

SKRIPSI FISIKA

**PERANCANGAN PROGRAM UNTUK DESAIN TRANSFORMATOR
ARUS SEBAGAI DETEKTOR ARUS BOCOR PADA INSTALASI
TEGANGAN RENDAH**

OLEH :

ILLAH ANRIANI

H 211 04 027



17-2-10
MIPA
Ilah
Anriani
SKR-MPTD
ANR
P

**PROGRAM STUDI FISIKA JURUSAN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2010**

**PERANCANGAN PROGRAM UNTUK DESAIN TRANSFORMATOR
ARUS SEBAGAI DETEKTOR ARUS BOCOR PADA INSTALASI
TEGANGAN RENDAH**

**Skripsi Untuk Melengkapi Tugas dan Memenuhi Salah Satu Syarat Untuk
Memperoleh Gelar Sarjana**

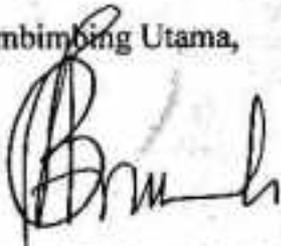


**PROGRAM STUDI FISIKA JURUSAN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2010**

**PERANCANGAN PROGRAM UNTUK DESAIN TRANSFORMATOR ARUS
SEBAGAI DETEKTOR ARUS BOCOR PADA INSTALASI TEGANGAN
RENDAH**

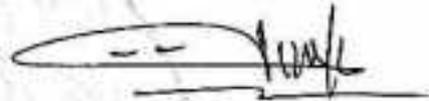
Disetujui Oleh :

Pembimbing Utama,



Dra. Hj. Bidayatul Armynah, MT
NIP. 131 866 086

Pembimbing Pertama,



Ir. H. Syahir Mahmud, MT
NIP. 131 475 332

Makassar, Februari 2010

SARI BACAAN

Arus bocor adalah arus yang mengalir keluar dari sirkuit sebuah alat. Arus bocor ini merupakan penyebab nomor satu terjadinya sengatan listrik. Telah ditetapkan sebuah standar untuk peralatan pengaman arus bocor dengan sensitifitas 30 mA untuk instalasi yang dianggap sering bersentuhan dengan manusia. Untuk mendeteksi arus bocor tersebut dilakukan perancangan transformator arus jenis toroida.

Kata kunci : Arus bocor, transformator arus, toroida.

ABSTRACT

Leakage current is the current that out flow from an equipment current. This leakage current is the causal of the electrical sting. A standard was determined for equipment leakage current with sensitivity of 30 mA for installation hunched that often to have in physical contact to human. To detect this leakage current, a toroida transformer design was conducted.

Key word : leakage current, current transformer, toroida.

KATA PENGANTAR

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Sesungguhnya segala puji bagi Allah Azzawajallah, kami meminta pertolongan dan ampunan kepada-Nya. Kami berlindung kepada Allah dari kejahatan jiwa kami dan kejahatan perbuatan-perbuatan kami. Barangsiapa yang Allah tunjukkan dengan hidayah, maka tidak akan ada seorangpun yang akan mampu menyesatkannya dan barangsiapa yang Allah sesatkan maka dia tidak akan mendapatkan seorangpun yang dapat melindunginya dan tidak akan ada yang memberinya petunjuk. Shalawat dan salam semoga tercurahkan keharibaan Rasulullah Shallallahu'alaihi wasallam, keluarga dan sahabat serta siapa saja yang mengikuti mereka dengan baik hingga hari kiamat.

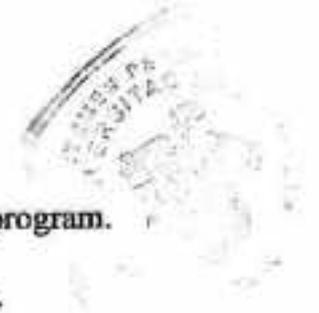
"Jazakumullahu khairan" kepada kedua orang tuaku, Ayahanda Hammadong dan Ibunda Aminah yang telah membesarkan, mengasuh dan mendidik penulis dengan penuh kasih sayang. Semoga Allah Azzawajallah memberikan balasan yang mulia disisi-Nya. Amin.

Tak lupa pula penulis mengucapkan "Jazakumullahu khairan" kepada :

1. Ibu Dra. Hj. Bidayatul Armynah, MT selaku pembimbing utama dan Bapak Ir. H. Syahir Mahmud, MT selaku pembimbing pertama, yang telah meluangkan waktu dan tenaganya untuk memberikan bimbingan dan

nasehat dari awal sampai akhir penyelesaian skripsi ini. Semoga kebersamaan kita tidak hanya sampai di sini.

2. Ibu Makhrani, S.Si, M.Si selaku penasehat akademik pertama yang telah banyak memberikan masukan, doa dan semangat bagi penulis dan Bapak Dr. Syamsir Dewang, M.Eng.Sc selaku penasehat akademik kedua.
3. Bapak Dr. H. Suarga, M.Sc, Math, Phd, Bapak Drs. Bangsawang BJ, M.Si dan Bapak Ir. Widji Edioloeigito, MT selaku dosen penguji atas segala saran dan koreksi yang diberikan demi perbaikan skripsi ini.
4. Bapak Dr. H. Halmar Halide, M.Sc selaku ketua jurusan beserta seluruh dosen jurusan Fisika FMIPA UNHAS yang telah membekali ilmu pengetahuan kepada penulis.
5. Pak Aji, Pak Petrus, K'Latief dan K'Salma selaku staf jurusan yang telah memberikan bantuan dan informasi seputar jurusan dan menemani penulis disaat sendiri.
6. Teman-temanku angkatan "04" trie, ani, aty, asma, hasna, yana (tempatku berbagi cerita) wahidah, nanni, ida, amma, leha, sanny, nona, diana, aidah, arie, iin, lisa, mamal, donar, ali, amran, henra, harjum, andika, mustakim, indra, memey, be'do dan teman – teman yang lain yang tidak bisa disebutkan satu persatu. Kebersamaan kita akan menjadi cerita di hari tua.
7. Kakak – kakakku angkatan "03" k'nur, k'yuli, k'dian, kakak – kakak KFM k'lina, k'ani, k'yuli, k'asri dan adik – adikku etri, dilla, erni, ani, atun, tia, imel, farah, desy, yang telah banyak membantu dan menjadi teman setia bagi penulis di saat – saat kompren, serta untuk darman yang telah



membantu penulis menginstallkan laptop dan membuatkan program.
Semoga Allah Azzawajallah membalasnya dengan yang lebih baik.

8. Sahabat-sahabatku di pondok Alhidayah, k'Rina beserta si kecil Fachri, Ratna, k'Insani, Nailah, Nur, Hasna, Asma, Anti, Uni, k'Eni, k'Lily, k'Wati, k'Rabi, k'Aty, K'Misk, Nani, Mia, Bu Eda, teman-teman di pondok salemo dan sahabat-sahabatku alumni SMUNCHOZ "04" khususnya anak-anak IPA, BNC, dan BRIZHIK yang telah mewarnai hari-hari penulis. Semoga Allah Azzawajallah menjadikan kita orang yang bahagia dunia akhirat dan mempertemukan kita kelak di Surga Firdaus-Nya.Amin.
9. Seluruh akhawat Mushalla Istiqomah, MPM, FSUA, Nusaibah 1 dan 4 dan Murabbiahku yang kucintai karena Allah yang telah menjadi perantara bagi penulis untuk mendapatkan hidayah dan Semoga Allah Azzawajallah tidak mencabut hidayah itu dari kita.
10. Seluruh keluargaku, adik-adikku isna, ika, iin, iyang dan undha serta motivator imaginatifku "Andy Lau".

"Keberhasilan tidak di ukur dengan apa yang telah anda raih, namun kegagalan yang telah anda hadapi dan keberanian yang membuat anda tetap berjuang melawan rintangan yang datang bertubi-tubi."

Makassar , Februari 2010

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
SARI BACAAN	ii
ABSTRACT	iii
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xii
BAB I PENDAHULUAN	1
I.1 Latar Belakang.....	1
I.2 Ruang Lingkup.....	3
I.3 Tujuan Penelitian.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	4
II.1 Medan Listrik.....	4
II.2 Transformator.....	5
II.2.1 Definisi dan Kegunaan Transformator.....	5
II.2.2 Bagian-Bagian Transformator.....	6
II.2.3 Jenis-Jenis Transformator.....	8
II.3 Keadaan Transformator Tanpa Beban.....	11
II.4 Keadaan Transformator Berbeban.....	13

II.5 Transformator Arus.....	14
II.5.1 Prinsip Kerja Transformator Arus.....	15
II.5.2 Toroida.....	16
II.5.3 Ferit.....	18
II.6 Hukum Kirchoff.....	19
II.7 Rapat Arus.....	19
II.8 Arus Bocor.....	20
II.8.1 Deteksi Arus Bocor.....	21
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	23
III.1 Alat Penelitian.....	23
III.2 Metode Pengumpulan Data.....	23
III.3 Pengolahan Data.....	24
III.4 Bagan Alir Penelitian.....	28
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	29
IV.1 Hasil Perhitungan.....	29
IV.1.1 Hasil Perhitungan Untuk Desain Dimensi Utama.....	30
IV.1.2 Hasil Perhitungan Desain Kumparan.....	31
IV.1.2.1 Kumparan Sekunder.....	31
IV.1.2.2 Kumparan Primer.....	31
IV.1.3 Hasil Perhitungan Induktansi.....	33
IV.1.4 Hasil Perhitungan Efisiensi.....	34

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	35
V.1 Kesimpulan.....	35
V.2 Saran.....	35
DAFTAR PUSTAKA.....	36
LAMPIRAN	

DAFTAR TABEL



	Halaman
Tabel IV.1 Hasil perhitungan dimensi utama.....	30
Tabel IV.2 Hasil perhitungan kumparan sekunder.....	31
Tabel IV.3 Hasil perhitungan kumparan primer.....	31
Tabel IV.4 Hasil perhitungan induktansi.....	33
Tabel IV.5 Hasil perhitungan kapasitas efisiensi.....	34

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar II.1 Arah Arus.....	4
Gambar II.2 Bagian-bagian transformator.....	6
Gambar II.3 Induktansi bersama.....	8
Gambar II.4 Tipe inti dan tipe cangkang.....	9
Gambar II.5 Tipe trafo.....	10
Gambar II.6 Transformator tanpa beban.....	11
Gambar II.7 Transformator dengan beban.....	13
Gambar II.8 Transformator arus.....	15
Gambar II.9 Toroida.....	16
Gambar II.10 Contoh toroida.....	17
Gambar II.11 Arus bocor.....	20
Gambar II.12 Deteksi arus bocor.....	22

DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran I : Diagram alir proses perhitungan
- Lampiran II : Nilai kerapatan fluks magnetik dan kerapatan arus
- Lampiran III : Nilai resistivitas bahan
- Lampiran IV : Data material ferit
- Lampiran V : Program untuk desain transformator arus
- Lampiran VI : Contoh hasil perhitungan program



BAB I

PENDAHULUAN

BAB I

PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang

Kemajuan dan perkembangan teknologi menyebabkan pemanfaatan energi listrik sudah meliputi hampir seluruh aspek kehidupan manusia dan boleh dikatakan tingkat pemanfaatan energi listrik sudah menjadi suatu ukuran kemajuan suatu bangsa.

