



**ANALISA PENGARUH VARIASI DIAMETER KAWAT EMAIL
SEKUNDER TERHADAP EFFISIENSI TRANSFORMATOR
SEBAGAI PENGISIAN *LEAD ACID***

SKRIPSI

Oleh :

APIK HIDAYAT

NIM 141910201024

PROGRAM STUDI STRATA 1 TEKNIK ELEKTRO

JURUSAN TEKNIK ELEKTRO

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS JEMBER

2019



**ANALISA PENGARUH VARIASI DIAMETER KAWAT EMAIL
SEKUNDER TERHADAP EFFISIENSI TRANSFORMATOR
SEBAGAI PENGISIAN *LEAD ACID***

SKRIPSI

diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi syarat – syarat
untuk menyelesaikan Program Studi Teknik Elektro (S1)
dan mencapai gelar Sarjana Teknik

Oleh :

APIK HIDAYAT

NIM 141910201024

**PROGRAM STUDI STRATA 1 TEKNIK ELEKTRO
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS JEMBER
2019**

PERSEMBAHAN

Atas berkat rahmat Allah Subhanahu Wa Ta'ala sehingga saya bisa menyelesaikan skripsi ini. Dengan segala kerendahan hati saya persembahkan skripsi ini kepada.

1. Kedua orang tua, Bapak Sukur dan Ibu Rosnani Simbolon;
2. Kakak Robby Firmansyah dan Adik Tercinta Faqih Yatasya;
3. Guru-guru dan dosen sejak taman kanak-kanak hingga perguruan tinggi;
4. Almamater tercinta, Jurusan Teknik Elektro Universitas Jember;
5. Tim Mobil Listrik "TITEN" Universitas Jember;

MOTTO

Kita berdo'a pada tuhan bukan untuk sukses, tapi agar hidup kita barokah karena
barokah definisi dari segala kesuksesan

(Drs.Sukur)

Mengapa kita selalu merendahkan diri untuk mencari pujian? Itu artinya
meninggikan diri juga

(Rocky Gerung)

Membenci artinya menolak mengerti. Itulah tindakan paling salah

(Rocky Gerung)

Hiduplah dengan waktumu, selesaikan dengan tanggung jawabmu maka
perjuanganmu akan indah

(Apik Hidayat)

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Apik Hidayat

NIM : 141910201024

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul “Analisa Pengaruh Variasi Diameter Kawat Email Sekunder Terhadap Effisiensi Transformator Sebagai Pengisian *Lead acid*” adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali kutipan yang sudah saya sebutkan sumbernya, belum pernah diajukan pada institusi mana pun, dan bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab penuh atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

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

Jember, Januari 2019

Yang menyatakan

Apik Hidayat

NIM 141910201024



SKRIPSI

**ANALISA PENGARUH VARIASI DIAMETER KAWAT EMAIL
SEKUNDER TERHADAP EFFISIENSI TRANSFORMATOR
SEBAGAI PENGISIAN *LEAD ACID***

Oleh :

Apik Hidayat

NIM 141910201024

Pembimbing :

Dosen Pembimbing Utama : Suprihadi Prasetyono, ST., MT
Dosen Pembimbing Anggota : Catur Suko Sarwono, ST, MSI

PENGESAHAN

Skripsi berjudul ” Analisa Pengaruh Variasi Diameter Kawat Email Sekunder Terhadap Efisiensi Transformator Sebagai Pengisian *Lead acid* ” telah diuji dan disahkan oleh Fakultas Teknik Universitas Jember pada :

Hari : Senin

Tanggal : 16 Januari 2019

Tempat : Fakultas Teknik Universitas Jember

Tim penguji,

Pembimbing Utama,

Pembimbing Anggota,

Suprihadi Prasetyono, S.T., M.T.

NIP 197004041996011001

Penguji I,

Catur Suko Sarwono, S.T., M.T.

NIP 19680119 1997021001

Penguji II,

Ir. Widyono Hadi, M.T.

NIP 1961014141989021001

H.R.B.Moch Gozali, S.T., M.T.

NIP 196906081999031002

Mengesahkan

Dekan Fakultas Teknik

Dr. Ir. Entin Hidayah, M.U.M.

NIP 196612151995032001

RINGKASAN

Analisa Pengaruh Variasi Diameter Kawat Email Sekunder Terhadap Efisiensi Transformator Sebagai Pengisian *Lead acid*; Apik Hidayat; 141910201024; 2019; 82 halaman; Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Jember.

Electric Vehicle (EV) merupakan kendaraan masa depan yang ramah lingkungan dan mampu menjawab problem kelangkaan cadangan minyak bumi di masa yang akan datang. Pada *Electric Vehicle* (EV) sendiri menggunakan bataerai sebagai penyimpanan energi utamanya, banyak jenis baterai yang digunakan pada *Electric Vehicle* (EV) mulai dari jenis *lithium-ion*, *lithium-polymer* dan *Lead acid*. Pemilihan jenis baterai yang digunakan *Electric Vehicle* (EV) diperhitungkan berdasarkan kebutuhan kendaraan listrik tersebut dari segi daya motor penggerak hingga faktor biaya maka tak jarang kita temukan baik di perlombaan *Electric Vehicle* (EV) KMLI (Kompetisi Mobil Listrik Indonesia) masih banyak yang memilih *lead acid* sebagai sumber penyimpanan energi utama hal tersebut juga didasari masih banyaknya baterai jenis *lithium-ion* dan *lithium-polymer* yang kapasitas aslinya tidak sesuai dengan kapasitas yang tertulis yuan tentunya bias merugikan *Electric Vehicle* (EV) saat mengikuti perlombaan. Baterai sendiri saat digunakan terus menerus kapasitasnya juga akan berkurang untuk itu diperlukan alat bantu dalam pengisiannya atau biasa kita sebut *charger*.

