

**PENGARUH JENIS BAHAN INTI INDUKTOR TERHADAP  
RUGI-RUGI DAYA INTI PADA FREKUENSI 50 Hz**

**SKRIPSI**



**DISUSUN OLEH :**

**Nama : MARSABAN MUNANDAR**  
**NIM : 12 524 062**

**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA  
YOGYAKARTA  
2016**

**PENGARUH JENIS BAHAN INTI INDUKTOR  
TERHADAP RUGI-RUGI DAYA INTI PADA  
FREKUENSI 50 Hz**

**SKRIPSI**

**Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat  
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana  
Konsentrasi Ketenagaan Jurusan Teknik Elektro**



**DISUSUN OLEH :**

**Nama : MARSABAN MUNANDAR  
NIM : 12524062**

**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA  
YOGYAKARTA  
2016**

# LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING

**Pengaruh Jenis Bahan Inti Induktor Terhadap Rugi-Rugi Daya  
Inti Pada Frekuensi 50 Hz**

**TUGAS AKHIR**

Oleh:

**Nama : MARSABAN MUNANDAR**

**No. Mahasiswa : 12524062**

Yogyakarta,

Pembimbing 1

Pembimbing 2





Warindi, S.T, M.Eng

Medilla Kusriyanto, S.T, M.Eng

## LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Marsaban Munandar

NIM : 12524062

Menyatakan dengan jujur bahwa Tugas Akhir ini adalah hasil pekerjaan saya sendiri, tanpa ada niat untuk menjiplak atau plagiat karya orang lain. Adapun bagian-bagian tertentu dari materi yang saya ambil, sudah sesuai dengan tata tertib yang berlaku dalam membuat karya tulis ilmiah yang lazim. Jika ternyata terbukti pernyataan ini tidak benar, sepenuhnya menjadi tanggung jawab saya.

Yogyakarta, 03 Oktober 2016



Marsaban Munandar

# LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI

## PENGARUH JENIS BAHAN INTI INDUKTOR TERHADAP RUGI-RUGI

DAYA INTI PADA FREKUENSI 50 Hz

TUGAS AKHIR

Oleh:

Nama : Marsaban Munandar

No. Mahasiswa : 12524062

Telah Dipertahankan di Depan Sidang Penguji sebagai Salah Satu Syarat

untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Elektro Fakultas Teknologi

Industri Universitas Islam Indonesia

Yogyakarta, 31 Oktober 2016

Warindi, S.T., M.Eng.

Ketua

Yusuf Azis Amrullah, S.T., M.Eng., P.hD

Dosen Penguji I

Suyamto, Ir.

Dosen Penguji II

Mengetahui,

Ketua Jurusan Teknik Elektro Universitas Islam Indonesia



Dr. Eng. Hendra Setiawan, S.T., M.T.

## HALAMAN MOTTO

وَيَنْصُرَكَ اللَّهُ نَصْرًا عَزِيمًا ﴿٣﴾

“Dan Allah pasti menolongmu dengan pertolongan yang kuat”

**(Al Fath ayat 3)**

“Tiadanya keyakinanlah yang membuat orang takut menghadapi tantangan, dan saya percaya pada diri saya sendiri”

**(Muhammad Ali)**

“You Don’t Have to be Great to Start. But You Have to Start to be Great”

**(Marsaban Munandar)**

## HALAMAN PERSEMBAHAN

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Alhamdulillah, segala puji dan syukur kehadiran Allah SWT atas segala limpahan rahmat, hidayah, serta karunia-Nya. Dengan atas seizin Allah SWT dan segala bentuk dukungan mereka, inilah hasil usaha penulis selama ini, penulis persembahkan hasil karya sederhana ini kepada mereka-mereka yang tercinta:

Ayah Tercinta La Malihu S.Sos & Ibu Tercinta Mahayda

Saudaraku Tercinta Masyhar Muharam

Terima kasih atas segala bentuk kasih sayang, perhatian, dukungan, kebersamaan, serta doa yang diberikan.

*Thank you for everything*

## KATA PENGANTAR



*Asalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh*

Alhamdulillahirabill'alamin, rasa syukur dan terima kasih penulis hanturkan pada-Mu ya Rabb atas karunia nikmat yang telah diberikan sehingga skripsi yang berjudul "Pengaruh Jenis Bahan Inti Induktor Pada Frekuensi 50 Hz" telah selesai dengan baik dan lancar. Tak lupa Sholawat dan salam tercurah kepada Rasulullah Muhammad SAW, yang menjadi teladan hidup bagi kita.

Rasa syukur tak henti-hentinya penulis hanturkan atas terselesaikannya skripsi ini, sebagai syarat untuk memperoleh gelar Sarjana. Semoga skripsi ini bisa bermanfaat bagi seluruh pembaca kedepannya. Banyak sekali kesan dalam proses pengerjaan skripsi ini.

Terima kasih juga terhaturkan kepada semua pihak yang terlibat dalam proses pengerjaan skripsi ini. Atas Bimbingan, dukungan, kerja sama, dan fasilitas diucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak dan ibu terhebat serta adik yang selalu memberikan semangat, motivasi dan juga inspirasi dalam bentuk apapun.
2. Bapak Warindi, S.T.,M.Eng dan bapak Medilla Kusriyanto, S.T., M.Eng. selaku pembimbing I dan pembimbing II skripsi yang selalu memberikan bimbingan kepada penulis.
3. Seluruh dosen Jurusan Teknik Elektro Universitas Islam Indonesia yang telah membimbing penulis selama perkuliahan sehingga penulis bisa berada pada tahap ini.



4. Ade Marito, Heru, Dimas, Bella, Imam Dwi Prasetyo, Ryan Sony, dan Eka Dilasari yang tidak henti-hentinya memberikan motivasi serta bantuan dalam bentuk apapun sehingga skripsi ini dapat terselesaikan.
5. Pihak-pihak lain yang tidak dapat disebutkan satu persatu yang telah membantu dalam penyelesaian skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa masih banyak kekurangan dalam penelitian yang telah dilakukan. Oleh karena itu, penulis mengharapkan adanya masukan dan saran yang dapat membangun dari semua pihak demi kesempurnaan skripsi ini untuk kedepannya. Semoga skripsi ini bisa bermanfaat bagi pembaca dan penggunanya.

*Wassalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.*

Yogyakarta, 26 September 2016

Penulis

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING.....	ii
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN.....	iii
LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI.....	iv
HALAMAN PERSEMBAHAN.....	v
HALAMAN MOTTO.....	vi
KATA PENGANTAR.....	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR TABEL.....	xiii
ABSTRAK.....	xiv
BAB I.....	1
PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan Penelitian.....	2
1.5 Manfaat Penelitian.....	3
BAB II.....	4
TINJAUAN PUSTAKA.....	4
2.1 Tinjauan Pustaka.....	4

2.2 Dasar Teori.....	4
2.2.1 Induktor.....	4
2.2.2 Prinsip Kerja Induktor.....	5
2.2.3 Jenis – Jenis Inti Induktor .....	9
2.2.3.1 Induktor Dengan Inti Udara (Air Core Inductor).....	9
2.2.3.2 Induktor Dengan Inti Ferit (Ferrite Core Inductor).....	9
2.2.3.3 Induktor Dengan Inti Besi (Iron Core Inductor) .....	10
2.2.3.4 Induktor Dengan Inti Besi Laminasi (Laminated Core Inductor).....	11
2.2.3.5 Induktor Inti Toroid (Toroidal Core Inductor).....	11
2.2.4 Rugi – Rugi ( Losses ) Induktor.....	12
2.2.4.1 Rugi-rugi arus Eddy ( Eddy Current Losses ).....	12
2.2.4.2 Kerugian Dielektrik ( Dielectric Losses ) .....	12
2.2.4.3 Kerugian Histeresis ( Hysteresis Losses ).....	12
BAB III .....	14
METODE PENELITIAN.....	14
3.1 Bahan Penelitian.....	14
3.2 Lokasi Penelitian.....	15
3.3 Alat Penelitian.....	15
3.4 Alur Penelitian .....	15
3.4.1 Pengukuran Induktansi dan Resistansi.....	16
3.4.2 Pengukuran Tegangan, Arus, dan Daya.....	17
3.4.3 Pengukuran Cos $\phi$ .....	18
3.4.3 Perhitungan Rugi-rugi Inti Induktor.....	19

BAB IV .....	20
HASIL DAN PEMBAHASAN.....	20
4.1 Hasil Pengujian .....	20
4.2 Pembahasan.....	27
BAB V.....	35
PENUTUP.....	35
5.1 Kesimpulan .....	35
5.2 Saran.....	35
DAFTAR PUSTAKA .....	36