Demi kelancaran pembangunan serta demi peningkatan taraf hidup masyarakat, tenaga listrik haruslah tersedia dalam jumlah yang cukup memadai. Hal ini tentu tidak dapat dipisahkan dari keandalan dan mutu dari sistem tenaga listrik yang tentu tak terlepas pula dari keandalan komponen-komponen yang ada di dalamnya. Salah satu komponen tersebut adalah sistem instalasi listrik yang menggunakan kabel.

Kabel yang digunakan pada sistem instalasi listrik bisa saja mengalami kebocoran arus akibat rusaknya bahan isolasi oleh pemanasan yang terakumulasi dari sumber-sumber panas seperti sambungan konduktor yang tidak sempurna. Hal ini juga dapat terjadi pada peralatan rumah tangga yang menggunakan energi listrik baik dalam bentuk pemanas maupun motor listrik. Besarnya arus bocor yang masih dalam orde miliampere mungkin saja tidak terdeteksi oleh pengaman instalasi seperti fuse atau mini circuit breaker yang lazim digunakan pada suatu instalasi.



Sebelumnya telah dilakukan penelitian oleh " Hayatunnufus " tentang arus bocor pada kabel PVC jenis NYM, bahwa terdapat kebocoran arus pada penghantar PVC jenis NYM dan nilai arus bocor tersebut akan semakin besar jika tegangan masukan, panjang dan suhu kabel dinaikkan. Kemudian dilakukan penelitian oleh " Herman " tentang analisis rugi-rugi daya pada instalasi listrik rumah tangga, yang juga menyimpulkan bahwa terdapat arus bocor pada semua instalasi listrik rumah tangga daya 450 VA dan 900 VA dimana variabel umur instalasi dan daya terpasang mempengaruhi arus bocor tersebut. Dari penelitian tersebut diketahui bahwa ternyata ada arus bocor dan arus bocor tersebut cukup berbahaya bagi manusia. Maka, perlu dibuat suatu alat untuk mendeteksi adanya arus bocor tersebut.

Untuk mendeteksi adanya kebocoran arus dalam suatu instalasi dapat digunakan transformator arus. Oleh karena itu perlu dilakukan perancangan transformator arus yang dapat dilakukan baik secara manual maupun dengan bantuan komputer. Perancangan secara manual memungkinkan terjadinya kesalahan dalam perhitungannya. Agar permasalahan tersebut dapat dihindari dan untuk mempercepat proses perhitungan maka diperlukan bantuan program (software).

I.2 Ruang Lingkup

Penelitian ini dilakukan dengan merancang transformator arus jenis toroida ideal, meliputi desain dimensi utama dan desain kumparan yang dibatasi pada nilai kerapatan fluks sebesar $1,15 \text{ wb/m}^2$, $1,20 \text{ wb/m}^2$, dan $1,25 \text{ wb/m}^2$. Kemudian nilai permeabilitas inti bahan yaitu bbbnu, 3000, 5000 dan 15.000 H/m dengan menggunakan bantuan program (software).

I.3 Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk merancang transformator arus jenis toroida sebagai detektor arus bocor pada suatu instalasi listrik.



BAB II

**TINJAUAN
PUSTAKA**

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

II.1 Medan Listrik

Aturan tangan kanan adalah cara yang efektif untuk mengetahui arah medan listrik terhadap arus listrik. Jika seutas kawat tembaga diberi aliran listrik, maka di sekeliling kawat tembaga akan terbentuk medan listrik. Dengan aturan tangan kanan dapat diketahui arah medan listrik terhadap arah arus listrik. Caranya sederhana yaitu dengan mengacungkan jari jempol tangan kanan sedangkan keempat jari lain menggenggam. Arah jempol adalah arah arus dan arah ke empat jari lain adalah arah medan listrik yang mengitarinya.⁽³⁾



Gambar II.1 Arah Arus

Untuk dua utas kawat tembaga paralel yang keduanya diberi arus listrik. Jika arah arusnya berlawanan, kedua kawat tembaga tersebut saling menjauh. Tetapi jika arah arusnya sama ternyata keduanya berdekatan saling tarik-menarik. Hal ini terjadi karena adanya induksi medan listrik. Dikenal medan listrik dengan simbol B dan satuannya Tesla (T). Besar akumulasi medan listrik B pada suatu luas area A tertentu didefinisikan sebagai besar fluks magnetik. Simbol yang biasa

digunakan untuk menunjukkan besar fluks magnetik ini adalah Φ dan satuannya Weber ($\text{Wb} = \text{T.m}^2$). Secara matematis besarnya adalah :

$$\Phi = B A \quad \dots\dots\dots(\text{II.1})$$

Lalu bagaimana jika kawat tembaga itu dililitkan membentuk koil atau kumparan. Jika kumparan tersebut dialiri listrik maka tiap lilitan akan saling menginduksi satu dengan yang lainnya. Medan listrik yang terbentuk akan segaris dan saling menguatkan. Komponen yang seperti inilah yang dikenal dengan induktor solenoid.⁽³⁾

II.2 Transformator

II.2.1 Definisi dan Kegunaan Transformator

Transformator adalah suatu alat listrik yang dapat memindahkan dan mengubah energi listrik dari satu atau lebih rangkaian listrik ke rangkaian listrik yang lain melalui suatu gandengan magnet dan berdasarkan prinsip induksi elektromagnet. Transformator digunakan secara luas, baik dalam sistem tenaga listrik maupun elektronika.⁽¹⁾

Penggunaan transformator yang sangat sederhana dan andal itu merupakan salah satu sebab penting bahwa arus bolak-balik sangat banyak digunakan untuk pembangkitan dan penyaluran tenaga listrik. Pada penyaluran tenaga listrik terjadi kerugian energi sebesar I^2R watt. Kerugian ini akan banyak berkurang apabila tegangan dinaikkan. Dengan demikian saluran-saluran transmisi tenaga listrik senantiasa mempergunakan tegangan yang tinggi. Hal ini dilakukan terutama untuk mengurangi kerugian energi yang terjadi dan menaikkan tegangan listrik di



pusat listrik, kemudian menurunkannya lagi pada akhir saluran itu ke tegangan yang lebih rendah, yang dilakukan dengan transformator. Efisiensi transformator adalah perbandingan antara daya keluar P_{out} dengan daya masuk P_{in} .⁽⁴⁾

$$= \frac{P_{out}}{P_{in}} \dots\dots\dots(II.2)$$

Dalam bidang elektronika, transformator digunakan antara lain sebagai gandengan impedansi antara sumber dan beban, untuk memisahkan satu rangkaian dari rangkaian yang lain dan untuk menghambat arus searah sambil tetap melakukan atau mengalirkan arus bolak-balik antara rangkaian.⁽¹⁾

II.2.2 Bagian – Bagian Transformator

Pada umumnya transformator terdiri atas sebuah inti yang terbuat dari besi berlapis dan dua buah kumparan, yaitu kumparan primer dan kumparan sekunder. Rasio perubahan tegangan akan tergantung dari rasio jumlah lilitan pada kedua kumparan itu. Biasanya kumparan terbuat dari kawat tembaga yang dibelit di seputar kaki inti transformator .⁽⁴⁾

