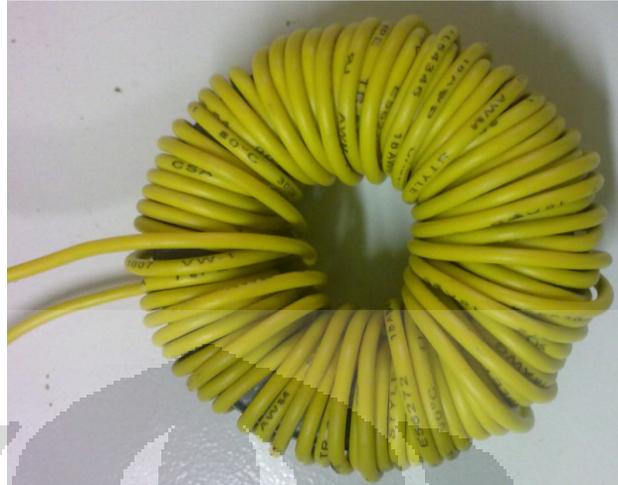
Spesifikasi toroid pada gambar 3.2, ditunjukkan pada tabel 3.1.

Tabel 3.1 Spesifikasi dimensi toroid yang digunakan

Spesifikasi dimensi toroid	
Diameter luar	5.6 cm
Diameter dalam	3.6 cm
Tebal	2 cm

3.1.2. Mencari nilai permeabilitas toroid yang digunakan.

Untuk mempermudah dalam mendapatkan nilai permeabilitas bahan, toroid dibuat menjadi induktor, yaitu dengan melilitkan kabel 18 AWG sebanyak 80 lilitan. Induktor yang dibuat ditunjukkan pada gambar 3.3.



Gambar 3.3. Induktor toroid

Pada gambar di atas diketahui jumlah lilitan (N) = 78, diameter lingkaran luar (R) = 56 mm, diameter lingkaran dalam (r) = 36 mm dan nilai induktansi yang diperoleh 58.8 mH. Dengan menggunakan rumus induktansi bentuk toroid kita dapat menghitung permeabilitas bahan toroid tersebut dengan persamaan 3.1 [13].

$$L = \frac{\mu_p \mu_0 N^2 A}{\pi d} \quad (3.1)$$

Keterangan : L : induktansi

μ : Permeabilitas udara

μ_p : Permeabilitas bahan

N : Jumlah lilitan

A_e : Luas core

$$A_e = 10 \times 20 \quad (3.2)$$

$$A_e = 200 \text{ mm}^2 .$$

$$58.8 = \frac{\mu_p \times 4\pi \times 10^{-7} \times 78^2 \times 200}{3.14 \times 46}$$

$$8493 = 1.528 \times \mu_p$$

$$\mu_p = \frac{8493}{1.528}$$

$$= 5558.3$$

3.1.3. Spesifikasi kawat email yang akan digunakan.

Alasan penggunaan kawat berdiameter 0.8 mm adalah kemampuan kawat tersebut untuk dilewati arus dan frekuensi kerja yang sesuai dengan spesifikasi komponen pada rangkaian *boost converter*. Di samping itu, agar dapat diperoleh jumlah lilitan yang banyak sehingga induktansi induktor menjadi besar.

Tabel 3.2. Tabel spesifikasi kawat AWG [12]

AWG Specifications Table										
Note: The information within this table is based on tertiary sources, original research, particular assumptions and calculations. Additionally, minor variations between data sources exist. This table should only be used as a general reference. No one is responsible for incorrect information found in this table. Use thereof is the sole responsibility of the user. Use at your own risk.										
AWG sizes	Diameter (d)		Area		Copper resistance		Aluminum resistance		Maximum amps for	
	inches	mm	kcmil (d ² x 1000 ² inches)	mm ²	ohms per 1000 feet	ohms per km	ohms per 1000 feet	ohms per km	chassis wires	power transmission
6	0.162020	4.11531	26.3	13.3	0.395	1.30	0.648	2.13	101	37
7	0.144300	3.66522	20.8	10.6	0.498	1.63	0.817	2.68	89	30
8	0.128496	3.26380	16.5	8.37	0.628	2.06	1.030	3.38	73	24
9	0.114400	2.90576	13.1	6.63	0.792	2.60	1.300	4.27	64	19
10	0.101890	2.58801	10.4	5.26	0.999	3.28	1.640	5.38	55	15
11	0.090700	2.30378	8.23	4.17	1.260	4.13	2.070	6.79	47	12
12	0.080808	2.05253	6.53	3.31	1.588	5.21	2.610	8.56	41	9.3
13	0.072000	1.82880	5.18	2.63	2.003	6.57	3.290	10.79	35	7.4
14	0.064084	1.62773	4.11	2.08	2.525	8.28	4.140	13.58	32	5.9
15	0.057100	1.45034	3.26	1.65	3.184	10.45	5.220	17.13	28	4.7
16	0.050821	1.29086	2.58	1.31	4.016	13.18	6.590	21.62	22	3.7
17	0.045300	1.15062	2.05	1.04	5.064	16.61	8.310	27.26	19	2.9
18	0.040303	1.02370	1.62	0.82	6.385	20.95	10.500	34.45	16	2.3
19	0.035900	0.91186	1.289	0.653	8.051	26.41	13.2	43.31	14	1.8
20	0.031961	0.81181	1.022	0.518	10.15	33.30	16.7	54.79	11	1.5
21	0.028500	0.72390	0.812	0.412	12.80	41.99	21.0	68.90	9	1.2
22	0.025300	0.64262	0.640	0.324	16.14	52.95	26.5	86.94	7	0.92
23	0.022600	0.57404	0.5108	0.259	20.36	66.80	33.4	109.58	4.7	0.729

3.1.5. Menghitung nilai induktansi untuk jumlah lilitan yang berbeda.

Oleh karena sulitnya mendapatkan literatur untuk mendapatkan induktansi toroid binokuler, maka digunakan pendekatan dengan persamaan untuk induktor single toroid dikalikan dengan faktor pengali. Hasil pengukuran induktansi single toroid dan induktor binokuler dengan jumlah lilitan yang sama ditunjukkan pada tabel 3.3.

Tabel 3.3. Hasil pengukuran induktansi single toroid dan toroid binokuler

Jumlah lilitan	Single Toroid	Toroid Binokuler	L Binokuler/L toroid
10	0.956 mH	1.344 mH	1.405857741
25	6.11 mH	8.495 mH	1.390343699
40	15.44 mH	21.64 mH	1.401554404

Dari tabel hasil uji coba nilai induktansi di atas, diperoleh kesimpulan bahwa faktor pengali sebesar $\approx 1,4$. Sehingga untuk menghitung nilai induktansi toroid binokuler dapat menggunakan persamaan 3.3.

$$L_{binokuler} = L_{toroid} \times 1.4 \quad (3.3)$$

Pada pembuatan induktor toroid binokuler, dibuat tiga macam jumlah lilitan, yaitu 185 lilitan, 275 lilitan, dan 350 lilitan.

a. Induktansi untuk 185 lilitan

$$L_{Toroid} = \frac{\mu_p \times 4\pi \times 10^{-7} \times 185^2 \times 200}{\pi \times 46}$$

$$L_{Toroid} = 330.8 \text{ mH}$$

$$L_{Binokuler} = 330.8 \times 1.4$$

$$L_{Binokuler} = 463.12 \text{ mH}$$

b. Induktansi untuk 275 lilitan

$$L_{Toroid} = \frac{\mu_p \times 4\pi \times 10^{-7} \times 275^2 \times 200}{\pi \times 46}$$

$$L_{Toroid} = 731.03 \text{ mH}$$

$$L_{Binokuler} = 731.03 \times 1.4$$

$$L_{Binokuler} = 1023.44 \text{ mH.}$$

c. Induktansi untuk 350 lilitan

$$L_{Toroid} = \frac{\mu_p \times 4\pi \times 10^{-7} \times 350^2 \times 200}{\pi \times 46}$$

$$L_{Toroid} = 1184.16 \text{ mH}$$

$$L_{Binokuler} = 1184.16 \times 1.4$$

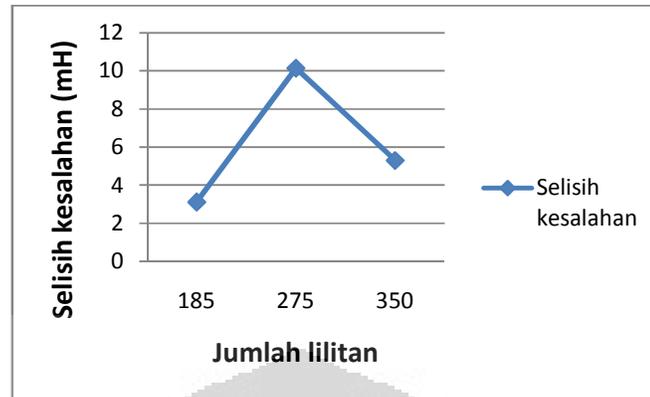
$$L_{Binokuler} = 1657.82 \text{ mH.}$$

Hasil perhitungan di atas mendekati nilai induktansi saat kita mengukur langsung nilai induktansi induktor menggunakan alat induktor meter. Perbandingan nilai induktansi hasil perhitungan dan pengukuran dapat dilihat pada tabel 3.2.