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Jenis-jenis induktor yang ada dipasaran.....	5
Gambar 2.2 Macam-macam simbol induktor.....	5
Gambar 2.3 Konstruksi sebuah induktor sederhana.....	7
Gambar 2.4 Induktor inti udara.....	9
Gambar 2.5 Induktor inti ferit.....	10
Gambar 2.6 Induktor inti besi.....	10
Gambar 2.7 Induktor inti besi laminasi.....	11
Gambar 2.8 Induktor inti toroid.....	11
Gambar 3.1 Induktor inti besi.....	14
Gambar 3.2 Induktor inti ferit.....	14
Gambar 3.3 Diagram alir penelitian.....	16
Gambar 3.4 Pengukuran resistansi dan induktansi induktor inti besi.....	17
Gambar 3.5 Pengukuran resistansi dan induktansi induktor inti ferit.....	17
Gambar 3.6 Rangkaian pengukuran tegangan, arus, dan daya induktor.....	17
Gambar 3.7 Skema pengukuran $\text{Cos } \phi$ pada induktor.....	18
Gambar 4.1 Hasil pengukuran induktansi inti besi.....	20
Gambar 4.2 Pengukuran resistansi inti ferit.....	20
Gambar 4.3 Rangkaian pengukuran tegangan, arus, dan daya pada induktor.....	21
Gambar 4.4 Grafik rugi daya inti besi.....	28
Gambar 4.5 Grafik rugi daya inti ferit.....	29

## DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Alat pengukuran.....	15
Tabel 4.1 Spesifikasi Induktor Bentuk Solenoid .....	21
Tabel 4.2 Pengujian induktor inti besi tegangan masukan 0 Volt -240 Volt .....	22
Tabel 4.3 Pengujian induktor inti besi tegangan masukan 240 Volt -0 Volt .....	23
Tabel 4.4 Pengujian induktor inti ferit dengan tegangan masukan 0 Volt -20 Volt ..	25
Tabel 4.5 Pengujian induktor inti ferit dengan tegangan masukan 20 Volt -0 Volt ..	26



## ABSTRAK

Transformator adalah peralatan yang memiliki komponen induktor dan digunakan untuk memindahkan energi listrik dari rangkaian listrik satu ke rangkaian listrik lainnya secara induktif. Beberapa contoh bahan inti induktor dibuat dari baja, serbuk besi, ferit atau material lainnya. Bahan inti induktor bergantung pada beberapa faktor, termasuk aplikasinya, ketersediaan area, medan magnetisasi yang diizinkan, batasan-batasan lilitan, suhu operasi, frekuensi kerja dan bagaimana induktor ditempatkan pada suatu rangkaian.

Pada penelitian ini, dilakukan pengujian untuk membandingkan besarnya nilai rugi-rugi daya pada inti induktor dengan jenis inti induktor yang berbeda yaitu menggunakan induktor dengan jenis inti besi dan inti ferit. Kedua jenis ini dipilih karena kebanyakan induktor menggunakan jenis inti ini.

Pengujian pada kedua induktor dilakukan dengan mengubah tegangan masukan dari variac kemudian dilakukan pengukuran arus, tegangan, daya, dan  $\cos \phi$  pada induktor. Pengujian pada induktor inti besi dilakukan dengan memberikan tegangan masukan mulai dari 0 Volt hingga 240 Volt dengan arus maksimal pada tegangan 240 Volt sebesar 0,19 Ampere. Sedangkan pengujian induktor dengan inti ferit dilakukan dengan tegangan masukan 0 Volt hingga 20 Volt dan nilai arus maksimal yang terukur pada tegangan 20 Volt adalah 3,10 Ampere. Nilai rugi-rugi daya pada inti besi saat tegangan masukan sebesar 20 Volt sebesar 0,07 Watt, sedangkan rugi-rugi daya pada inti ferit sebesar 25,03 Watt .

Kata kunci : Rugi-rugi induktor, rugi-rugi inti, jenisbahan inti induktor.

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Generator, motor induksi, filter, dan transformator adalah contoh peralatan yang memiliki lilitan di dalamnya. Lilitan yang ada di dalam peralatan tersebut adalah salah satu contoh induktor. Pada dasarnya, komponen induktor tersusun atas susunan lilitan kawat yang membentuk kumparan. Prinsip kerja dari komponen induktor ini akan menimbulkan medan magnet ketika dialiri arus listrik.

Transformator adalah alat untuk memindahkan energi listrik dari rangkaian listrik satu ke rangkaian listrik lainnya secara induktif. Transformator adalah peralatan yang memiliki komponen induktor. Transformator memiliki lilitan primer sebagai input dan lilitan sekunder sebagai output dan terdiri dari satu inti (yang berbahan besi berlapis). Transformator digunakan untuk mengubah tingkat tegangan bolak-balik (AC) dari tegangan tinggi menjadi tegangan rendah atau sebaliknya.

Pada kenyataanya induktor merupakan gabungan dari induktansi dan resistansi karena resistivitas kawat. Selain menimbulkan rugi-rugi daya pada resistansi kawat, induktor berinti magnet juga akan mengalami rugi-rugi daya di dalam inti karena efek histeresis. Sehingga sangat sulit untuk menemukan induktor murni pada rangkaian listrik yaitu induktor yang hanya memiliki sifat induktansi tanpa resistansi.

Beberapa contoh bahan inti induktor dibuat dari baja, serbuk besi, ferit atau material lainnya. Bahan inti induktor bergantung pada beberapa faktor, termasuk aplikasinya, ketersediaan area, radiasi yang diizinkan, batasan-batasan lilitan, suhu



operasi, frekuensi kerja dan bagaimana induktor ditempatkan pada suatu rangkaian. Masing-masing bahan inti mempunyai karakteristik yang berbeda pada perbedaan frekuensi, suhu dan level daya, selain itu harga bahan bisa menjadi faktor signifikan dalam menentukan ukuran dan daya suatu induktor.

Hal inilah yang menginspirasi penulis untuk mengkaji pengaruh jenis bahan inti induktor terhadap rugi-rugi daya pada inti induktor agar dapat digunakan sebagai referensi saat akan memilih jenis inti induktor yang ingin digunakan.

### **1.2 Rumusan Masalah**

Dari uraian singkat diatas, permasalahan yang akan dibahas dalam penulisan tugas akhir ini yaitu mengetahui besarnya rugi-rugi daya pada induktor jenis inti besi dan inti ferrit.

### **1.3 Batasan Masalah**

Dengan adanya rumusan masalah yang harus diselesaikan pada penelitian ini, maka harus dibatasi pada hal – hal berikut :

1. Tidak dilakukan pembuatan induktor.
2. Tidak dilakukan pengukuran suhu pada induktor.
3. Tidak dilakukan pengujian sifat magnetik induktor.
4. Ukuran inti besi dan inti ferit memiliki ukuran yang sama

### **1.4 Tujuan Penelitian**

Tujuan penelitian dari Tugas Akhir ini adalah untuk mengetahui besarnya rugi-rugi daya pada inti yang ditimbulkan oleh induktor dengan inti besi dan ferit.

### **1.5 Manfaat Penelitian**

1. Menambah pengetahuan bidang ilmu pengetahuan dan teknologi khususnya teknik elektro yang memanfaatkan induktor.
2. Memberikan informasi tentang besar rugi-rugi daya pada inti induktor dengan jenis inti yang berbeda.



## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Tinjauan Pustaka**

Pada penelitian yang dilakukan oleh Eichhorn [1] dibahas tentang cara mudah melakukan perhitungan rugi-rugi pada induktor dengan sumber dari *datasheet* perusahaan pembuat induktor. Serta membahas frekuensi tegangan yang maksimal untuk beberapa induktor dengan jenis inti ferit.

Penelitian yang dilakukan oleh Swihart [2] dari Pennsylvania membahas tentang pemilihan ukuran, bahan, biaya serta keuntungan dan kerugian dari berbagai jenis inti besi yang digunakan pada inti induktor untuk mendapatkan efisiensi yang tinggi dari induktor.

Pada penelitian yang dilakukan oleh Putra [3] tentang analisa bagian induktor dalam rangkaian *boost converter* yang meliputi cara kerja induktor dengan bahan ferit dan dengan bentuk toroid, cara membuat induktor bentuk toroid dan penyelesaian masalah yang akan timbul dari rangkaian *boost converter* sehingga nanti bisa didapatkan karakteristik induktor berbahan ferit dan berbentuk toroid.

Pada penelitian yang dilakukan Kurniawan [4] membahas pembuatan induktor dengan inti ferit jenis E yang ada dipasaran dengan kawat enamel, dan mengujinya pada *boost converter* untuk melihat karakteristik, serta efisiensi dan tegangan maksimum yang dapat dicapai.