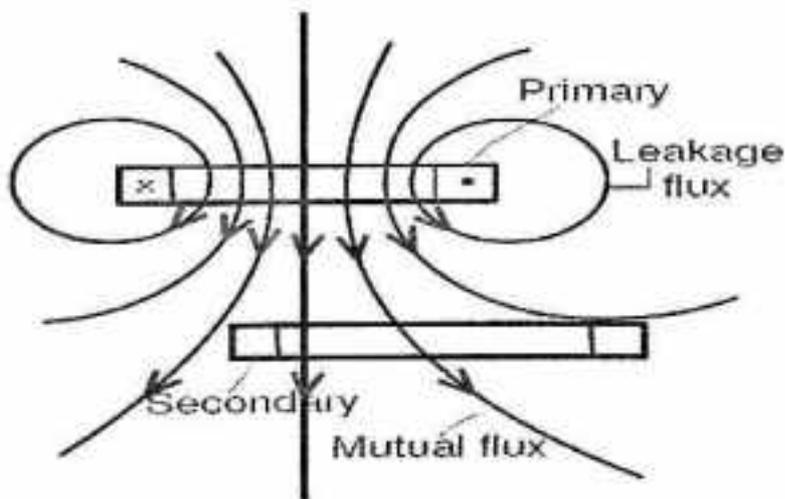


Gambar II.2 Bagian-Bagian Transformator .⁽⁴⁾

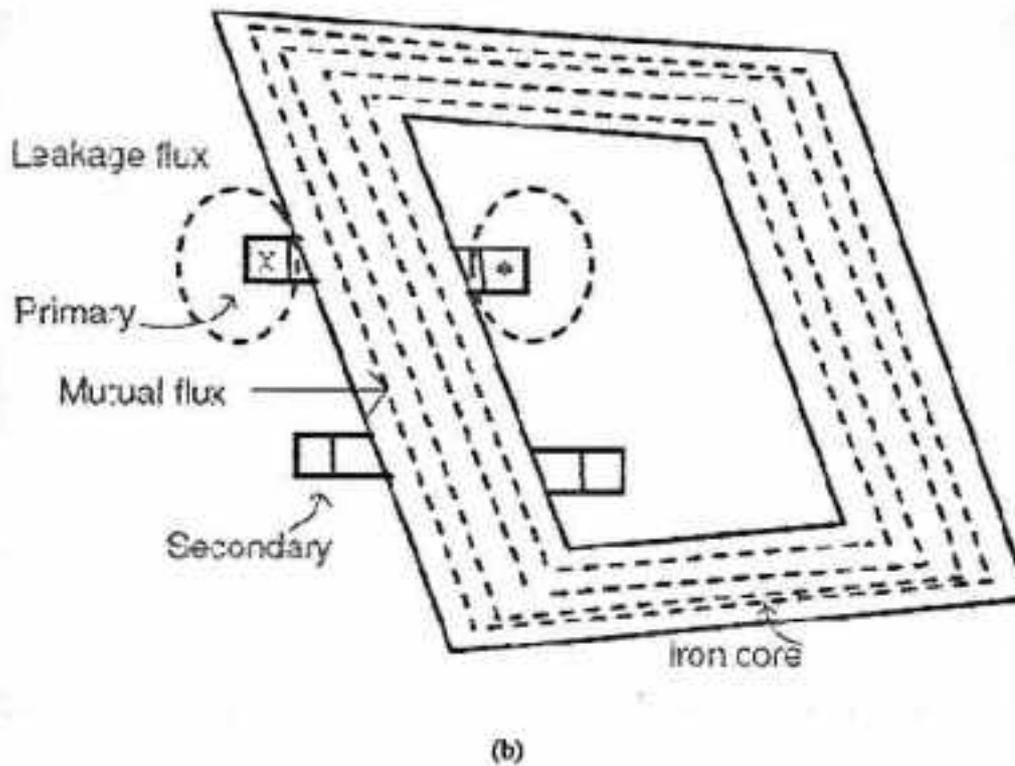
Kedua kumparan tersebut dihubungkan oleh medan magnetik bersama (mutual magnetic field). Bila salah satu kumparan ini, misalnya kumparan primer

dihubungkan dengan sumber tegangan bolak-balik, akan menimbulkan fluks bolak-balik yang amplitudonya bergantung pada tegangan primer dan jumlah lilitan. Fluks bersama akan menghubungkan kumparan yang lain yaitu kumparan sekunder dan akan menginduksikan tegangan di dalamnya yang nilainya bergantung pada jumlah lilitan sekunder.⁽¹⁰⁾

Hal semacam ini akan diperoleh bila digunakan inti udara, tetapi akan jauh lebih efektif bila menggunakan inti besi atau bahan ferromagnetik lainnya, karena sebagian besar fluks akan terkurung dalam jalan tertentu yang menghubungkan kedua kumparan dan mempunyai permeabilitas yang jauh lebih besar daripada udara. Transformator semacam ini biasanya disebut transformator berinti besi (iron core transformer).



(a)

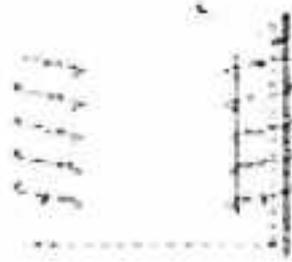


Gambar II.3 Induktansi Bersama a) Air core b) Iron core.⁽⁶⁾

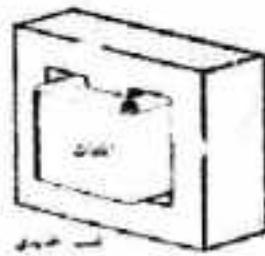
II.2.3 Jenis-jenis Transformator

Menurut konstruksinya, transformator dapat dibedakan menjadi dua, yaitu :⁽⁴⁾

1. Tipe inti, terdapat dua kaki dan masing-masing kaki dibelit oleh satu kumparan .
2. Tipe cangkang, mempunyai tiga buah kaki dan hanya kaki yang tengah-tengah saja dibelit oleh kedua kumparan.



(a)



(b)

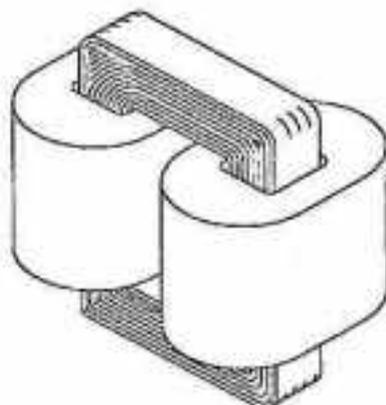
Gambar II.4 a) Tipe inti b) Tipe cangkang.⁽⁹⁾

Berdasarkan frekuensi, transformator dapat dikelompokkan sebagai berikut :⁽¹⁾

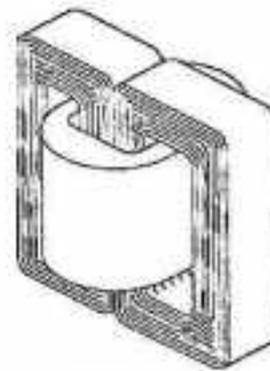
1. Frekuensi daya, 50-60 c/s ;
2. Frekuensi pendengaran, 50 c/s – 20 kc/s ;
3. Frekuensi radio, di atas 30 kc/s.

Dalam bidang tenaga listrik, pemakaian transformator dikelompokkan menjadi :⁽⁵⁾

1. Transformator daya atau disebut juga transformator penaik tegangan (step up), digunakan untuk menaikkan tegangan transmisi menjadi tegangan distribusi.
2. Transformator distribusi atau disebut juga transformator penurun tegangan (step down), digunakan untuk menurunkan tegangan transmisi menjadi tegangan distribusi.
3. Transformator pengukuran yang terdiri dari transformator tegangan dan transformator arus, digunakan untuk menurunkan tegangan dan arus agar dapat masuk ke meter-meter pengukuran.



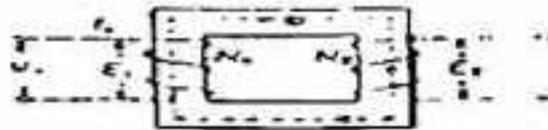
SINGLE - PHASE CORE - TYPE TRANSFORMER



SINGLE - PHASE SHELL - TYPE TRANSFORMER

Gambar II.5 Tipe Trafo.⁽⁶⁾

II.3 Keadaan Transformator Tanpa Beban



Gambar II.6 Transformator Tanpa Beban.⁽¹⁾

Bila kumparan primer suatu transformator dihubungkan dengan sumber tegangan V_1 yang sinusoid, akan mengalirlah arus primer I_0 yang juga sinusoid dan dengan menganggap belitan N_1 reaktif murni, I_0 akan tertinggal 90° dari V_1 (gambar II.5). Arus primer I_0 menimbulkan fluks (Φ) yang sefasa dan juga berbentuk sinusoid.⁽¹⁾

$$\Phi = \Phi_{\text{maks}} \sin \omega t \quad \dots\dots\dots(\text{II.3})$$

Fluks yang sinusoid ini akan menghasilkan tegangan induksi ϵ_1 .

$$\epsilon_1 = - N_1 \frac{d\Phi}{dt}$$

$$\epsilon_1 = - N_1 \frac{d(\Phi_{\text{maks}} \sin \omega t)}{dt} = - N_1 \omega \Phi_{\text{maks}} \cos \omega t$$

Harga efektifnya

$$\epsilon_1 \frac{1}{\sqrt{2}} = 4,44 N_1 f \Phi_{\text{maks}} \quad \dots\dots\dots(\text{II.4})$$

Pada rangkaian sekunder, fluks (Φ) bersama tadi menimbulkan

$$\epsilon_2 = - N_2 \frac{d\Phi}{dt}$$

$$\epsilon_2 = - N_2 \omega \Phi_{\text{maks}} \cos \omega t$$

$$\epsilon_2 \frac{1}{\sqrt{2}} = 4,44 N_2 f \Phi_{\text{maks}} \quad \dots\dots\dots(\text{II.5})$$

Sehingga

— —

Dengan mengabaikan rugi tahanan dan adanya fluks bocor,

— — —(II.6)

Dimana :

Φ = Fluks magnetik (Wb)

w = Kecepatan sudut (rad/s)

t = Waktu (s)

f = Frekuensi (Hz)

ε_1 = GGL induksi pada kumparan primer (volt)

ε_2 = GGL induksi pada kumparan sekunder (volt)

N_1 = Jumlah lilitan pada kumparan primer

N_2 = Jumlah lilitan pada kumparan sekunder

V_1 = Tegangan pada kumparan primer (volt)

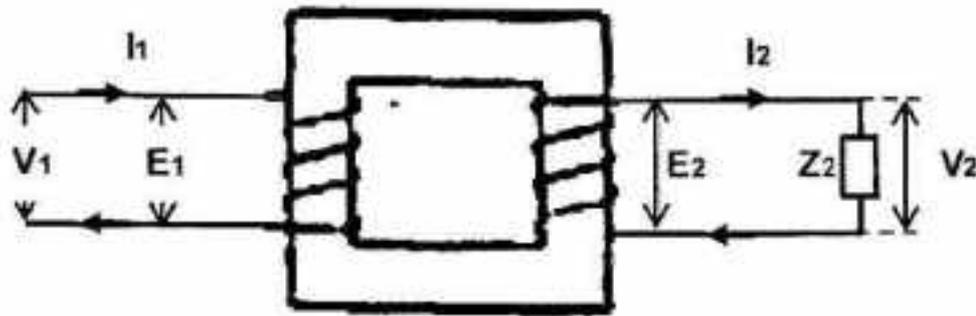
V_2 = Tegangan pada kumparan sekunder (volt)

I_1 = Arus pada sisi primer (ampere)

I_2 = Arus pada sisi sekunder (ampere)