Pengembangan alat bantu pengisian baterai *Electric Vehicle* (EV) terus dilakukan dipasaran sendiri banyak yang menjual *charger* untuk jenis baterai *lead acid* namun rata-rata banyak yang menjual untuk kapasitas 12V sedangkan baterai yang biasa digunakan untuk menggerakkan motor listrik yang digunakan adalah 48V dipasaran juga sebenarnya ada untuk charge *lead acid* 48V namun ketahanannya tidak bertahan lama namun dengan harga yang mahal demi mendukung pengembangan alat bantu *Electric Vehicle* (EV) berupa *charge* dan mendukung tim mobil listrik tidak menjadi tim yang konsumtif lagi maka solusinya merakit *charge* itu sendiri dimana transformator sebagai komponen utamanya dimana

transformator masih menjadi komponen yang banyak digunakan karena kemampuan dan ketahanannya yang cukup baik namun transformator memiliki berbagai macam jenis kawat email dengan diameter yang beragam dimana saat ini kita lebih banyak membuat atau membeli dan menggunakan tanpa diketahui kemampuan transformator tersebut dari segi efisiensi. Dari permasalahan tersebut perlu dilakukan penelitian tentang analisa uji efisiensi transformator dengan variasi diameter sekunder sebagai *charge lead acid* guna mengetahui kinerja transformator yang kita buat dan gunakan sebagai *charger* baterai yang digunakan. Penelitian tersebut diperlukan untuk mendapatkan data kinerja transformator yang baik untuk alat bantu *Electric Vehicle* (EV) yaitu *charge*.

Tahapan yang dilakukan pada penelitian kali ini yaitu yang pertama menghitung kebutuhan kawat email yang digunakan kemudian merakit transformator dengan variasi kawat sekunder yaitu 1.3 mm dan 1.7 mm dan 2 mm dengan diameter kawat sekunder yang akan diuji dimana transformator sebagai komponen utama dalam rangkaian *charging lead acid* dengan kapasitas transformator 50V 10A. Selanjutnya membuat data logger sistem monitoring dengan *interface* menggunakan *software Visual Basic*. Mempersiapkan beban yang digunakan dalam pengujian transformator menggunakan 4 buah *lead acid* yang dirangkai seri menjadi 48V 35AH.

Penelitian ini dilakukan beberapa pengujian antara lain pengujian sensor tegangan, pengujian sensor arus dan pengujian sensor suhu. Hasil dari pengujian sensor sendiri didapatkan error persen yang rendah sehingga dapat dikatakan bahwa sensor memiliki keakuratan yang tinggi. Pada pengujian transformator ini didapatkan perhitungan efisiensi dengan rugi inti dan rugi lilitan berdasarkan panjang kawat email sekunder yang digunakan serta berdasarkan pengukuran impedansi serta asumsi pembebanan sesuai dengan pengujian yang dilakuakn yaitu 50V dikalikan dengan arus yang digunakan 7A sehingga asumsi pembebanan sebesar 350W, didapatkan hasil untuk asumsi panjang 1.3mm adalah 27,39m memiliki hambatan 0.34Ω dan temabaga sebesar 84.14W, kemudian untuk kawat email 1.7mm didapatkan panjang 2,6 m dengan nilai hambatan $0,24\Omega$ dan rugi tembaga 74,51W, terakhir 2mm memiliki panjang 27,73m dengan hambatan

sebesar $0,173\Omega$ dan rugi tembaga sebesar $67,25W$. Selanjutnya untuk pengukuran berdasarkan impedansi didapatkan nilai hambatan dan impedansi untuk kawat email sekunder 1.3mm sebesar $0,4\Omega$ dan $27,13\Omega$ dengan tegangan output yang dihasilkan sebesar $48,46V$, kemudian untuk diameter 1,7mm didapatkan hambatan dan impedansi sebesar $0,6\Omega$ dan $26,07\Omega$ dengan tegangan output $48,71V$, dan yang terakhir untuk 2mm didapatkan hambatan dan impedansi sebesar $0,4\Omega$ dan $24,14\Omega$ dengan tegangan output sebesar $49,21V$. Nilai efisiensi yang didapat untuk kawat email sekunder 1,3mm, 1,7mm dan 2mm dari asumsi panjang didapatkan nilai secara runtut adalah $71,97\%$, $74,72\%$, dan $76,8\%$, kemudian untuk efisiensi berdasarkan pengukuran impedansi didapatkan efisiensi secara runtut sebesar $59,06\%$, $65,07\%$, dan $71,07\%$, efisiensi saat transformator digunakan sebagai pengisian *lead acid* secara runtut adalah $75,51\%$, $78,87\%$ dan $80,16\%$. Untuk kinerja transformator saat digunakan sebagai pengisian *lead acid* ditunjukkan dari lama waktu menuju tegangan stabil pengisian dan penurunan arus untuk kawat email 1,3mm membutuhkan waktu mencapai tegangan stabil 40 menit dan waktu penurunan arus sampai indikasi pengisian penuh selama 120 menit, untuk kawat email sekunder 1,7mm membutuhkan waktu 30menit untuk sampai tegangan stabil dan waktu penurunan arus selama 110 menit, dan yang terakhir untuk 2mm membutuhkan waktu tegangan stabil selama 10 menit dengan waktu penurunan arus selama 100 menit. Sedangkan untuk suhu yang didapatkan untuk transformator dengan kawat sekunder 1.3mm saat arus 7A didapatkan suhu puncak masing $54,61^{\circ}C$ kemudian untuk transformator dengan kawat sekunder 1.7mm suhu puncaknya adalah $52,46^{\circ}C$, yang terakhir untuk kawat sekunder diameter 2 mm didapatkan suhu puncaknya adalah $50,027^{\circ}C$. Dari penelitian yang dilakukan didapatkan bahwa kinerja transformator dengan kawat sekunder 2mm lebih baik dari segi efisiensi, kestabilan tegangan, kecepatan pengisian serta suhu, namun pada diameter 1,3 mm memiliki keunggulan penurunan arus yang lebih linear dibandingkan 1,7 mm dan 2 mm hanya saja memerlukan waktu lebih lama untuk sampai pada pengisian penuh *lead acid*.

PRAKATA

Puji syukur kehadiran Allah SWT yang maha kuasa atas segalanya, karena dengan ridho, hidayah dan petunjuk-Nya, penulis dapat menyelesaikan skripsi ini. Selama penyusunan skripsi ini penulis mendapat bantuan berbagai pihak yang turut memberikan bantuan berupa motivasi, inspirasi, bimbingan, doa, fasilitas dan dukungan lainnya yang membantu memperlancar pengerjaan skripsi ini. Untuk itu penulis mengucapkan terimakasih kepada.