#### **2.2 Dasar Teori**

##### **2.2.1 Induktor**

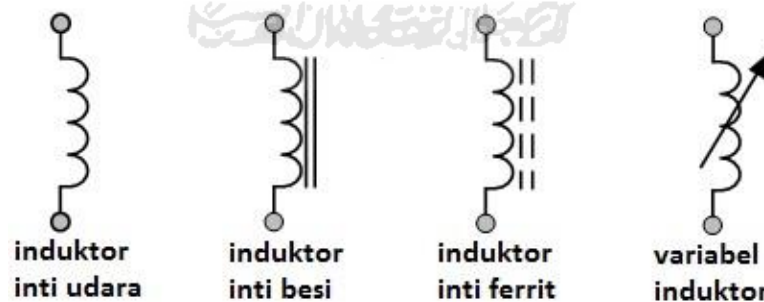
Induktor adalah komponen listrik yang berfungsi untuk menghasilkan medan magnetik, tegangan induksi atau arus induksi. Induktor bekerja menurut hukum

Faraday yaitu jika lilitan kawat dialiri arus listrik maka akan terjadi medan magnet disekitar lilitan kawat tersebut. Pada saat arus listrik ( $i$ ) melewati lilitan kawat ini, maka akan timbul fluks magnetik ( $N\Phi$ ) di sekitar induktor yang besarnya sebanding dengan kuat arus listrik yang melewatinya. Pada Gambar 2.1 ditunjukkan macam-macam induktor yang sering dijumpai dalam komponen elektronika.



Gambar 2.1. Jenis-jenis induktor yang ada dipasaran [2]

Induktor sering disebut juga *choke*. Simbol induktor seperti Gambar 2.2.



Gambar 2.2 Macam-macam simbol induktor [2]

### 2.2.2 Prinsip Kerja Induktor

Arus yang melewati induktor akan menghasilkan medan magnet yang besarnya berbanding lurus dengan arus listrik yang mengalir. Berbeda dengan

kapasitor mengalami kenaikan tegangan ketika sedang diisi muatan listrik, pada induktor akan timbul perubahan kenaikan arus listrik ketika diberi tegangan listrik, perubahan kenaikan arus listrik ini menciptakan induksi energi di dalam medan magnet, sehingga induktor mengatur perubahan arus listrik dan dengan tidak mengubah tegangan listrik. Kemampuan induktor ini disebut induktansi induktor dengan satuan henry (H) dan diberi simbol  $L$ . Untuk ukuran yang lebih kecil biasanya dinyatakan dalam satuan milihenry (mH), mikrohenry ( $\mu\text{H}$ ), nanohenry (nH) dan picohenry (pH).

Sebuah induktor mempunyai inti dengan luas penampang inti ( $A$ ), Jumlah lilitan kawat per satuan panjang ( $N$ ). Jadi jika sebuah induktor dengan  $N$  lilitan kawat yang memiliki sejumlah fluks magnetik ( $\Phi$ ) maka induktor akan mempunyai fluks magnetik total sebesar  $N \cdot \Phi$ . dan arus sebesar  $i$  yang mengalir melewatinya akan menghasilkan induksi fluks magnetik yang arahnya berlawanan dengan arah aliran arus listrik.

Laju perubahan medan magnetik ( $d\Phi/dt$ ) yang menginduksi tegangan besarnya proporsional dengan laju perubahan arus listrik ( $di/dt$ ). atau dapat ditulis:

$$N \frac{d\Phi}{dt} = \frac{\mu \cdot N^2 \cdot A}{l} \cdot \frac{di}{dt} \quad (2.1)$$

atau

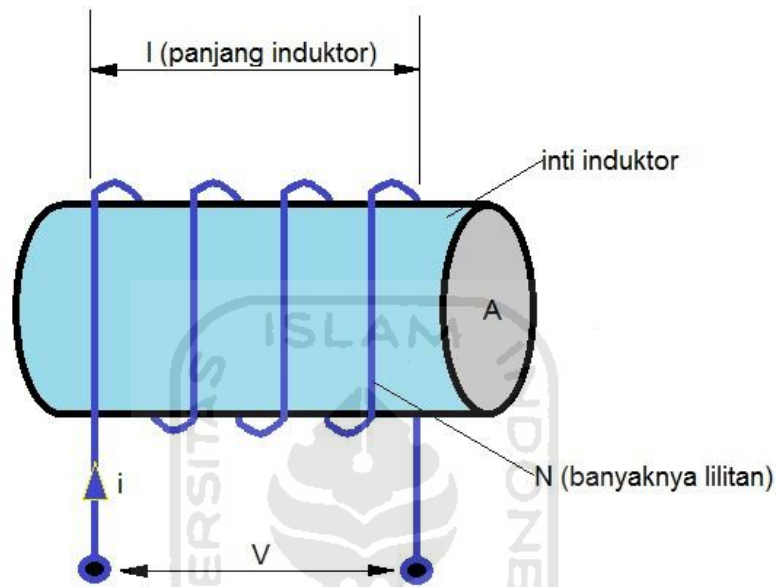
$$N \frac{d\Phi}{dt} = L \cdot \frac{di}{dt} \quad (2.2)$$

dimana  $L$  adalah induktansi induktor yang besarnya :

$$L = \frac{\mu \cdot N^2 \cdot A}{l} \quad (2.3)$$

Menurut hukum Faraday, semua perubahan fluks magnetik akan menghasilkan tegangan induksi yang besarnya

$$V_L = N \frac{d\Phi}{dt} = \frac{\mu \cdot N^2 \cdot A}{l} \cdot \frac{di}{dt} \quad (2.4)$$



Gambar 2.3 Konstruksi sebuah induktor sederhana [2]

Di mana :  $V_L$  adalah tegangan induksi (Volt),  $N$  adalah banyaknya lilitan,  $A$  adalah luas penampang inti ( $m^2$ ),  $\Phi$  adalah fluks magnetik (Wb),  $\mu$  adalah permeabilitas material inti,  $l$  adalah panjang induktor (m) dan  $(di/dt)$  adalah laju perubahan arus dalam satuan A/s. Tegangan induksi pada induktor berlaku persamaan:

$$dP = \left( L \cdot \frac{di}{dt} \right) \cdot i$$

$$dP = L \cdot i \cdot \frac{di}{dt}$$

$$\int dP = \int L \cdot i \cdot \frac{di}{dt}$$

$$P = L \int i \cdot \frac{di}{dt}$$

$$P = \frac{1}{2} L \cdot i^2 \quad (2.5)$$

Persamaan untuk mengetahui besarnya rugi histeresis dan rugi arus Eddy yaitu :

$$P_e = K_e \cdot f^2 \cdot B_{maks}^2 \quad (2.6)$$

$$P_h = K_h \cdot f \cdot B_{maks} \quad (2.7)$$

Keterangan :

$P_h$  = Rugi Histeresis (W/Kg)

$P_e$  = Rugi Arus Eddy (*Eddy Current*) (W/Kg)

$K_e, K_h$  = Konstanta bahan inti

$f$  = Frekuensi (Hz)

$B_{maks}$  = Nilai puncak medan magnet (T)

Sedangkan untuk menghitung nilai rugi-rugi daya pada inti induktor dihitung menggunakan persamaan 2.8.

$$P_{loss} = V \cdot I \cdot \cos \varphi \quad (2.8)$$

Dimana  $P_{loss}$  adalah besarnya rugi-rugi daya ( Watt ) pada inti induktor, V adalah tegangan ( Volt ), I adalah arus yang mengalir ( Ampere ), dan  $\cos \varphi$  adalah faktor daya.

### 2.2.3 Jenis – Jenis Inti Induktor

Induktor terdiri dari beberapa jenis. Perbedaan jenis-jenis induktor tersebut didasarkan pada bentuk serta bahan yang digunakan untuk membuat inti induktor.

Berbagai jenis inti induktor yaitu :

#### 2.2.3.1 Induktor Dengan Inti Udara (*Coreless Inductor*)

Induktor jenis ini tidak memakai material sebagai intinya, pada rangkaian radio frekuensi banyak menggunakan induktor jenis ini karena tidak ada rugi-rugi energi dan memiliki permeabilitas udara yang sangat rendah. Induktor jenis ini hanya tersedia dengan ukuran nilai induktansi yang kecil.



Gambar 2.4 Induktor inti udara [12]

#### 2.2.3.2 Induktor Dengan Inti Ferit (*Ferrite Core Inductor*)

Induktor dengan jenis inti ferit terbuat dari bahan bubuk keramik yang dipadatkan. Induktor dengan inti ferit ini paling banyak penggunaannya pada rangkaian elektronik terutama pada rangkaian frekuensi tinggi karena memiliki histeristis yang kecil dan arus Eddy yang sangat rendah.