α = nilai perbandingan lilitan transformator

II.4 Keadaan Transformator Berbeban



Gambar II.7 Transformator dengan Beban.⁽¹⁾

Apabila kumparan sekunder dihubungkan dengan beban Z_2 , I_2 mengalir pada kumparan sekunder, dimana $I_2 = V_2/Z_2$ dengan $\theta_2 =$ faktor kerja beban.⁽¹⁾

Arus beban I_2 ini akan menimbulkan gaya gerak magnet (ggm) N_2I_2 yang cenderung menentang fluks (Φ) bersama yang telah ada akibat arus pemagnetan I_M . Agar fluks bersama itu tidak berubah nilainya, pada kumparan primer harus mengalir arus I_2 yang menentang fluks yang dibangkitkan oleh arus beban I_2 hingga keseluruhan arus yang mengalir pada kumparan primer menjadi :

$$I_1 = I_0 + I_2'$$

Bila rugi besi diabaikan (I_C diabaikan) maka $I_0 = I_M$

$$I_1 = I_M + I_2'$$

Untuk menjaga agar fluks tetap tidak berubah sebesar ggm yang dihasilkan oleh arus pemagnetan I_M saja, berlaku hubungan :

$$N_1I_M = N_1I_1 - N_2I_2$$

$$N_1I_M = N_1(I_M + I_2') - N_2I_2$$

Hingga

$$N_1 I_2 = N_2 I_1$$

Karena nilai I_M dianggap kecil maka $I_2 = I_1$

$$\text{Jadi, } N_1 I_1 = N_2 I_2 \text{ atau } \frac{I_1}{I_2} = \frac{N_2}{N_1} \dots\dots\dots(II.7)$$

II.5 Transformator Arus

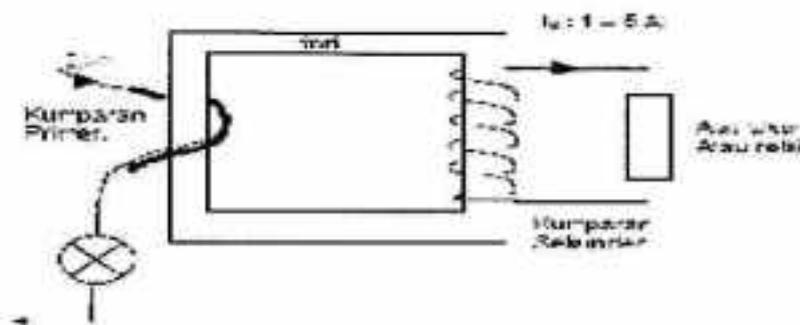
Transformator arus adalah suatu perangkat listrik yang berfungsi menurunkan arus yang besar menjadi arus dengan ukuran yang lebih kecil. Transformator arus digunakan karena dalam pengukuran arus tidak mungkin dilakukan langsung pada arus beban atau arus gangguan, hal ini disebabkan arus sangat besar dan bertegangan sangat tinggi.⁽¹²⁾

Transformator arus digunakan untuk pengukuran arus yang besarnya ratusan ampere lebih yang mengalir pada jaringan tegangan tinggi. Disamping untuk pengukuran arus, trafo arus juga dibutuhkan untuk pengukuran daya dan energi, pengukuran jarak jauh dan rele proteksi. Kumputan primer trafo arus dihubungkan secara seri dengan jaringan atau peralatan yang akan diukur arusnya, sedangkan kumputan sekunder dihubungkan dengan peralatan meter dan rele proteksi. Trafo arus bekerja sebagai trafo yang terhubung singkat. Kawasan kerja trafo arus yang digunakan untuk pengukuran biasanya 0,05 sampai 1,2 kali arus yang akan diukur. Trafo arus untuk tujuan proteksi biasanya harus mampu bekerja lebih dari 10 kali arus pengenalnya.⁽²⁾



II.5.1 Prinsip Kerja Transformator Arus

Prinsip kerja transformator ini sama dengan trafo daya satu fasa. Jika pada kumparan primer mengalir arus I_1 , maka pada kumparan primer akan timbul gaya gerak magnet sebesar $N_1 I_1$. Gaya gerak magnet ini memproduksi fluks pada inti. Fluks ini membangkitkan gaya gerak listrik pada kumparan sekunder.



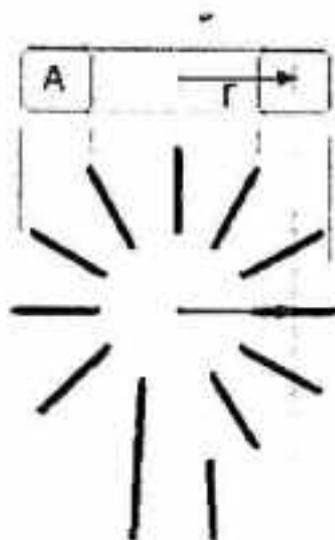
Gambar II.8 Transformator arus

Jika kumparan sekunder tertutup, maka pada kumparan sekunder mengalir arus I_2 . arus ini menimbulkan gaya gerak magnet $N_2 I_2$ pada kumparan sekunder. Perbedaan utama trafo arus dengan trafo daya adalah: ⁽²⁾

1. Jumlah belitan primer sangat sedikit, tidak lebih dari lima belitan.
2. Arus primer tidak mempengaruhi beban yang terhubung pada kumparan sekundernya, karena arus primer ditentukan oleh arus pada jaringan yang diukur.
3. Semua beban pada kumparan sekunder dihubungkan seri.
4. Terminal sekunder trafo tidak boleh terbuka, oleh karena itu terminal kumparan sekunder harus dihubungkan dengan beban atau dihubung singkat jika bebannya belum dihubungkan.

II.5.2 Toroida

Ada satu jenis induktor yang dikenal dengan nama toroida. Jika biasanya induktor berbentuk silinder memanjang, maka toroida berbentuk lingkaran. Biasanya selalu



Gambar II.9 Toroida

menggunakan inti besi (core) yang juga berbentuk lingkaran seperti kue donat.

Jika jari-jari toroida adalah r , yaitu jari-jari lingkaran luar dikurang jari-jari lingkaran dalam. Maka panjang induktor efektif adalah :⁽³⁾

$$\ell = 2\pi r \dots\dots\dots(II.8)$$

Dengan demikian untuk toroida besar induktansi L adalah :

$$L = \frac{\mu\mu_0 N^2 A}{2\pi r} \dots\dots\dots(II.9)$$

Dimana :

L : induktansi dalam H (Henry)

μ : permeability inti (core) (H/m)

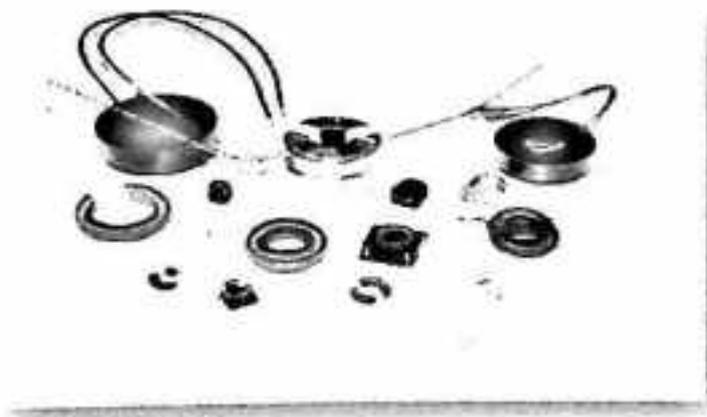
μ_0 : permeability udara vakum $4\pi \times 10^{-7}$ (H/m)

N : jumlah lilitan induktor

A : luas penampang induktor (m^2)

l : panjang induktor (m)

Salah satu keuntungan induktor berbentuk toroida adalah induktansi yang lebih besar dan dimensi yang relatif lebih kecil dibandingkan dengan induktor berbentuk silinder. Selain itu toroida umumnya menggunakan inti (core) yang melingkar, maka medan induksinya tertutup dan relatif tidak menginduksi komponen lain yang berdekatan.



Gambar II.10 Contoh Toroida.⁽¹¹⁾

II.5.3 Ferit

Besi lunak banyak digunakan sebagai inti (core) dari induktor yang disebut ferit. Ada bermacam-macam bahan ferit yang disebut ferromagnetik. Bahan dasarnya adalah bubuk besi oksida yang disebut juga iron powder. Ada juga ferit yang dicampur dengan bahan bubuk lain seperti nickel, manganese, zinc (seng) dan magnesium. Melalui proses yang dinamakan kalsinasi yaitu dengan pemanasan tinggi dan tekanan tinggi, bubuk campuran tersebut dibuat menjadi komposisi yang padat. Proses pembuatannya sama seperti membuat keramik. Oleh sebab itu ferit ini sebenarnya adalah keramik.

Ferit yang sering dijumpai ada yang memiliki $\mu = 1$ sampai $\mu = 15.000$. Dapat dipahami penggunaan ferit dimaksudkan untuk mendapatkan nilai induktansi yang lebih besar relatif terhadap jumlah lilitan yang lebih sedikit serta dimensi induktor yang lebih kecil.

Penggunaan ferit juga disesuaikan dengan frekuensi kerjanya. Karena beberapa ferit akan optimum jika bekerja pada selang frekuensi tertentu. Berikut ini adalah beberapa contoh bahan ferit yang di pasar dikenal dengan kode nomor materialnya. Pabrik pembuat biasanya dapat memberikan data kode material, dimensi dan permeability yang lebih detail. ⁽³⁾

II.6 Hukum Kirchoff

Ketika suatu rangkaian tidak dapat dibentuk menjadi rangkaian sederhana dengan kombinasi seri dan atau paralel untuk menentukan arus yang mengalir dalam rangkaian, maka dapat digunakan hukum-hukum yang dikemukakan oleh G.R. Kirchoff (1824–1887). Hukum Kirchoff merupakan aplikasi sederhana dari hukum kekekalan momentum dan energi. Ada dua hukum yang berlaku, yaitu :⁽⁹⁾

1. Hukum pertama Kirchoff atau hukum titik cabang, jumlah aljabar arus yang melewati suatu titik cabang suatu jaringan adalah sama dengan nol. Dalam bentuk matematikanya dapat ditulis : $\sum i = 0$.
2. Hukum kedua Kirchoff tentang tegangan yang berbunyi : jumlah aljabar perubahan tegangan yang mengelilingi suatu lintasan tertutup (loop) dalam suatu rangkaian listrik sama dengan nol.