1. Ibu Dr. Ir. Entin Hidayah, M.U.M., Selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Jember.
2. Bapak Dr. Bambang Srikaloko, S.T., M.T., Selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Universitas Jember.
3. Bapak Suprihadi Prasetyono, S.T., M.T. dan bapak Catur Suko Sarwono, ST, MSI. selaku dosen pembimbing yang telah membimbing menyelesaikan tugas akhir ini.
4. Bapak Ir Widyono Hadi, M.T. dan Bapak RB.Moch.Gozali, S.T., M.T. selaku dosen penguji yang sudah memberikan kritik serta saran yang membangun dalam pengerjaan skripsi ini.
5. Bapak Nur Qoyim selaku pembimbing dalam berjalannya penelitian ini serta teman-teman yang sudah membantu dalam proyek penelitian ini
6. Kedua Orang tua saya Bapak Drs.H.Sukur dan Ibu Hj.Rosnani Simbolon, yang telah memberikan dukungan baik dukungan psikis maupun dukungan materil.
7. Kakak tercinta Robby Firmansyah A.Md dan Adik saya tercinta Faqih Yatasya yang selalu memberi semangat serta mendukung pekerjaan yang saya lakukan.
8. Keluarga besar Tim Mobil Listrik "TITEN" Universitas Jember yang telah memberikan arti sesungguhnya sebagai mahasiswa. Terus berkarya tunjukkan bahwa Universitas Jember BISA.

9. Agung, Ihsan, Agil, Helmi, Aji, Rizky, Arip, Yoga dan Iqbal yang telah menjadi saudara seperjuangan, tetap berjuang dan tetaplah menjadi "Anak Sholeh" yang berguna bagi orang tua dan negaramu.
10. Kharis, Faza, Mahe, Kukuh, Thofiq, Andre dan Andri yang telah menjadi teman bertukar pendapat dan beradu argumen.
11. Keluarga besar Teknik Elektro 2014 yang telah banyak membantu dalam pengerjaan skripsi ini.
12. Keluarga KKN 41 Desa Sanenrejo. Terimakasih atas pengalaman yang telah diberikan serta semangat yang diberikan secara tidak langsung, semoga kekeluargaan ini masih bisa terjalin sampai nanti.
13. Siti Merlina Indriani sebagai orang terdekat saya yang selalu memberi dukungan dan motivasi serta meluangkan waktu untuk membantu saya.

Semoga skripsi ini dapat bermanfaat dalam mengembangkan ilmu pengetahuan khususnya untuk disiplin ilmu teknik elektro. Kritik dan saran yang membangun diharapkan terus mengalir untuk lebih menyempurnakan skripsi ini dan dapat dikembangkan untuk penelitian selanjutnya;

Jember, 16 Januari 2019

Penulis

DAFTAR ISI

COVER.....	ii
PERSEMBAHAN.....	iii
MOTTO	iv
PERNYATAAN	v
PENGESAHAN	vii
RINGKASAN	viii
PRAKATA.....	xi
DAFTAR ISI.....	xiii
DAFTAR GAMBAR	xvi
DAFTAR TABEL.....	xviii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	5
1.3 Batasan Masalah.....	5
1.4 Tujuan.....	6
1.5 Manfaat.....	6
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 Transformator	7
2.1.1 Prinsip Kerja Transformator	8
2.1.2 Konstruksi Transformator.....	9
2.2 Rugi-Rugi dan Effisiensi Transformator.....	11
2.2.1 Rugi Inti	14

2.2.2 Rugi Tembaga.....	16
2.2.3 Efisiensi Transformator	16
2.3 Solenoida.....	17
2.4 Watt Meter AC Digital.....	18
2.5 Rangkaian Rectifier.....	19
2.6 Sensor Arus ACS 712	20
2.7 Sensor Tegangan	21
2.8 Negative Temperature Coefficient.....	21
2.9 Arduino	23
2.10 Data Logger	25
BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN	26
3.1 Tahapan Penelitian.....	26
3.2 Perancangan Sistem	27
3.2.1 Rangkaian Charger.....	27
3.2.2 Sistem Pengujian Transformator.....	27
3.3 Perancangan Transformator	29
3.4 Perancangan Alat dan Bahan	33
3.4.1 Data Logger	33
3.4.2 Perancangan Beban.....	34
3.5 Tahap Pengujian.....	34
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN	36
4.1 Pengujian Sensor Arus ACS712	36
4.2 Pengujian Sensor Tegangan	39
4.3 Pengujian Sensor Suhu NTC	41
4.4 Analisa Rugi-Rugi Transformator	42

4.4.1 Perhitungan Total Panjang Kawat Email Primer 0.5 mm.....	43
4.4.2 Perhitungan Total Panjang Kawat Email Sekunder.....	45
4.4.3 Perhitungan Rugi-Rugi dan Hambatan pada Kawat Email Berdasarkan Panjang	47
4.4.4 Perhitungan Rugi Transformator Pengukuran	50
4.4.5..Perhitungan Effisiensi Transformator Tiap Diameter.....	54
4.5 Analisa Perbandingan Daya dan Effisiensi Transformator sebagai Charger Lead acid.....	58
4.5.1 Perbandingan Daya Input dan Output Transformator 1.3 mm Untuk Charge Lead acid Arus 7A	59
4.5.2 Perbandingan Daya Input dan Output Transformator 1.7 mm Untuk Charge Lead acid Arus 7 A	60
4.5.3 Perbandingan Daya Input dan Output Transformator 2 mm Untuk Charge Lead acid Arus 7 A	62
4.5.4 Perbandingan Effisiensi Daya Tiap Kawat Sekunder	63
4.6 Analisa Kinerja Transformator sebagai Pengisian Lead acid	65
BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN	71
5.1 Kesimpulan	71
5.2 Saran	71
DAFTAR PUSTAKA	72
LAMPIRAN.....	73

