



**ANALISA PENGARUH PANJANG KUMPARAN PRIMER PADA
TRANSFORMATOR TERHADAP GAYA GERAK LISTRIK
YANG DIHASILKAN**

SKRIPSI

Oleh

**Muhammad Syukron Ali
NIM 121810201045**

**JURUSAN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS JEMBER
2017**



**ANALISA PENGARUH PANJANG KUMPARAN PRIMER PADA
TRANSFORMATOR TERHADAP GAYA GERAK LISTRIK
YANG DIHASILKAN**

SKRIPSI

diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat
untuk menyelesaikan Program Studi Fisika (S-1)
dan untuk mencapai gelar Sarjana Sains

Oleh

**Muhammad Syukron Ali
NIM 121810201066**

**JURUSAN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS JEMBER
2017**

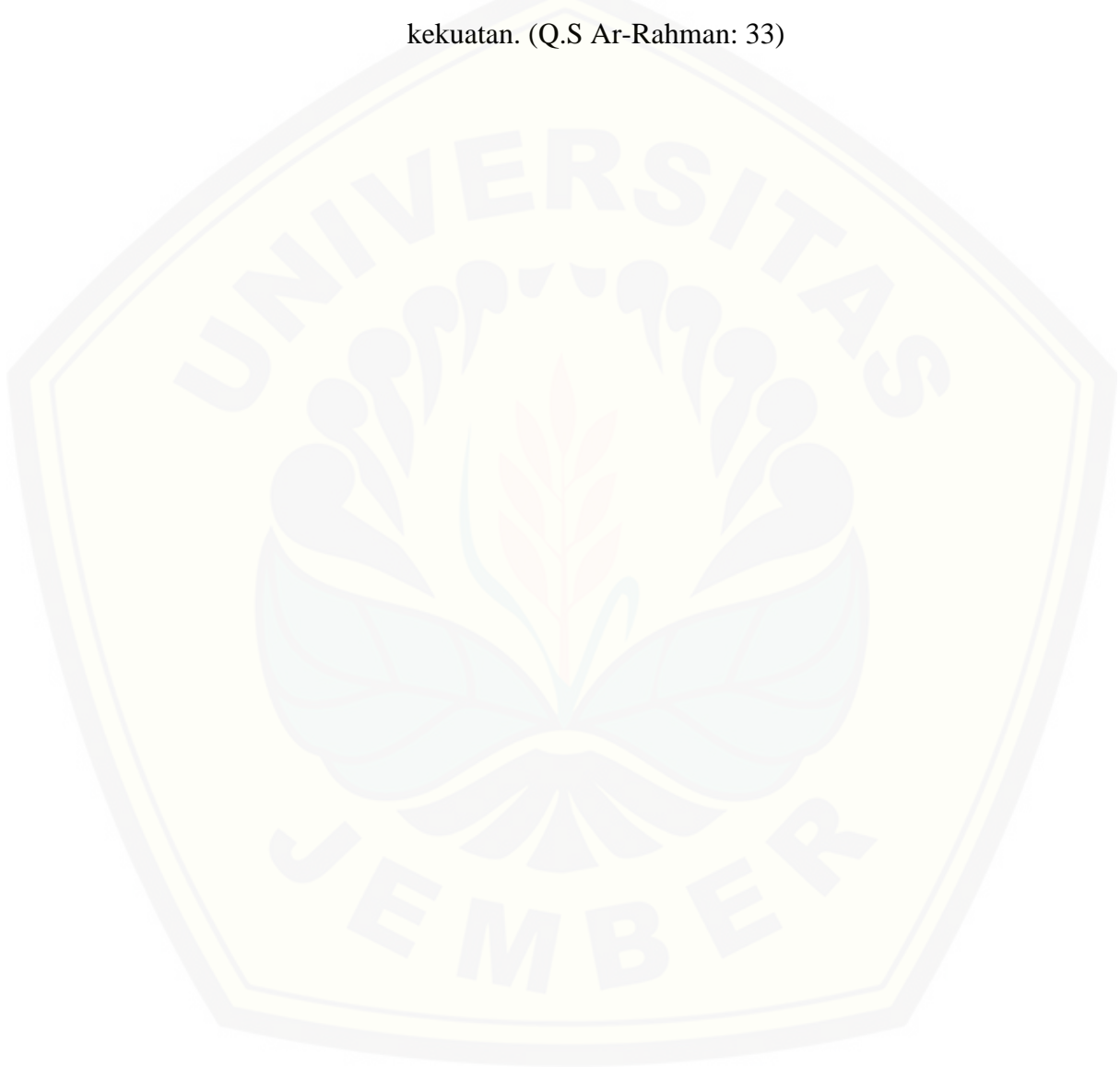
PERSEMBAHAN

Skripsi ini saya persembahkan untuk :

1. Kedua orang tua tercinta, saya ucapkan terima kasih atas segala jasa dan waktu yang diberikan kepada saya sehingga saya mampu berdiri dan memaknai kehidupan dengan baik;
2. Seluruh saudara yang tak pernah lelah memberi bantuan semangat kepada saya dalam menyelesaikan skripsi;
3. Guru-guru saya yang telah menyalurkan ilmunya dengan semangat;
4. Almamater jurusan fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.

MOTTO

Hai jamaah jin dan manusia, jika kamu sanggup menembus (melintasi) penjuru langit dan bumi, maka lintasilah; kamu tidak dapat menembus melainkan dengan kekuatan. (Q.S Ar-Rahman: 33)



^[1]Departemen Agama Republik Indonesia. 2004. *Al-Qur'an dan Terjemahannya*. Bandung: J-ART.

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Muhammad Syukron Ali

NIM : 121810201045

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul: “*Analisa Pengaruh Panjang Kumparan Primer pada Transformator terhadap Gaya Gerak Listrik yang Dihasilkan*” adalah benar-benar hasil karya ilmiah sendiri, kecuali jika dalam pengutipan substansi disebutkan sumbernya, dan belum pernah diajukan pada institusi mana pun, serta bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Penelitian ini merupakan bagian dari penelitian bersama dosen dan mahasiswa, dan hanya dapat dipublikasikan dengan mencantumkan nama dosen pembimbing.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa adanya tekanan dan paksaan dari pihak mana pun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 3 Juli 2017

Yang Menyatakan,

Muhammad Syukron Ali

NIM 121810201045

SKRIPSI

**ANALISA PENGARUH PANJANG KUMPARAN PRIMER PADA
TRANSFORMATOR TERHADAP GAYA GERAK LISTRIK
YANG DIHASILKAN**

Oleh

Muhammad Syukron Ali
NIM 121810201045

Pembimbing

Dosen Pembimbing Utama : Bowo Eko Cahyono, S.Si., M.Si., Ph.D.

Dosen Pembimbing Anggota : Supriyadi, S.Si., M.Si.

PENGESAHAN

Skripsi berjudul “Analisa Pengaruh Panjang Kumparan Primer pada Transformator terhadap Gaya Gerak Listrik yang Dihasilkan”, telah diuji dan disahkan secara akademis pada :

hari, tanggal :

tempat : Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Universitas Jember

Tim Penguji :

Ketua ,

Anggota I

Bowo Eko Cahyono, S.Si., M.Si., Ph.D.

NIP 197202101998021001

Anggota II

Supriyadi, S.Si., M.Si.

NIP 198204242006041003

Anggota III

Agung Tjahjo Nugroho, S.Si., M.Phill., Ph.D.

NIP 1968121919994021001

Ir. Misto, M.Si.

NIP 195911211991031002

Mengesahkan

Dekan,

Drs. Sujito, Ph.D

NIP 196102041987111001

RINGKASAN

Analisa Pengaruh Jumlah Lilitan per Satuan Panjang Kumputan Primer pada Transformator terhadap Gaya Gerak Listrik yang Dihasilkan; Muhammad Syukron Ali, 121810201045; 2017: 39 halaman; Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.

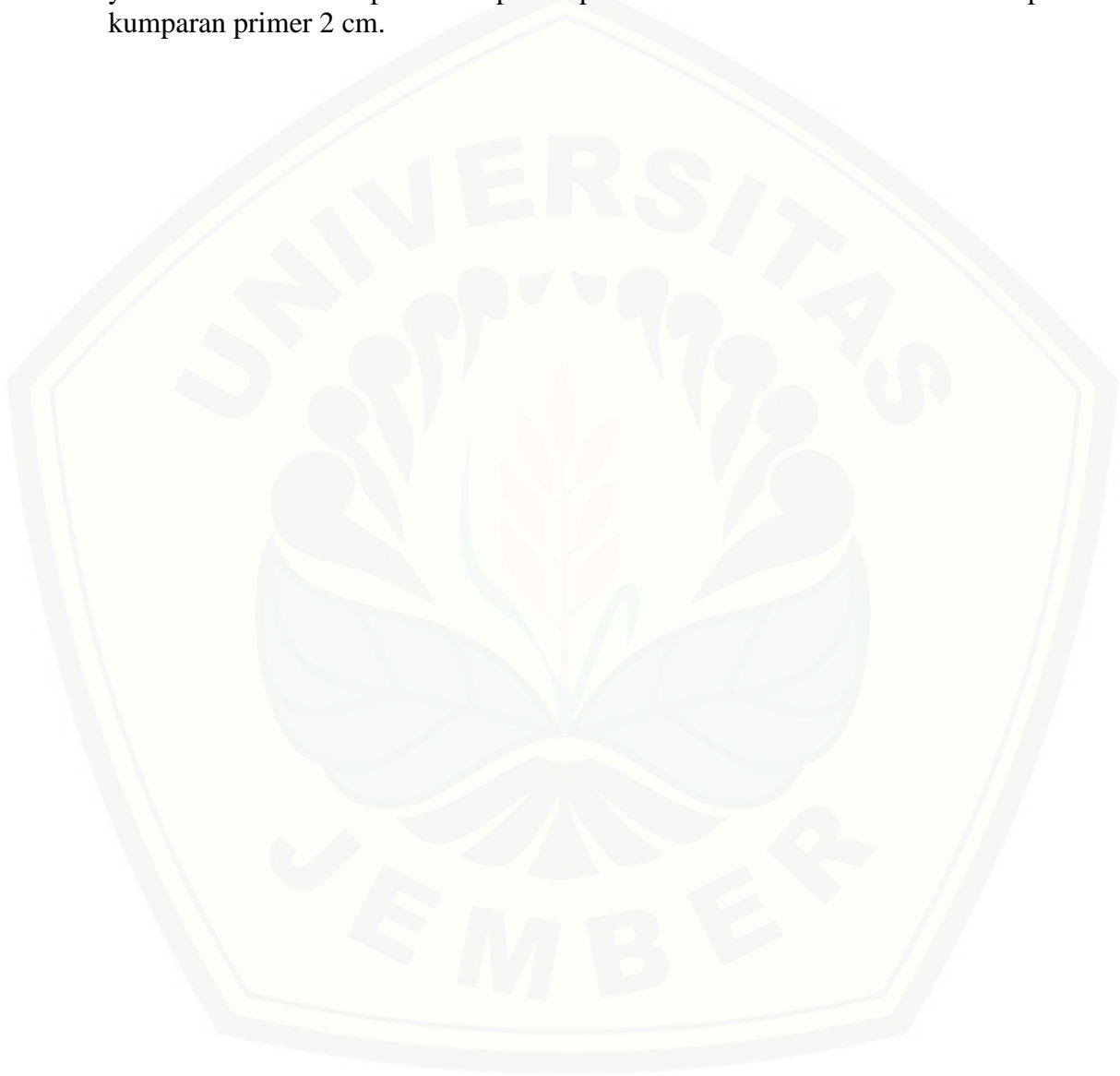
Transformator dibuat untuk menyesuaikan tegangan yang dibutuhkan dalam konsumsi energi listrik arus bolak balik. Dimana sebuah peralatan elektronik memiliki spesifik tegangan tertentu dalam menjalankannya. Seperti tegangan listrik yang dijual oleh pembangkit listrik Negara (PLN) yaitu 220 V, sehingga dibutuhkan sebuah transformator yang dapat menghasilkan tegangan keluaran tetap pada kisaran tersebut. Berdasarkan kebutuhan tersebut sehingga dilakukan penelitian untuk mengkaji pengaruh variasi panjang kumputan primer terhadap tegangan yang dihasilkan.