II.7 Rapat Arus

Rapat arus adalah besarnya arus listrik tiap mm^2 luas penampang kawat. Besarnya rapat arus untuk semua titik pada penampang adalah :

$$J = \frac{I}{A} \dots\dots\dots(\text{II.10})$$

Dimana : J = Rapat arus (A / mm^2)

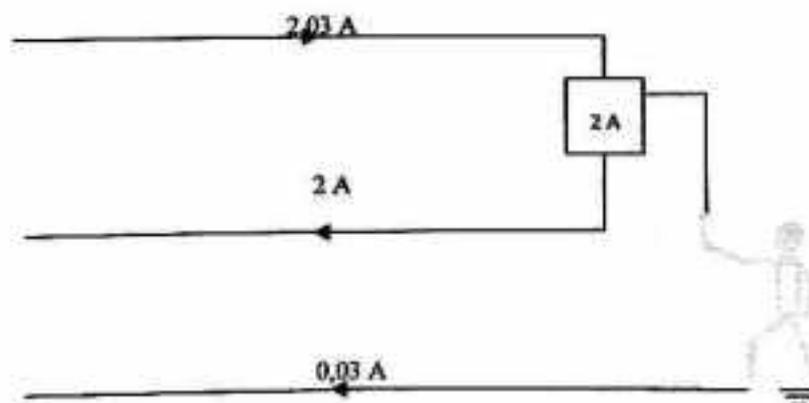
A = Luas penampang kawat (mm^2)

I = Arus (A)

II.8 Arus Bocor

Sengatan listrik terjadi jika tubuh manusia dialiri arus listrik dan itu terjadi jika tubuh menjadi penghubung antara dua titik yang memiliki beda potensial listrik. Misalnya ketika memegang dua kabel beda fasa atau kabel fasa dan kabel netral, atau salah satu tangan memegang kabel fasa sementara kaki telanjang menginjak tanah atau lantai. Saat itulah arus listrik mengalir dari kabel ke kabel atau dari kabel ke tanah melewati tubuh manusia dan akan merasakan sengatan listrik.

Selain dengan cara memegang langsung kabel yang beraliran, kesetrum juga bisa terjadi jika tubuh menyentuh benda-benda yang terinduksi. Alat-alat listrik normalnya memiliki sistem isolasi untuk mencegah mengalirnya listrik dari kabel atau sirkuitnya ke bagian lain dari alat itu. Namun terkadang sistem isolasi ini gagal menjalankan tugasnya karena mengalami kerusakan atau ketidaknormalan yang disebabkan berbagai hal. Arus listrik yang mengalir keluar dari sirkuit alat itu disebut arus bocor. Arus bocor ini merupakan penyebab nomor satu terjadinya sengatan listrik. Hal tersebut dapat diilustrasikan pada gambar berikut :



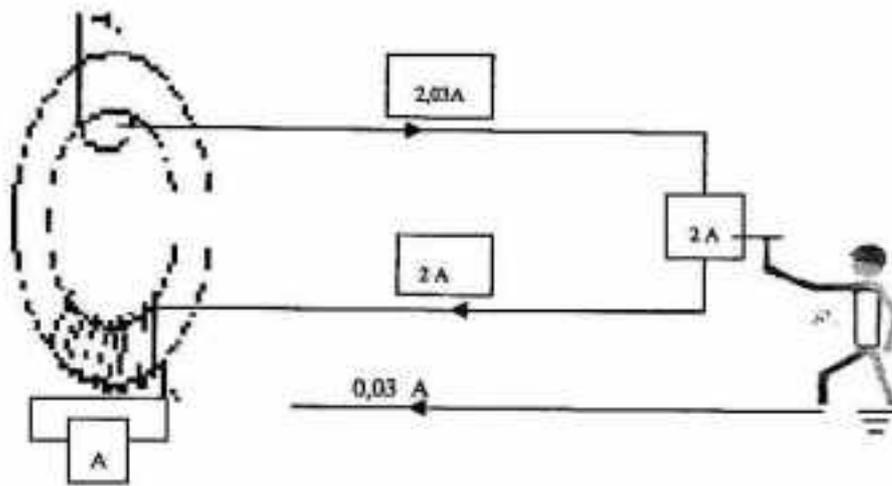
Gambar II.11 Arus Bocor.

Pada gambar di atas arus yang masuk besarnya 2,03 A, tetapi arus yang kembali hanya sebesar 2 A karena adanya kebocoran arus. Kebocoran arus sebesar 0,03 A mengalir melalui tubuh manusia ketika menyentuh bagian logam dari sebuah peralatan listrik yang bertegangan akibat adanya kegagalan isolasi pada instalasi mesin tersebut, kemudian menuju ke ground melalui kabel grounding.

II.8.1 Deteksi Arus Bocor

Untuk mendeteksi arus bocor tersebut, maka dapat digunakan transformator arus yang outputnya dapat memutuskan rangkaian secara otomatis dalam waktu tertentu. Transformator arus dengan inti berbentuk gelang yang melingkari semua penghantar suplai ke instalasi yang diamankan termasuk penghantar netralnya, dibuat sedemikian rupa sehingga arus masuk dan arus keluar dapat dirasakan. Telah ditetapkan sebuah standar untuk peralatan pengaman arus bocor dengan sensitifitas 30 mA untuk instalasi yang dianggap sering bersentuhan dengan manusia. Peralatan pengaman arus bocor ini secara otomatis akan terbuka jika merasakan adanya kebocoran arus melebihi ambang batas 30 mA.

Dalam keadaan normal, jumlah arus yang melewati trafo arus sama dengan nol. Kalau ada arus bocor ke bumi, misalnya 30 mA, keadaan seimbang ini akan terganggu, karena keadaan seimbang ini terganggu, maka dalam inti trafo arus akan timbul suatu medan magnet yang selanjutnya membangkitkan GGL induksi dalam kumparan sekunder. GGL induksi inilah yang mengaktifkan peralatan pemutus rangkaian.



Gambar II.12 Deteksi arus bocor.



BAB III

**METODOLOGI
PENELITIAN**

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

III.1 Alat Penelitian

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

1. Satu unit komputer pribadi (PC) untuk membuat dan menguji program.
2. Program aplikasi (*software*), Matlab 7.7.0

III.2 Prosedur Penelitian

1. Untuk mendukung penelitian ini dilakukan pengumpulan data yang bersumber pada referensi data yang didapatkan dari studi literatur.
2. Menginput data yang terdiri dari jumlah kumparan primer (N_p), sensitivitas (s), impedansi (z), frekuensi (f), arus primer (I_p), dan kerapatan fluks (B_m).
3. Merancang dimensi utama yang terdiri dari :
 - Luas area inti (A_{inti})
 - Diameter inti (D_{inti})
 - Panjang inti (l_{inti})
4. Merancang dimensi kumparan primer dan sekunder yang terdiri dari :
 - Luas area konduktor (A_{kp} dan A_{ks})
 - Diameter konduktor (D_{kp} dan D_{ks})

- Panjang konduktor (ℓ_{kp} dan ℓ_{ks})
- Resistansi (R_p dan R_s)
- Rugi-rugi daya (P_p dan P_s)

III.3 Pengolahan Data

Proses pengolahan data pada penelitian ini meliputi :