Tabel 3.4. Nilai induktansi toroid binokuler hasil perhitungan dan pengukuran

No	Jumlah lilitan	Hasil perhitungan	Hasil pengukuran	Selisih kesalahan
1	185	463.12 mH	460 mH	3.12 mH
2	275	1023.44 mH	1013.3 mH	10.14 mH
3	350	1657.82 mH	1663,12 mH	5.3mH

Grafik selisih kesalahan nilai induktansi dengan hasil perhitungan dan pengukuran ditunjukkan pada gambar 3.4.



Gambar 3.4. Grafik selisih kesalahan nilai induktansi toroid binokuler hasil perhitungan dan pengukuran

3.2. Induktor toroid binokuler.

Toroid binokuler yang telah dibuat ditunjukkan pada gambar 3.5



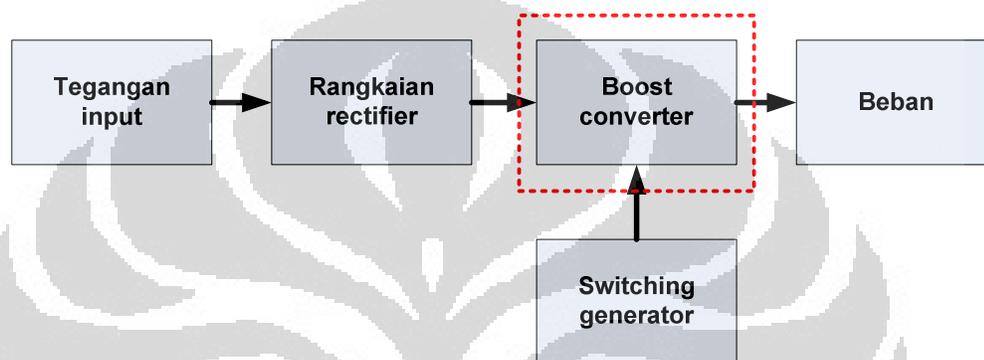
Gambar 3.5. Toroid binokuler yang dibuat

BAB IV

PENGUJIAN DAN ANALISA

4.1. Diagram blok sistem

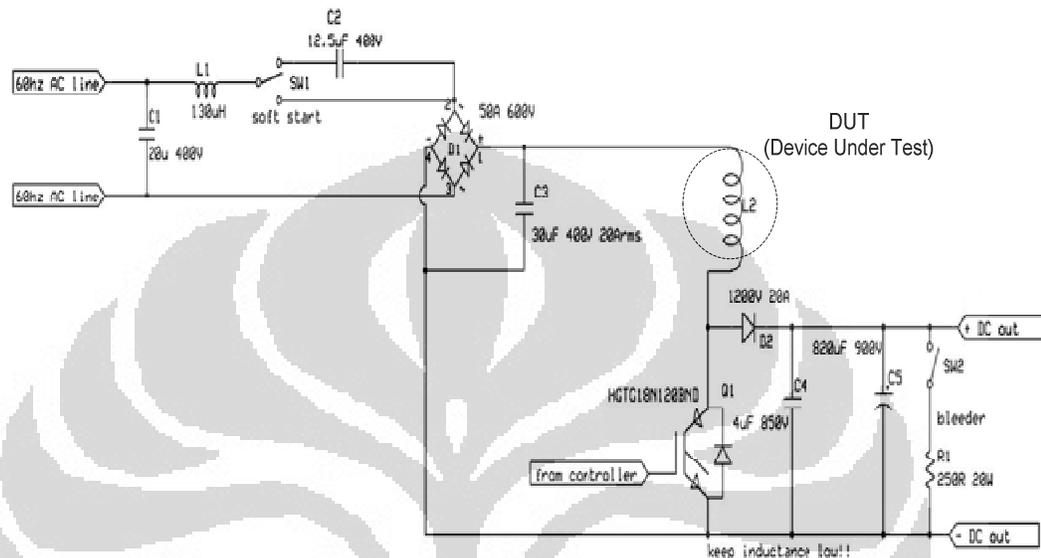
Diagram blok sistem secara lengkap ditunjukkan pada gambar 4.1.



Gambar 4.1. Diagram blok pengujian

Pengujian induktor yang telah dibuat akan menggunakan rangkaian *boost converter*. Rangkaian ini merupakan rangkaian *dc to dc converter* yang dapat menaikkan nilai tegangan keluaran. Seperti pada gambar 4.1 diatas, tegangan masukan diperoleh langsung dari PLN. Tegangan tersebut selanjutnya akan dikontrol menggunakan trafo regulator sehingga dapat dipilih nilai tegangan input AC yang akan digunakan sesuai dengan kebutuhan. Dengan bantuan rangkaian *rectifier* maka tegangan AC tersebut akan disearahkan lebih dulu untuk kemudian digunakan sebagai tegangan masukan pada rangkaian *boost converter*. Dengan spesifikasi dan bentuk induktor yang tepat, diharapkan rangkaian *boost converter* tersebut dapat bekerja dengan input tegangan yang cukup tinggi dan memiliki nilai efisiensi daya yang baik. Input generator digunakan untuk memberikan input berupa gelombang kotak dengan frekuensi sebesar 10 KHz ke komponen IGBT/MOSFET dan memiliki *duty cycle* sebesar 50 %.

Pada proses pengujian, induktor toroid binokuler akan digunakan pada rangkaian *boost converter*. Rangkaian *boost converter* lengkap dengan rangkaian *rectifier* ditunjukkan pada gambar 4.2 [11].



Gambar 4.2. Rangkaian *boost converter*

Spesifikasi komponen rangkaian *boost converter* di atas sebagai berikut:

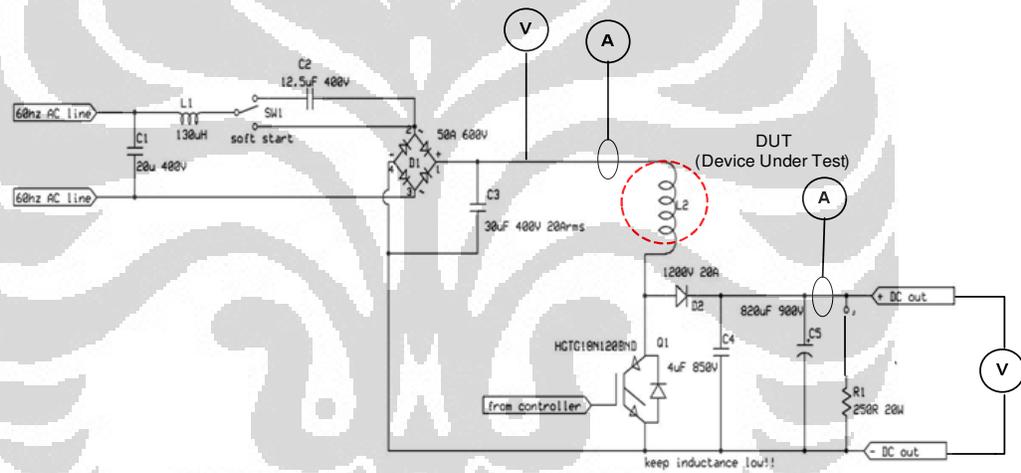
1. Diode 1200 V, 20A
2. Komponen IGBT FGA25N120 ANTD
3. Kapasitor 4 uF 850 V

Spesifikasi komponen rangkaian *rectifier* di atas sebagai berikut :

1. Kapasitor 1 (C1) sebesar 20uF, 400V
2. Kapasitor 2 (C2) sebesar 12.5uF, 400V
3. Saklar 3 posisi.
4. *Diode bridge* 50 A, 600V
5. Induktor solenoid dengan nilai induktansi sebesar 130 uH

4.2. Pengujian 1

Pada pengujian ini, dilakukan pengujian terhadap induktor toroid binokuler dengan menggunakan rangkaian *boost converter*. Pengujian menggunakan beban berupa lampu pijar 25 watt, 50 watt, 75 watt dan 100 watt pada lilitan 185 (460mH). Tegangan input yang diberikan dinaikkan secara teratur melalui trafo regulator sampai terjadi kenaikan suhu pada induktor sebesar 41 derajat celsius. Frekuensi input dari generator sebesar 10 KHz. Tujuan pengujian ini adalah untuk mengetahui efisiensi daya *boost converter* terhadap perubahan tegangan input dan perubahan beban. Gambar rangkaian pengujian 1 dapat dilihat pada gambar 4.3.[11]



Gambar 4.3 . Rangkaian pengujian 1 menggunakan 185 lilitan

Data hasil pengujian 1 dapat dilihat pada tabel 4.1 berikut.