Tujuan dilakukannya penelitian ini adalah untuk mengetahui hubungan pengaruh variasi panjang kumputan primer terhadap tegangan yang dihasilkan. Hubungan variasi panjang kumputan primer terhadap tegangan keluaran kumputan sekunder dibuat dalam bentuk tabel dan grafik. Selain itu, juga dilakukan analisis pengaruh variasi panjang kumputan primer terhadap daya listrik pada transformator. Dimana daya listrik yang diukur untuk mengetahui besar konsumsi listrik dari setiap variasi kumputan pada transformator.

Pengukuran tegangan keluaran kumputan sekunder dilakukan pada setiap variasi panjang kumputan primer. Variasi panjang kumputan primer dari 1 cm hingga 15 cm dengan selisih 1 cm. Sedangkan untuk kumputan sekunder berjumlah 3 yaitu dengan panjang 3 cm, 6 cm, dan 9 cm. Begitu juga pengukuran daya listrik dilakukan pada setiap variasi panjang kumputan primer, dengan metode 3 volt meter. Dari hasil pengukuran tersebut dihitung daya listrik dan sudut faktor daya. Sedangkan untuk menentukan besar kesalahan pengukuran digunakan standart deviasi.

Besar tegangan keluaran yang terukur pada kumputan sekunder berubah secara linier terhadap variasi panjang kumputan primer, yaitu semakin panjang kumputan primer tegangan yang terukur semakin kecil. Besar *R-square* dari grafik untuk kumputan sekunder 3 cm, 6 cm, dan 9 cm yaitu 0.9603, 0.9775, dan 0.9822. Namun bila dilihat dari seluruh data pada kumputan sekunder yang sama, terdapat beberapa anomali, yaitu dengan bertambah panjang kumputan primer, tegangan yang terukur tidak mengalami penurunan. Yaitu untuk kumputan sekunder 3 cm terjadi pada panjang kumputan primer 12 cm. Sedangkan pada kumputan sekunder 6 cm terjadi pada panjang kumputan primer 10 cm, dan 14 cm. Dan pada kumputan sekunder 9 cm terjadi pada kumputan primer 15 cm. Untuk sudut faktor daya didapatkan nilai yang perubahannya tidak terlalu baik. Hal ini bila ditinjau dari pengaruh panjang kumputan terhadap pergeseran daya tidak terlalu besar berdasarkan persamaan. Besar sudut faktor daya yang didapatkan berkisar pada 76^0 hingga 78^0 untuk setiap variasi panjang kumputan primer dengan panjang kumputan sekunder 3 cm. Untuk panjang kumputan sekunder 6 cm didapatkan besar sudut berkisar 76^0 hingga 77^0 . Sedangkan pada kumputan sekunder 9 cm besar sudut faktor daya yaitu berkisar pada 76^0 hingga

79⁰. Ketika dilihat dari besar kesalah pengukuran dengan standar deviasi nilai terkecil pada kumparan sekunder 3 cm yaitu 12.7⁰ pada kumparan primer 13 dan 15 cm dan terbesar 13.5⁰ pada kumparan primer 1 dan 2 cm. Untuk panjang kumparan sekunder 6 cm kesalah pengukuran dari standar deviasi yaitu terkecil 12.4⁰ pada kumparan primer 14 cm dan terbesar 13.1⁰ pada kumparan primer 2 cm. Sedangkan pada kumparan sekunder 9 cm besar kesalah dari standar deviasi yaitu terkecil 12.6⁰ pada kumparan primer 15 cm dan terbesar 13.2⁰ pada kumparan primer 2 cm.



PRAKATA

Puji syukur kehadiran Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya kepada penulis sehingga mampu menyelesaikan Skripsi berjudul *“Analisa Pengaruh Panjang Kumparan Primer Pada Transformator Terhadap Gaya Gerak Listrik Yang Dihasilkan”*. Skripsi ini disusun untuk memenuhi persyaratan untuk menyelesaikan pendidikan Strata Satu (S-1) pada Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.

Penyusunan ini tidak lepas dari bantuan dari berbagai pihak, oleh karena itu dengan sepuh hati penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada :

1. Keluarga besar Bapak Kholil dan Ibu Hudaifa yang memberikan dukungan moral dan materil bagi penulis sehingga penulis selalu termotivasi untuk menyelesaikan skripsi ini;
2. Bowo Eko Cahyono, S.Si., M.Si., Ph.D., selaku Dosen Pembimbing Utama, dan Supriyadi, S.Si., M.Si., selaku Dosen Pembimbing Anggota, yang telah memberikan bimbingan dan dukungan sehingga terselesaikannya alat dalam skripsi ini;
3. Agung Tjahjo Nugroho, S.Si., M.Phill., Ph.D., selaku Dosen Penguji I dan Ir. Misto, M.Si., selaku Dosen Penguji II yang telah memberikan masukan demi sempurnanya skripsi ini;
4. Seluruh personal yang membantu saya dalam proses selesainya Skripsi ini, yang tidak bisa saya sebutkan satu persatu.

Penulis berharap agar skripsi ini dapat memberikan manfaat kepada semua pihak. Penulis juga membuka kritik dan saran dari pembaca demi kesempurnaan pengembangan inovasi teknologi.

Jember, 3 Juli 2017

Penulis

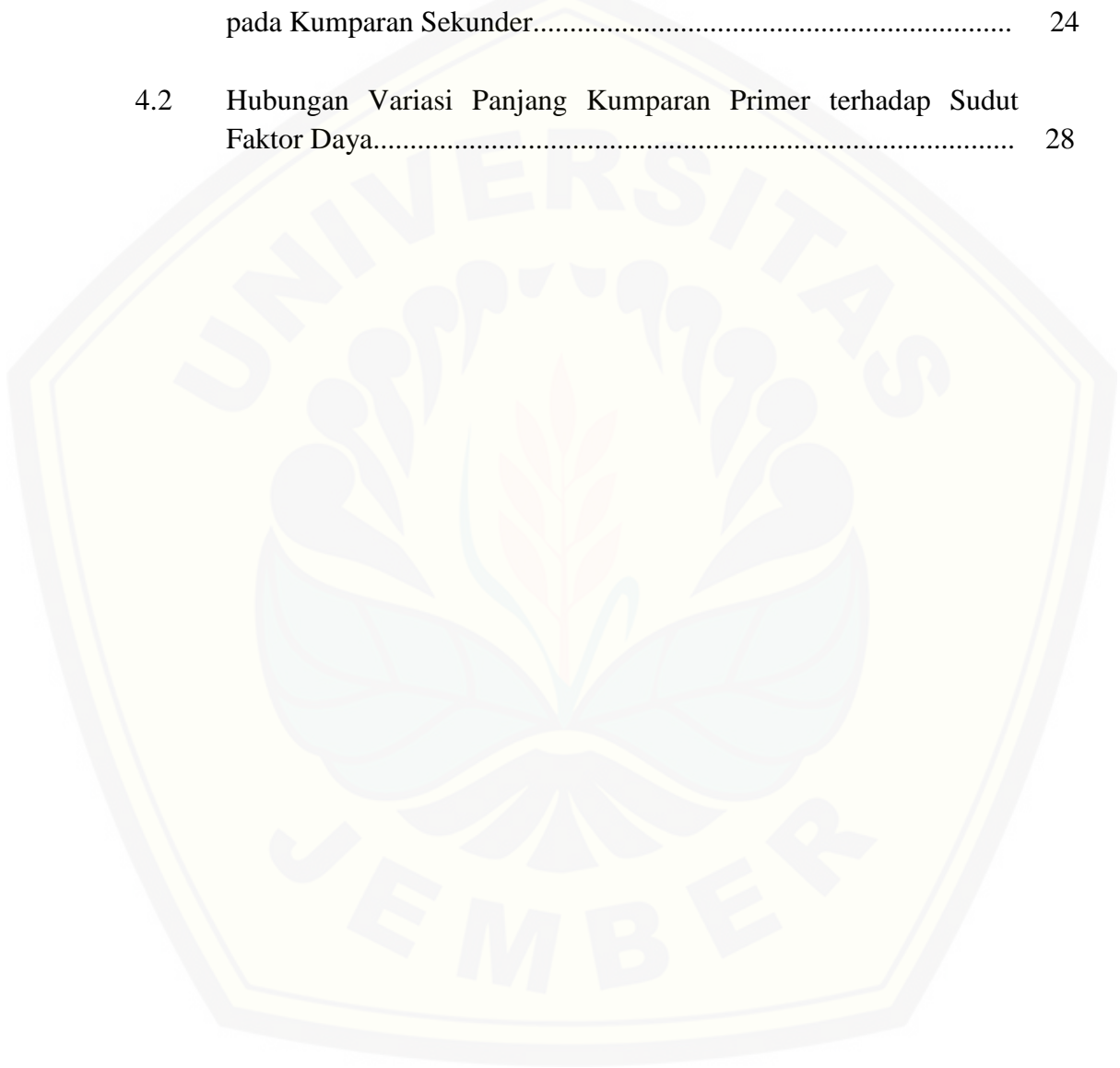
DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
PERSEMBAHAN	iii
MOTTO	iv
PERNYATAAN	v
HALAMAN PEMBIMBING	vi
HALAMAN PENGESAHAN	vii
RINGKASAN	viii
PRAKATA	x
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xv
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Manfaat	4
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Medan Magnet pada Kawat Berarus	5
2.2 Fluks Magnetik	8
2.3 Pemagnetan dalam Bahan	10
2.4 Transformator	11
2.5 Rugi-Rugi Daya Transformator	13
2.5.1 Rugi Kawat Tembaga.....	13
2.5.2 Rugi Besi.....	13
2.6 Faktor Daya dan Daya Daya Kompleks	14