➤ Desain Dimensi Utama

1. GGL induksi pada kumparan primer (E_p)

$$E_p = I_p \cdot Z$$

2. Luas area inti (A_{inti})

$$A_{inti} = \frac{E_p}{4,44fN_p B_m}$$

3. Diameter inti (D_{inti})

$$D_{inti} = \sqrt{\frac{4 A_{inti}}{\pi}}$$

4. Panjang inti (ℓ_{inti})

$$\ell_{inti} = N_s \cdot D_{ks}$$

➤ **Desain Kumparan**

• *Untuk Kumparan Sekunder*

1. Perbandingan kumparan (n)

$$n = \frac{s}{z}$$

2. Kumparan sekunder (N_s)

$$N_s = n \cdot N_p$$

3. Arus sekunder (I_s)

$$I_s = \frac{I_p N_p}{N_s}$$

4. Luas konduktor sekunder (A_{ks})

$$A_{ks} = \frac{I_s}{j}$$

5. Diameter konduktor sekunder (D_{ks})

$$D_{ks} = \sqrt{\frac{4 A_{ks}}{\pi}}$$

5. Panjang konduktor sekunder (ℓ_{ks})

$$\ell_{ks} = N_s \cdot \pi \cdot D_{inti}$$

6. Resistansi konduktor sekunder (R_s)

$$R_s = \frac{\rho \ell_{ks}}{A_{ks}}$$

7. Induktansi (L)

$$L = \frac{\mu\mu_0 N_s^2 A_{inti}}{\ell_{inti}}$$

8. Reaktansi induktif (X_L)

$$X_L = 2\pi fL$$

9. Tegangan sekunder (V_s)

$$V_s = I_s \cdot (R_s + jX_L)$$

10. Rugi daya pada sisi sekunder (P_s)

$$P_s = I_s^2 \cdot R_s$$

• *Untuk Kumparan Primer*

1. Luas konduktor primer (A_{kp})

$$A_{kp} = \frac{I_p}{J}$$

2. Diameter konduktor primer (D_{kp})

$$D_{kp} = \sqrt{\frac{4 A_{kp}}{\pi}}$$

3. Panjang konduktor primer (ℓ_{kp})

$$\ell_{kp} = N_p \cdot \pi \cdot D_{inti}$$

4. Resistansi konduktor primer (R_p)

$$R_p = \frac{\rho \ell_{kp}}{A_{kp}}$$

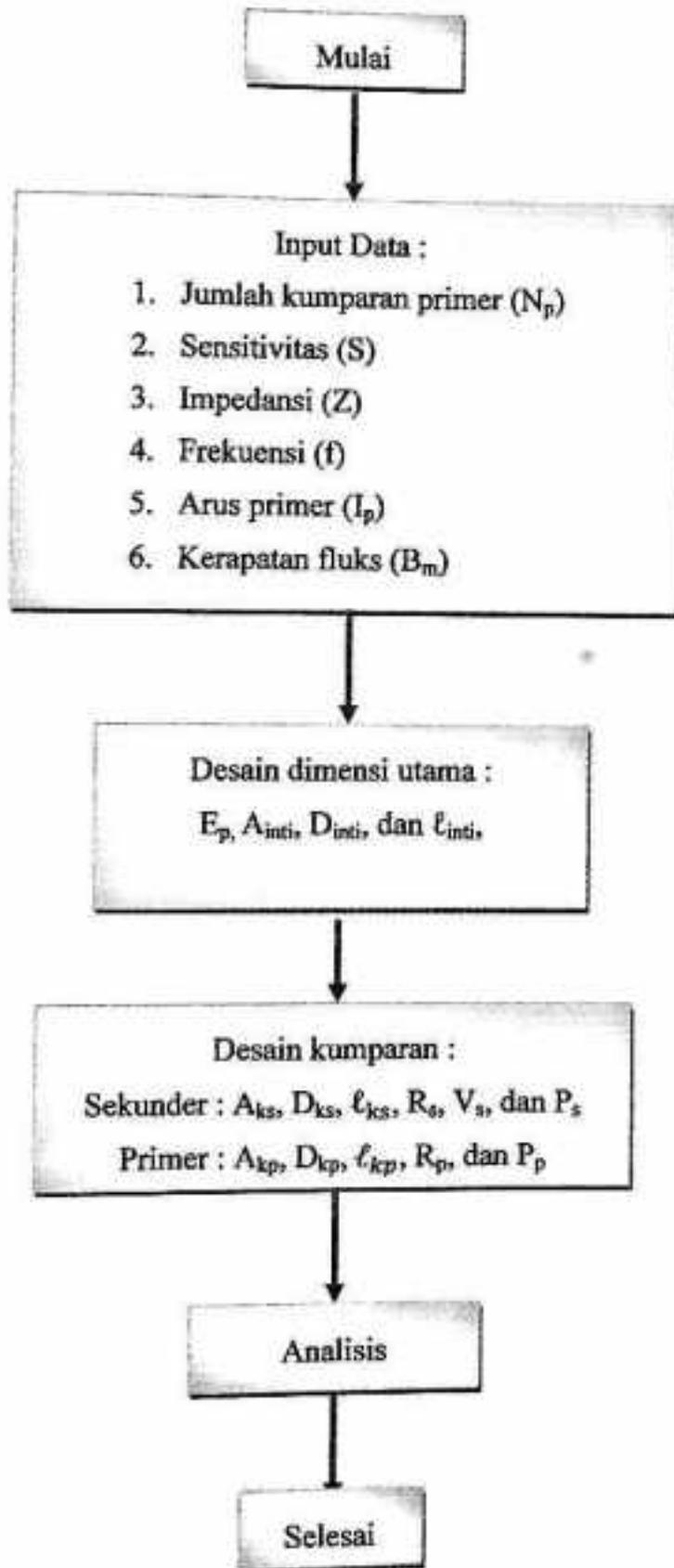
5. Rugi daya pada sisi primer (P_p)

$$P_p = I_p^2 R_p$$

6. Efisiensi (η)

$$\eta = \frac{P_s}{P_p} \times 100 \%$$

III.4 Bagan Alir Penelitian





BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

IV.1 Hasil Perhitungan

Perhitungan untuk merancang transformator arus jenis toroida ini dilakukan dengan membagi permasalahan dalam beberapa bagian, yaitu :

1. Desain dimensi utama yang terdiri dari luas area inti, diameter inti dan panjang inti.
2. Desain kumparan primer dan kumparan sekunder yang terdiri dari luas area konduktor, diameter konduktor dan panjang konduktor.

Kemudian menentukan induktansi, reaktansi induktif, resistansi, dan rugi – rugi untuk masing – masing konduktor. Sehingga akan didapatkan berapa besar efisiensi dari transformator tersebut.

Data yang diinput berupa jumlah kumparan primer yang ditentukan sebanyak 1 lilitan, sensitivitas transformator sebesar $0,5 \text{ V / A}$, impedansi kabel sebesar $0,005 \text{ V / A}$, frekuensi 50 Hz dan arus primer sebesar $0,03 \text{ A}$. Kemudian kerapatan fluks magnetik sebesar $1,15 \text{ Wb / m}^2$, $1,20 \text{ Wb / m}^2$, dan $1,25 \text{ Wb / m}^2$, kerapatan arus yang juga divariasikan sebesar $2,3 \text{ A / mm}^2$, $2,4 \text{ A / mm}^2$, dan $2,7 \text{ A / mm}^2$, kemudian permeabilitas bahan inti sebesar 3000 H / m , 5000 H / m , dan 15.000 H / m .

IV.1 1 Hasil Perhitungan Untuk Desain Dimensi Utama

Tabel IV.1

Hasil perhitungan dimensi utama

No	B_m (Weber / m ²)	A_{inti} (m ²)	D_{inti} (m)	ℓ_{inti} (m)
1	1,15	$5,87 \times 10^{-5}$	$8,65 \times 10^{-3}$	$15,6 \times 10^{-3}$
2	1,20	$5,63 \times 10^{-5}$	$8,47 \times 10^{-3}$	$15,6 \times 10^{-3}$
3	1,25	$5,41 \times 10^{-5}$	$8,3 \times 10^{-3}$	$15,6 \times 10^{-3}$

Hasil perhitungan ini diperoleh dengan menentukan nilai arus primer (I_p) sebesar 0,03 A, impedansi (Z) sebesar 0,005 V/A, dan jumlah kumparan primer (N_p) sebanyak 1 lilitan. Adapun nilai kerapatan fluks tersebut dapat dilihat pada lampiran 1, Tabel I. Pada tabel tersebut nilai kerapatan fluks magnetiknya disesuaikan dengan nilai kerapatan arus.

Pada tabel IV.1 di atas dapat dilihat bahwa semakin besar kerapatan fluks magnetiknya (B_m), maka semakin kecil ukuran inti toroida yang dibutuhkan. Untuk hasil perhitungan diameter kumparan sekunder hanya diperoleh 0,0129 mm, 0,0126 mm, dan 0,0118 mm untuk masing-masing kerapatan fluks. Sementara besar diameter konduktor yang tersedia di pasaran minimal sebesar 0,156 mm, sehingga diameter konduktor yang digunakan adalah 0,156 mm. Hal inilah yang menyebabkan panjang inti toroida mempunyai nilai yang sama besar untuk masing-masing kerapatan fluks, karena hasil perhitungan untuk panjang inti

toroida diperoleh dari perkalian jumlah kumparan sekunder (N_s) dengan diameter kumparan sekunder (D_{ks}).

IV.1.2 Hasil Perhitungan Desain Kumparan

IV.1.2.1 Kumparan Sekunder

Tabel IV.2

Hasil perhitungan kumparan sekunder

No	J (A / m ²)	A _{ks} (m ²)	D _{ks} (m)	ℓ _{ks} (m)
1	2,3 x 10 ⁶	1,3 x 10 ⁻¹⁰	1,29 x 10 ⁻⁵	2,72
2	2,4 x 10 ⁶	1,25 x 10 ⁻¹⁰	1,26 x 10 ⁻⁵	2,61
3	2,7 x 10 ⁶	1,1 x 10 ⁻¹⁰	1,18 x 10 ⁻⁵	2,65

IV.1.2.2 Kumparan Primer

Table IV.3

Hasil perhitungan kumparan primer

No	J (A / m ²)	A _{kp} (m ²)	D _{kp} (m)	ℓ _{kp} (m)
1	2,3 x 10 ⁶	1,3 x 10 ⁻⁸	1,38 x 10 ⁻³	0,0271
2	2,4 x 10 ⁶	1,25 x 10 ⁻⁸	1,38 x 10 ⁻³	0,0265
3	2,7 x 10 ⁶	1,1 x 10 ⁻⁸	1,38 x 10 ⁻³	0,0261

Pemilihan besar kerapatan arus harus didasarkan pada pertimbangan bahwa transformator akan bekerja secara terus menerus, sehingga harus mempunyai desain yang optimal. Pemilihan rapat arus yang kecil akan membuat ukuran transformator menjadi besar, sedangkan pemilihan rapat arus yang besar akan membuat ukuran transformator menjadi kecil.

Begitupula dengan panjang konduktor yang dibutuhkan untuk 1 lilitan pada sisi primer dan panjang konduktor yang dibutuhkan untuk 100 lilitan pada sisi sekunder juga semakin kecil. Sementara luas area konduktor pada sisi primer lebih besar dibandingkan dengan luas area konduktor pada sisi sekunder karena besarnya arus yang masuk pada sisi primer lebih besar daripada arus yang mengalir pada sisi sekunder.

Untuk hasil perhitungan diameter konduktor primer (D_{kp}) memiliki nilai yang sama besar karena luas konduktor primer (A_{kp}) yang digunakan adalah $1,5 \text{ mm}^2$ untuk semua jenis rapat arus. Hasil perhitungan untuk luas konduktor primer adalah $0,013 \text{ mm}^2$, $0,0125 \text{ mm}^2$ dan $0,011 \text{ mm}^2$, sementara luas konduktor yang tersedia di pasaran minimal $1,5 \text{ mm}^2$. Oleh karena itu, digunakan konduktor yang mempunyai luas $1,5 \text{ mm}^2$.

IV.1.3 Hasil Perhitungan Induktansi

Tabel IV.4

Hasil perhitungan induktansi

No	μ (H / m)	L (H)	X_L (ohm)	V_s (Volt)
1	3000	0,14	43,96	0,013
2	5000	0,23	72,22	0,022
3	15.000	0,65	204,1	0,0612

Salah satu keuntungan induktor berbentuk toroida adalah menghasilkan induktor dengan induktansi yang lebih besar dengan dimensi yang relatif lebih kecil dibandingkan dengan induktor berbentuk silinder, juga karena toroida umumnya menggunakan inti (core) yang melingkar sehingga medan induksinya tertutup dan relatif tidak menginduksi komponen lain yang berdekatan.

Tabel IV.4 diatas menunjukkan bahwa besarnya induktansi semakin tinggi bila digunakan permeabilitas inti bahan yang besar. Hal yang sama juga didapatkan untuk nilai reaktansi induktif dan tegangan yang ada pada sisi sekunder.