Gambar 2.5 Induktor inti ferit [12]

### 2.2.3.3 Induktor Dengan Inti Besi (*Iron Core Inductor*)

Sesuai namanya inti pusat induktor ini terbuat dari bahan besi padat, namun arus Eddy dan histerestis yang dihasilkan oleh induktor jenis ini sangat besar sehingga hanya digunakan untuk aplikasi rendah dengan daya tinggi seperti pada power supply, inverter dan lain-lain serta nilai induktansi yang tersedia biasanya besar.



Gambar 2.6 Induktor inti besi [12]

#### 2.2.3.4 Induktor Dengan Inti Besi Laminasi (*Laminated Core Inductor*)

Inti induktor ini terbuat dari susunan lembaran baja tipis yang terlaminasi. Antar lapisan baja tipis ditempelkan secara kuat agar terbentuk inti yang padat, dan dipisahkan oleh lapisan isolasi untuk mencegah arus Eddy.



Gambar 2.7 Induktor inti besi laminasi [12]

#### 2.2.3.5 Induktor Inti Toroid (*Toroidal Core Inductor*)

Bentuk induktor jenis ini melingkar seperti donat, nilai induktansi dan faktor Q yang dimilikinya sangat tinggi, induktor ini banyak digunakan pada rangkaian power dan switching.



Gambar 2.8 Induktor inti toroid [12]

#### **2.2.4 Rugi – Rugi ( *Losses* ) Induktor**

Pada dasarnya di dalam sebuah induktor tidak hanya terdapat induktansi tetapi juga terdapat resistansi dan kapasitansi. Resistansi dan kapasitansi tersebut membuat sebuah induktor menjadi tidak ideal yaitu sebuah induktor yang tidak memiliki resistansi dan kapasitansi serta hanya memiliki induktansi. Induktor yang tidak ideal tersebut tidak dapat menimbulkan kerugian arus listrik dan hal tersebut tidak dapat dihindari karena sulit untuk mendapatkan sebuah induktor yang ideal. Secara umum rugi-rugi pada induktor yaitu :

##### **2.2.4.1 Rugi arus Eddy ( *Eddy Current Losses* )**

Rugi arus Eddy ( *Eddy Current Losses* ) disebabkan oleh perubahan medan magnet yang ditimbulkan aliran arus listrik pada sebuah induktor dan kerugian tersebut dapat menurunkan efektifitas arus bolak-balik ( *alternating current* ) dan meningkatkan tahanan dari induktor.

##### **2.2.4.2 Rugi Dielektrik ( *Dielectric Losses* )**

Pada dasarnya kerugian kumparan juga terjadi pada pengisolasian yang menutup kawat kumparan tersebut. Pengisolasian pada kawat kumparan tersebut umumnya menggunakan material-material dielektrik dan kerugian yang ditimbulkan akibat material-material tersebut dinyatakan sebagai kerugian dielektrik ( *dielectric losses* ). Rugi dielektrik ( *dielectric losses* ) tersebut dapat meningkatkan efektivitas tahanan dari sebuah kumparan dan hal tersebut tidak dapat dihindari terutama pada frekuensi tinggi walaupun menggunakan material-material dielektrik berkualitas tinggi seperti mika, resin dan polysterene.

##### **2.2.4.3 Rugi Histeresis ( *Hysteresis Losses* )**

Pada dasarnya *hysteresis* merupakan karakteristik dari sebuah material magnetik yang terjadi akibat keterlambatan magnetisasi dari intensitas medan

magnet. Karakteristik akibat keterlambatan magnetisasi tersebut dinyatakan sebagai rugi hysteresis (*hysteresis losses*).

Berdasarkan persamaan 2.8 besarnya nilai rugi-rugi pada induktor berbanding lurus dengan besar nilai tegangan dan arus yang mengalir pada induktor, sehingga diperlukan pengukuran arus, tegangan, dan  $\cos \phi$  pada induktor yang kemudian dihitung menggunakan persamaan 2.8. Karena besarnya nilai tegangan yang mengalir pada induktor berbanding lurus dengan nilai induktansi pada induktor sesuai persamaan 2.4, maka nilai induktansi dari bahan inti juga akan mempengaruhi besarnya nilai rugi-rugi pada induktor.

Besarnya nilai induktansi pada induktor bergantung dari permeabilitas bahan inti, jumlah lilitan, luas penampang inti, dan panjang lilitan pada inti, sehingga pada induktor yang diuji pada penelitian ini digunakan induktor dengan jenis inti yang berbeda untuk mengetahui bagaimana pengaruh perbedaan jenis bahan inti terhadap besarnya nilai rugi-rugi daya yang terjadi pada suatu inti induktor.

## BAB III METODE PENELITIAN

### 3.1 Bahan Penelitian

Bahan yang digunakan pada penelitian ini dua buah induktor dengan ukuran luas inti yang sama namun memiliki jenis bahan inti yang berbeda yaitu induktor dengan inti besi dan inti ferit.



Gambar 3.1 Induktor inti besi



Gambar 3.2 Induktor inti ferit

### 3.2 Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian dilakukan di Laboratorium Sistem Tenaga Listrik Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia. Alat pengukuran yang digunakan merupakan milik Laboratorium Sistem Tenaga Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia.

### 3.3 Alat Penelitian

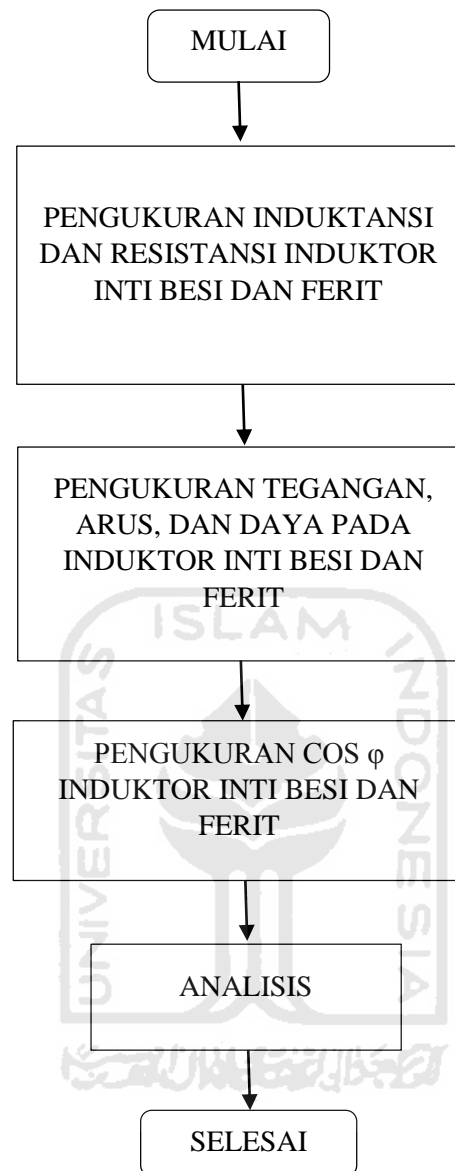
Alat yang digunakan dalam pengujian induktor pada penelitian ini yaitu :

Tabel 3.1 Alat pengukuran

Alat	Fungsi
Variac	Sebagai sumber tegangan untuk pengujian induktor
LCR Meter	Alat ukur resistansi dan induktansi
Watt Meter	Alat ukur tegangan, arus, dan daya
Cos $\phi$ Meter	Alat ukur faktor daya
Jumper	Untuk menghubungkan peralatan ke induktor
Penggaris	Alat ukur luas inti induktor
Microsoft excel	Perangkat lunak untuk menghitung rugi-rugi daya pada inti induktor dan membuat grafik rugi-rugi daya.

### 3.4 Alur Penelitian

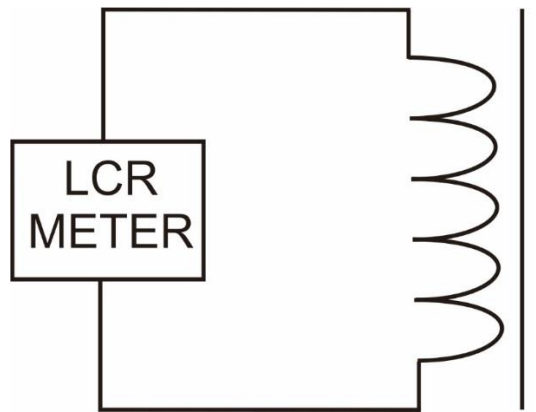
Adapun alur penelitian yang dilakukan untuk pengujian induktor seperti pada gambar 3.9 berikut.