2.7 Metode Pengukuran Daya.....	15
BAB 3. METODE PENELITIAN.....	17
3.1 Rancangan Penelitian	17
3.1.1 Diagram Alir Penelitian	17
3.1.2 Desain Kumparan.....	18
3.2 Jenis dan Sumber Data.....	19
3.3 Definisi Operasional Variabel dan Skala Pengukuran	19
3.3.1 Variabel Bebas	19
3.3.2 Variabel Terikat.....	20
3.3.3 Variabel Kontrol.....	20
3.4 Metode Pengukuran.....	20
3.5 Analisa Data	21
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	23
4.1 Pengaruh Variasi Panjang Kumparan Primer terhadap Tegangan Keluaran pada Kumparan Sekunder.....	23
4.2 Pengaruh Panjang Kumparan Primer terhadap Sudut Faktor Daya.....	27
BAB 5. PENUTUP.....	30
5.1 Kesimpulan.....	30
5.2 Saran	30
DAFTAR PUSTAKA	31
LAMPIRAN.....	33

DAFTAR TABEL

	Halaman
4.1 Peangaruh Panjang kumparan Primer terhadap Tegangan Keluaran pada Kumparan Sekunder.....	24
4.2 Hubungan Variasi Panjang Kumparan Primer terhadap Sudut Faktor Daya.....	28



DAFTAR GAMBAR

	Halaman
2.1 Aturan Tangan Kanan Menunjukkan Arah Arus dan Medan Magnet pada Kawat Lurus	5
2.2 Medan Magnet Disekitar Kawat Berarus.....	6
2.3 Medan Magnet pada Kawat Melingkar Berarus	7
2.4 Medan Magnet pada Solenoida	8
2.5 Fluks Magnet	9
2.6 Fluks Magnet Luasan Melengkung	9
2.7 Prinsip Kerja Transformator	11
2.8 Segitiga Daya.....	15
2.9 Pengujian Rangkaian Hubung singkat.....	16
2.10 Pengukuran Daya Aktif.....	16
3.1 Bagan Tahap-Tahap Penelitian.....	17
3.2 Desain Kumparan.....	19
3.3 Desain Pengukuran Daya Semu.....	21
3.4 Desain Pengukuran Daya Aktif.....	21
4.1 Grafik Hubungan Variasi Panjang Kumparan Primer terhadap Tegangan Keluaran Kumparan Sekunder 3 cm	25
4.2 Grafik Hubungan Variasi Panjang Kumparan Primer terhadap Tegangan Keluaran Kumparan Sekunder 6 cm	26
4.3 Grafik Hubungan Variasi Panjang Kumparan Primer terhadap Tegangan Keluaran Kumparan Sekunder 9 cm	27

LAMPIRAN

	Halaman
1 Pengukuran Untuk Daya Semu dan Daya Aktif Panjang Kumbaran Sekunder 3 cm.....	33
2 Pengukuran Untuk Daya Semu dan Daya Aktif Panjang Kumbaran Sekunder 6 cm.....	33
3 Pengukuran Untuk Daya Semu dan Daya Aktif Panjang Kumbaran Sekunder 9 cm.....	34
4 Perhitungan Pengaruh Panjang Kumbaran Primer terhadap Daya pada Kumbaran Sekunder 3 cm.....	34
5 Perhitungan Pengaruh Panjang Kumbaran Primer terhadap Daya pada Kumbaran Sekunder 6 cm.....	35
6 Perhitungan Pengaruh Panjang Kumbaran Primer terhadap Daya pada Kumbaran Sekunder 9 cm.....	35
7 Gambar Proses Penelitian.....	36

BAB 1. PENDAHULUAN

Bagian pendahuluan diawali dengan pemaparan mengenai hal yang melatar belakangi penelitian. Berdasarkan latar belakang tersebut dirumuskan permasalahan yang akan dipecahkan. Agar pemecahan masalah yang hendak dicapai masih dalam ruang lingkup yang dirumuskan maka perlunya batasan masalah pada bab ini. Hasil yang akan dicapai juga dijelaskan pada bab ini. Selain itu juga pemaparan manfaat dari kegiatan penelitian yang akan dilakukan.

1.1 Latar Belakang

Medan magnet yang ditimbulkan oleh arus yang mengalir pada konduktor merupakan resultan dari medan-medan yang dibangkitkan oleh semua muatan yang bergerak dalam konduktor tersebut. Garis induksi magnet yang ditimbulkan berbentuk lingkaran-lingkaran tertutup yang konsentris terhadap kawat dan terletak pada bidang yang tegak lurus (Searh & Zemansky, 1962). Ketika suatu kawat yang dialiri arus berupa lingkaran maka medan magnet yang ditimbulkan juga bergantung dari besar jari-jari yang dibentuk oleh lingkaran tersebut, dan ketika jumlah lilitannya lebih dari satu besar medan magnet yang dihasilkan juga semakin besar sebanding dengan jumlah lilitannya (Reitz, dkk, 1993). Untuk solenoid yang dibuat dengan melilitkan kawat pada sebuah *kern* (inti besi) di sekeliling permukaan *kern* tersebut, maka medan magnet pada *kern* sama dengan hasil penjumlahan vektor dari semua vektor medan magnet yang ditimbulkan oleh setiap lilitan. Medan magnet yang menyebar pada setiap permukaan *kern* disebut dengan fluks, dimana besar fluks yaitu integral permukaan komponen normal medan magnet pada permukaan *kern* (Searh & Zemansky, 1962).

Transformator merupakan suatu peralatan listrik yang menggunakan prinsip solenoida dililitkan pada *kern* dan biasanya terdapat dua atau lebih kumparan, yang salah satunya disebut kumparan primer dan kumparan yang lain disebut kumparan sekunder. Dimana antara kumparan primer dan kumparan sekunder tidak dapat terhubung secara fisik namun terhubung secara elektromagnetik. Garis gaya magnet yang keluar dari kumparan primer akan diarahkan pada *kern* (inti

besi), agar fluks magnet yang dihasilkan oleh kumparan primer sebanyak mungkin menembus kumparan sekunder, dengan demikian perubahan fluks yang disebabkan oleh arus kumparan primer akan menyebabkan gaya gerak listrik (GGL) pada kumparan sekunder (Sutrisno, 1986).

Transformator sangat penting dalam penggunaan listrik arus bolak-balik, dimana setiap peralatan listrik mempunyai sumber tegangan tertentu untuk menjalankannya, seperti catu daya tabung trioda ITK 15-2 yang membutuhkan sumber tegangan 7,2 V dan arus sebesar 200 A, dimana catu daya tersebut dirancang oleh Margono & Sudarmanto (2012). Namun pembangkit listrik yang menggunakan motor dalam menghasilkan daya, besar daya yang dihasilkan bergantung dari banyak putaran motor tersebut. Seperti yang dilakukan Amalia (2010) dimana putaran rotor yang dirancangnya mempengaruhi besar tegangan yang dihasilkan, semakin banyak putaran dari rotor maka tegangan yang dihasilkan juga semakin besar. Ketika putaran rotor tidak stabil setiap detiknya maka tegangan yang dihasilkan juga berubah sebanding dengan kecepatan putaran rotor, untuk menyetabilkan tegangan yang dihasilkan oleh rotor yang tidak stabil perlu transformator penyetabil seperti yang dilakukan oleh Mulyadi (2012) membuat simulator *tap changer* transformator yaitu suatu simulator transformator yang jumlah belitannya dapat diubah, sehingga bila terjadi perubahan tegangan untuk masukan sisi primer maka dapat diatur pada *tap changer* untuk menghasilkan tegangan keluaran yang tetap pada kumparan sekundernya.

Selain jumlah lilitan, panjang dari transformator juga mempengaruhi besar tegangan yang dihasilkan oleh transformator. Sehingga kajian mengenai pengaruh panjang kumparan transformator menarik untuk dilakukan. Dimana gaya gerak listrik dari sebuah kumparan dipengaruhi oleh besar medan magnet yang mengenainya, sehingga pada penelitian ini akan dilakukan variasi panjang pada kumparan primernya, dan akan diukur gaya gerak listriknya pada kumparan sekunder.

Transformator dibuat dengan melilitkan kumparan pada sebuah *kern* (inti besi) sehingga bersifat induktor, dimana Jati & Priyambodo (2010), menerangkan bahwa sifat dari induktor akan menentukan perubahan sudut faktor daya, sehingga

pada penelitian ini juga akan dilakukan pengukuran daya untuk mengetahui pergeseran sudut faktor daya terhadap variasi panjang kumparan primer.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian yang telah disampaikan, rumusan masalah yang akan dibahas pada penelitian ini ialah:

1. Bagaimana pengaruh panjang pada kumparan primer terhadap besar gaya gerak listrik (GGL) yang dihasilkan pada kumparan sekunder ?
2. Bagaimana pengaruh panjang pada kumparan primer terhadap sudut faktor daya transformator ?

1.3 Batasan Masalah

Pengambilan data pada penelitian ini dibatasi pada beberapa hal antara lain:

1. Sumber tegangan masukan pada kumparan primer adalah tegangan bolak-balik dibawah 15 volt.
2. *Kern* (inti besi) yang digunakan pejal persegi, dengan dimensi 2,5 cm x 2 cm dengan panjang 15 cm.
3. Jumlah lilitan yang digunakan pada kumparan primer setiap variasi panjang kumparan sama 120 lilitan.

1.4 Tujuan Penelitian

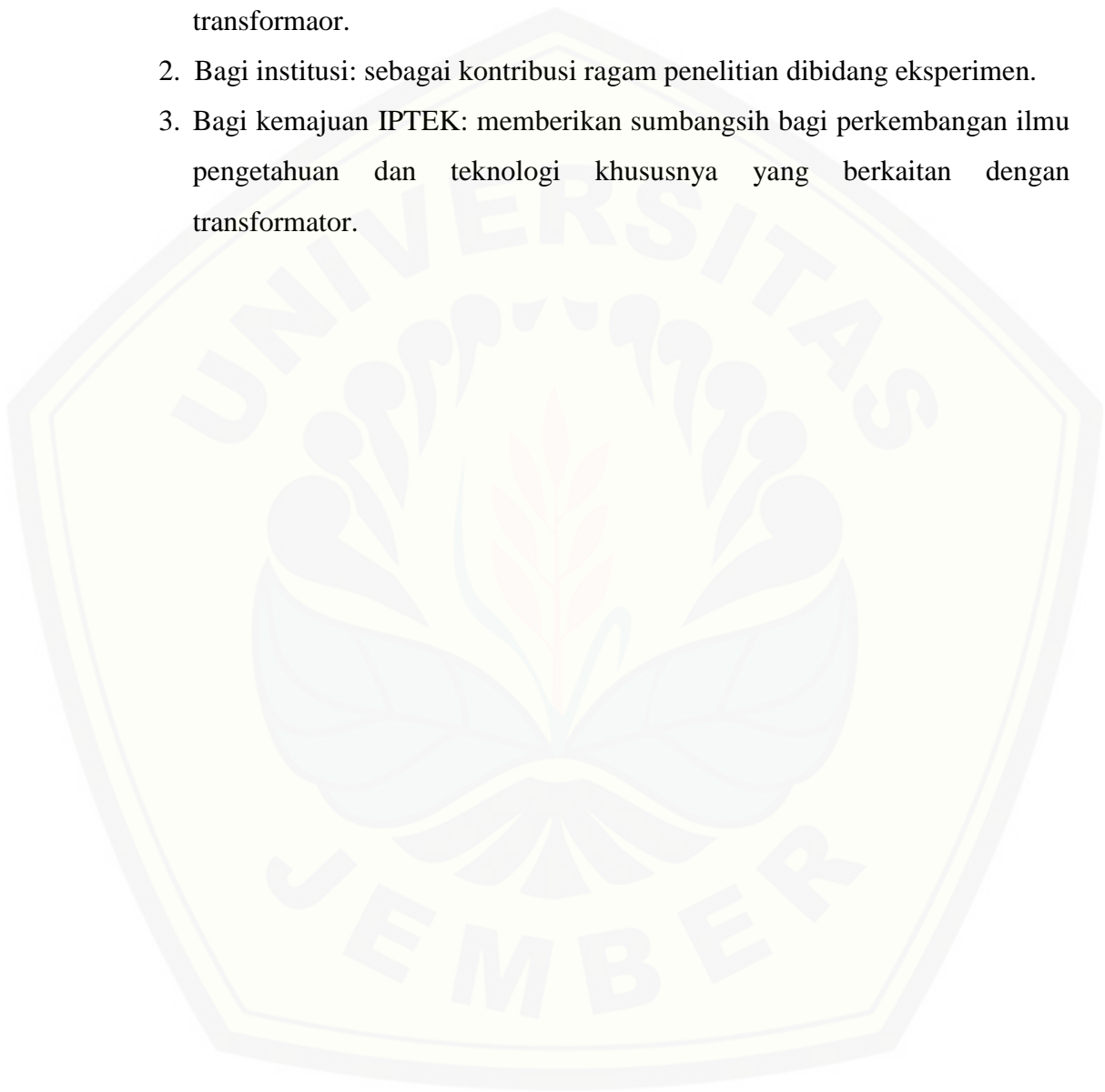
Tujuan yang ingin dicapai pada penelitian ini antara lain:

1. Mengetahui pengaruh variasi panjang kumparan primer terhadap gaya gerak listrik (GGL) yang dihasilkan.
2. Mengetahui pengaruh variasi panjang kumparan primer terhadap sudut faktor daya pada transformator.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dari penelitian yang akan dilakukan adalah:

1. Bagi peneliti: mengetahui pengaruh panjang kumparan terhadap tegangan yang dihasilkan transformator, dan menambah pengetahuan tentang transformator.
2. Bagi institusi: sebagai kontribusi ragam penelitian dibidang eksperimen.
3. Bagi kemajuan IPTEK: memberikan sumbangsih bagi perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi khususnya yang berkaitan dengan transformator.

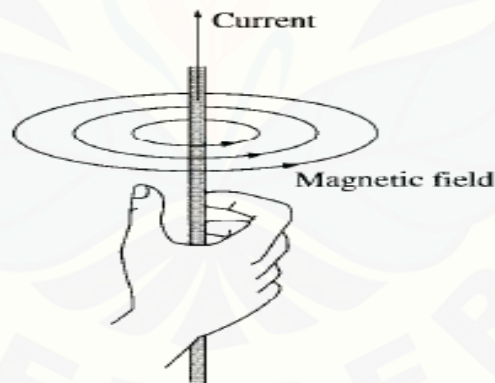


BAB 2. DASAR TEORI

Tinjauan pustaka meliputi tinjauan terhadap teori-teori yang berkaitan dengan permasalahan yang diangkat dalam penelitian, yaitu penjelasan mengenai transformator dan hal-hal yang mempengaruhi kinerja transformator.

2.1 Medan Magnet pada Kawat Berarus

Arus listrik yang mengalir pada suatu penghantar lurus misal kawat akan menghasilkan medan magnet di sekitar penghantar tersebut, medan magnet yang dihasilkan berbentuk lingkaran dengan penghantar berarus sebagai pusatnya. Arah medan magnet yang dihasilkan oleh kawat berarus dapat ditentukan dengan menggunakan aturan tangan kanan yang dinyatakan sebagai berikut: “ibu jari tangan kanan menyatakan arah arus yang mengalir, dan keempat jari tangan lainnya yang menekuk menunjukkan arah medan magnet yang dihasilkan” seperti terlihat pada gambar 2.1(Griffith, 1999).



Gambar 2.1 Aturan tangan kanan menunjukkan arah arus dan medan magnet pada kawat lurus (Sumber: Griffith, 1999)

Hans Christian Oersted melakukan percobaan untuk mengetahui adanya medan magnet di sekitar kawat berarus listrik, percobaan dilakukan dengan meletakkan jarum kompas di bawah kawat penghantar. Saat saklar terbuka, pada kawat tidak ada arus listrik yang mengalir dan jarum kompas pada posisi sejajar dengan kawat. Apabila saklar ditutup arus mengalir pada kawat penghantar

sehingga jarum kompas menyimpang, arah simpangan simpangan jarum kompas bergantung dari arah arus yang mengalir pada kawat (Searh & Zemansky, 1962).

Besar medan magnet yang dihasilkan oleh kawat penghantar lurus bearus, sesuai dengan hukum Ampere yang menyatakan “Integral garis dari intensitas medan magnet yang diambil di sekeliling lintasan tertutup sama dengan total arus yang dilingkupi daerah yang berbentuk lintasan tertutup tersebut” (Searh & Zemansky, 1962).

$$\nabla \times \mathbf{B} = \mu_0 \mathbf{J} \quad 2.1$$

$$\int (\nabla \times \mathbf{B}) \cdot d\mathbf{a} = \oint \mathbf{B} \cdot d\mathbf{l} = \mu_0 \int \mathbf{J} \cdot d\mathbf{a} \quad 2.2$$

$$\oint \mathbf{B} \cdot d\mathbf{l} = \mu_0 I_{tot} \quad 2.2$$

Dengan menggunakan hukum Biot-Savart, maka besar medan magnetnya

$$\begin{aligned} B \oint dl &= \mu_0 I_{tot} \\ B 2\pi s &= \mu_0 I \\ B &= \frac{\mu_0 I}{2\pi s} \end{aligned} \quad 2.3$$

Dengan : B = Medan Magnet (Wb/m^2 atau T)

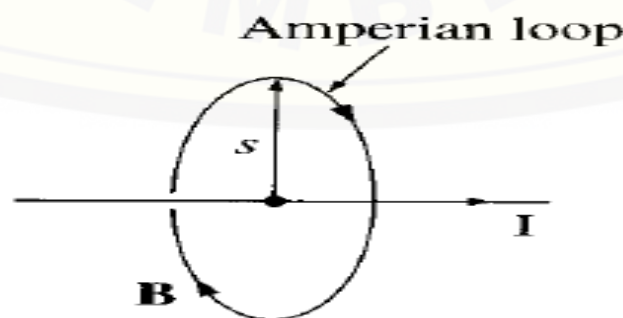
μ_0 = Permeabilitas udara ($\text{T}\cdot\text{m}/\text{A}$ atau $\text{Wb}/\text{A}\cdot\text{m}$)

I_{tot} = Arus total yang mengalir pada lilitan (A)

s = jarak titi medan magnet dari pusat medan (m)

\mathbf{J} = rapat arus (A/m^2)

Dengan demikian besar medan magnet yang dihasilkan oleh kawat lurus berarus listrik bergantung dari besar arus yang mengalir dan jarak dari kawat yang dialiri arus (Griffith, 1999).



Gambar 2.2 Medan magnet disekitar kawat berarus (Sumber: Griffith,1999)

Ketika kawat konduktor yang dialiri arus berbentuk lingkaran, seperti terlihat pada gambar 2.3 dimana R adalah jari-jari dan z jarak dari pusat lingkaran terhadap titik tinjau medan magnet, ketika kawat dialiri arus I maka

$$B_{(z)} = \frac{\mu_0 I}{4\pi} \int \frac{dl'}{r^2} \cos \theta \quad 2.4$$

Karena dl' melingkar dengan jari-jari R maka integral dl' menjadi $2\pi R$, dimana besar $\cos \theta$, dan r^2 konstan 2.5.

$$B_{(z)} = \frac{\mu_0 I}{4\pi} \left(\frac{\cos \theta}{r^2} \right) 2\pi R \quad 2.5$$

Dari persamaan 2.5 maka didapatkan besar medan magnet dari kawat melingkar menjadi

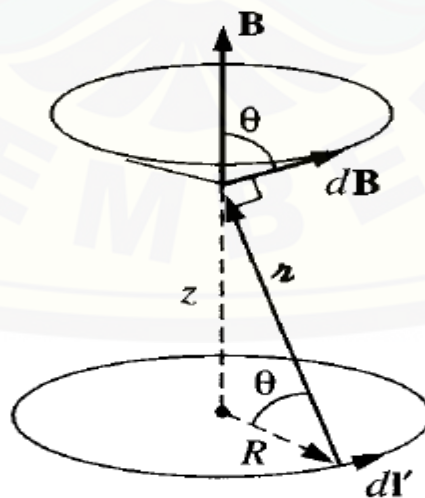
$$B_{(z)} = \frac{\mu_0 I}{2} \frac{R^2}{(R^2 + z^2)^{\frac{3}{2}}} \quad 2.6$$

Dengan : μ_0 = Permeabilitas udara (T.m/A atau Wb/A.m)

I = Arus yang mengalir pada lilitan (A)

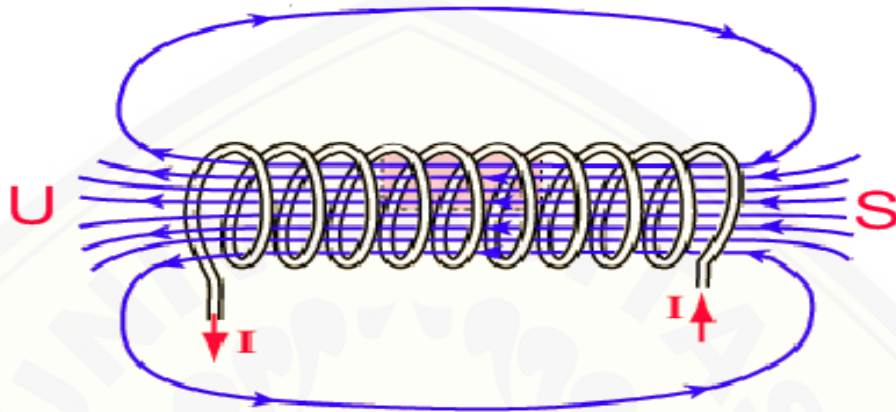
R = jari-jari lilitan (m)

z = jarak antara titik tinjau medan magnet dengan titik tengah lilitan (m)



Gambar 2.3 Medan magnet pada kawat melingkar berarus (Sumber: Griffith,1999)

Kawat konduktor yang membentuk lingkaran jika diperbanyak dengan bentuk solenoid maka akan menghasilkan medan magnet yang lebih besar sebanding dengan jumlah lilitan yang terbentuknya. Dimana garis gaya magnet akan terdistribusi secara merata dan paralel pada kumparan.