IV.1.4 Hasil Perhitungan Efisiensi

Tabel IV.5

Hasil perhitungan efisiensi

No	J (A / m ²)	R _s (ohm)	P _s (Watt)	R _p (ohm)	P _p (Watt)	η (%)
1	2,3 x 10 ⁶	2,43	2,18 x 10 ⁻⁷	30,78 x 10 ⁻⁵	2,77 x 10 ⁻⁷	78,7
2	2,4 x 10 ⁶	2,37	2,13 x 10 ⁻⁷	30,14 x 10 ⁻⁵	2,71 x 10 ⁻⁷	78,6
3	2,7 x 10 ⁶	2,33	2,09 x 10 ⁻⁷	29,54 x 10 ⁻⁵	2,66 x 10 ⁻⁷	78,5

Selain mempengaruhi luas area konduktor, besarnya kerapatan arus juga mempengaruhi nilai dari masing-masing resistansi kumparan yang selanjutnya juga akan mempengaruhi rugi-rugi daya pada masing-masing kumparan.

Dari Tabel IV.5 di atas dapat dilihat bahwa besarnya efisiensi tergantung pada besarnya kerapatan arus, semakin besar kerapatan arusnya maka efisiensinya semakin kecil. Hal tersebut terjadi karena besarnya arus yang mengalir pada sisi primer lebih banyak digunakan untuk membangkitkan fluks magnetik pada inti sehingga daya yang ditransfer pada sisi sekunder lebih sedikit.



BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

V.1 KESIMPULAN

Telah dirancang transformator arus jenis toroida untuk mendeteksi adanya arus bocor sebesar 0.03 A dengan variasi kerapatan fluks 1.15 wb/m², 1.20 wb/m² dan 1.25 wb/m dan kerapatan arus 2,3 A/mm², 2,4 A/mm² dan 2,7A/mm² serta permeabilitas inti bahan 3000 H/m, 5000 H/m dan 15.000 H/m.

V.2 SARAN

Penelitian tentang perancangan transformator arus sebagai detektor arus bocor ini sebaiknya dilanjutkan dengan membuat transformator arus agar dapat digunakan sebagai alat untuk mendeteksi arus bocor pada instalasi listrik

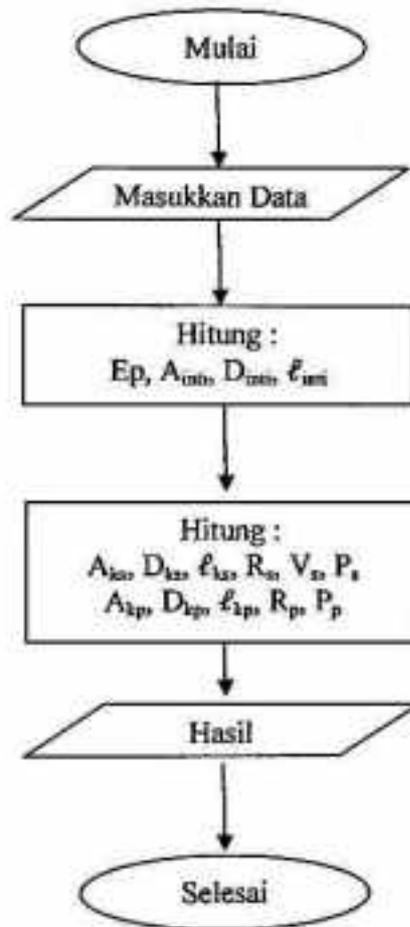
DAFTAR PUSTAKA

1. Zuhail. 1993. *Dasar Teknik Tenaga Listrik dan Elektronika Daya*. Bandung : ITB.
2. Aslimeri, dkk. 2008. *Teknik Transmisi Tenaga Listrik Jilid 2*. [http://ftp.lipi.go.id/pub/teknik transmisi tenaga listrik jilid 2.pdf](http://ftp.lipi.go.id/pub/teknik%20transmisi%20tenaga%20listrik%20jilid%202.pdf). Diakses tanggal 15 Juni 2009.
3. Induktor. <http://cnt121.files.wordpress.com/2007/11/induktor.pdf>. Diakses tanggal 15 Juni 2009.
4. Kadir, Abdul. 1981. *Transformator*. Jakarta : PT. Pradnya Pratama.
5. Trafo satu phase. <http://pksm.mercubuana.ac.id/modul/13020-9-843492745104.pdf>. Diakses tanggal 8 Juli 2009.
6. Ideal Transformer. <http://nptel.iitm.ac.in/courses/II-MADRAS/Electrical-Machines.pdf>. Diakses tanggal 15 Juni 2009.
7. Giancoli. 2001. *Fisika Edisi Kelima Jilid 2*. Jakarta :Erlangga.
8. Transformator. <http://pksm.mercubuana.ac.id/modul/14030-9-831937756038.doc>. Diakses tanggal 8 Juli 2009.
9. Draf Modul Fisika. <http://www.ac.its.ac.id/ambilfile.php>. Diakses tanggal 15 Juli 2009.
10. Fitzgerald, A.E, dkk. 1986. *Mesin-mesin Listrik Edisi Keempat*. Jakarta : Erlangga.
11. Contoh toroida. <http://www.coolwinder.com/prod03.htm>. Diakses tanggal 15 Juni 2009.
12. Transformator. <http://tanotocentre.wordpress.com/2009/transformator/>. Diakses tanggal 10 Juni 2009.
13. Darmansyah. 2010. *Program perancangan transformator arus*. Makassar.



LAMPIRAN

LAMPIRAN I



LAMPIRAN II

Nilai kerapatan fluks magnetik (B_m) dan kerapatan arus (J)

Sumber : Abdul kadir, transformator

No	Kerapatan arus (J) A / mm^2	Kerapatan fluks (B_m) Wb / m^2
1	2,3	115
2	2,4	120
3	2,5	120
4	2,6	120
5	2,7	125
6	2,8	130
7	2,9	135
8	3,0	140

LAMPIRAN III

Resistivitas pada temperatur kamar

Konduktor	(Ohm-meter)	Isolator	(Ohm-meter)
Aluminium	$2,63 \times 10^{-8}$	Gelas	$10^{10} - 10^{14}$
Karbon	3500×10^{-8}	Mika	$10^{11} - 10^{15}$
Tembaga	$1,72 \times 10^{-8}$	Kwarsa	10^{18}
Perak	$1,47 \times 10^{-8}$	Kayu	$10^8 - 10^{11}$
Wolfram	$5,51 \times 10^{-8}$		

LAMPIRAN IV

Data Material Ferit

Material No.	μ	Frek.maksimum (MHz)
67	40	10 - 80
68	20	80 - 180
77	2000	0.5 - 50
F	3000	0.5 - 50
J	5000	< 1
W	10.000	< 1
H	15.000	< 200 kHz

LAMPIRAN V

Program untuk Desain Transformator Arus

```
% --- Executes on button press in pushbutton2.
function pushbutton2_Callback(hObject, eventdata, handles)
rho=1.7*10^(-8);
mu0=4*pi*10^(-7);
Np=str2double(get(handles.ENp, 'string'));
z=str2double(get(handles.Ez, 'string'));
f=str2double(get(handles.Ef, 'string'));
Ip=str2double(get(handles.EIp, 'string'));
S=str2double(get(handles.ES, 'string'));
J=str2double(get(handles.EJ, 'string'));
mu=str2double(get(handles.Emu, 'string'));
Bm=str2double(get(handles.EBm, 'string'));
Ep=Ip*z;
set(handles.EEp, 'string', num2str(Ep));
Ep=str2double(get(handles.EEp, 'string'));
Ai=Ep/(4.44*f*Np*Bm*10^(-2));
set(handles.EAi, 'string', num2str(Ai));
Ai=str2double(get(handles.EAi, 'string'));
Di=sqrt(4*Ai/pi);
set(handles.EDi, 'string', num2str(Di));
Di=str2double(get(handles.EDi, 'string'));
n=S/z;
set(handles.En, 'string', num2str(n));
n=str2double(get(handles.En, 'string'));
Ns=n*Np;
set(handles.ENs, 'string', num2str(Ns));
Ns=str2double(get(handles.ENs, 'string'));
Is=Ip*Np/Ns;
set(handles.EIs, 'string', num2str(Is));
Is=str2double(get(handles.EIs, 'string'));
Aks=Is/(J*10^6);
set(handles.EAks, 'string', num2str(Aks));
Aks=str2double(get(handles.EAks, 'string'));
Dks=sqrt(4*Aks/pi);
if Dks<=0.156*10^(-3);
    Dks=0.156*10^(-3);
else
    Dks=Dks;
end
set(handles.EDks, 'string', num2str(Dks));
Dks=str2double(get(handles.EDks, 'string'));
Li=Ns*Dks;
set(handles.ELi, 'string', num2str(Li));
Li=str2double(get(handles.ELi, 'string'));
Lks=Ns*Di*pi;
set(handles.ELks, 'string', num2str(Lks));
Lks=str2double(get(handles.ELks, 'string'));
Rs=rho*Lks/(1/4*pi*Dks^2);
set(handles.ERs, 'string', num2str(Rs));
Rs=str2double(get(handles.ERs, 'string'));
```

```

L=mu*mu0*Ns^2*Ai/Li
set(handles.EL,'string',num2str(L));
L=str2double(get(handles.EL,'string'));
Xl=2*pi*f*L;
set(handles.EXl,'string',num2str(Xl));
Xl=str2double(get(handles.EXl,'string'));
Vs=Is*sqrt(Rs^2+Xl^2);
set(handles.EVs,'string',num2str(Vs));
Xl=str2double(get(handles.EVs,'string'));
Akp=Ip/(J*10^6);
if Akp<=1.5*10^(-6);
    Akp=1.5*10^(-6);
else
    Akp=Akp;
end
set(handles.EAkp,'string',num2str(Akp));
Akp=str2double(get(handles.EAkp,'string'));
Dkp=sqrt(4*Akp/pi);
set(handles.EDkp,'string',num2str(Dkp));
Dkp=str2double(get(handles.EDkp,'string'));
Lkp=Np*Di*pi;
set(handles.ELkp,'string',num2str(Lkp));
Lkp=str2double(get(handles.ELkp,'string'));
Rp=rho*Lkp/Akp;%%(1.5*10^(-6));
set(handles.ERp,'string',num2str(Rp));
Rp=str2double(get(handles.ERp,'string'));
Pp=Ip^2*Rp;
set(handles.EPp,'string',num2str(Pp));
Pp=str2double(get(handles.EPp,'string'));
Ps=Is^2*Ps;
set(handles.EPs,'string',num2str(Ps));
Ps=str2double(get(handles.EPs,'string'));
eta=Ps*100/Pp;
set(handles.Eeta,'string',num2str(eta));
eta=str2double(get(handles.Eeta,'string'));