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Transformator.....8

Gambar 2.2 Prinsip Kerja Transformator8

Gambar 2.3 Konstruksi transformator tipe inti (core form).....9

Gambar 2.4 Konstruksi lempengan logam inti trafo bentuk L dan U10

Gambar 2.5 Transformator tipe cangkang (shell form)10

Gambar 2.6 Konstruksi lempengan logam inti transformator bentuk E, I dan F..11

Gambar 2.7 Rugi Rugi pada Transformator.....12

Gambar 2.8 Inti Besi Berlapis Trafo.....15

Gambar 2.9 Cara menghubungkan lapisan inti besi pada trafo15

Gambar 2.10 Medan Magnet pada Solenoida.....17

Gambar 2.11 Watt Meter AC Digital.....18

Gambar 2.12 Rangkaian Rectifier.....19

Gambar 2.13 Hasil Input dan Output Rectifier.....20

Gambar 2.14 Rangkaian Skematik Sensor Arus ACS71220

Gambar 2.15 Sensor Tegangan DCT-Elektronik.....21

Gambar 2.16 Negative Temperature Coefisien21

Gambar 2.17 Karakteristik *Negative Temperature Coefisien*22

Gambar 2.18 Rangkaian Negative Temperature Coefisien22

Gambar 2.19 Bentuk Fisik Arduino Uno R3 (www.Arduino.cc)23

Gambar 2.20 Data Logger (Sumber : Setiaji, 2016)25

Gambarr 3.1 Diagram Alir Penelitian.....26

Gambar 3.2 Rangkaian Charger.....27

Gambar 3.3 Diagram Blok Sistem Pengujian Transformator Sebagai Charge.....28

Gambar 3.4 Kawat Email Jenis Malaysia PEW/Enameled Cooper Wire.....30

Gambar 3.5 Data Logger.....33

Gambar 3.6 Tampilan Monitoring34

Gambar 3.7 Beban Lead acid 48V 35AH34

Gambar 4.1 Grafik Pengujian Sensor Arus.....	38
Gambar 4.2 Proses Pengujian Sensor Arus.....	38
Gambar 4.3 Grafik Pengujian Sensor Tegangan.....	40
Gambar 4.4 Proses Pengujian Sensor Tegangan.....	40
Gambar 4.5 Grafik Pengujian Sensor Suhu	41
Gambar 4.6 Peletakan Sensor Suhu Pada Proses Penelitian.....	42
Gambar 4.7 Ukuran Kern dan Koker Transformator.....	43
Gambar 4.8 Grafik Perbandingan Hambatan dan Rugi Transformator Asumsi Panjang Email Sekunder	49
Gambar 4.9 Grafik Pengaruh Impedansi terhadap Tegangan Output.....	53
Gambar 4.10 Perbandingan Hambatan dan Rugi Transformator tiap Diameter Kawat Email Sekunder.....	54
Gambar 4.11 Perbandingan Effisiensi Asumsi Panjang Kawat dengan Pengukuran Impedansi.....	57
Gambar 4.12 Grafik Perbandingan Daya Input dan Daya Output pada Diameter60	
Gambar 4.13 Grafik Perbandingan Daya Input dan Daya Output pada Diameter61	
Gambar 4.14 Perbandingan Daya Input dan Daya Output pada Diameter	63
Gambar 4.15 Grafik Perbandingan efisiensi Transformator pada tiap Diameter .65	
Gambar 4.16 Grafik Perbandingan Data Tegangan Pengisian Baterai saat Arus 7A	68
Gambar 4.17 Grafik Perbandingan Data Arus Pengisian Baterai saat Arus 7 A	69
Gambar 4.18 Grafik Kinerja Transformator Pada Suhu Arus 7 A.....	70

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Kemampuan Hantar Arus Kawat <i>Email</i> berdasarkan <i>American wire gauge (AWG)</i>	18
Tabel 2.2 Spesifikasi Watt Meter AC Digital	19
Tabel 2.3 Spesifikasi Arduino Uno	24
Tabel 3.1 Spesifikasi Transformator	32
Tabel 3.2 Pengujian Efisiensi Transformator	35
Tabel 4.1 Pengujian Sensor Arus	37
Tabel 4.2 Pengujian Sensor Tegangan	39
Tabel 4.3 Pengujian Sensor Suhu.....	41
Tabel 4.4 Kawat Email Digunakan	44
Tabel 4.5 Rugi-Rugi Berdasarkan Panjang.....	49
Tabel 4.6 Hasil Pengukuran R dan L	50
Tabel 4.7 Rugi-Rugi Transformator Impedansi.....	52
Tabel 4.8 Efisiensi Asumsi Panjang dan Pengukuran Impedansi.....	56
Tabel 4.9 Pengujian Perbandingan Daya Input dan Output Transformator Diameter Sekunder 1.3mm sebagai Charger Lead acid dengan Arus 7 A.....	59
Tabel 4.10 Pengujian Perbandingan Daya Input dan Output Transformator Diameter Sekunder 1.7mm sebagai Charger Lead acid dengan Arus 7A.....	60
Tabel 4.11 Pengujian Perbandingan Daya Input dan Output Transformator Diameter Sekunder 2mm sebagai Charger Lead acid dengan Arus 7A.....	62
Tabel 4.12 Perbandingan Efisiensi Transformator Diameter Sekunder sebagai Charger Lead acid dengan Arus 7A	64
Tabel 4.13 Perbandingan Kinerja Transformator terhadap Pengisian Lead acid pada tiap Diameter saat Arus 7 A.....	67

BAB 1 PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Mobil listrik adalah kendaraan yang penggerak utamanya motor listrik yang dimana sumber energinya tersimpan dalam baterai, agar baterai terus bisa digunakan perlu dilakukan pengecasan atau charging ”(Aswardi dkk.,2018.). Baterai sebagai komponen elektronika perannya tidak bisa diremehkan. Sebagai komponen yang mampu menyimpan energi listrik selama waktu tertentu, peran baterai sangat penting. Apalagi di era perkembangan alat elektronika saat ini yang lebih mengutamakan device dengan kemampuan yang handal dan yang paling penting memiliki tingkat fleksibilitas dan mobilitas yang sangat tinggi ”(Aditya dkk.,2011.). Untuk menjaga kondisi dari baterai tersebut diperlukan perangkat charger yang cukup baik dalam menjaga pengisian baterai tersebut. Untuk charger baterai mobil listrik yang kita gunakan sekarang ini sebagian besar membutuhkan arus DC dengan tegangan yang lebih rendah untuk pengoperasiannya, oleh karena itu, hampir setiap peralatan elektronika memiliki sebuah rangkaian yang berfungsi untuk melakukan konversi arus listrik dari arus AC menjadi arus DC dan juga untuk menyediakan tegangan yang sesuai dengan rangkaian elektronika-nya. Rangkaian yang mengubah arus listrik AC menjadi DC ini disebut dengan DC Power Supply atau dalam bahasa Indonesia disebut dengan Catu daya DC. DC Power Supply atau Catu Daya ini juga sering dikenal dengan nama “adaptor”.

Pada catu daya atau adaptor yang digunakan sebagai charger baterai memiliki salah satu bagian utama yang nantinya berfungsi sebagai penurun tegangan asli dari sumber PLN yang digunakan yaitu 220V, komponen utama tersebut adalah transformator. Transformator atau disingkat dengan trafo yang digunakan untuk DC Power supply adalah transformator jenis step-down yang berfungsi untuk menurunkan tegangan listrik sesuai dengan kebutuhan komponen elektronika yang terdapat pada rangkaian adaptor (DC Power Supply). Transformator sering

digunakan dalam rangkaian elektronika dan merupakan bagian yang cukup vital dalam menjalankan peran di rangkaian elektronika.