Tabel 4.1. Efisiensi untuk 185 lilitan dengan beban 25 watt

V_i (V)	I_i (A)	P_i (W)	V_o (V)	I_o (A)	P_o (W)	Efisiensi (%)	V_o/V_i
21	0.145	3.045	31	0.0457	1.4167	46.52545	1.47619
35	0.173	6.055	57	0.0568	3.2376	53.46986	1.628571
49	0.2	9.8	90	0.0658	5.922	60.42857	1.836735
63	0.25	15.75	128	0.078	9.984	63.39048	2.031746
77	0.29	22.33	163	0.0899	14.6537	65.62338	2.116883
91	0.31	28.21	179	0.105	18.795	66.62531	1.967033
98	0.312	30.576	169	0.123	20.787	67.98469	1.72449

Nilai efisiensi pada tabel di atas diperoleh dengan persamaan (4.1)

$$Eff = \frac{P_o}{P_i} \times 100\% \quad (4.1)$$

- Untuk $V_i = 21$ Volt

$$P_i = V_i \times I_i$$

$$= 21 \times 0.145$$

$$= 3.045 \text{ watt}$$

$$P_o = V_o \times I_o$$

$$= 31 \times 0.0457$$

$$= 1.4167 \text{ watt}$$

$$eff = \frac{1,4167}{3.045} \times 100\%$$

$$= 46.52545 \%$$

Pembuktian nilai induktansi induktor dapat bekerja pada mode kontinyu, mengacu pada persamaan (2.1)

- Saat $V_{in \text{ min}} = 21$ Volt

$$I_{min} = \frac{21}{0.5^2 \times 678.33} - \frac{21 \times 0.5 \times \frac{1}{10000}}{2 \times 0.46}$$

$$= 0.11 \text{ A}$$

$$I_{min} > 0 \text{ (kontinyu)}$$

- Saat $V_{in \max} = 98$ Volt

$$I_{min} = \frac{98}{0.5^2 \times 1374} - \frac{98 \times 0.5 \times \frac{1}{10000}}{2 \times 0.46}$$

$$= 0.28 \text{ A}$$

$$I_{min} > 0 \text{ (kontinyu)}$$

Dengan persamaan yang sama seperti perhitungan pada tabel 4.1 diperoleh nilai efisiensi untuk beban 50 watt yang ditunjukkan pada tabel 4.2 berikut.

Tabel 4.2. Efisiensi untuk 185 lilitan dengan beban 50 watt

V_i (V)	I_i (A)	P_i (W)	V_o (V)	I_o (A)	P_o (W)	Efisiensi (&)	V_o/V_i
21	0.224	4.704	25.2	0.088	2.2176	47.14286	1.2
35	0.279	9.765	54	0.113	6.102	62.48848	1.542857
49	0.39	19.11	90	0.135	12.15	63.57928	1.836735
63	0.447	28.161	122	0.1537	18.7514	66.58641	1.936508
77	0.5	38.5	152	0.1722	26.1744	67.98545	1.974026
91	0.511	46.501	170	0.1908	32.436	69.75334	1.868132
98	0.517	50.666	158	0.227	35.866	70.78909	1.612245

Pembuktian bahwa induktor dapat bekerja pada mode kontinyu, mengacu pada persamaan (2.1)

- Saat $V_{in \min} = 21$ Volt

$$I_{min} = \frac{21}{0.5^2 \times 286.3} - \frac{21 \times 0.5 \times \frac{1}{10000}}{2 \times 0.46}$$

$$= 0.28 \text{ A}$$

$$I_{min} > 0 \text{ (kontinyu)}$$

- Saat Vin max = 98 Volt

$$I_{min} = \frac{98}{0.5^2 \times 696} - \frac{98 \times 0.5 \times \frac{1}{10000}}{2 \times 0.46}$$

$$= 0.55 \text{ A}$$

$$I_{min} > 0 \text{ (kontinyu)}$$

Tabel 4.3. Efisiensi untuk 185 lilitan dengan beban 75 watt

Vi (V)	Ii (A)	Pi (W)	Vo (A)	Io (A)	Po (W)	Efisiensi (%)	Vo/Vi
21	0.298	6.258	24	0.138	3.312	52.92426	1.142857
35	0.385	13.475	51	0.1665	8.4915	63.0167	1.457143
49	0.48	23.52	80	0.1927	15.416	65.54422	1.632653
63	0.62	39.06	118	0.2236	26.3848	67.54941	1.873016
77	0.72	55.44	150	0.2555	38.325	69.12879	1.948052
91	0.67	60.97	164	0.2687	44.0668	72.2762	1.802198
98	0.53	51.94	148	0.2575	38.11	73.37312	1.510204

- Saat Vin min = 21 Volt

$$I_{min} = \frac{21}{0.5^2 \times 173.9} - \frac{21 \times 0.5 \times \frac{1}{10000}}{2 \times 0.46}$$

$$= 0.48 \text{ A}$$

$$I_{min} > 0 \text{ (kontinyu)}$$

- Saat Vin max = 98 Volt

$$I_{min} = \frac{98}{0.5^2 \times 574.75} - \frac{98 \times 0.5 \times \frac{1}{10000}}{2 \times 0.46}$$

$$= 0.67 \text{ A}$$

$$I_{min} > 0 \text{ (kontinyu)}$$

Tabel 4.4. Efisiensi untuk 185 lilitan dengan beban 100 watt

Vi (V)	Ii (A)	Pi (W)	Vo (V)	Io (A)	Po (W)	Efisiensi (%)	Vo/Vi
21	0.39	8.19	24	0.144	3.456	42.1978	1.142857
35	0.55	19.25	51	0.2	10.2	52.98701	1.457143
49	0.67	32.83	78	0.246	19.188	58.44654	1.591837
63	0.776	48.888	111	0.268	29.748	60.84929	1.761905
77	0.909	69.993	146	0.305	44.53	63.62065	1.896104
91	0.938	85.358	150	0.37	55.5	65.02027	1.648352
98	0.972	95.256	146	0.432	63.072	66.21315	1.489796

- Saat Vin min = 21 Volt

$$I_{min} = \frac{21}{0.5^2 \times 166.6} - \frac{21 \times 0.5 \times \frac{1}{10000}}{2 \times 0.46}$$

$$= 0.5 \text{ A}$$

- Saat Vin max = 98 Volt

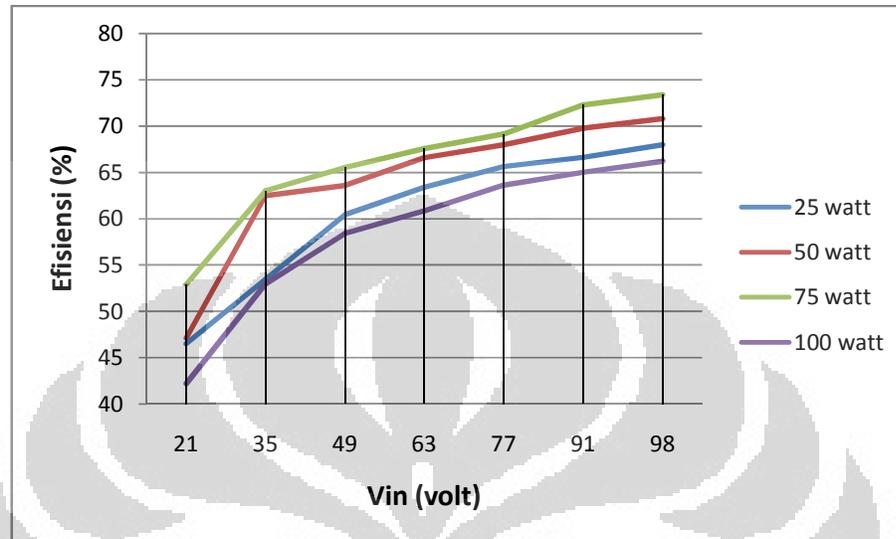
$$I_{min} = \frac{98}{0.5^2 \times 337.96} - \frac{98 \times 0.5 \times \frac{1}{10000}}{2 \times 0.46}$$

$$= 1.15 \text{ A}$$

$$I_{min} > 0 \text{ (kontinyu)}$$

Dari ke empat tabel di atas dapat dibuat grafik hubungan antara efisiensi terhadap perubahan tegangan input, perubahan beban dan hubungan antara Vo/Vi terhadap perubahan tegangan input.

Gambar grafik hubungan antara efisiensi terhadap perubahan Vin pada 185 lilitan ditunjukkan pada gambar 4.4.



Gambar 4.4. Hubungan antara efisiensi terhadap perubahan Vin

Dari gambar 4.4 terlihat bahwa semakin besar tegangan input untuk masing-masing beban maka nilai efisiensi akan naik. Hal ini karena presentase kenaikan tegangan output dan arus output lebih tinggi dibandingkan presentase kenaikan tegangan input dan arus input. Contoh pada tabel 4.1, tegangan input 35 V efisiensinya lebih tinggi dari pada 21 V.

- Presentase kenaikan tegangan input

$$V_i = \frac{35 - 21}{21} \times 100\% = 66.65\%$$

- Presentase kenaikan tegangan output

$$V_o = \frac{57 - 31}{31} \times 100\% = 83.3\%$$

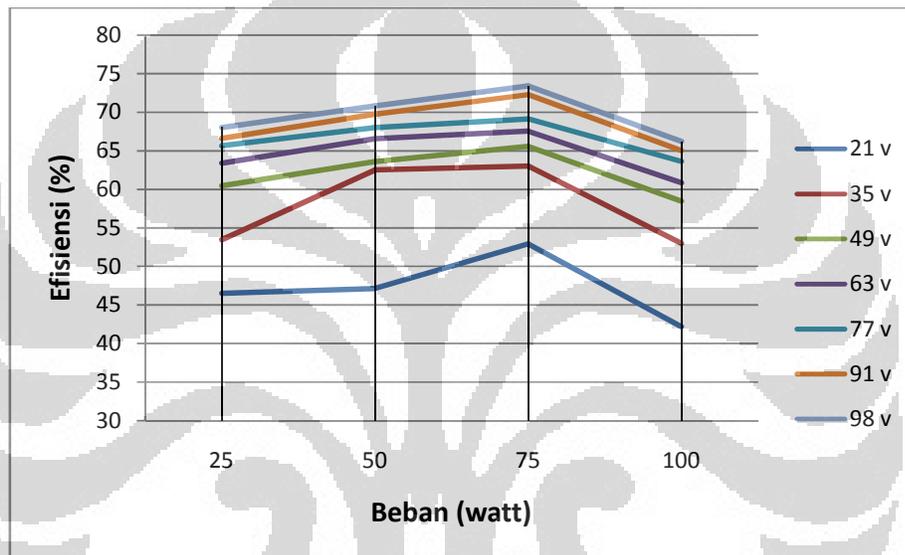
- Presentase kenaikan arus input

$$I_i = \frac{0.173 - 0.145}{0.145} \times 100\% = 19.3\%$$

- Presentase kenaikan arus output

$$I_o = \frac{0.0568 - 0.0457}{0.0457} \times 100\% = 24.2\%$$

Gambar grafik hubungan antara efisiensi terhadap perubahan beban pada 185 lilitan ditunjukkan pada gambar 4.5.