Gambar 2.4 Medan magnet pada solenoida (Sumber: setiadi, dkk, tanpa tahun)
 Dengan begitu persamaan besar medan magnet pada solenoid juga terpengaruhi oleh jumlah lilitannya,

$$B = \mu_0 I \frac{N}{L} \quad 2.7$$

Dengan $\frac{N}{L} = n$, sehingga besar medan magnet yang dihasilkan oleh kumparan solenoida menjadi,

$$B = n \mu_0 I \quad 2.8$$

Dimana N adalah jumlah lilitan, L adalah panjang solenoida, dan n adalah jumlah lilitan persatuan panjang (Jati & Priyambodo, 2010)

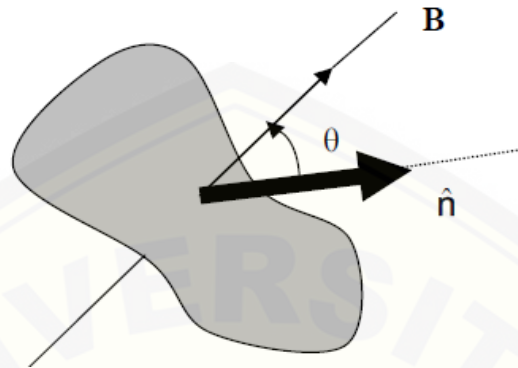
2.2 Fluks Magnetik

Fluks magnet adalah jumlah garis medan magnet yang melalui sebuah luasan atau permukaan yang sudah diketahui. Medan yang melalui permukaan tegak lurus, namun juga ada yang membentuk sudut tertentu. Dengan begitu persamaan untuk fluks magnet (Φ) pada permukaan dengan luasan A adalah,

$$\Phi = \mathbf{B} \cdot \hat{n} A \quad 2.9$$

$$\Phi = B A \cos \theta \quad 2.10$$

Dimana $B = \mathbf{B} \cdot \hat{n}$ merupakan komponen vektor medan magnet yang normal terhadap permukaan, sedangkan θ merupakan sudut antara vektor medan magnet dengan garis normal permukaan,



Gambar 2.5 Fluks magnet (Sumber: Tipler, 1991)

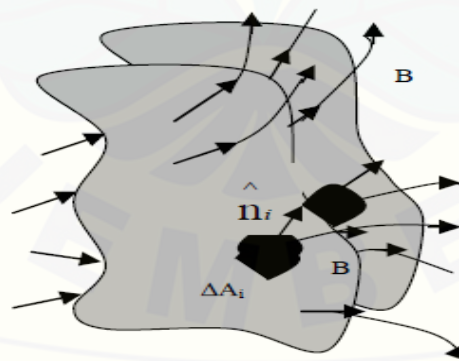
Ketika vektor medan magnet tegak lurus terhadap permukaan maka besar fluks magnet menjadi,

$$\Phi = BA \quad 2.11$$

Jika bentuk permukaan yang dilalui medan magnet berupa lengkung, maka medan magnet akan berubah besarnya di setiap elemen luas permukaan yang kecil (ΔA_i).

Dengan begitu fluks magnet pada elemen luas permukaan kecil ialah

$$\Delta\Phi = \mathbf{B} \cdot \hat{n}_i \Delta A_i \quad 2.12$$



Gambar 2.6 Fluks magnet luasan melengkung (Sumber: Tipler, 1991)

Dimana \hat{n}_i merupakan vektor satuan yang tegak lurus terhadap elemen luas permukaan tersebut, sehingga fluks total pada permukaan melengkung merupakan jumlah dari setiap fluks pada elemen luas permukaan. Karena jumlah elemen mendekati tak terhingga dan luasan elemen luas permukaan mendekati nol maka

penjumlahan menjadi suatu integral dari fluks tiap elemen luasan permukaan (Tipler, 1991).

2.3 Pemagnetan dalam Bahan

Setiap bahan memiliki momendipol magnetik intrinsik akibat gerak elektron, momen magnetik total bergantung pada susunan elektron didalam atomnya. Penyebarisan dipol magnetik sejajar dengan medan magnetik luar cenderung meningkatkan medannya. Berdasarkan pengaruh medan magnet luar satu bahan dibagi menjadi tiga kategori yaitu:

1. Ferromagnetik yaitu suatu bahan yang memiliki interaksi kuat antara dipol magnetik yang berdekatan, dan terjadi derajat penyearahan yang tinggi sekalipun dalam medan magnet luar yang lemah, sehingga terjadi peningkatan yang sangat besar pada medan magnet total.
2. Paramagnetik yaitu benda yang memiliki dipol magnetik tidak berinteraksi kuat satu sama lain dan biasanya diorientasikan secara acak. Dengan adanya medan magnetik luar, sebagian dipol disearahkan dengan arah medannya, sehingga memperkuar medannya. Namun pada medan magnetik luar dengan kekuatan biasa dan pada temperatur biasa, hanya sebagian kecil molekul yang disearahkan karena gerak termal cenderung mengacak orientasi.
3. Diamagnetik yaitu bahan yang molekulnya tidak memiliki momen magnetik permanen. Hal ini memnyebabkan hasil dari momen dipol magnetik yang berlawanan arah dengan medan magnetik luar, sehingga dipol induksi menurunkan medan magnetik total.

Suatu bahan apabila ditempatkan dalam medan magnet luar, seperti medan magnetik pada solenoid. Medan magnetik tersebut cenderung menyearahkan momen dipol magnetik di dalam bahan itu, dan bahannya dimagnetkan. Medan magnetik yang dihasilkan oleh solenoid yang digulung dapat dihitung

$$B = \mu_0 M$$

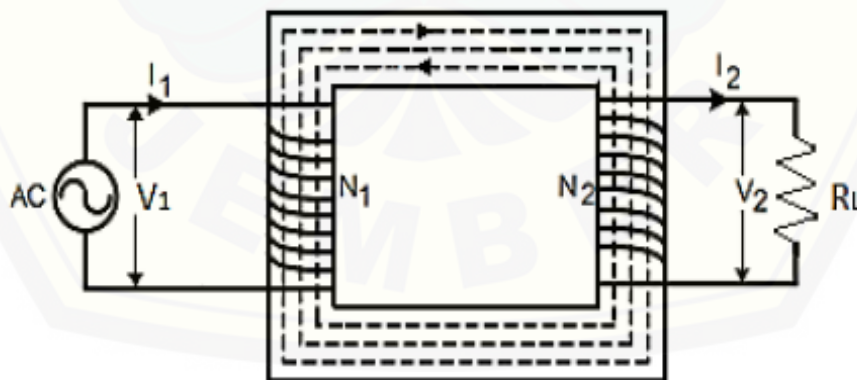
2.13

Jika bentuk silindernya berbentuk sama dengan solenoida tersebut dan jika $M=nI$ maka medan magnet yang dihasilkan oleh silinder pada sembarang titik akan sama seperti medan magnet yang dihasilkan oleh solenoida (Tipler, 2001).

2.4 Transformator

Transformator adalah suatu peralatan listrik yang dapat memindahkan energi listrik dari satu rangkaian ke rangkaian yang lain, melalui suatu gandingan magnet berdasarkan prinsip induksi elektromagnet. Penggunaan transformator misalnya dalam pengiriman daya listrik jarak jauh, selain itu digunakan untuk gandingan impedansi antara sumber dan beban, dan untuk menghambat arus searah namun tetap mengalirkan arus bolak-balik (Hayt & Buck, 2006).

Pada dasarnya transformator bekerja berdasarkan prinsip fluks listrik dan magnet dimana antara kumparan primer dan kumparan sekunder tidak terhubung secara fisik tetapi secara elektromagnetik. Seperti pada gambar 2.7, ketika kumparan primer dialiri arus listrik bolak-balik, akan timbul medan magnet di sekeliling kumparan yang disebut mutual induktansi. Garis gaya magnet yang keluar dari kumparan primer diarahkan oleh inti transformator, dan bersikulasi dalam inti. Medan magnet yang dihasilkan naik turun sesuai dengan arus listrik bolak-balik yang diberikan.



Gambar 2.7 Prinsip kerja transformator (Sumber: Sutrisno, 1986)

Besarnya medan magnet yang diinduksikan ke inti transformator ditentukan oleh besarnya arus listrik dan jumlah lilitan kumparan primer. Medan magnet yang dihasilkan diarahkan oleh inti transformator menuju kumparan sekunder,

ketika medan magnet masuk ke kumparan sekunder, akan timbul gaya gerak listrik yang disebut tegangan induksi (Sutrisno, 1986).

$$E = N \frac{d\phi}{dt} \quad 2.14$$

Sedangkan untuk menentukan jumlah lilitan pada transformator dapat digunakan persamaan,

$$\frac{N}{E_{rms}} = \frac{\sqrt{2} \times 10^8}{2\pi f B_p A} \quad 2.15$$

Jika $f = 50$ Hz, dan $B_p = 9000$ Gauss, maka lilitan/volt menjadi,

$$\frac{N}{E_{rms}} = \frac{50}{A} \quad 2.16$$

Dimana: N = jumlah lilitan

E_{rms} = potensial listrik (V)

A = luas penampang inti transformator (m^2)

$\frac{d\phi}{dt}$ = perubahan fluks magnet terhadap waktu

Berdasarkan perbandingan antara jumlah lilitan kumparan primer dan kumparan sekunder, transformator ada dua jenis yaitu

1. Transformator *step up* yaitu transformator yang memiliki jumlah lilitan kumparan sekunder lebih banyak dari pada jumlah lilitan kumparan primer, yang berfungsi untuk menaikkan tegangan.
2. Transformator *step down* yaitu transformator yang mempunyai jumlah lilitan primer lebih banyak dari pada jumlah lilitan sekunder, yang berfungsi untuk menurunkan tegangan.

Sebuah transformator dikatakan ideal jika daya listrik yang diterima oleh transformator pada kumparan primer diteruskan sama besar melalui kumparan sekunder menuju beban. Namun pada kenyataannya selalu ada daya yang hilang, yaitu daya pada kumparan sekunder selalu lebih kecil dari daya pada kumparan primer (Bintoro, 2000).

2.5 Rugi-Rugi Daya Transformator

Menurut Lilikwatil (2014), Setiap peralatan listrik pasti terdapat rugi-rugi dalam kinerjanya, seperti pada transformator rugi-rugi yang disebabkan oleh rugi inti transformator (*kern*), dan rugi kawat tembaga (lilitan). Pada transformator akibat yang ditimbulkan karena rugi, sebagian daya selalu hilang di dalam transformator tersebut.

2.5.1 Rugi Kawat Tembaga

Rugi kawat tembaga ini disebabkan oleh arus beban yang mengalir pada kawat tembaga dan tahanan dari tembaga, baik pada kumparan primer maupun kumparan sekunder, besar rugi kawat tembaga dapat dituliskan dengan rumus

$$P_{cu} = I_1^2 R_1 + I_2^2 R_2 \quad 2.17$$

Dimana: P_{cu} = rugi tembaga (W/m^3)

I_1 = arus primer (A)

I_2 = arus sekunder (A)

R_1 = tahanan ekivalen terhadap kumparan primer (Ω)

R_2 = tahanan ekivalen terhadap kumparan sekunder (Ω)

Karena arus beban berubah-ubah maka rugi tembaga juga berubah bergantung pada besar bebannya.