Transformator juga secara luas digunakan dalam rangkaian elektronik dan kontrol berdaya rendah dan berarus rendah yang biasa kita jumpai dalam membantu kendaraan listrik untuk melakukan fungsi seperti penyesuaian impedansi suatu sumber dan bebannya untuk pemindahan daya secara maksimal seperti charging baterai, mengisolasi suatu rangkaian dari yang lain atau mengisolir arus searah sementara mempertahankan kontinuitas AC antara dua rangkaian. Pada dasarnya suatu transformator itu sendiri terdiri dari dua atau lebih kumparan yang dihubungkan oleh medan magnetik bersama (mutual magnetic field). Bila satu diantara kumparan ini yang primer dihubungkan dengan sumber tegangan bolak-balik, akan ditimbulkan fluks bolak-balik yang amplitudonya bergantung pada tegangan primer dan jumlah lilitan. Fluks bersama akan menghubungkan kumparan yang lain, yang sekunder dan akan menginduksikan tegangan di dalamnya yang nilainya bergantung pada jumlah lilitan sekunder” (fitzgerald.,1997:26).

Pada penelitian yang telah dilakukan oleh Aurino P Adityawan, dkk yang berjudul “System Pengisian Batteray Lead acid Secara Adaptive” dilakukan penelitian berupa rangkaian charging yang diatur besar arusnya guna melihat kecepatan charging yang dilakukan terhadap baterai lead acid. Penelitian tersebut menggunakan rangkaian power supply dengan spesifikasi tegangan 13,8 Volt dan Arus maksimum 5 Ampere dari transformator. Transformator yang digunakan adalah transformator yang beredar dipasaran yang belum diketahui seberapa efisien transformator tersebut bekerja membantu rangkaian power supply yang digunakan sebagai charger.

Di dalam suatu peralatan elektronik yang digunakan tentunya sangat bergantung pada kehandalan dan efisiensi sistem” (simamora dan panusur.,2014). Trafo yang ideal adalah trafo yang memiliki 100% efisiensi yaitu trafo yang tidak terjadi kehilangan daya sama sekali, namun seperti diketahui bahwa setiap peralatan listrik pasti mempunyai rugi-rugi sehingga daya keluaran pasti akan lebih kecil dari pada daya masukannya, dan perbandingan antara daya keluaran terhadap daya masukan disebut efisiensi” (Darsono dkk.,2011.). Transformator yang ideal dan

effisien tentunya akan sangat membantu suatu rangkaian elektronik dalam bekerja, seperti pada rangkaian charger baterai jika transformator yang digunakannya memiliki efisiensi yang cukup tinggi maka charger tersebut akan bekerja optimal sehingga baterai yang menggunakan charger tersebut memiliki lifetime yang lebih panjang selain itu juga rangkaian charger juga akan lebih awet karena minimnya kerusakan akibat kebocoran tegangan dan arus pada transformator sehingga untuk budget penggantian charger dapat dipangkas. Efek yang paling penting penggunaan transformator yang efisien untuk rangkaian charger baterai mobil listrik adalah mobil listrik akan lebih menghasilkan efisiensi yang cukup tinggi karena menggunakan sumber baterai yang terawat akibat proses dari rangkaian charging yang memiliki kinerja efektif dalam mengisi ulang energi pada baterai yang akan digunakan kendaraan listrik.

Transformator memiliki beberapa faktor yang mempengaruhi efisiensi yang dihasilkan, salah satu faktor tersebut adalah yang diakibatkan oleh belitan kawat email yang digunakan. Rugi lilitan pada trafo terdiri dari rugi lilitan primer dan lilitan sekunder juga disebut rugi-rugi tembaga (Cu) karena lilitan dibuat dari bahan tembaga. Rugi-rugi tembaga terjadi disebabkan oleh pemanasan akibat arus yang mengalir, dan besarnya sebanding dengan kuadrat arus yang mengalir di dalam lilitan” (Darsono dkk., 2011). Permasalahan soal efisiensi transformator mengenai belitan kawat emailnya telah dilakukan oleh Darsono dkk (2016) dimana penelitian tersebut berjudul ” Analisis Efisiensi Trafo Frekuensi Tinggi Pada Sumber Tegangan Tinggi Cockcroft Walton Mbe Lateks”, dalam penelitian tersebut membahas tentang efisiensi transformator berdasarkan faktor rugi lilitannya, namun pada penelitian tersebut membahas transformator daya berkapasitas 15KW dengan belitan transformator yang diuji hanya satu jenis lilitan berupa bundle dari kawat tembaga (email) diameter 0,3 mm, tiap bundle terdiri dari 32 kawat untuk primer dan 20 buah untuk sekunder dengan efisiensi yang dihasilkan 96,02%. Penelitian tersebut memiliki beberapa kekurangan seperti pada penelitian mengenai efisiensi transformator lainnya dimana lebih banyak membahas soal transformator daya yang berkapasitas besar, padahal transformator berkapasitas kecil pada rangkaian elektronika seperti power supply juga perlu diteliti dan dikembangkan

masalah effisiensinya karena walaupun transformator daya memiliki efisiensi yang tinggi dan listrik yang dialirkan untuk rumah tangga maupun industri cukup baik namun perangkat elektronik yang menggunakan transformator memiliki transformator kurang baik atau kurang efisien maka aliran listrik dari sumber utama yang diterima oleh perangkat elektronika menjadi kurang maksimal serta mengakibatkan kurang optimalnya rangkaian elektronika tersebut bekerja bahkan dapat mengakibatkan kerusakan pada perangkat elektronik tersebut. Pada pengisian baterai ketika kapasitas baterai sudah terisi pada nominal penuhnya maka akan beralih ke constant voltage dengan penurunan arus sampai mencapai nol” (Aswardi dkk., 2018.).

Berdasarkan hasil penelitian serta latar belakang dimana perlu adanya penelitian tentang analisis efisiensi transformator berkapasitas rendah dengan faktor lilitan sekunder karena pada lilitan sekunder merupakan sisi output yang nantinya digunakan sebagai catu pada perangkat elektronika sesuai yang digunakan perangkat elektronik terutama pada charger atau power supply pengisi baterai kendaraan listrik sehingga penulis melakukan suatu inovasi dengan membuat penelitian tentang “Analisa Pengaruh Variasi Diameter Lilitan Kawat Email Sekunder Terhadap Efisiensi Transformator Sebagai Pengisian Lead acid”. Dimana penelitian ini memiliki keunggulan dapat membuat serta mengetahui transformator dengan diameter berapa tranformator bekerja optimal yang nantinya membantu kinerja perangkat elektronik yang ingin digunakan dalam hal ini ditekankan pada charger baterai kendaraan listrik berupa lead acid.