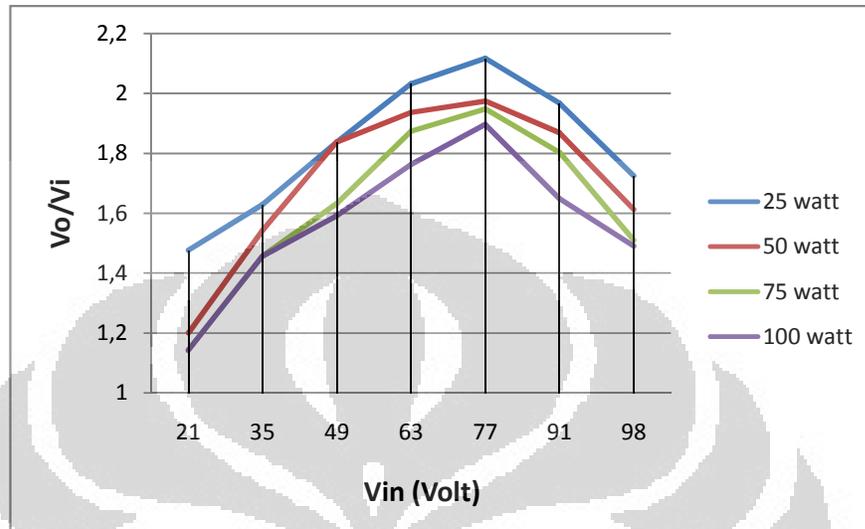


Gambar 4.5. Hubungan antara efisiensi terhadap perubahan beban

Dari grafik di atas terlihat bahwa semakin besar beban (watt) yang dipasang maka nilai efisiensi akan naik. Terlihat pada beban 25 watt sampai 75 watt. Ketika beban membesar maka arus yang dibutuhkan juga akan membesar, jadi daya output juga naik meskipun tegangan turun. Sebab kenaikan arus lebih dominan dari pada penurunan tegangan.

Pada rangkaian yang digunakan mungkin punya daerah kerja optimal hanya sampai pada saat dipasang beban 75 watt sehingga pada beban 100 watt efisiensinya cenderung turun.

Gambar grafik hubungan antara perbandingan tegangan output dan tegangan input terhadap perubahan V_{in} pada 185 lilitan ditunjukkan pada gambar 4.6..



Gambar 4.6. Hubungan antara V_o/V_i terhadap perubahan V_{in}

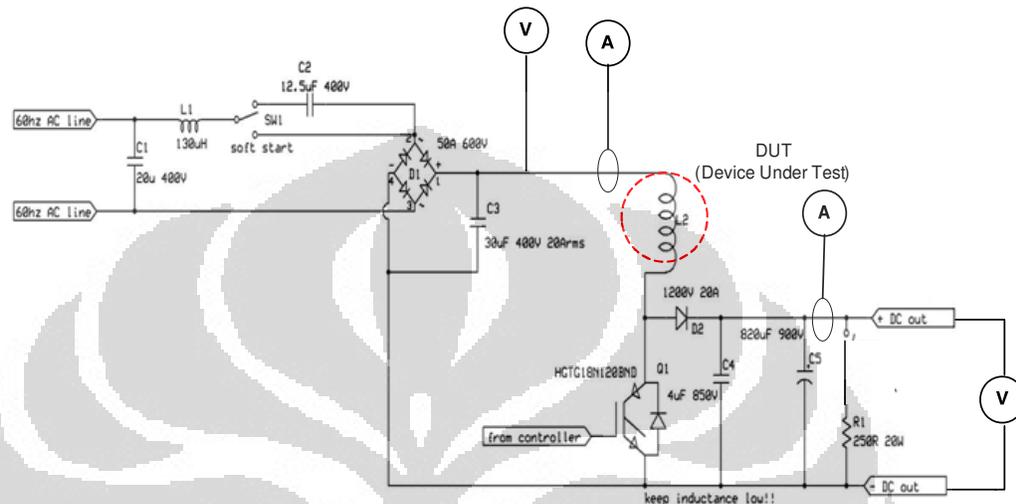
Pada grafik di atas terlihat bahwa nilai V_o/V_i tertinggi berada pada tegangan input sebesar 77 V. Hal ini menunjukkan bahwa pada tegangan input tersebut terdapat *losses* (rugi-rugi) paling minimum.

Saat V_{in} rendah (di bawah 77 V) perbandingan tegangan output terhadap tegangan input turun karena adanya rugi-rugi pada induktor yaitu resistansi dalam induktor (dominan). Sedangkan pada V_{in} tinggi (di atas 77 V) nilai perbandingan tegangan output terhadap tegangan input juga turun karena adanya rugi-rugi yang berupa panas (kenaikkan suhu sebesar derajat celsius) pada induktor lebih dominan.

4.3 Pengujian 2

Pada pengujian ini, dilakukan pengujian terhadap induktor toroid binokuler dengan menggunakan rangkaian *boost converter*. Pengujian menggunakan beban berupa lampu pijar 25 watt, 50 watt, 75 watt dan 100 watt pada lilitan 275 (1000mH). Tegangan input yang diberikan dinaikkan secara teratur menggunakan trafo regulator sampai terjadi kenaikan suhu pada induktor

sebesar 41 derajat celcius. Frekuensi input dari generator sebesar 10 KHz. Tujuan pengujian ini adalah untuk mengetahui efisiensi daya *boost converter* terhadap perubahan tegangan input dan perubahan beban. Gambar rangkaian pengujian 2 terlihat pada gambar 4.7.[11]



Gambar 4.7 . Rangkaian pengujian 2 menggunakan 275 lilitan

Dengan cara dan formula yang sama untuk menghitung efisiensi seperti pada pengujian 1 diperoleh data hasil pengujian 2 pada tabel 4.5 berikut.

Tabel 4.5. Efisiensi untuk 275 lilitan dengan beban 25 watt

V_i (V)	I_i (A)	P_i (W)	V_o (V)	I_o (A)	P_o (W)	Efisiensi (%)	V_o/V_i
21	0.12	2.52	29	0.04323	1.25367	49.74881	1.380952
35	0.16	5.6	61	0.055	3.355	59.91071	1.742857
49	0.18	8.82	90	0.06382	5.7438	65.12245	1.836735
63	0.21	13.23	116	0.0761	8.8276	66.72411	1.84127
77	0.24	18.48	148	0.0862	12.7576	69.03463	1.922078
91	0.258	23.478	174	0.0944	16.4256	69.96167	1.912088
119	0.3	35.7	234	0.1097	25.6698	71.9042	1.966387
133	0.31	41.23	260	0.1156	30.056	72.89837	1.954887

Pembuktian bahwa induktor dapat bekerja pada mode kontinu, mengacu pada persamaan (2.1)

- Saat $V_{in \text{ min}} = 21$ Volt

$$I_{min} = \frac{21}{0.5^2 \times 670.8} - \frac{21 \times 0.5 \times \frac{1}{10000}}{2 \times 1.013}$$

$$= 0.123 \text{ A}$$

$$I_{min} > 0 \text{ (kontinyu)}$$

- Saat $V_{in \text{ max}} = 133$ Volt

$$I_{min} = \frac{133}{0.5^2 \times 2250} - \frac{133 \times 0.5 \times \frac{1}{10000}}{2 \times 1.013}$$

$$= 0.23 \text{ A}$$

$$I_{min} > 0 \text{ (kontinyu)}$$

Dengan persamaan yang sama seperti perhitungan pada pengujian 1, diperoleh nilai efisiensi untuk beban 50 watt ditunjukkan pada tabel 4.6 berikut.