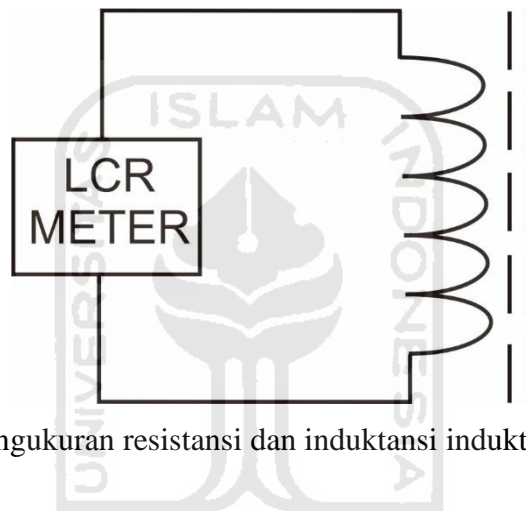
Gambar 3.3 Diagram alir penelitian

### 3.4.1 Pengukuran Induktansi dan Resistansi

Pengukuran induktansi dan resistansi dilakukan menggunakan LCR Meter. Pengukuran induktansi dan resistansi tersebut dilakukan langsung dengan cara mengatur probe pada LCR Meter dan memasang jepit buaya dari LCR Meter ke induktor. Pengujian tersebut seperti Gambar 3.4 dan Gambar 3.5 berikut.



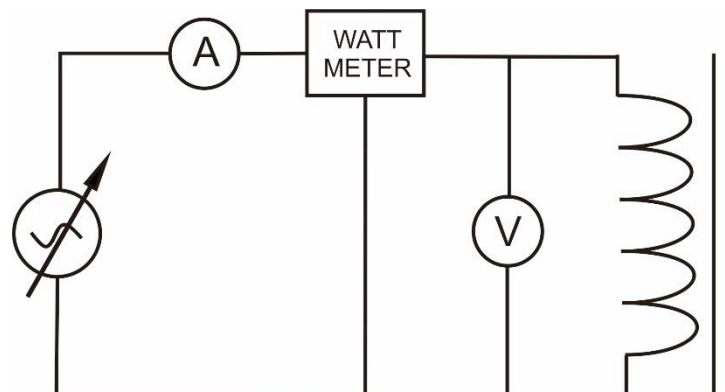
Gambar 3.4 Pengukuran resistansi dan induktansi induktor inti besi



Gambar 3.5 Pengukuran resistansi dan induktansi induktor inti ferit

### 3.4.2 Pengukuran Tegangan, Arus, dan Daya

Pengukuran tegangan, arus, dan daya pada induktor seperti gambar 3.12 berikut.



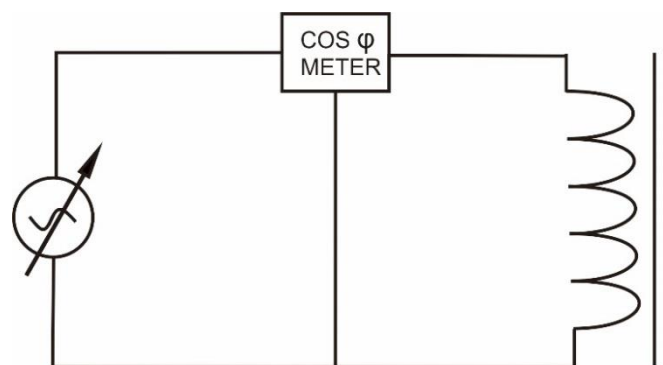
Gambar 3.6 Rangkaian pengukuran tegangan, arus, dan daya induktor



Pengujian induktor dilakukan untuk mengetahui besarnya nilai tegangan, arus dan daya. Variac digunakan sebagai input tegangan induktor dengan nilai tegangan yang berbeda dimulai dari 0 Volt hingga 240 Volt untuk induktor jenis inti besi, sedangkan untuk pengujian induktor dengan inti ferit tegangan divariasikan dari 0 sampai 20 Volt. Pengujian tiap induktor dilakukan sebanyak tiga kali pengujian dan masing-masing induktor diawali dengan diberi masukan 0 Volt hingga 240 Volt dan langsung diukur kembali untuk tegangan 240 Volt hingga 0 Volt. Hal ini bertujuan untuk mengetahui nilai rugi-rugi histeresis dari masing-masing induktor. Untuk pengujian inti ferit dengan tegangan maksimal 20 Volt untuk mencegah arus yang terlalu besar karena bisa merusak lilitan pada induktor sehingga tegangan maksimal yang digunakan sebesar 20 Volt.

### 3.4.3 Pengukuran $\cos \phi$

Pengukuran nilai  $\cos \phi$  ini dilakukan dengan tegangan input dari variac yang nilai sama dengan pengukuran tegangan, arus, dan daya yaitu tegangan diubah mulai dari 0 Volt – 240 Volt untuk induktor jenis inti besi dan untuk jenis inti ferit tegangan masukan 0 Volt – 20 Volt. Pengukuran ini dilakukan untuk mengetahui nilai  $\cos \phi$  yang akan digunakan untuk melakukan perhitungan rugi-rugi daya pada inti. Rangkaian pengujian  $\cos \phi$  pada induktor seperti gambar 3.13.



Gambar 3.7 Skema pengukuran  $\cos \phi$  pada induktor

### 3.4.3 Rugi-rugi Inti Induktor

Induktor yang digunakan memiliki jumlah lilitan yang sama sebanyak 440 lilitan dan luas penampang  $26,1 \text{ cm}^2$  untuk jenis inti besi dan inti ferit untuk mengetahui pengaruh jenis bahan inti induktor terhadap besarnya rugi-rugi (*losses*) daya pada inti induktor. Dari pengukuran nilai rugi-rugi inti induktor akan diketahui inti besi atau inti ferit yang akan bekerja lebih baik pada tegangan dengan frekuensi 50 Hz.



## BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Hasil Pengujian

Setelah dilakukan pengukuran induktansi dan resistansi didapatkan hasil pengukuran sebagai berikut :



Gambar 4.1 Hasil pengukuran induktansi inti besi



Gambar 4.2 Pengukuran resistansi inti ferit

Setelah dilakukan pengukuran resistansi dan induktansi didapatkan spesifikasi induktor pada tabel 4.1.

Tabel 4.1 Spesifikasi Induktor Bentuk Solenoid

Jenis Inti	Besi	Ferit	Simbol	Satuan
Jumlah Lilitan	440	440	N	Lilitan
Induktansi	0,780	0,014	L	Henry
Resistansi	1,92	1,90	R	$\Omega$
Luas Inti	26,1	26,1	A	cm <sup>2</sup>
Ukuran Kawat	1,2	1,2	d	mm <sup>2</sup>
Permeabilitas	5000	0,82	$\mu$	mH/m
Rating Arus	3	3	I <sub>r</sub>	Ampere

Pengujian induktor dilakukan menggunakan variac sebagai input variabel induktor dan wattmeter untuk mengukur nilai tegangan, arus, dan daya pada induktor. Pengujian yang dilakukan adalah pengujian hubung buka tanpa beban sebanyak tiga kali.



Gambar 4.3 Rangkaian pengukuran tegangan, arus, dan daya pada induktor

Tabel 4.2 Pengujian induktor inti besi tegangan masukan 0 Volt -240 Volt

V (Volt)	Pengujian I		Pengujian II		Pengujian III		Cos $\phi$
	I (Ampere)	P (Watt)	I (Ampere)	P (Watt)	I (Ampere)	P (Watt)	
0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00
20	0,01	0,20	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00
30	0,01	0,30	0,01	0,30	0,01	0,30	1,00
40	0,01	0,40	0,01	0,40	0,01	0,40	1,00
50	0,01	0,50	0,01	0,50	0,01	0,50	1,00
60	0,01	0,60	0,01	0,60	0,01	0,60	1,00
70	0,02	1,40	0,02	1,40	0,02	1,40	1,00
80	0,02	1,60	0,02	1,60	0,02	1,60	1,00
90	0,02	1,80	0,02	1,80	0,02	1,80	1,00
100	0,02	2,00	0,02	2,00	0,02	2,00	1,00
110	0,03	3,30	0,03	3,30	0,03	3,30	1,00
120	0,03	3,60	0,03	3,60	0,03	3,60	1,00
130	0,03	3,90	0,03	3,90	0,03	3,90	1,00
140	0,04	5,60	0,04	5,60	0,04	5,60	1,00
150	0,04	6,00	0,04	6,00	0,04	6,00	1,00
160	0,05	8,00	0,05	8,00	0,05	8,00	1,00
170	0,06	10,20	0,06	10,20	0,06	10,20	1,00
180	0,07	12,60	0,07	12,60	0,07	12,60	1,00
190	0,08	15,20	0,08	15,20	0,08	15,20	1,00
200	0,09	18,00	0,09	18,00	0,09	18,00	1,00
210	0,11	22,87	0,11	22,87	0,11	22,87	0,99
220	0,13	28,03	0,13	28,03	0,14	30,18	0,98
230	0,16	35,70	0,16	35,70	0,16	35,70	0,97
240	0,19	43,78	0,19	43,78	0,19	43,78	0,96



Pada pengujian pertama ini, induktor diberi input tegangan yang berbeda yaitu mulai dari 0 Volt hingga tegangan 240 Volt dan langsung dilanjutkan dengan penurunan tegangan input yaitu dari 240 Volt hingga 0 Volt. Hasil pengukuran daya pada pengujian pertama ini tidak terjadi perbedaan daya yang signifikan antara pengujian saat tegangan dinaikkan dari 0 Volt - 240 Volt atau saat tegangan diturunkan dari 240 Volt - 0 Volt. Setelah pengukuran pertama, kemudian dilanjutkan dengan pengukuran kedua untuk induktor yang sama.