1.2 Rumusan Masalah

Dalam penelitian ini ada beberapa hal yang menjadi rumusan masalah yang menjadi acuan diantaranya :

1. Bagaimana Merancang transformator dengan variasi diameter lilitan sekunder yang berbeda ?
2. Bagaimana Effisiensi Transformator yang diberi variasi diameter lilitan sekunder saat digunakan sebagai charge lead acid dengan constant voltage?
3. Bagaimana kinerja dari transformator yang telah dirancang?

1.3 Batasan Masalah

Berdasarkan uraian rumusan masalah tersebut, maka batasan masalah pada penelitian ini diantaranya :

1. Menggunakan kern transformator tipe E dan I inti besi pabrikan.
2. Menggunakan koker trafo plastic HDPE anti panas yang tersedia dipasaran
3. Jenis Transformator yang digunakan adalah transformator murni 10 Ampere
4. Menggunakan kawat email PEW/enamelled cooper wire Malaysia diameter 1.3mm dan 1.7mm dan 2mm jenis malaysia disesuaikan dengan yang beredar dipasaran.
5. Kapasitas tegangan yang diuji merupakan tegangan yang biasa digunakan pada charger dan baterai yang digunakan pada mobil listrik Universitas Jember yaitu 48V 35AH.
6. Pembahasan dititik beratkan pada analisis pengaruh variasi diameter lilitan sekunder terhadap effisiensi transformator saat digunakan sebagai charger serta kinerja yang dihasilkan dengan jenis tegangan beban 48V 35AH.
7. Menggunakan AC Watt Meter,avometer,dan clamp meter sebagai pemantau keluaran tegangan,arus dan daya yang dihasilkan transformator pada sisi primer dan sisi sekunder AC transformator ,selain itu juga menggunakan Data Logger sebagai pemantau keluaran tegangan,arus dan daya yang dihasilkan transformator pada sisi sekunder setelah rangkaian charger dengan mengabaikan rugi-rugi rangkaian charger.

8. Menggunakan kontrol PWM pabrikan untuk mengatur arus keluaran dan tegangan charger dan baterai serta tidak membahas tentang discharge baterai

1.4 Tujuan

Penelitian yang dilakukan memiliki beberapa tujuan untuk dicapai sebagai pencapaian akhir sebagai berikut :

1. Mengetahui cara merancang transformator dengan variasi diameter lilitan sekunder yang berbeda.
2. Mengetahui efisiensi transformator yang diberi variasi diameter lilitan saat digunakan sebagai charge lead acid dengan constant voltage
3. Mengetahui kinerja dari transformator yang telah dirancang.

1.5 Manfaat

Manfaat dari penelitian ini adalah mendukung pengembangan ilmu pengetahuan tentang transformator dan tidak hanya mampu membuat namun dapat menganalisa transformator berdasarkan diameter lilitan sekunder serta menajdikan refererensi transformator yang baik dan efisien guna memperbaiki kerja sebuah alat bantu Mobil listrik Universitas Jember yaitu charger baterai yang digunakan untuk mobil listrik agar dapat lebih optimal dan lifetime yang panjang setelah menggunakan transformator yang telah diteliti dan bukan lagi bergantung pada transformator dipasaran.

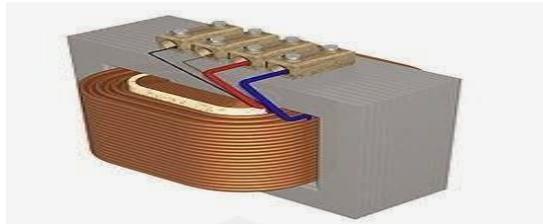
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

Bab tinjauan pustaka ini diulas berbagai publikasi resmi yang berhubungan dengan konsep transformator dan mencakup dengan penelitian ini. seluruh teori dan konsep pada daftar pustaka ini akan nantiya digunakan untuk menunjang analisis pembahasan terhadap hasil penelitian yang akan dilakukan. berikut ini adalah teori dan konsep yang berhubungan dengan masala studi analisis yang akan dibahas.

2.1 Transformator

Transformator merupakan suatu alat listrik statis yang dapat memindahkan dan mengubah energi listrik bolak-balik (arus dan tegangan) dari satu atau lebih rangkaian listrik ke rangkaian listrik yang lain dengan nilai yang sama maupun berbeda besarnya (lebih kecil atau lebih besar) pada frekuensi yang sama, melalui suatu gandengan magnet dan berdasarkan prinsip induksi elektromagnetik. 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 kumparan itu. Biasanya kumparan terbuat dari kawat

Transformator bekerja berdasarkan prinsip elektromagnetik, ketika kumparan primer dihubungkan dengan sumber tegangan bolak-balik, perubahan arus listrik pada kumparan primer menimbulkan perubahan medan magnet. Medan magnet yang berubah diperkuat oleh adanya inti besi. Inti besi berfungsi untuk mempermudah jalan fluksi yang ditimbulkan oleh arus listrik yang melalui kumparan, sehingga fluks magnet yang timbulkan akan mengalir ke kumparan sekunder, sehingga pada ujung-ujung kumparan sekunder akan timbul ggl induksi. Efek ini dinamakan induktansi timbal-balik (mutual inductance). Bila pada rangkaian sekunder ditutup (rangkaiannya beban) maka akan mengalir arus pada kumparan sekunder. Jika efisiensi sempurna (100%), semua daya pada lilitan primer akan dilimpahkan ke lilitan sekunder.