Tabel 4.6. Efisiensi untuk 275 lilitan dengan beban 50 watt

V_i (V)	I_i (A)	P_i (W)	V_o (V)	I_o (A)	P_o (W)	Efisiensi (%)	V_o/V_i
21	0.22	4.62	28	0.0852	2.3856	51.63636	1.333333
35	0.27	9.45	55	0.1086	5.973	63.20635	1.571429
49	0.34	16.66	88	0.128	11.264	67.61104	1.795918
63	0.38	23.94	112	0.1466	16.4192	68.5848	1.777778
77	0.44	33.88	142	0.1676	23.7992	70.24557	1.844156
91	0.465	42.315	166	0.1824	30.2784	71.55477	1.824176
119	0.53	63.07	226	0.204	46.104	73.09973	1.89916
133	0.59	78.47	250	0.234	58.5	74.55078	1.879699
147	0.737	108.339	268	0.303	81.204	74.95362	1.823129

- Saat $V_{in \text{ min}} = 21$ Volt

$$I_{min} = \frac{21}{0.5^2 \times 328.6} - \frac{21 \times 0.5 \times \frac{1}{10000}}{2 \times 1.013}$$

$$= 0.25 \text{ A}$$

$$I_{min} > 0 \text{ (kontinyu)}$$

Tabel 4.7. Efisiensi untuk 275 lilitan dengan beban 75 watt

V_i (V)	I_i (A)	P_i (W)	V_o (V)	I_o (A)	P_o (W)	Efisiensi (%)	V_o/V_i
21	0.302	6.342	26	0.133	3.458	54.52539	1.238095
35	0.4	14	55	0.1685	9.2675	66.19643	1.571429
49	0.475	23.275	84	0.1893	15.9012	68.3188	1.714286
63	0.555	34.965	108	0.224	24.192	69.18919	1.714286
77	0.612	47.124	136	0.248	33.728	71.57287	1.766234
91	0.65	59.15	160	0.27	43.2	73.03466	1.758242
119	0.78	92.82	218	0.319	69.542	74.92135	1.831933
133	0.82	109.06	240	0.343	82.32	75.48139	1.804511

- Saat $V_{in \text{ min}} = 21$ Volt

$$I_{min} = \frac{21}{0.5^2 \times 195.48} - \frac{21 \times 0.5 \times \frac{1}{10000}}{2 \times 1}$$

$$= 0.42 \text{ A}$$

$$I_{min} > 0 \text{ (kontinyu)}$$

Tabel 4.8. Efisiensi untuk 275 lilitan dengan beban 100 watt

Vi (V)	Ii (A)	Pi (W)	Vo (V)	Io (A)	Po (W)	Efisiensi (%)	Vo/Vi
21	0.35	7.35	25	0.1388	3.47	47.21088	1.190476
35	0.48	16.8	53	0.186	9.858	58.67857	1.514286
49	0.58	28.42	80	0.22	17.6	61.92822	1.632653
63	0.68	42.84	104	0.263	27.352	63.84687	1.650794
77	0.76	58.52	130	0.3	39	66.64388	1.688312
91	0.84	76.44	156	0.33	51.48	67.34694	1.714286
119	1	119	210	0.4	84	70.58824	1.764706
133	1.05	139.65	232	0.435	100.92	72.26638	1.744361

- Saat Vin min = 21 Volt

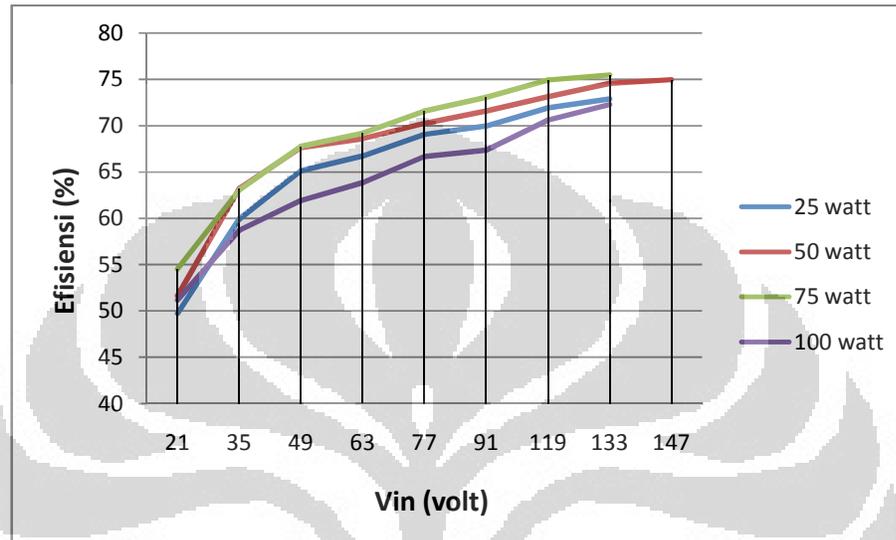
$$I_{min} = \frac{21}{0.5^2 \times 180.11} - \frac{21 \times 0.5 \times \frac{1}{10000}}{2 \times 1.013}$$

$$= 0.459 \text{ A}$$

$$I_{min} > 0 \text{ (kontinyu)}$$

Seperti halnya pada pengujian 1, dari ke empat tabel pada pengujian 2 juga dapat dibuat grafik hubungan antara efisiensi daya terhadap perubahan tegangan input, perubahan beban dan hubungan antara Vo/Vi terhadap perubahan tegangan input.

Gambar grafik hubungan antara efisiensi terhadap perubahan Vin pada 275 lilitan ditunjukkan pada gambar 4.8.



Gambar 4.8. Hubungan antara efisiensi terhadap perubahan Vin

Pada grafik di atas dapat dianalisa bahwa semakin besar tegangan input pada tiap beban maka nilai efisiensi daya akan naik. Hal ini karena presentase kenaikan tegangan output dan arus output lebih tinggi dibandingkan presentase kenaikan tegangan input dan arus input. Contoh pada tabel 4.5, tegangan input 35 V efisiensinya lebih tinggi dari pada 21 V.

- Presentase kenaikan tegangan input

$$V_i = \frac{35 - 21}{21} \times 100\% = 66.65\%$$

- Presentase kenaikan tegangan output

$$V_o = \frac{61 - 29}{29} \times 100\% = 110.3\%$$

- Presentase kenaikan arus input

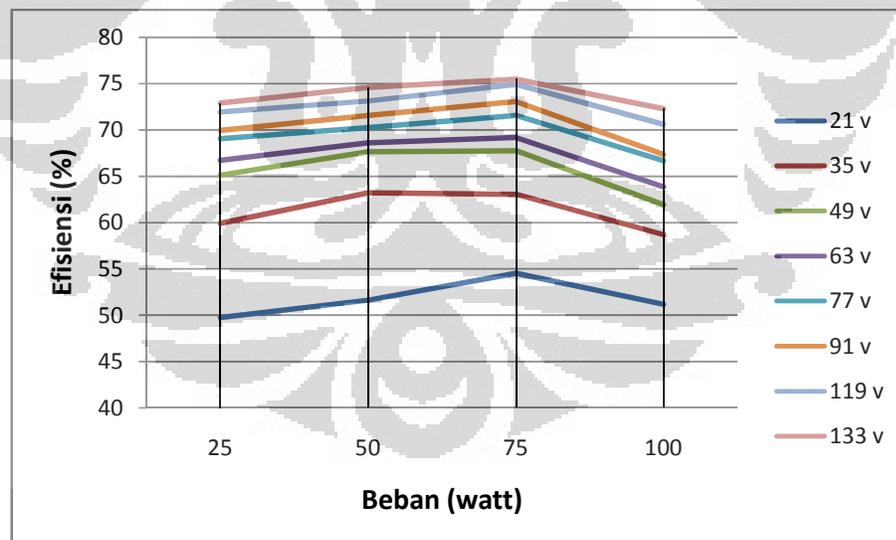
$$I_i = \frac{0.16 - 0.12}{0.12} \times 100\% = 33.3\%$$

- Presentase kenaikan arus output

$$I_o = \frac{0.055 - 0.04323}{0.04323} \times 100\% = 27.2\%$$

Pada grafik tersebut juga terlihat bahwa dengan 275 lilitan, kita dapat memberikan tegangan input sampai 147 volt. Ditunjukkan oleh beban 50 watt pada gambar di atas. Pengujian dengan tegangan 147 volt tidak dilakukan pada beban lain beban-beban tersebut hanya memiliki batas tegangan kerja sebesar 220/2240 volt. Padahal dengan input 147 volt didapatkan output hingga 268 volt.

Gambar grafik hubungan antara efisiensi terhadap perubahan beban pada 275 lilitan ditunjukkan pada gambar 4.9.



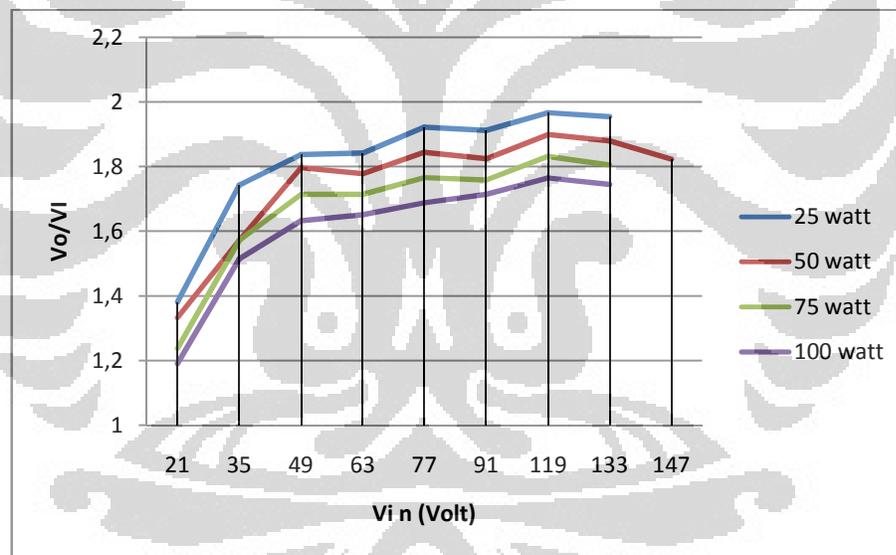
Gambar 4.9. Hubungan antara efisiensi terhadap perubahan beban

Seperti pada pengujian pertama, dari grafik di atas terlihat bahwa semakin besar beban (watt) yang dipasang maka nilai efisiensi relatif akan naik. Hal ini terlihat pada beban 25 watt sampai 75 watt. Hal ini karena ketika beban

membesar maka arus yang dibutuhkan juga akan meningkat, sehingga secara otomatis daya juga naik meskipun tegangannya turun. Sebab kenaikan arus lebih dominan dari pada penurunan tegangan.