Setelah pengujian kedua ini dapat dilihat bahwa mulai ada perbedaan daya pada induktor saat terjadi kenaikan tegangan dan penurunan tegangan. Perbedaan ini menunjukkan penurunan kinerja induktor jika dibandingkan dengan pengujian pertama dimana pada pengujian pertama hampir tidak ada perbedaan daya ketika terjadi kenaikan atau penurunan tegangan input yang diberikan. Dan setelah pengukuran kedua dilanjutkan dengan pengukuran ketiga tujuannya untuk mendapatkan data yang lebih presisi.

Dari hasil pengukuran ketiga ini perubahan daya saat tegangan input dinaikkan dan tegangan input diturunkan tidak terlalu besar. Dari ketiga hasil pengujian induktor maka didapatkan grafik nilai perbedaan daya inti dari induktor inti besi dengan menggabungkan perubahan daya hasil pengukuran pertama sampai ketiga. Setelah dilakukan pengujian induktor inti besi, kemudian dilanjutkan dengan pengujian yang sama untuk induktor dengan inti ferit.

Dari hasil pengukuran rugi daya inti yang terukur besarnya nilai tersebut tidak sesuai dengan perhitungan menggunakan persamaan 2.8 karena tidak menggunakan alat ukur  $\cos \phi$  yang sama dengan alat ukur daya sehingga hasil pengukuran menjadi tidak akurat.

Hasil pengukuran induktor inti ferit dapat dilihat pada tabel 4.4 dan 4.5 berikut.

Tabel 4.4 Pengujian induktor inti ferit dengan tegangan masukan 0 Volt -20 Volt

V (Volt)	Pengujian I		Pengujian II		Pengujian III		Cos $\phi$
	I (Ampere)	P (Watt)	I (Ampere)	P (Watt)	I (Ampere)	P (Watt)	
0	0,10	0,00	0,11	0,00	0,11	0,00	0,00
1	0,22	1,00	0,33	0,22	0,32	0,32	1,00
2	0,43	2,00	0,41	0,86	0,43	0,86	1,00
3	0,65	3,00	0,60	1,95	0,55	1,65	1,00
4	0,75	4,00	0,76	3,00	0,73	2,92	1,00
5	0,96	5,00	0,87	4,80	0,88	4,40	1,00
6	1,05	6,00	1,10	6,30	0,99	5,94	1,00
7	1,16	6,93	1,18	8,04	1,19	8,25	0,99
8	1,36	7,84	1,41	10,66	1,39	10,90	0,98
9	1,51	8,55	1,45	12,91	1,54	13,17	0,95
10	1,64	9,30	1,63	15,25	1,64	15,25	0,93
11	1,76	9,35	1,86	16,46	1,85	17,30	0,85
12	1,96	9,60	1,94	18,82	1,95	18,72	0,80
13	2,08	9,88	2,10	20,55	2,05	20,25	0,76
14	2,21	9,80	2,19	21,66	2,29	22,44	0,70
15	2,39	9,60	2,38	22,94	2,32	22,27	0,64
16	2,54	9,92	2,62	25,20	2,50	24,80	0,62
17	2,74	10,20	2,69	27,95	2,66	27,13	0,60
18	2,86	10,44	2,86	29,86	2,82	29,44	0,58
19	3,06	10,26	2,97	31,40	3,00	30,78	0,54
20	3,10	10,40	3,18	32,24	3,12	32,45	0,52



Tabel 4.5 Pengujian induktor inti ferit dengan tegangan masukan 20 Volt -0 Volt

V (Volt)	Pengujian I		Pengujian II		Pengujian III		Cos $\phi$
	I (Ampere)	P (Watt)	I (Ampere)	P (Watt)	I (Ampere)	P (Watt)	
20	3,10	32,24	3,18	33,07	3,13	32,55	0,52
19	3,05	31,29	2,98	30,57	3,01	30,88	0,54
18	2,92	30,48	2,85	29,75	2,88	30,07	0,58
17	2,73	27,85	2,73	27,85	2,64	26,93	0,60
16	2,59	25,69	2,59	25,69	2,56	25,40	0,62
15	2,44	23,42	2,40	23,04	2,38	22,85	0,64
14	2,24	21,95	2,32	22,74	2,29	22,44	0,70
13	2,09	20,65	2,09	20,65	2,07	20,45	0,76
12	1,88	18,05	1,95	18,72	1,92	18,43	0,80
11	1,78	16,64	1,74	16,27	1,80	16,83	0,85
10	1,58	14,69	1,64	15,25	1,64	15,25	0,93
9	1,54	13,17	1,51	12,91	1,42	12,14	0,95
8	1,38	10,82	1,20	9,41	1,30	10,19	0,98
7	1,14	7,90	1,19	8,25	1,20	8,32	0,99
6	1,01	6,06	1,08	6,48	1,08	6,48	1,00
5	0,85	4,25	0,88	4,40	0,97	4,85	1,00
4	0,71	2,84	0,77	3,08	0,77	3,08	1,00
3	0,53	1,59	0,55	1,65	0,55	1,65	1,00
2	0,47	0,94	0,42	0,84	0,44	0,88	1,00
1	0,26	0,26	0,32	0,32	0,33	0,33	1,00
0	0,10	0,00	0,11	0,00	0,11	0,00	0,00

Pada pengujian pertama induktor inti ferit ini tegangan masukan dari variac dibatasi hingga tegangan 20 Volt karena arus yang mengalir sudah mencapai rating arus maksimal induktor yaitu 3,10 Ampere. Berdasarkan tabel 4.4 pengujian induktor inti ferit rugi daya pada inti induktor cukup besar meskipun tegangan

masukan dari variac hanya 20 Volt yaitu 32,24 Watt. Pengujian tersebut dilakukan karena arus maksimal dari induktor yang digunakan adalah 3 Ampere sehingga tegangan dibatasi agar tidak merusak induktor tersebut. Setelah itu dilakukan pengujian kedua pada induktor inti ferit dengan pengujian yang sama dengan pengujian pertama.

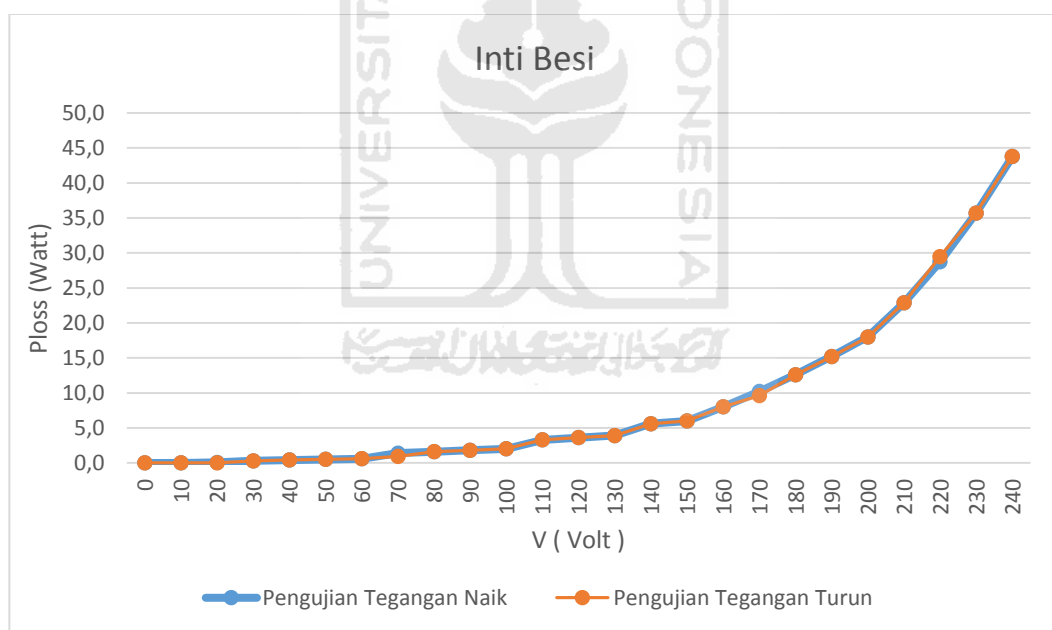
Berdasarkan hasil pengujian kedua induktor inti ferit ini dapat dilihat hasil yang tidak jauh berbeda dengan pengujian pertama yaitu tegangan pengujian maksimal sebesar 20 Volt dengan arus terukur 3,18 Ampere. Lalu dilakukan lagi pengujian ketiga untuk induktor inti ferit dengan arus maksimal pada tegangan masukan 20 Volt sebesar 3,12 Ampere dengan rugi daya pada inti yang terukur sebesar 33,07 Watt pada pengujian kedua dan 32,55 Watt pada pengujian ketiga. Pengujian induktor dengan inti ferit ini juga dilakukan dengan memberikan tegangan masukan dari 0-20 Volt dan tegangan masukan diturunkan 20-0 Volt dengan hasil seperti pada tabel 4.5.