2.5.2 Rugi Besi

Pada rugi-rugi besi (*kern*) pada inti transformator disebabkan oleh dua hal yaitu:

1. Rugi Histerisis

Rugi ini disebabkan oleh fluks bolak-balik pada inti besi transformator, yang besarnya dapat dinyatakan dengan persamaan:

$$P_h = K_h f B_m^{1.6} \quad 2.18$$

2. Rugi Arus Eddy

Inti transformator memiliki fluks magnetik yang berubah-ubah terhadap waktu, sehingga menimbulkan rugi arus Eddy pada inti besi transformator. Adapun persamaan untuk rugi arus Eddy ialah,

$$P_e = K_e f^2 B_m^2 \quad 2.19$$

Dengan demikian rugi-rugi inti besi transformator menjadi

$$P_b = P_h + P_e = K_h f B_m^{1.6} + K_e f^2 B_m^2 \quad 2.20$$

Dengan: P_b = rugi inti transformator (W/m^3)

P_h = rugi histerisis (W/m^3)

P_e = rugi arus eddy (W/m^3)

K_h = konstanta histerisis

K_e = konstanta arus Eddy

f = frekuensi (Hz)

B_m = induksi magnet maksimum (Wb/m^2 atau T)

2.6 Faktor Daya dan Daya Kompleks

Bila sebuah beban diberi tegangan, impedansi dari beban tersebut akan menentukan besar arus dan sudut fasa yang mengalir pada beban tersebut. Faktor daya merupakan petunjuk yang menyatakan sifat suatu beban, untuk efisiensi maksimal diusahakan faktor daya mendekati satu. Pada daya semu atau daya kompleks dinyatakan dengan persamaan,

$$S = VI \quad 2.21$$

Dimana S merupakan bilangan kompleks daya, V merupakan tegangan, dan I merupakan arus. Dalam rangkaian arus bolak-balik dan tegangan terdapat sudut fasa antara arus dan tegangan, jika arus dan tegangan sefasa maka, $\varphi = 0$ dan persamaan daya dapat dituliskan menjadi,

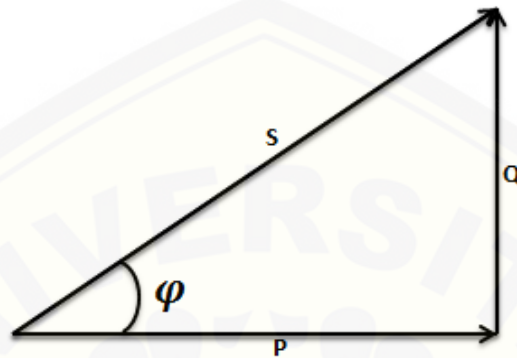
$$P = S \cos\varphi \quad 2.22$$

Dimana P merupakan daya atau bisa disebut daya nyata, sedangkan S adalah daya semu, dan $\cos\varphi$ adalah faktor daya, besar daya nyata ini dapat ditentukan dengan pengukuran daya langsung menggunakan alat ukur daya. Sedangkan bila tegangan dikalikan dengan arus disebut daya semu. Untuk arus dan tegangan bolak-balik, faktor daya dapat dihitung dengan rumus,

$$\cos\varphi = \frac{P}{S} \quad 2.23$$

φ merupakan sudut faktor daya, yaitu sudut ini menentukan kondisi dimana tegangan mendahului arus atau tegangan tertinggal oleh arus (Zuhal dalam Figian 2004).

Hubungan daya beban listrik digambarkan segitiga daya sebagai berikut:



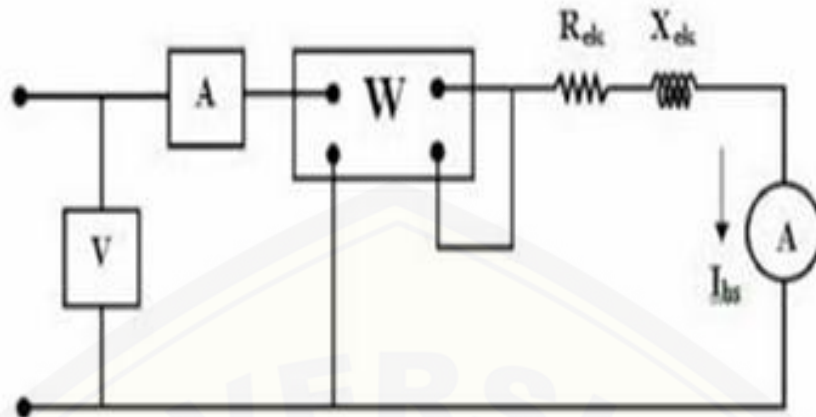
Gambar 2.8 Segitiga daya (Sumber: Khosyi'in, 2009)

Secara teori daya listrik terdapat tiga jenis daya listrik, yaitu:

1. Daya aktif (P) dalam satuan Watt, yang merupakan daya nyata yang digunakan dalam kerja kemampuan mesin penggerak dan pengatur frekuensi, seperti putaran motor, penerangan, dan pemanas.
2. Daya reaktif (Q) dalam satuan VAR, yang terdiri dari sifat induktif dan kapasitif yang digunakan untuk penguat pada generator dan pengatur tegangan.
3. Daya semu (S) dalam satuan VA, yang merupakan daya kompleks gabungan dari daya aktif dan daya reaktif. Daya kompleks ini yang dijual oleh PLN kepada pelanggannya (Marsudi, 2005).

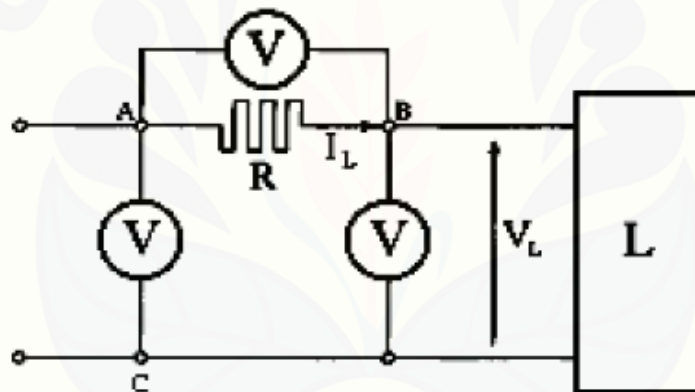
2.7 Metode Pengukuran Daya

Pengukuran daya aktif diserap oleh beban dapat dilakukan dengan menggunakan wattmeter yaitu alat ukur daya dengan satuan watt, sedangkan untuk mengukur daya kompleks dapat dengan formulasi perkalian tegangan V dan arus I yang diukur langsung dengan Voltmeter dan Amperemeter (Hayt *et al*, 2005). Selain wattmeter daya aktif juga dapat diukur dengan kombinasi volt meter untuk arus bolak-balik satu fasa,



Gambar 2.9 Pengujian rangkaian hubung singkat (Sumber: Lilikwatil, 2014)

Pengukuran daya aktif dapat dilakukan dengan metode tiga Voltmeter, seperti yang pada gambar 2.11,



Gambar 2.10 Pengukuran daya aktif (Sumber: Waluyanti, dkk, 2008)

Hubungan beda tegangan disetiap ujung hambatan dan sumber,

$$V_{AC} = V_L + RI_L \tag{2.24}$$

Sehingga daya pada hambatan L menjadi,

$$P_L = \frac{V_{AC}^2 - R^2 I_L^2 - V_L^2}{2R} = \frac{V_{AC}^2 - V_{AB}^2 - V_{BC}^2}{2R} \tag{2.25}$$

Dengan R yang digunakan hambatan murni, bukan induktansi atau kapasitansi. Daya yang terukur merupakan daya aktif (P) dari impedansi L (Waluyanti,dkk, 2008).

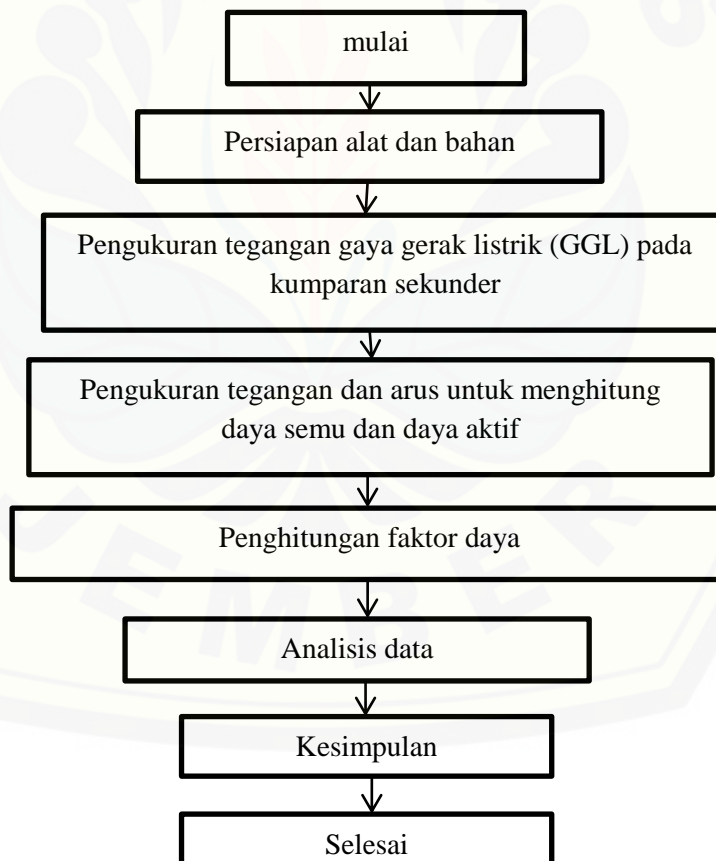
BAB 3. METODE PENELITIAN

Metode penelitian merupakan tahapan sistematis untuk memudahkan pelaksanaan kegiatan penelitian guna mencapai tujuan yang diharapkan. Pada bagian ini akan dijelaskan rancangan penelitian, metode pengambilan data, dan analisa data.

3.1 Rancangan Penelitian

3.1.1 Diagram Alir Penelitian

Gambaran umum dari alur penelitian analisa variasi jumlah lilitan persatuan panjang kumparan primer pada transformator terhadap gaya gerak listrik (GGL) ditunjukkan pada gambar 3.1.



Gambar 3.1 Bagan tahapan-tahapan penelitian

Persiapan bahan dilakukan dengan membuat *kocker* (termapat gulungan) kumparan primer dengan panjang 15 cm, yang kemudian kumparan primer divariasikan panjang kumparannya pada *kocker* tersebut, sedangkan kumparan sekundernya dibuat 3 buah. Setelah itu dilakukan pengukuran tegangan gaya gerak listrik (GGL) yang dihasilkan kumparan sekunder, untuk semua variasi kumparan primer. Selain itu juga dilakukan pengukuran tegangan dan arus untuk penghitungan besar daya semu untuk setiap variasi, sedangkan untuk menentukan besar daya aktif maka dilakukan pengukuran tegangan di tiga titik berbeda dari kumparan primer transformator yang kemudian dihitung besar daya aktifnya. Sehingga dari daya semu dan daya aktif yang didapatkan, besar sudut faktor daya yang bekerja pada kumparan primer dapat ditentukan.