Pada rangkaian yang digunakan mungkin punya daerah kerja optimal hanya sampai pada saat dipasang beban 75 watt sehingga pada beban 100 watt efisiensinya cenderung turun. Sama dengan ketika menggunakan 185 lilitan pada pengujian 1.

Gambar grafik hubungan antara perbandingan tegangan output dan tegangan input terhadap perubahan V_{in} pada 275 lilitan ditunjukkan pada gambar 4.10.



Gambar 4.10. Hubungan antara V_o/V_i terhadap perubahan V_{in}

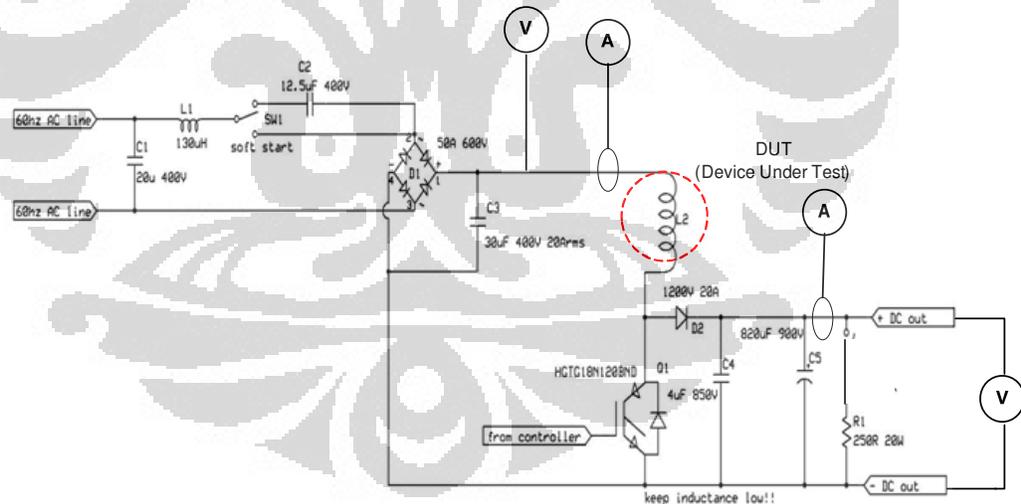
Pada grafik di atas terlihat bahwa nilai V_o/V_i tertinggi berada pada tegangan input sebesar 119 V. Hal ini menunjukkan bahwa pada tegangan input tersebut terdapat *losses* (rugi-rugi) paling minimum.

Saat V_{in} rendah (di bawah 119 V) perbandingan tegangan output terhadap tegangan input turun karena adanya rugi-rugi pada induktor yaitu resistansi dalam induktor (dominan). Sedangkan pada V_{in} tinggi (di atas 119V) nilai

perbandingan tegangan output terhadap tegangan input juga turun karena adanya rugi-rugi yang berupa panas (kenaikkan suhu sebesar derajat celcius) pada induktor lebih dominan.

4.4. Pengujian 3

Pada pengujian yang terakhir ini, dilakukan pengetesan terhadap induktor toroid binokuler dengan menggunakan rangkaian *boost converter*. Pengujian masih tetap menggunakan beban berupa lampu pijar 25 watt, 50 watt, 75 watt dan 100 watt pada lilitan 350 (1700mH). Tegangan input yang diberikan dinaikkan secara teratur menggunakan trafo regulator sampai terjadi kenaikan suhu pada induktor sebesar 41 derajat celcius. Frekuensi input yang diberikan dari generator sebesar 10 KHz. Tujuan pengujian ini adalah untuk mengetahui efisiensi daya *boost converter* terhadap perubahan tegangan input dan perubahan beban. Gambar rangkaian pengujian 3 terlihat pada gambar 4.11.[11]



Gambar 4.11 . Rangkaian pengujian 3 menggunakan 350 lilitan

Dengan cara dan formula yang sama untuk menghitung efisiensi seperti pada pengujian 1 dan 2, diperoleh data hasil pengujian 3 pada tabel 4.9 berikut.

Tabel 4.9. Efisiensi untuk 350 lilitan dengan beban 25 watt

Vi (V)	Ii (A)	Pi (W)	Vo (V)	Io (A)	Po (W)	Efisiensi (%)	Vo/Vi
21	0.14	2.94	31	0.0459	1.4229	48.39796	1.47619
35	0.17	5.95	57	0.0554	3.1578	53.07227	1.628571
49	0.192	9.408	88	0.0642	5.6496	60.05102	1.795918
63	0.215	13.545	112	0.075	8.4	62.0155	1.777778
77	0.236	18.172	142	0.0823	11.6866	64.31103	1.844156
91	0.254	23.114	166	0.0923	15.3218	66.28796	1.824176
119	0.293	34.867	228	0.107	24.396	69.96874	1.915966
133	0.273	36.309	234	0.1098	25.6932	70.76262	1.759398

Pembuktian bahwa induktor dapat bekerja pada mode kontinyu, mengacu pada persamaan (2.1)

- Saat $V_{in \text{ min}} = 21$ Volt

$$I_{min} = \frac{21}{0.5^2 \times 675.38} - \frac{21 \times 0.5 \times \frac{1}{10000}}{2 \times 1.663}$$

$$= 0.123 \text{ A}$$

$$I_{min} > 0 \text{ (kontinyu)}$$

- Saat $V_{in \text{ max}} = 133$ Volt

$$I_{min} = \frac{133}{0.5^2 \times 2131.14} - \frac{133 \times 0.5 \times \frac{1}{10000}}{2 \times 1.663}$$

$$= 0.248 \text{ A}$$

$$I_{min} > 0 \text{ (kontinyu)}$$

Tabel 4.10. Efisiensi untuk 350 lilitan dengan beban 50 watt

Vi (V)	li (A)	Pi (W)	Vo (V)	Io (A)	Po (W)	Efisiensi (%)	Vo/Vi
21	0.23	4.83	28	0.0862	2.4136	49.97101	1.333333
35	0.275	9.625	51	0.1078	5.4978	57.12	1.457143
49	0.34	16.66	79	0.1287	10.1673	61.02821	1.612245
63	0.38	23.94	104	0.145	15.08	62.99081	1.650794
77	0.433	33.341	139	0.1603	22.2817	66.82973	1.805195
91	0.456	41.496	158	0.18	28.44	68.53673	1.736264
119	0.523	62.237	211	0.21	44.31	71.19559	1.773109
133	0.5	66.5	224	0.215	48.16	72.42105	1.684211
147	0.7	102.9	258	0.3	77.4	75.21866	1.755102
175	0.839	146.825	318	0.34	108.12	73.63869	1.817143
203	0.929	188.587	366	0.379	138.714	73.55438	1.802956
231	0.994	229.614	418	0.403	168.454	73.36399	1.809524

- Saat $V_{in \text{ min}} = 21$ Volt

$$I_{min} = \frac{21}{0.5^2 \times 324.8} - \frac{21 \times 0.5 \times \frac{1}{10000}}{2 \times 1.663}$$

$$= 0.25 \text{ A}$$

$$I_{min} > 0 \text{ (kontinyu)}$$

Tabel 4.11. Efisiensi untuk 350 lilitan dengan beban 75 watt

Vi (V)	li (A)	Pi (W)	Vo (A)	Io (A)	Po (W)	Efisiensi (%)	Vo/Vi
21	0.328	6.888	26	0.138	3.588	52.09059	1.238095
35	0.35	12.25	47	0.1545	7.2615	59.27755	1.342857
49	0.461	22.589	75	0.1878	14.085	62.35336	1.530612
63	0.536	33.768	102	0.217	22.134	65.54726	1.619048
77	0.61	46.97	132	0.2452	32.3664	68.90867	1.714286
91	0.654	59.514	156	0.271	42.276	71.03539	1.714286
119	0.761	90.559	208	0.315	65.52	72.35062	1.747899
133	0.71	94.43	218	0.318	69.324	73.41311	1.639098

- Saat $V_{in \text{ min}} = 21 \text{ Volt}$

$$I_{min} = \frac{21}{0.5^2 \times 188.4} - \frac{21 \times 0.5 \times \frac{1}{10000}}{2 \times 1.663}$$

$$= 0.44 \text{ A}$$

$$I_{min} > 0 \text{ (kontinyu)}$$

Tabel 4.12. Efisiensi untuk 350 lilitan dengan beban 100 watt

V_i (V)	I_i (A)	P_i (W)	V_o (V)	I_o (A)	P_o (W)	Efisiensi (%)	V_o/V_i
21	0.357	7.497	24	0.1361	3.2664	43.56943	1.142857
35	0.47	16.45	45	0.181	8.145	49.51368	1.285714
49	0.609	29.841	73	0.2265	16.5345	55.40867	1.489796
63	0.687	43.281	100	0.256	25.6	59.14836	1.587302
77	0.756	58.212	128	0.29	37.12	63.76692	1.662338
91	0.84	76.44	152	0.33	50.16	65.62009	1.67033
119	0.97	115.43	202	0.378	76.356	66.14918	1.697479
133	0.948	126.084	215	0.403	86.645	68.72006	1.616541