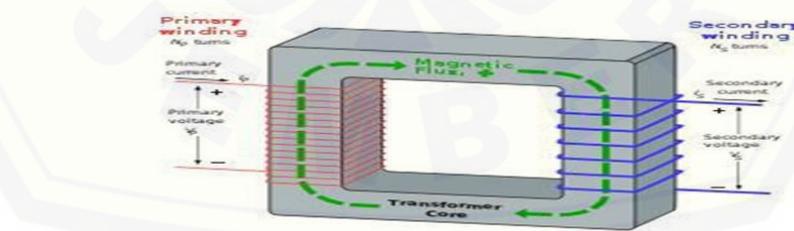


Gambar 2.1 Transformator
(Sumber:Lumbanraja,2008)

2.1.1 Prinsip Kerja Transformator

Transformator merupakan suatu alat listrik statis, yang dipergunakan untuk memindahkan daya dari satu rangkaian ke rangkaian lain, dengan mengubah tegangan, tanpa mengubah frekuensi. Dalam bentuknya yang paling sederhana transformator terdiri atas dua kumparan dan satu induktansi mutual. Kumparan primer adalah yang menerima daya, dan kumparan sekunder tersambung pada beban. Kedua kumparan dibelit pada suatu inti yang terdiri atas material magnetik berlaminasi.

Transformator bekerja berdasarkan prinsip induksi elektromagnetik. Tegangan masukan bolak-balik yang membentangi primer menimbulkan fluks magnet yang idealnya semua bersambung dengan lilitan sekunder. Fluks bolak-balik ini menginduksikan GGL dalam lilitan sekunder. Jika efisiensi sempurna, semua daya pada lilitan primer akan dilimpahkan ke lilitan sekunder.



Gambar 2.2 Prinsip Kerja Transformator
(Sumber:Lumbanraja:2008)

Apabila kumparan primer dihubungkan dengan sumber tegangan bolak-balik maka fluks bolak-balik akan muncul di dalam inti yang dilaminasi, karena

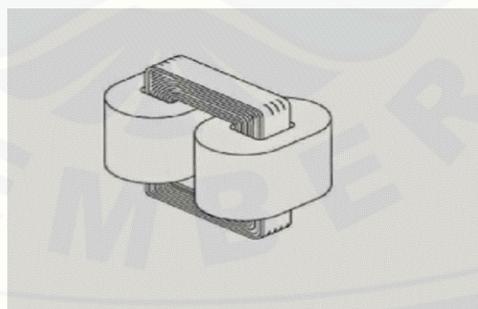
kumparan tersebut membentuk jaringan tertutup maka mengalirlah arus primer. Akibat adanya fluks di kumparan primer maka di kumparan primer terjadi induksi (self induction) dan terjadi pula induksi di kumparan sekunder karena pengaruh induksi dari kumparan primer atau disebut sebagai induksi bersama (mutual induction) yang menyebabkan timbulnya fluks magnet di kumparan sekunder, maka mengalirlah arus sekunder jika rangkaian sekunder di bebani, sehingga energi listrik dapat ditransfer keseluruhan (secara magnetisasi).

2.1.2 Konstruksi Transformator

Pada dasarnya transformator terdiri dari kumparan primer dan sekunder yang dibelitkan pada inti besi. Konstruksi transformator ada dua tipe yaitu tipe inti (core type) dan tipe cangkang (shell type). Kedua tipe ini menggunakan inti berlaminasi yang terisolasi satu sama lainnya, dengan tujuan untuk mengurangi rugi-rugi arus eddy.

a. Tipe inti (Core form)

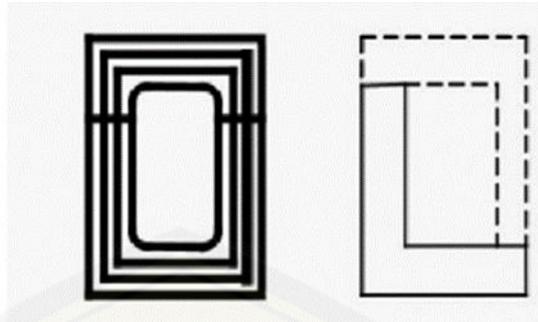
Tipe inti ini dibentuk dari lapisan besi berisolasi berbentuk persegi dan kumparan transformatornya dibelitkan pada dua sisi persegi. Pada konstruksi tipe inti, lilitan mengelilingi inti besi yang disebut dengan kumparan, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.3.



Gambar 2.3 Konstruksi transformator tipe inti (core form)

(Sumber:Adhitya,2016)

Sedangkan konstruksinya pada umumnya berbentuk huruf L atau huruf U, dapat kita lihat pada gambar 2.4.

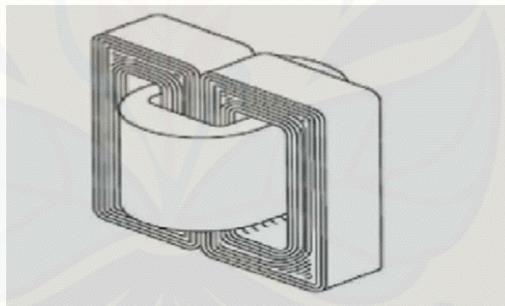


Gambar 2.4 Konstruksi lempengan logam inti trafo bentuk L dan U

(Sumber:Lumbanraja,2008)

b. Tipe cangkang (Shell form)

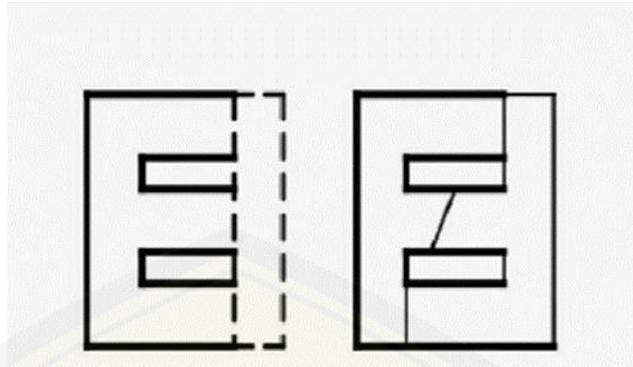
Jenis konstruksi transformator yang kedua yaitu tipe cangkang yang dibentuk dari lapisan inti berisolasi, dan kumparan dibelitkan di pusat inti, dapat dilihat pada gambar 2.5.



Gambar 2.5 Transformator tipe cangkang (shell form)

(Sumber:Adhitya,2016)

Pada transformator ini, kumparan atau belitan transformator dikelilingi oleh inti. Sedangkan konstruksinya pada umumnya berbentuk huruf E, huruf I atau huruf F seperti terlihat pada gambar 2.6.