3.1.2 Desain Kumparan

Tahapan awal yang akan dilakukan pada penelitian ini yaitu menyiapkan *kocker* dari kumparan primer dan kumparan sekunder, Variasi panjang dari kumparan primer yaitu 1 cm sampai 15 cm dengan selisih 1 cm yang digulung pada *kocker*, namun metode ini menjadikan kumparan mudah rusak, akibat variasi panjang kumparan pada *kocker* yang sama. Sedangkan pada kumparan sekunder panjangnya 3 cm, 6 cm, dan 9 cm. Sedangkan untuk dimensi luas pada lubang setiap kumparan mengikuti *kern* yang digunakan yaitu 2,5 cm x 2 cm. Sedangkan untuk jumlah lilitan tiap kumparan primer dibuat sama, yaitu mengikuti persamaan 3.1 dengan sumber tegangan yang digunakan 12 volt AC dari transformator *step down*, sehingga didapat jumlah lilitan untuk kumparan primer

$$N = GPV \times V \quad 3.1$$

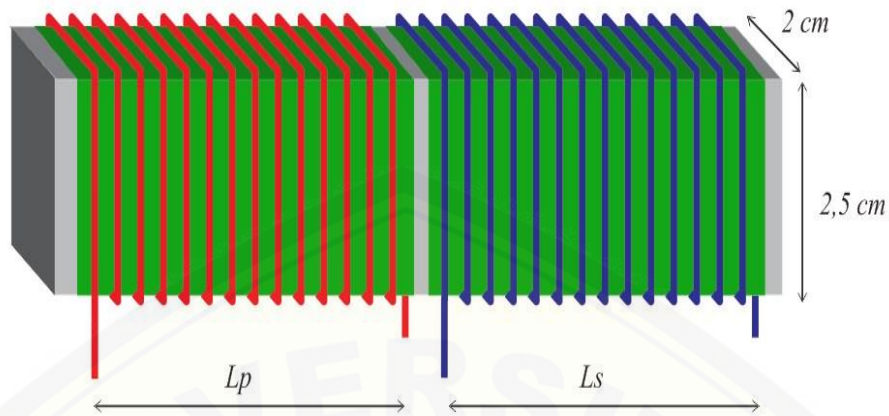
$$N = \frac{50}{5} \times 12 = 120 \text{ lilitan} \quad 3.2$$

Dengan :

GPV= Gulungan pervolt

V= Tegangan (Volt)

Sedangkan untuk kumparan sekundernya dibuat tetap yaitu 300 lilitan pada ketiga panjang kumparan.



Gambar 3.2 Desain kumparan

3.2 Jenis dan Sumber Data

Berdasarkan tipe penelitian, jenis data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data kuantitatif, yaitu jenis data yang dapat diukur atau dihitung secara langsung dan dinyatakan dalam bentuk bilangan atau angka. Data kuantitatif yang diperoleh adalah berupa nilai medan listrik total disekitar silinder. Data tersebut didapat dari sumber data primer, yaitu data yang dikumpulkan oleh penelitian sendiri.

3.3 Definisi Operasional Variabel dan Skala Pengukuran

Variabel merupakan faktor yang berpengaruh dalam penelitian dan memiliki nilai yang dapat berubah atau diubah. Deskripsi terhadap variabel bertujuan untuk menghindari terjadinya perbedaan persepsi ataupun timbulnya penafsiran ganda. Secara umum, variabel yang digunakan dalam penelitian ini dapat dikelompokkan menjadi tiga bagian, yaitu variabel bebas, variabel terikat, dan variabel kontrol.

3.3.1 Variabel Bebas

Variabel bebas merupakan variabel yang mempengaruhi atau yang menjadi sebab timbulnya variabel terkait. Variabel bebas dalam penelitian ini adalah panjang kumparan primer, merupakan panjang lilitan dari kumparan pada *cocker* dengan variasi 1 cm hingga 15 cm.

3.3.2 Variabel Terikat

Variabel terikat adalah variabel yang mengalami perubahan karena perlakuan variabel bebas. Terdapat tiga buah variabel terikat dalam penelitian ini, yaitu:

- a. Tegangan keluaran, tegangan ini diukur pada kumparan sekunder dengan voltmeter secara langsung.
- b. Sudut faktor daya, merupakan hasil perhitungan yang didapat dari daya aktif dan daya semu, yang menunjukkan pergeseran daya.

3.3.3 Variabel Kontrol

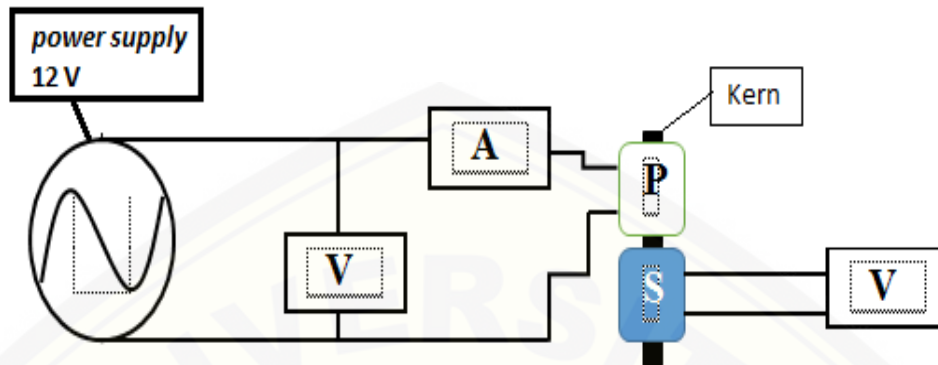
Variabel kontrol merupakan variabel yang dibuat sama atau faktor lain diluar perlakuan yang dikenakan pada objek penelitian. Variabel kontrol dalam penelitian ini adalah

- a. Tegangan sumber, merupakan tegangan yang digunakan untuk menjalankan rangkaian objek penelitian. Tegangan ini dihasilkan oleh *power supply* dengan keluaran 12 volt.
- b. Kawat kumparan, merupakan jenis kawat yang digunakan untuk lilitan pada kumparan primer maupun sekunder.
- c. *Kern*, merupakan inti besi yang digunakan untuk jalan fluks total dari kumparan primer dan sekunder. *Kern* ini terbuat dari besi pejal.
- d. Alat ukur, merupakan suatu piranti yang digunakan untuk mengukur besaran listrik dalam penelitian, diantaranya voltmeter dan ampere meter.

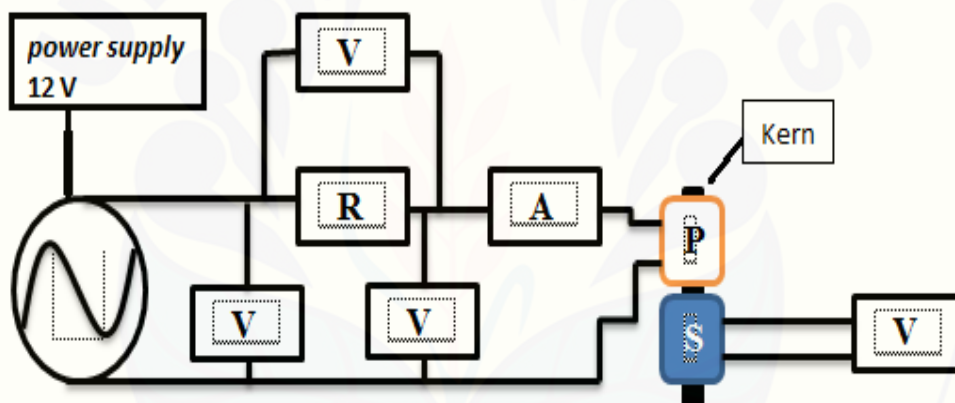
3.4 Metode Pengukuran

Penelitian ini akan dilakukan pengukuran tegangan keluaran atau gaya gerak listrik (GGL) dari kumparan sekunder pada setiap variasi kumparan primer. Karena pada transformator selain tegangan keluaran yang akan ditinjau namun juga sudut faktor maka pengukuran tegangan dan arus untuk perhitungan daya semu dan daya aktif juga dilakukan pengukuran. Untuk pengukuran daya semu akan dilakukan seperti pada gambar 3.3, kemudian akan dihitung dengan persamaan 2.20. Sedangkan daya aktif akan dilakukan pengukuran tegangan pada tiga titik berbeda seperti pada gambar 3.4 yang selanjutnya dihitung dengan

persamaan 2.24. Dari kedua daya tersebut dapat ditentukan faktor daya dengan persamaan 2.22. Dari faktor daya tersebut dapat dihitung besar sudutnya.



Gambar 3.3 Desain pengukuran daya semu



Gambar 3.4 Desain pengukuran daya aktif

3.5 Analisa Data

Variasi panjang kumparan primer akan mempengaruhi besar medan magnet yang dihasilkan, dengan sumber arus bolak-balik besar perubahan fluks magnet tiap satuan waktu juga terpengaruhi, sehingga gaya gerak listrik (GGL) yang dihasilkan pada kumparan sekunder berbeda beda tiap variasi panjang pada kumparan primer. Analisa panjang kumparan terhadap gaya gerak listrik (GGL) yang dihasilkan akan dibentuk grafik. Grafik yang dihasilkan merupakan hubungan panjang kumparan primer terhadap tegangan yang dihasilkan pada kumparan sekunder. Grafik yang didapat diharapkan berubahnya linier. Tingkat kelinieran persebaran data dilihat dari besar nilai *R square* yang didapatkan,

semakin nilai *R square* mendekati 1, maka tingkat kelinieran persebaran data semakin bagus.

Pengaruh panjang kumparan terhadap pergeseran daya juga akan dianalisa. Dimana penagruh panjang kumparan akan berpengaruh pada induktansi kumparan, sehingga terjadi pergeseran daya yang bekerja pada kumparan tersebut. Daya yang didapat dari perhitungan yaitu daya aktif dan daya semu, dimana dari kedua daya tersebut dapat diwakili oleh besar sudut faktor daya. Analisa daya dari penelitian ini akan dituliskan dengan besar sudutnya. Analisa yang diharapkan dari pengaruh panjang kumparan terhadap daya, yaitu dengan bertambahnya panjang kumparan primer maka besar sudut faktor daya juga semakin besar.

Berdasarkan tahap pengambilan data, dilakukan tanpa pengulangan sehingga besar kesalahan dilihat dari nilai skala terkecil dari alat ukur, dengan begitu penulisan hasil menjadi

$$x = (\bar{x} \pm \Delta x) \quad 3.3$$

Dimana: Δx = Besar kesalahan dari pengukuran

\bar{x} = nilai yang terukur

x = hasil pengukuran

Sedangkan pada perhitungan kesalahan dari sedut faktor daya digunakan standart deviasi,

BAB 5. PENUTUP

Permasalahan yang dikaji pada penelitian ini dirangkum dalam sebuah kesimpulan dan penulis juga mempunyai saran untuk perbaikan penelitian.

5.1 Kesimpulan

Beberapa kesimpulan yang dapat diambil berdasarkan penelitian yang telah dilakukan yaitu:

1. Tegangan keluaran yang dihasilkan oleh kumparan sekunder akibat variasi panjang kumparan primer, dimana perubahan besar tegangan semakin kecil dengan bertambahnya panjang dari kumparan primer. Variasi panjang kumparan primer berpengaruh sama pada tegangan keluaran dari tiga panjang kumparan sekunder berbeda (3 cm, 6 cm, dan 9 cm). Secara grafik pengaruh variasi kumparan primer terhadap tegangan keluaran pada setiap panjang kumparan sekunder berubah secara linier dengan besar $R\ square$ 0,9603, 0,9775, dan 0,9822 untuk panjang kumparan sekunder 3 cm, 6 cm, dan 9cm.
2. Pengaruh variasi panjang kumparan primer terhadap sudut faktor daya juga dilakukan pada penelitian ini, dimana hasil pengukuran dan perhitungan sudut faktor daya tidak menunjukkan perubahan yang teratur akibat variasi panjang kumparan primer. Hal ini dapat terjadi karena pengaruh panjang kumparan tidak terlalu signifikan terhadap pergeseran daya.