- Saat $V_{in \text{ min}} = 21 \text{ Volt}$

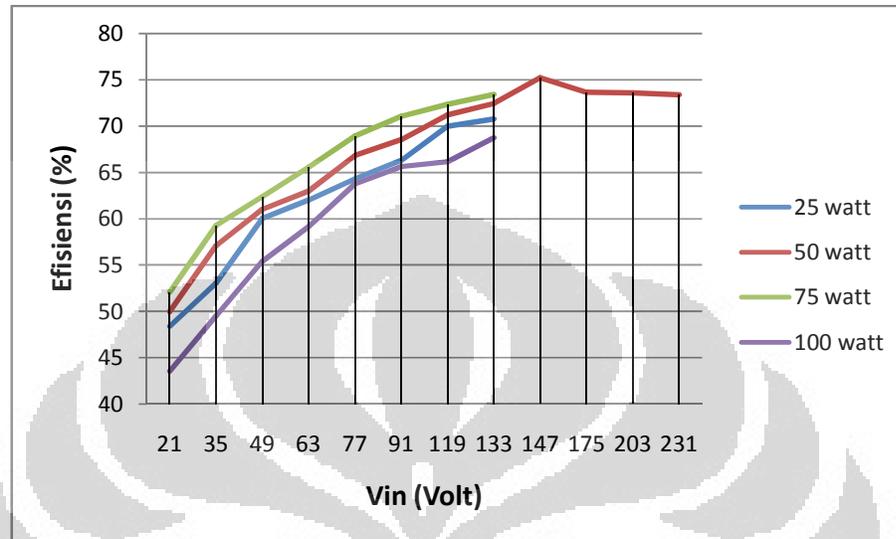
$$I_{min} = \frac{21}{0.5^2 \times 176.34} - \frac{21 \times 0.5 \times \frac{1}{10000}}{2 \times 1.663}$$

$$= 0.47 \text{ A}$$

$$I_{min} > 0 \text{ (kontinyu)}$$

Seperti halnya pada pengujian-pengujian sebelumnya, dari data pada empat tabel pada pengujian 3 juga dapat dibuat beberapa grafik, yaitu hubungan antara efisiensi daya terhadap perubahan tegangan input, perubahan beban dan hubungan antara V_o/V_i terhadap perubahan tegangan input.

Gambar grafik hubungan antara efisiensi terhadap perubahan Vin pada 350 lilitan ditunjukkan pada gambar 4.12.



Gambar 4.12. Hubungan antara efisiensi terhadap perubahan Vin

Pada gambar menunjukkan bahwa semakin besar tegangan input untuk masing-masing beban maka nilai efisiensi daya cenderung akan naik. Hal ini karena presentase kenaikan tegangan output dan arus output lebih tinggi dibandingkan presentase kenaikan tegangan input dan arus input. Contoh pada tabel 4.9, tegangan input 35 V efisiensinya lebih tinggi dari pada 21 V.

- Presentase kenaikan tegangan input

$$V_i = \frac{35 - 21}{21} \times 100\% = 66.65\%$$

- Presentase kenaikan tegangan output

$$V_o = \frac{57 - 31}{31} \times 100\% = 83.87\%$$

- Presentase kenaikan arus input

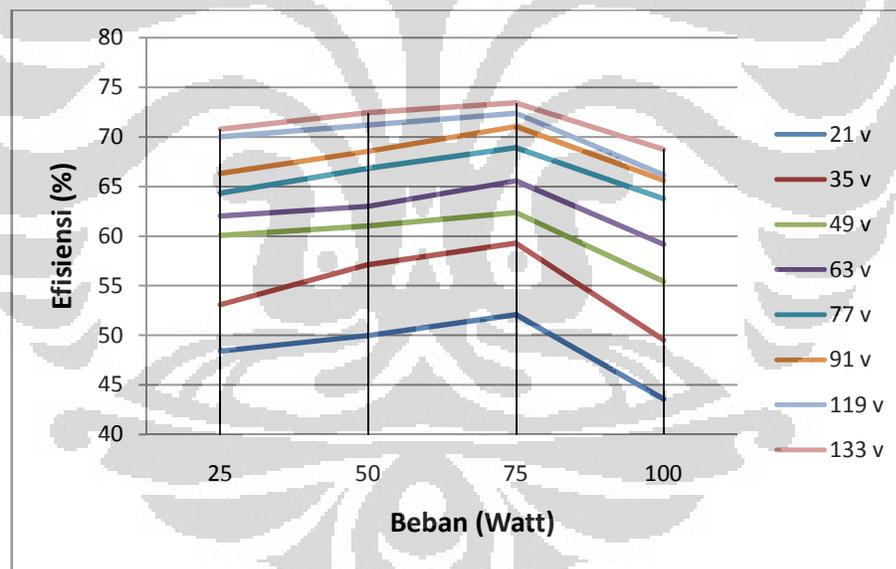
$$I_i = \frac{0.17 - 0.14}{0.14} \times 100\% = 21.4\%$$

- Presentase kenaikan arus output

$$I_o = \frac{0.054 - 0.0459}{0.0459} \times 100\% = 20.7\%$$

Pada grafik tersebut juga terlihat bahwa dengan 350 lilitan, kita dapat memberikan tegangan input cukup tinggi sampai 231 volt. Ditunjukkan oleh beban 50 watt pada grafik di atas. Pengujian dengan tegangan 231 volt tidak dilakukan pada beban yang lain karena beban-beban tersebut hanya memiliki batas tegangan kerja sebesar 220/2240 volt. Padahal dengan input 231 volt akan didapatkan output lebih dari 400 volt.

Gambar grafik hubungan antara efisiensi terhadap perubahan beban pada 350 lilitan ditunjukkan pada gambar 4.13.

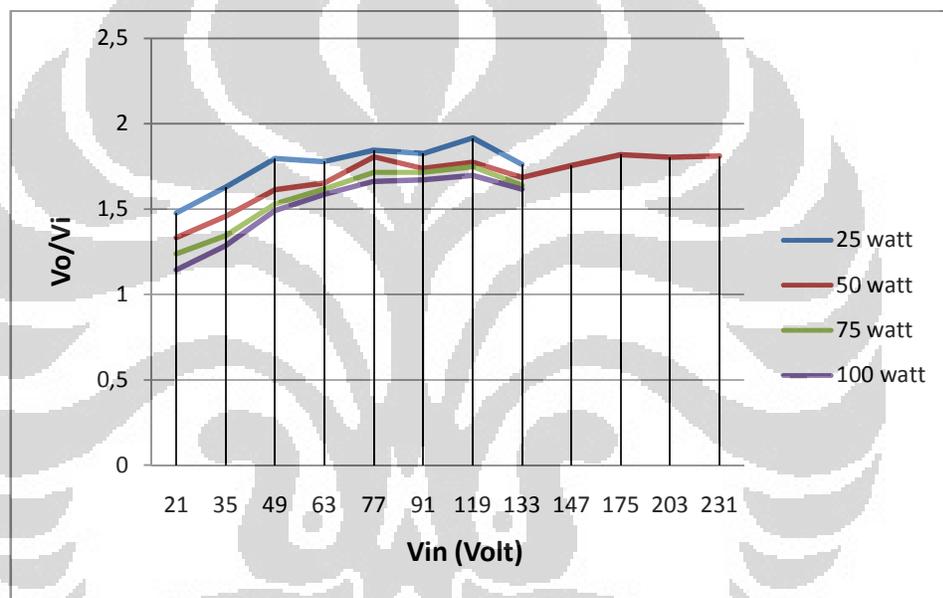


Gambar 4.13. Hubungan antara efisiensi terhadap perubahan beban

Tidak berbeda jauh dengan pengujian pertama dan kedua, dari grafik di atas terlihat bahwa semakin besar beban (watt) yang dipasang maka nilai efisiensi relatif akan naik. Hal ini dapat dilihat pada beban 25 watt sampai 75 watt. Penyebabnya adalah ketika beban membesar maka arus yang dibutuhkan juga akan membesar, meskipun tegangan turun nilai dayanya tetap membesar sebab kenaikan arus lebih dominan dari pada penurunan tegangan.

Akan tetapi pada beban 100 watt efisiensinya turun, mungkin pada rangkaian yang digunakan punya daerah kerja optimal hanya sampai pada saat dipasang beban 75. Sama dengan ketika menggunakan 185 lilitan dan 250 lilitan.

Gambar grafik hubungan antara perbandingan tegangan output dan tegangan input terhadap perubahan V_{in} pada 350 lilitan ditunjukkan pada gambar 4.14.