Pada hasil pengukuran rugi daya inti ferit ini juga tidak sesuai jika dibandingkan dengan perhitungan menggunakan persamaan 2.8 karena tidak menggunakan alat ukur yang sama dengan alat ukur daya sehingga pengukuran  $\cos \phi$  menjadi tidak akurat.

## 4.2 Pembahasan

Pada pengujian yang dilakukan pada induktor dengan inti besi dilakukan uji variabel tegangan sampai 240 Volt seperti tabel 4.1 dengan arus maksimal pada tegangan 240 Volt sebesar 0,10 Ampere. Sedangkan pada induktor dengan inti ferit

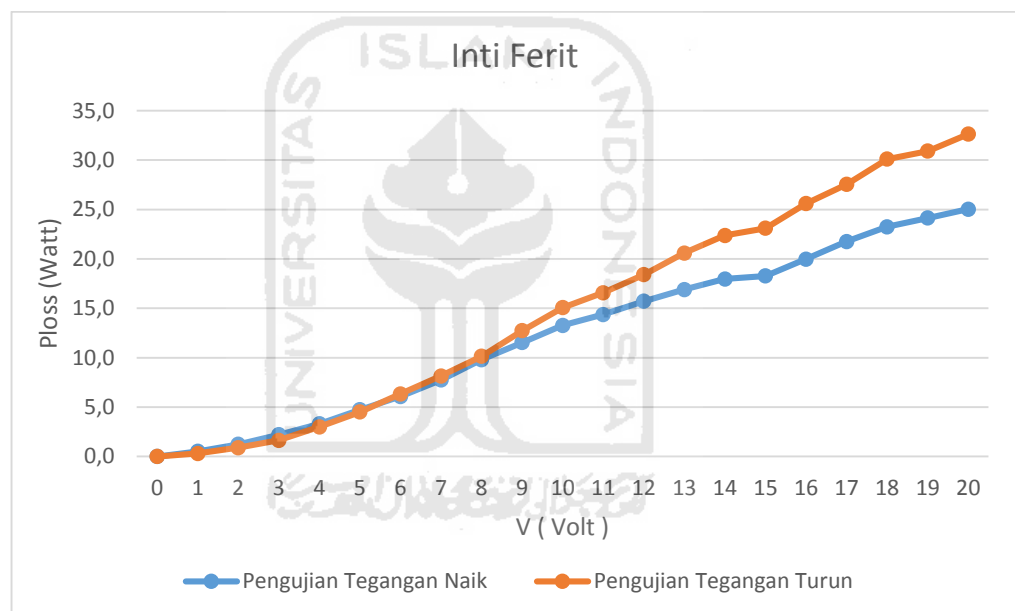
pengujian tegangan dilakukan pengujian hingga tegangan 20 Volt dengan arus maksimal 3,10 Ampere. Pengujian yang dilakukan yaitu pengujian saat tegangan naik dan tegangan turun. Tujuannya untuk mengetahui kemampuan induktor ketika terjadi perubahan tegangan apakah akan ada perbedaan daya pada induktor saat tegangan input naik atau tegangan input turun. Berdasarkan data hasil pengujian, arus yang mengalir pada induktor nilainya lebih kecil daripada arus yang mengalir pada induktor inti ferit. Serta rugi daya yang terukur pada induktor inti besi nilainya lebih kecil daripada induktor dengan inti ferit. Setelah mendapatkan nilai tegangan, arus, dan daya pada masing-masing inti lalu dibuat grafik rugi-rugi pada inti besi seperti pada gambar 4.4.



Gambar 4.4 Grafik rugi daya inti besi

Grafik 4.4 diatas adalah grafik daya pada induktor inti besi dimana terdapat perbedaan daya yang terukur saat dilakukan pengujian tegangan, yaitu tegangan input yang nilainya meningkat mulai dari 0 Volt sampai 240 Volt dan sebaliknya. Besarnya nilai rugi daya inti yang terukur yaitu 12,33 Watt. Perbedaan daya yang

terjadi pada saat pengujian dengan tegangan naik dan tegangan turun adalah rugi-rugi inti pada induktor. Dari pengujian inti induktor diatas, nilai selisih rata-rata antara pengujian saat tegangan input naik dan tegangan input turun pada kedua inti sebesar 0,37 Watt. Pengujian pada induktor inti besi bisa dilanjutkan jika tegangan input dari variac bisa dinaikkan menjadi tegangan yang lebih tinggi, namun pada penelitian ini variac yang digunakan hanya memiliki tegangan maksimal sebesar 240 Volt. Sedangkan untuk rugi daya pada induktor inti ferit dapat dilihat pada gambar 4.5.



Gambar 4.5 Grafik rugi daya inti ferit

Jika pengujian pada inti besi dapat dilakukan sampai tegangan 240 Volt, inti ferit hanya dilakukan sampai tegangan masukan sebesar 20 Volt. Jika tegangan masukan sebesar 20 Volt maka arus yang terukur sebesar 3,12 Ampere. Pengujian dengan tegangan tersebut dihentikan agar tidak merusak lilitan pada induktor. Hal ini dilakukan karena kemampuan induktor hanya dapat bekerja hingga arus maksimal 3 Ampere.

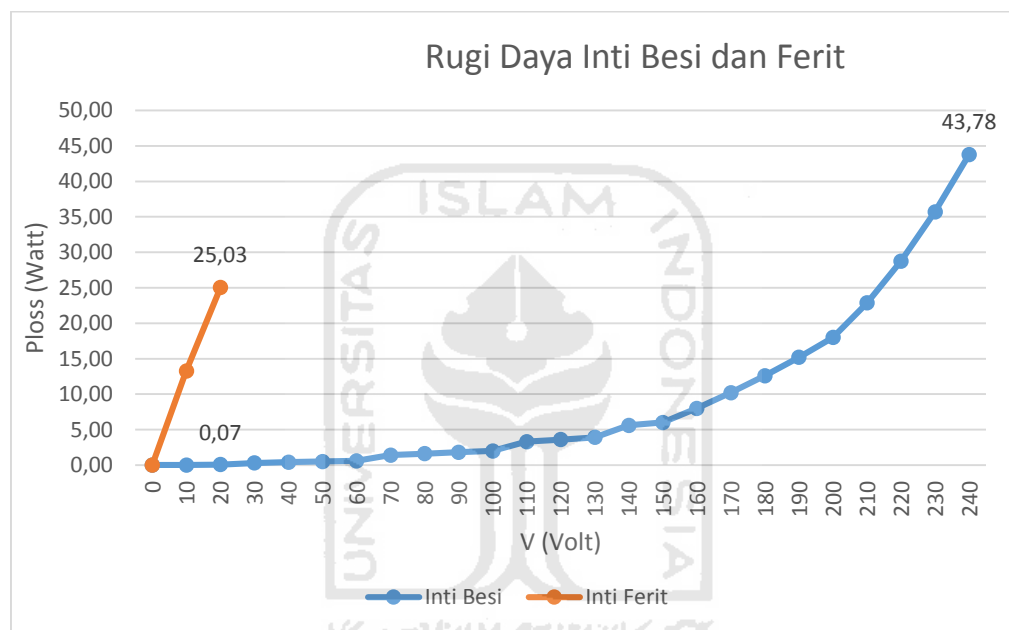
Jenis inti besi dan ferit juga bisa digunakan pada peralatan elektronika lain yang bekerja dengan prinsip induksi elektromagnetik seperti transformator, generator, magnetik kontaktor dan lain-lain karena bahan inti jenis besi memiliki efisiensi yang tinggi. Penggunaan jenis inti besi dan ferit ini juga karena sifat magnetisasi yang bisa segera hilang dan dapat digunakan pada frekuensi 50 Hz. Perbandingan rugi-rugi daya pada inti induktor dapat dilakukan pengukuran dan perhitungan yaitu dengan mengukur variabel yang diperlukan dalam perhitungan.