5.2 Saran

Terdapat beberapa saran dari penulis yang dapat dijadikan proyeksi untuk penelitian selanjutnya, yaitu

1. Variasi panjang kumparan sebaiknya dibuat pada *kocker* yang juga dapat berubah sehingga kerusakan kumparan dapat diminimalisir.
2. Pengukuran daya dengan power meter untuk mengetahui perubahan pergeseran daya lebih akurat akibat variasi panjang kumparan primer.

DAFTAR PUSTAKA

- Amalia, A. M. 2010. "Pengaruh Kuat Medan Magnet dan Kecepatan Rotor terhadap Tegangan yang Dihasilkan Generator Arus Bolak-Balik Leybold TPS 2.5." Tidak Diterbitkan. Skripsi. Surakarta: Universitas Sebelas Maret.
- Bintoro. 2000. *Dasar-dasar Pekerjaan Las*. Yogyakarta: Kanisius
- Figian, A. A. 2004. "Optimalisasi Penggunaan Daya pada Rangkaian Lampu TL." Tidak Diterbitkan. Skripsi. Jember: Universitas Jember.
- Griffiths, D. J. 1999. *Introduction to Electrodynamics*. 3rd Edition. New Jersey: Prentice Hall.
- Guntoro, N. A. 2013. *Fisika Terapan*. Bandung: PT. Remaja Rosdakarya
- Hayt, W. H & Buck, J. A. 2006. *Elektromagnetika Edisi Ketujuh*. Diterjemahkan oleh: Irzam Harmein. Jakarta: Erlangga
- Hayt, W. H., Kemmerly, J. E., & Durbin, S. M. 2005. *Rangkaian Listrik Edisi keenam*. Diterjemahkan oleh: Wiwit Kastawan. Jakarta: Erlangga
- Jati, B. M. E., & Priyambodo, T. K. 2010. *Fisika Dasar Listrik-Magnet-Optika-Fisika Modern*. Yogyakarta: CV. Andi Offset
- Khosyi'in, M. 2009. "Pengukuran Daya pada Beban Pasif di Gedung XY Semarang." Tidak Diterbitkan. Proceeding. Semarang: Universitas Islam Sultan Agung Semarang.
- Liklikwatil, Y. 2014. *Mesin-Mesin Listrik untuk Program D3*. Yogyakarta: deepublish
- Margono, U., & Sudarmanto, H. 2012. "Rancang Bangun Transformator 7,2 V/200 A sebagai Catu Daya Filamen Tabung Trioda ITK 15-2 pada Generator *Cockroft Walton* MBE Lateks 300keV/20mA." Tidak Diterbitkan. Proceeding. Yogyakarta: Batan.
- Marsudi, D. 2005. *Pembangkitan Energi Listrik*. Jakarta: Erlangga
- Mulyadi. 2012. "Rancang Bangun Simulator Tap *Charger* Transformator sebagai Pengatur Tegangan Sistem Distribusi Tenaga Listrik." Tidak Diterbitkan. Laporan Penelitian. Bandung: Politeknik Negeri Bandung.
- Reitz, J. R., Milford, F. J., & Christy, R. W. 1993. *Dasar Teori Listrik-Magnet*. Bandung: ITB.

Sears, F. W., & Zemansky, M. W. 1962. *Fisika untuk Universitas 2*. Jakarta: Yayasan Dana Buku Indonesia.

Setiadi, M. F., Sarwoko, M., & Kurniawan, E. Tanpa Tahun. "Pemanfaatan Fluks Magnetik sebagai Sumber Pembangkit Tenaga Listrik dengan Menggunakan Solenoida." Tidak Diterbitkan. Laporan Penelitian. Bandung: Universitas Telkom.

Sutrisno. 1986. *Elektronika Teori dan Penerapannya*. Bandung: ITB.

Suyatno, Djamal, M., Yulkifli, & Rahmondia N. S. 2008. Desain dan Pengembangan *Fluxgate Magnetometer* dan Beberapa Aplikasinya. *Jurnal Fisika dan Aplikasi*, Vol. 4, No. 1.

Tippler, P. A. 1998. *Fisika Untuk Sains dan Teknik Jilid 1*. Jakarta: Erlangga.

Tippler, P. A. 2001. *Fisika untuk Sains dan Teknik jilid 2*. Diterjemahkan oleh: Bambang Soegijono. Jakarta: Erlangga.

Waluyanti, S., Santoso, D., Slamet, & Rochayati, U. 2008. *Alat Ukur dan Teknik Pengukuran*. Jakarta: Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan.

LAMPIRAN

1. Pengukuran Untuk Daya Semu dan Daya Aktif Panjang Kumbaran Sekunder 3 cm

no	L primer (cm)	V _{AB} (volt)	V _{AC} (volt)	V _{BC} (volt)	I (ampere)
1	1	11.2	8.4	2.6	0.893
2	2	11.1	8.3	2.6	0.883
3	3	11.3	8.6	2.4	0.918
4	4	11.2	8.5	2.4	0.906
5	5	11.2	8.6	2.5	0.910
6	6	11.2	8.6	2.4	0.910
7	7	11.2	8.6	2.4	0.911
8	8	11.3	8.7	2.3	0.926
9	9	11.2	8.7	2.3	0.917
10	10	11.3	8.7	2.3	0.927
11	11	11.2	8.5	2.4	0.911
12	12	11.2	8.6	2.3	0.920
13	13	11.3	8.6	2.2	0.913
14	14	11.1	8.5	2.3	0.912
15	15	11.5	9.0	2.4	0.941

2. Pengukuran Untuk Daya Semu dan Daya Aktif Panjang Kumbaran Sekunder 6 cm

no	L primer (cm)	V _{AB} (volt)	V _{AC} (volt)	V _{BC} (volt)	I (ampere)
1	1	11.5	8.6	2.5	0.925
2	2	11.2	8.5	2.4	0.906
3	3	10.9	8.3	2.2	0.892
4	4	11.1	8.5	2.3	0.909
5	5	11.0	8.4	2.3	0.906
6	6	11.2	8.5	2.3	0.916
7	7	11.2	8.6	2.3	0.924
8	8	11.2	8.7	2.3	0.922
9	9	11.3	8.6	2.3	0.924
10	10	11.1	8.5	2.1	0.918
11	11	11.0	8.5	2.2	0.909
12	12	11.1	8.5	2.2	0.917
13	13	11.3	8.7	2.2	0.935
14	14	11.4	8.8	2.1	0.944
15	15	11.1	8.5	2.2	0.928

3. Pengukuran Untuk Daya Semu dan Daya Aktif Panjang Kumbaran Sekunder 9 cm

no	L primer (cm)	V _{AB} (volt)	V _{AC} (volt)	V _{BC} (volt)	I (ampere)
1	1	11.4	8.7	2.5	0.931
2	2	11.2	8.4	2.5	0.901
3	3	11.0	8.4	2.3	0.903
4	4	11.1	8.5	2.3	0.913
5	5	11.1	8.5	2.3	0.907
6	6	11.2	8.6	2.2	0.919
7	7	11.2	8.6	2.3	0.923
8	8	11.2	8.6	2.2	0.923
9	9	11.2	9.0	2.2	0.926
10	10	11.2	8.6	2.2	0.931
11	11	11.1	8.5	2.2	0.914
12	12	11.0	8.5	2.1	0.916
13	13	11.2	8.7	2.1	0.931
14	14	11.2	8.7	2.2	0.932
15	15	11.1	8.6	2.0	0.925

4. Perhitungan Pengaruh Panjang Kumbaran Primer terhadap Daya pada Kumbaran Sekunder 3 cm

L primer (cm)	P (watt)	S (VA)	Cos θ	θ ($^{\circ}$)	$\Delta \theta$ ($^{\circ}$)
1	2.4	10.0	0.24	76.1	13.36
2	2.4	9.8	0.24	75.9	13.49
3	2.4	10.4	0.23	76.6	12.93
4	2.4	10.1	0.23	76.5	13.06
5	2.3	10.2	0.22	77.2	13.19
6	2.3	10.2	0.22	77.0	13.07
7	2.3	10.2	0.22	77.1	13.06
8	2.3	10.5	0.22	77.1	12.79
9	2.2	10.3	0.22	77.5	12.94
10	2.3	10.5	0.22	77.1	12.79
11	2.4	10.2	0.23	76.5	13.03
12	2.3	10.3	0.22	77.0	12.88
13	2.4	10.3	0.23	76.3	12.72
14	2.3	10.1	0.22	76.9	12.99
15	2.3	10.8	0.21	77.9	12.74

5. Perhitungan Pengaruh Panjang Kumparan Primer terhadap Daya pada Kumparan Sekunder 6 cm

L primer (cm)	P (watt)	S (VA)	Cos θ	θ ($^{\circ}$)	$\Delta \theta$ ($^{\circ}$)
1	2.6	10.6	0.24	75.8	12.83
2	2.4	10.1	0.23	76.5	13.07
3	2.2	9.7	0.23	76.6	13.12
4	2.3	10.1	0.23	76.9	13.01
5	2.2	9.9	0.23	76.9	13.09
6	2.4	10.2	0.23	76.5	12.88
7	2.3	10.3	0.22	77.1	12.86
8	2.2	10.3	0.22	77.6	12.91
9	2.4	10.4	0.23	76.6	12.77
10	2.3	10.2	0.23	76.8	12.71
11	2.2	9.9	0.22	77.3	12.98
12	2.3	10.2	0.23	76.9	12.84
13	2.3	10.6	0.22	77.1	12.61
14	2.4	10.8	0.22	77.1	12.39
15	2.3	10.3	0.22	77.1	12.76

6. Perhitungan Pengaruh Panjang Kumparan Primer terhadap Daya pada Kumparan Sekunder 9 cm

L primer (cm)	P (watt)	S (VA)	Cos θ	θ ($^{\circ}$)	$\Delta \theta$ ($^{\circ}$)
1	2.6	10.6	0.24	75.8	12.83
2	2.4	10.1	0.23	76.5	13.06
3	2.3	9.7	0.23	76.6	13.12
4	2.3	10.1	0.23	76.9	13.01
5	2.3	9.9	0.23	76.9	13.09
6	2.4	10.3	0.23	76.5	12.88
7	2.3	10.3	0.22	77.1	12.86
8	2.2	10.3	0.21	77.6	12.91
9	2.4	10.4	0.23	76.6	12.77
10	2.3	10.2	0.23	76.8	12.71
11	2.2	9.9	0.22	77.3	12.98
12	2.3	10.2	0.23	76.9	12.84
13	2.3	10.6	0.22	77.1	12.61
14	2.4	10.8	0.22	77.1	12.39
15	2.3	10.3	0.22	77.1	12.76

7. Gambar Pengambilan Data