```

referensi pada daftar pustaka nomor [13]

LAMPIRAN VI

Contoh Hasil Perhitungan Program

**PERANCANGAN PROGRAM UNTUK DESAIN TRANSFORMATOR
ARUS SEBAGAI DETEKTOR ARUS BOCOR PADA INSTALASI TEGANGAN RENDAH**

ILIAS ANIKSI
E.2119437

Input Data

Jumlah Lilit Primer (N ₁) = 1 Lilit Impedansi (Z) = 0,05 VA Induktansi (L) = 50 H	Sifatitas (S) = 85 VA Area Primer (a) = 0,03 A Rapat Area (S) = 2,3 *10 ⁵ A/m ²	Jumlah Lilit Sekunder (N ₂) = 115 m ² Persebaran 1% (n) = <input type="radio"/> 300 <input type="radio"/> 500 <input type="radio"/> 1000
---	---	---

Desain Kuemporan

Nomor Sekunder

Jumlah Kuemporan Sekunder (N_k) = Lilit

Area Sekunder (A) = A

Luas Konduktor (Alc) = m²

Diameter Konduktor (Dk) = m

Panjang Konduktor (Lk) = m

Resistansi Konduktor (Rk) = Ohm

Tegangan Sekunder (V₂) = Volt

Rugi Daya Sekunder (P₂) = Watt

Numporan Primer

Luas Konduktor (Alp) = m²

Diameter Konduktor (Dp) = m

Panjang Konduktor (Lp) = m

Resistansi Konduktor (Rp) = Ohm

Rugi Daya Primer (P₁) = Watt

Persebaran Kuemporan (n) =

Induktansi (L) = Henry

Resistansi Induktansi (Z) = Ohm

Stabilitas (St) = S

Desain Dimensi Utama

GGL Induktansi Kuemporan Sekunder (G_k) = Volt

Luas Area IR (A_{IR}) = m²

Diameter IR (D_{IR}) = m

Panjang IR (L_{IR}) = m

Fisika FBM/IA UNHAS 2010

**PERANCANGAN PROGRAM UNTUK DESAIN TRANSFORMATOR
ARUS SEBAGAI DETEKTOR ARUS BOCOR PADA INSTALASI TEGANGAN RENDAH**

KELAS ARSINE
2011/01/07

- Input Data

Jumlah Lilitan Primer (N_1) = 1	Lilitan	Sambutan (S) = 85	Y/A	Kapasitas Tumpukan Minyak (C_{tm}) = 1.15	mm ²	
Induktansi (L) = 0.05	Y/A	Area Primer (A_1) = 0.03	A	Penyebaran H ₀ (mm)		
Induktansi (L) = 50	Hz	Papir Arus (A_2) = 2.5	*10% mm ²	<input type="radio"/> 300	<input type="radio"/> 500	<input type="radio"/> 1500

- Desain Kompensasi

- Kompensasi Sekunder

Jumlah Kompensasi Sekunder (N_2) = 100	Lilitan
Area Sekunder (A_2) = 0.000	A
Luas Kawatlilit (A_{k1}) = 1.2043e-013	mm ²
Diameter Kawatlilit (D_{k1}) = 0.000156	mm
Panjang Kawatlilit (L_{k1}) = 2.7172	mm
Resistansi Kawatlilit (R_{k1}) = 2.4157	Ohm
Tegangan Sekunder (V_2) = 0.01402	Volt
Rugi Daya Sekunder (P_2) = 2.175e-007	Watt

- Kompensasi Primer

Luas Kawatlilit (A_{k2}) = 1.5e-005	mm ²
Diameter Kawatlilit (D_{k2}) = 0.00130	mm
Panjang Kawatlilit (L_{k2}) = 0.00173	mm
Resistansi Kawatlilit (R_{k2}) = 0.0000005	Ohm
Rugi Daya Primer (P_1) = 2.715e-007	Watt

Pembandingan Kompensasi (β) = 100	
Induktansi (L) = 0.1435	Henry
Resistansi Induktansi (R) = 44.0375	Ohm
Efisiensi (η) = 75.474	%

- Desain Dimensi Utama

GGL Induktansi Kompensasi Sekunder (E_2) = 0.02015	Volt
Luas Area H ₀ (A) = 5.0754e-005	mm ²
Diameter H ₀ (D_0) = 0.008402	mm
Panjang H ₀ (L_0) = 0.0156	mm



JURUSAN FISIKA
FAKULTAS MIPA
UNIVERSITAS HASANUDIN

KAMPUS TAMALANREA JL. PERINTIS KEMERDEKAAN KM.10 MAKASSAR, 90245
Telp. (0411) 586200 Psw. (2403,2404,2405,2406,2407,2615) 587634 FAX, 0411 585581

**KARTU KONTROL
SEMINAR TUGAS AKHIR MAHASISWA**

IAMA : ILLAH ANRIANI
lo. POKOK : H 211 04 027
PROGRAM STUDI : FISIKA
IAMA PEMBIMBING T.A. :

No.	Hari / Tanggal	PEMATERI SEMINAR		Paraf Pimp. Sidang/ Pembimbing
		Nama/ No. Pokok	Judul Seminal I / II	
1	JUM'AT / 9-FEB-07	SULFIANA NUR / H 211 02 032	PEMBUATAN BINDING AKUSTIK SERAM DAPI DENGAN PERMUKAAN TIDAK RATA (SEM. II)	[Signature]
2	JUM'AT / 9-FEB-07	MIRUL FUADI H 211 02 011	PEMBUATAN DAN UJI KINERJA ELEKTRODA SELEKTIF BIOPOLIMER TERHADAP PENGARUH ION (SEM. II)	[Signature]
3	JUM'AT / 9-MARET-07	SANTIH ANGERAEM H 211 02 014	PENSONTROLAN PERALATAN LISTRIK (LAMPU) BERBASIS WEB (SEM. I)	[Signature]
4	RABU / 14 MARET-07	M. TAUFIK USMAN H 211 01 025	ANALISIS DISTRIBUSI PERIMEN UNTUK MENENTUKAN KANDUNGAN AMI SEJENAM PERIODEN PANTAI BANGKANG (I)	[Signature]
5	RABU / 28 MARET-07	RISNA H 211 03 006	ANALISIS PERBEDAAN PENJAJARAN DEL. BUMI PADA ITEROSKOP MONOAKSIAL (LANNOC & STEP-DORER) (SEM. I)	[Signature]
6	KAMIS 05 APRIL-07	A. Isti PujiRana H 211 03 037	Sinopsis Modul Praktikum Elektronika Dasar dgn menggunakan EWB < SEM. I >	[Signature]
7	RABU 18 April-07	ABDUL SYAMUR H 211 02 003	PERANAN CHAD DALAM MELAKUKAKAN SERANGAN TERORISME EPILIPSI DAN MELUKANGI (CS)	[Signature]
8	RABU 30 APRIL-07	UNI RESKI H 211 03 030	ANALISIS DISTRIBUSI CAPASITANSI MAENOTIF PADA MODUL PINDAAN LEMBIH DARI KEABAI TANPA PERAN (SEM. I)	[Signature]
9	JUM'AT / 27 JULI 07	SANTIH ANGERAEM H 211 02 014	PENSONTROLAN PERALATAN LISTRIK (LAMPU) BERBASIS WEB (SEM. II)	[Signature]
10	RABU / 25 JUNI 08	WAWAN WUPU H 211 04 003	ANALISIS KUALITATIF PENGARUH MEDAN LISTRIK YANG BERALAS DARI SOTT ISO KU TUDU KEHATAN MANUSA (SEM. I)	[Signature]
11	KAMIS / 24 JUNI 08	BOY MURDALIM H 224 01 0	ANALISIS DAN INTERPRETASI TUMBUH BAKTERI DENGAN METODE BISHOPNET (STUDI KASUS DI DAERAH TAGE) (SEM. II)	[Signature]
12	KAMIS / 24 JUNI 08	SEI ANWAR H 204 03 005	PREMOKELAN ANGEKUTAN BEDIKEN DI PASIRAN PANTAI TANJUNG GUNDA DI KOTA MRS (SEM. II)	[Signature]
13	Rabu 24 Des 2008	MURDIATI H 211 03 004	TEKNOLOGI KOMPUTASI BERBASIS BANGUNAN LIMBAH ORGANISIA SANGKANG INDIK JOMBU METE SEBAGAI SUMBER ENERGI TERBARUKAN (I)	[Signature]
14	Rabu 24 Des 2008	DIAN PIRHAN H 211 03 038	PEMANFAATAN LIMBAH TEMPUKUNG KELAPA SEBAGAI BAHAN BAHAN ALTERNATIF (I)	[Signature]
15	Rabu 25 Maret '09	Trii Isyana H 211 04 0	Pembuatan & pengujian sifat fisik etanol dari jagung sebagai energi alternatif (I)	[Signature]
16	Rabu 25 Maret '09	Hasriani H 211 04 014	Pembuatan & pengujian sifat fisik etanol dari jagung sebagai energi alternatif (I)	[Signature]
17	Rabu 25 Maret '09	Nurwahidah H 211 04 0	Pembuatan & pengujian sifat fisik etanol dari ubi kayu sebagai energi (I)	[Signature]

CATATAN :

Diperbolehkan melaksanakan seminar I / II
Jika mengikuti seminar minimal 10 kali

Makassar,

Sekretaris Jurusan

Dr. Syamsir Dewang M.Eng.Sc.
NIP. : 131 876 905