Untuk pengukuran rugi inti histeresis dan arus Eddy dapat dilakukan menggunakan generator frekuensi yaitu generator dengan frekuensi yang dapat diubah untuk mengetahui respon induktor jika bekerja pada frekuensi yang berbeda. Yaitu dengan mengukur nilai kerapatan fluks ( $B$ ) dan kuat medan magnet pada induktor ( $H$ ) untuk mendapatkan grafik histeresis pada masing-masing bahan. Pengukuran nilai kerapatan fluks ( $B$ ) dan kerapatan magnet ( $H$ ) hanya dapat dilakukan dengan menggunakan tesla meter. Pengukuran histeresis dan arus Eddy tidak dapat dilakukan secara terpisah sedangkan nilai rugi daya pada inti induktor diukur menggunakan wattmeter. Untuk perbandingan inti dari besi dan ferit dapat dibandingkan dengan mengukur nilai rugi daya yang ditimbulkan pada kedua inti tersebut.

Besarnya rugi inti pada inti induktor terdiri rugi arus Eddy dapat dihitung dengan persamaan 2.6 dan rugi-rugi histeresis dapat dihitung dengan persamaan 2.7. Dimana nilai koefisien arus Eddy merupakan nilai yang besarnya tergantung dari jenis bahan inti dan tidak dapat diukur. Nilai koefisien ini bergantung pada jenis bahan yang digunakan untuk membuat inti tersebut. Sedangkan nilai kerapatan fluks ( $B$ ) nilainya bergantung pada nilai permeabilitas relatif bahan. Dimana nilai

kerapatan fluks berbanding lurus dengan nilai permeabilitas. Semakin besar nilai permeabilitas maka nilai kerapatan fluks akan semakin besar.

Penggunaan induktor jenis inti ferit kurang baik jika digunakan pada frekuensi rendah, induktor dengan inti ferit akan menghasilkan *losses* yang lebih besar daripada inti besi. Perbandingan besarnya rugi-rugi daya yang ditimbulkan dari inti besi dan inti ferit dapat digambarkan seperti pada grafik 4.6 berikut.



Gambar 4.6 Perbandingan rugi-rugi induktor inti besi dan inti ferit

Saat tegangan masukan sebesar 20 Volt, daya yang terukur sebesar 25,03 Watt sedangkan untuk tegangan masukan yang sama yaitu sebesar 20 Volt daya yang terukur pada inti besi nilainya sebesar 0,07 Watt. Selisih dari rugi-rugi inti yang ditimbulkan dari inti besi dan inti ferit sebesar 26,34 Watt pada saat tegangan masukan dari variac sebesar 20 Volt sehingga lebih efisien menggunakan induktor inti besi jika frekuensi kerja yang digunakan adalah frekuensi rendah seperti frekuensi 50 Hz. Pentingnya mengetahui frekuensi pada tegangan kerja sangat diperlukan agar tidak salah dalam memilih induktor yang akan dipakai. Karena

besarnya rugi arus pusar yang ditimbulkan adalah nilai kuadrat dari frekuensi kerja, sehingga semakin besar frekuensi kerja maka nilai rugi arus pusar juga akan semakin besar. Oleh karena itu, rugi-rugi yang ditimbulkan pada inti induktor juga bergantung pada frekuensi kerja yang digunakan.

$V$  adalah tegangan yang mengalir dalam Volt dan arus  $I$  dalam ampere. Sedangkan  $\cos \phi$  adalah faktor daya. Besarnya rugi daya pada inti induktor berbanding lurus dengan nilai tegangan, arus dan  $\cos \phi$ . Semakin besar nilai arus yang mengalir maka nilai rugi daya yang ditimbulkan akan semakin besar, sehingga rugi daya pada inti induktor dengan bahan ferit akan lebih besar jika dibandingkan dengan inti besi. Hal ini terjadi karena frekuensi kerja yang rendah dan tidak sesuai dengan frekuensi kerja ferit. Selain itu pengujian yang dilakukan pada inti ferit hanya sampai tegangan 20 Volt agar arus maksimal yang mengalir adalah 3 Ampere agar tidak merusak induktor, sehingga untuk mengetahui nilai rugi-rugi daya pada inti induktor dapat diukur menggunakan wattmeter, tidak seperti melakukan pengukuran rugi inti histeresis dan arus pusar (*Eddy current*).

Nilai  $\cos \phi$  pada induktor inti besi cukup baik untuk frekuensi 50 Hz sampai dengan tegangan input 240 Volt adalah 0,96 sedangkan nilai  $\cos \phi$  induktor dengan inti ferit cukup rendah, yaitu 0,54 pada tegangan input 20 Volt inti jenis ferit memiliki efisiensi yang rendah jika bekerja pada frekuensi 50 Hz.

## **BAB V**

### **PENUTUP**

#### **5.1 Kesimpulan**

1. Perbedaan bahan inti pada induktor akan mempengaruhi kemampuan hantar magnetis pada induktor.
2. Untuk pengujian dengan tegangan masukan sebesar 20 Volt, grafik nilai  $\cos \phi$  induktor jenis inti besi dengan tegangan masukan 20 Volt sebesar 1,00 sedangkan untuk tegangan masukan 20 Volt nilai  $\cos \phi$  induktor jenis inti ferit sebesar 0,54.
3. Rugi daya pada inti yang ditimbulkan pada saat tegangan masukan sebesar 20 Volt pada inti besi adalah saat 0,07 Watt, sedangkan pada inti ferit yang rugi daya yang ditimbulkan sebesar 25,03 Watt.
4. Induktor inti besi lebih baik jika digunakan pada frekuensi rendah, sedangkan induktor inti ferit akan lebih baik jika digunakan pada frekuensi tinggi.

#### **5.2 Saran**

1. Penelitian yang telah dilakukan dapat dilanjutkan dengan variabel yang berbeda seperti pengujian dengan membandingkan bahan inti induktor yang menggunakan udara dan inti yang lainnya.
2. Dalam melakukan pengukuran harus menggunakan peralatan yang memiliki kepresisian tinggi dan harus lebih teliti dalam pembacaannya.



## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Eichhorn, Travis. 2005. *Estimate Inductor Losses Easily in Power Supply Designs*. California : Power Electronic Technology.
- [2] Swihart. 2014. *Inductor Core – Material and Shape Choice*. Pennsylvania : Manager of Applications Engineering, Division of Spang & Co.
- [3] Iskandar, Adhitya Putra. 2012. *Analisa Karakteristik Induktor Toroid Pada Rangkaian Boost Converter* . Depok : Jurnal Penelitian Universitas Indonesia.
- [4] Ervant, Dodi Kurniawan. 2012. *Analisis Power Induktor Tipe E Dengan Kawat Enamel Pada Boost Converter*. Depok : Jurnal Penelitian Universitas Indonesia.
- [5] Dickson Kho. 2014. *Pengertian dan Fungsi Induktor Beserta Jenis-jenisnya*. [Online] Tersedia : <http://teknikelektronika.com/pengertian-dan-fungsi-induktor-beserta-jenis-jenis-induktor>. Diakses 07 Agustus 2016
- [6] Djukarna. 2014. *Teori Dasar Induktor*. [Online] Tersedia : <https://djukarna.wordpress.com/2014/10/03/teori-dasar-induktor>. Diakses tanggal 07 Agustus 2016.
- [7] Hardiananto. 2010. *Kurva Histeresis*. [Online] Tersedia : <https://hardiananto.wordpress.com/tag/kurva-hysteresis>. Diakses tanggal 07 Agustus 2016.
- [8] Iskandar, Adhitya Putra. 2012. *Analisa Karakteristik Induktor Toroid Pada Rangkaian Boost Converter* . Depok : Jurnal Penelitian Universitas Indonesia.

- [9] Nursiyanto, Soegijono, dan Djatmiko. 2015. *Pengaruh Bentuk Notch Terhadap Kurva Histerisis Bahan Feromagnetik Nanowire*. Jakarta : E-Jurnal SNF-2015.
- [10] Umarella, Fahmi. 2012. *Analisa Induktor Toroid Binokuler Pada Rangkaian Boost Converter*. Depok : Jurnal Penelitian Universitas Indonesia.
- [11] Umar Sidik. 2013. *Inductor*. [Online] Tersedia : <https://www.academia.edu/4591775/Inductor>. Diakses 18 Agustus 2016.
- [12] Sofwan. 2015. [Online] Induktor. <http://sofwannsts18.blogspot.co.id/2015/05/induktor-a.html>. Diakses tanggal 05 Oktober 2016.