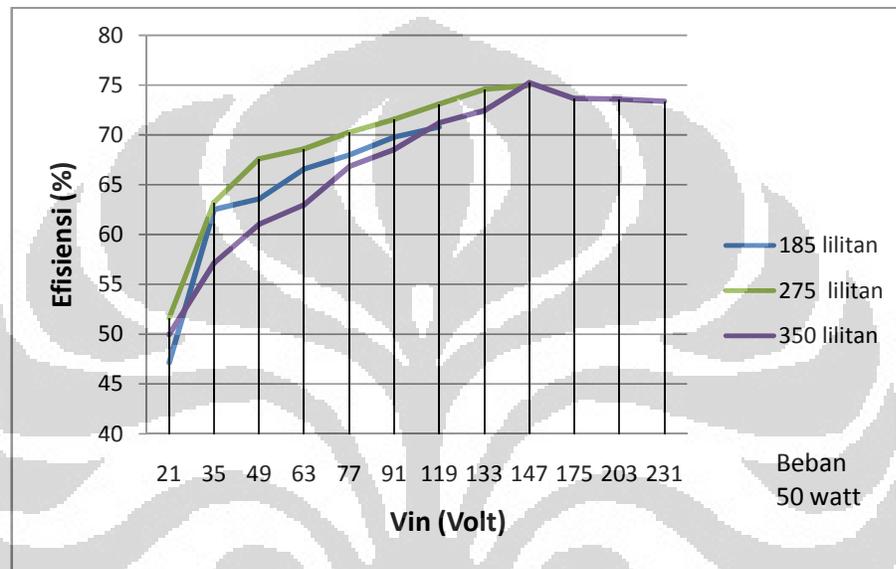
Gambar 4.14. Hubungan antara V_o/V_i terhadap perubahan V_{in}

Pada grafik di atas dapat dianalisa bahwa nilai V_o/V_i tertinggi berada pada tegangan input sebesar 119 V. Hal ini menunjukkan bahwa pada tegangan input tersebut terdapat *losses* (rugi-rugi) paling minimum.

Saat V_{in} rendah (di bawah 119 V) perbandingan tegangan output terhadap tegangan input turun karena adanya rugi-rugi pada induktor yaitu resistansi dalam induktor (dominan). Sedangkan pada V_{in} tinggi (di atas 119V) nilai perbandingan tegangan output terhadap tegangan input juga turun karena adanya rugi-rugi yang berupa panas pada induktor lebih dominan. Saat beban 50 watt pada gambar di atas perbandingan V_o/V_i masih naik sampai batas

tegangan maksimal 231 volt kemudian turun karena adanya rugi-rugi panas (kenaikkan suhu derajat celcius) pada induktor.

Dari data-data pada tabel untuk masing-masing pengujian dapat dibuat grafik perbandingan tingkat efisiensi terhadap kenaikan jumlah lilitan, ditunjukkan pada gambar 4.15.

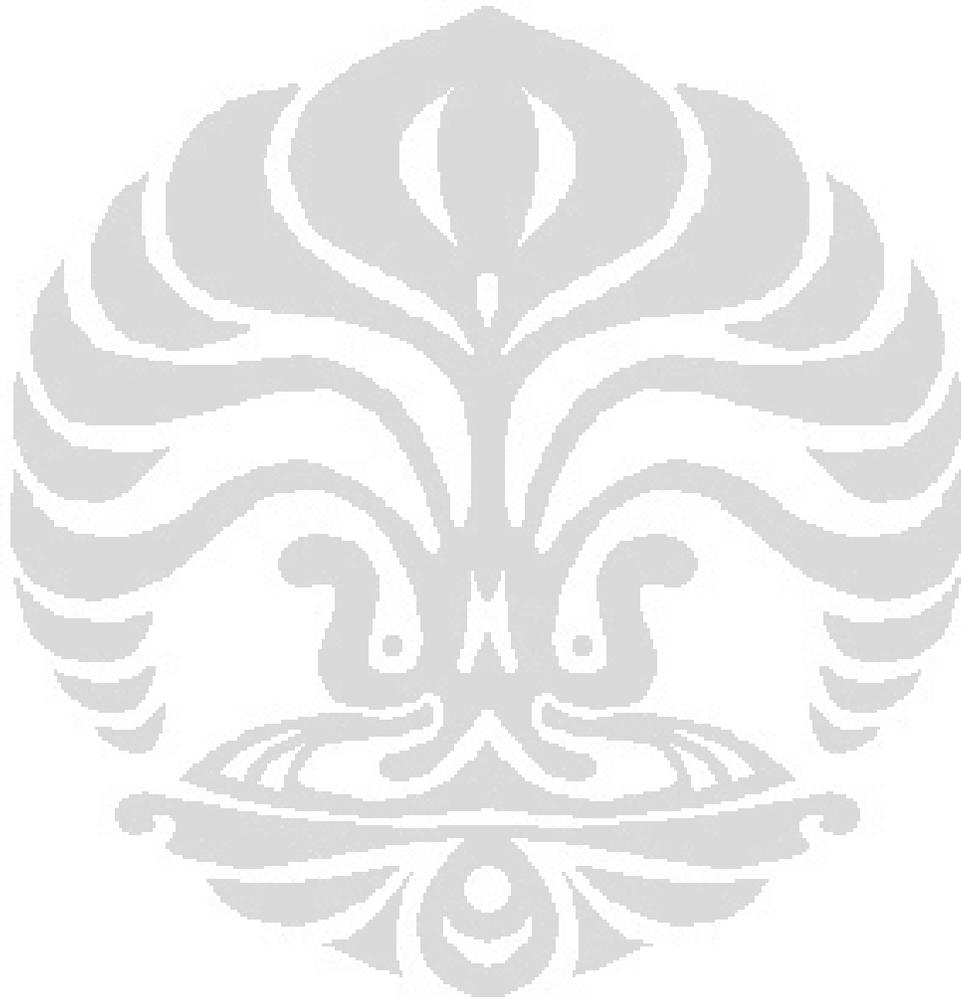


Gambar 4.15. Hubungan antara tingkat efisiensi terhadap jumlah lilitan

Dari gambar di atas didapatkan kesimpulan, yaitu penambahan jumlah lilitan pada induktor akan menyebabkan naiknya tingkat efisiensi daya. Pada grafik terlihat pada lilitan 275 efisiensinya lebih tinggi dari pada 185 lilitan. Dengan bertambahnya jumlah lilitan maka nilai induktansi induktor akan bertambah sehingga kemampuan untuk menyimpan arus listrik juga akan meningkat.

Akan tetapi pada 350 lilitan justru efisiensinya paling rendah, hal ini pengaruh dari meningkatnya resistansi dalam pada induktor (meningkatnya jumlah lilitan) yang tidak sebanding dengan kemampuan induktor untuk menyimpan arus. Keuntungan penggunaan jumlah lilitan banyak adalah kita dapat memberikan tegangan input yang cukup besar, dan juga untuk membatasi jumlah arus yang lewat sehingga komponen IGBT (switch) tidak rusak. Mengingat IGBT mempunyai batas arus kerja maksimum.

Pada proses pengujian digunakan frekuensi sebesar 10 KHz. Dengan frekuensi ini rangkaian *boost converter* dapat bekerja pada mode kontinu untuk berbagai nilai input tegangan dan beban. Hal ini telah dibuktikan dengan persamaan 2.1 untuk data pada masing-masing tabel hasil pengamatan.



BAB V

KESIMPULAN

Dari tahap perancangan dan pengujian yang telah dilakukan, diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Dengan jumlah lilitan yang sama, nilai induktansi toroid binokuler dapat diperoleh dengan mencari terlebih dahulu nilai induktansi single toroid kemudian dikalikan dengan faktor pengali sebesar ≈ 1.4 .
2. Induktor toroid binokuler yang telah dibuat mampu bekerja dengan rangkaian *boost converter* pada mode kontinyu sampai pada level tegangan input 231 Vdc dan frekuensi 10 KHz dengan efisiensi sekitar 70%.
3. Penambahan jumlah lilitan pada induktor akan meningkatkan nilai efisiensi daya karena kemampuan untuk menyimpan arus listrik juga akan meningkat, akan tetapi jika jumlah lilitan terlalu banyak justru efisiensinya akan turun. Hal ini karena resistansi dalam pada induktor menjadi terlalu besar.
4. Ketika diberikan tegangan input yang bervariasi, tiap jumlah lilitan akan mempunyai kondisi rugi-rugi minimum yaitu 185 lilitan pada input 77 V, 275 lilitan pada 119 V dan 350 lilitan pada 147 V.

DAFTAR ACUAN

- [1] Gussow Milton, M.S, *Theory and Problems of Basic Electricity*.1983.
- [2] N. Mohan, T.M. Undeland, and W.P. Robbins, *Power Electronics, Converter, Applications and Design*, John wiley & sons. 2003.
- [3] W.Hart. Daniel, *Introduction To Power Electronics*, 1997.
- [4] Sudirham Sudaryanto, *Analisis Rangkaian Listrik Jilid 1*, ITB. 2010.
- [5] www.noding.com/la8ak/12345/n15.htm (15 Desember 2011).
- [6] <http://smandatas.com> (15 Desember 2011).
- [7] <http://www.rusiyanto.wordpress.com/> (4 Januari 2012).
- [8] <http://id.wikipedia.org/wiki/Induktor> (6 Januari 2012).
- [9] <http://www.linksukses.com/2011/04/komponen-elektronika-induktor.html>(6 Januari 2012).
- [10] <http://trensains.com/induktor.htm> (7 Januari 2012).
- [11] <http://steve.hv.com/blogspot.org> (24 September 2011).
- [12] (<http://sw.fcsuper.com/index.php?name=UpDownload&req=getit&lid=124>) (7 Januari 2012).
- [13] <http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/magnetic/indtor.html#c1>(9 Januari 2012).
- [14] LA7MI. Torp Stein, *Memahami band ferit transformator-luas digunakan dalam Power Amplifier solidstate*, 1994.
- [15] LA7MI. Torp Stein, *40W Linear Power amplifier dengan FETs untuk 80m Beberapa catatan tentang kejenuhan dan besi--core ferit*, 1998.