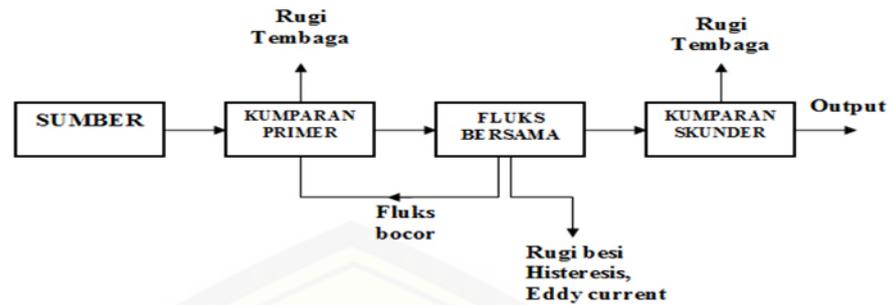


Gambar 2.6 Konstruksi lempengan logam inti transformator bentuk E, I dan F
(Sumber:Lumbanraja,2008)

2.2 Rugi-Rugi dan Efisiensi Transformator

Transformator yang ideal adalah Trafo yang memiliki 100% efisiensi yaitu trafo yang tidak terjadi kehilangan daya sama sekali. Namun Trafo yang ideal atau yang sempurna ini hampir dapat dikatakan tidak mungkin akan tercapai, hal ini dikarenakan adanya beberapa faktor yang menyebabkan terjadi kerugian atau kehilangan daya. Faktor-faktor tersebut diantaranya adalah faktor yang disebabkan oleh Inti Besi yang biasanya disebut dengan Core Loss atau Iron Loss dan faktor yang disebabkan oleh Kumputan atau lilitan pada Trafo itu sendiri yang biasanya disebut dengan Copper loss.

Efisiensi transformator merupakan perbandingan antara daya keluaran (output) dengan daya masukan (input), dimana besar kecilnya efisiensi yang dihasilkan transformator dipengaruhi besar kecilnya pembebanan. Efisiensi juga dipengaruhi oleh rugi-rugi yang terdapat pada transformator. Rugi-rugi yang terdapat pada transformator adalah rugi-rugi inti dan rugi-rugi tembaga, rugi-rugi pada transformator ini menyebabkan perbedaan daya masukan dan daya keluaran. Semakin besar rugi-rugi yang dihasilkan pada transformator maka akan semakin besar daya yang hilang pada transformator tersebut.



Gambar 2.7 Rugi Rugi pada Transformator
(Sumber:Rendy,2015)

Rugi-rugi pada transformator meliputi beberapa hal diantaranya mengenai berapa hambatan pada setiap perubahan diameter kawat email, tahanan ekivalen primer dibawa ke sekunder atau disebut rangkaian ekivalen pertama dan terakhir tahanan ekivalen sekunder dibawa ke primer atau biasa disebut rangkaian ekivalen kedua,dimana pada hasil dari perhitungan mengenai rangkaian ekivalen akan mengetahui seberapa besar rugi tembaga dan inti.

Hambatan primer dan sekunder:

$$R = \rho \frac{l}{A} \dots \dots \dots (1)$$

Dimana:

R = Hambatan Primer/Sekunder (Ω)

ρ = Tahanan Jenis (1.68×10^{-8})

l = Panjang Kawat yang digunakan (m)

A = Luas Penampang Kawat (m)

Impedansi,Reaktansi dan Tegangan Output :

$$x = 2\pi \times f \times L \dots \dots \dots (2)$$

Dimana:

x = Reaktansi (Ω)

π = 3.14

f = Frekuensi (Hz)

L = Induktansi (Henry)

$$Z = \sqrt{(R^2) + (X^2)} \dots \dots \dots (3)$$

Dimana:

Z = Impedansi (Ω)

R = Hambatan (Ω)

x = Reaktansi (Ω)

$$a = \frac{N_p}{N_s} = a$$

$$\frac{E_p}{E_s} = a \rightarrow a E_s = E_p$$

$$E_s = \frac{V_{input}}{a} = E_s \dots \dots \dots (4)$$

Dimana:

a = Perbandingan gulungan primer dan sekunder

N_p = Jumlah Gulungan Primer

N_s = Jumlah Gulungan Sekunder

V_{input} = Tegangan Input (V)

$$V = E_s - (I \times Z) \dots \dots \dots (5)$$

Dimana:

V = Tegangan Output (V)

E_s = Tegangan GGL Sekunder

I = Arus dalam Transformator (A)

Z = Impedansi (Ω)

Perbandingan antara tegangan primer dan sekunder:

$$a = \frac{V_1}{V_2} \dots \dots \dots (6)$$

Dimana :

a = Perbandingan Tegangan (V)

V_1 = Tegangan Primer (V)

V_2 = Tegangan Sekunder (V)

Arus primer dan arus sekunder :

$$A = \frac{P_{out}}{V_{input}} \dots \dots \dots (7)$$

Dimana :

A = Arus Primer atau Sekunder (A)

P_{out} = Daya Sekunder (watt)

V_{input} = Tegangan Primer (watt)

Tahanan Ekivalen Primer dibawa ke Sekunder:

$$R_{ek1} = rR_2 + \frac{R_1}{a^2} \dots \dots \dots (8)$$

Dimana:

R_{ek1} = Rangkaian Ekivalen Primer (Ω)

rR₂ = Tahanan Sekunder (Ω)

R₁ = Tahanan Primer (Ω)

a = Perbandingan Tegangan (V)

Tahanan Ekivalen Sekunder dibawa ke Primer:

$$R_{ek2} = R_1 + a^2 R_2 \dots \dots \dots (9)$$

Dimana:

R_{ek2} = Rangkaian Ekivalen Sekunder (Ω)

R₁ = Tahanan Primer (Ω)

R₂ = Tahanan Sekunder (Ω)

a = Perbandingan Tegangan (V)

2.2.1 Rugi Inti

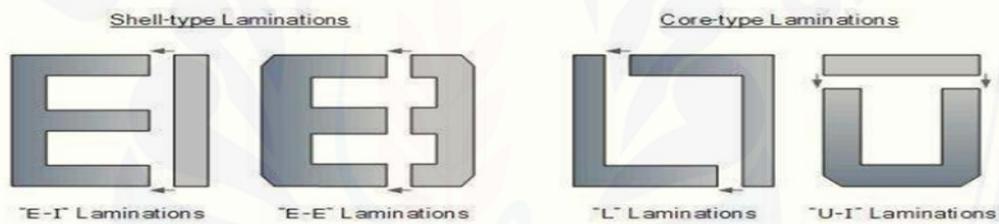
Inti besi trafo tidak dibuat berbentuk besi tunggal, tetapi dibuat dari pelat besi yang berlapis-lapis. Bentuk lapisan besi pada inti trafo dapat dilihat seperti pada gambar 92.8 dibawah ini



Gambar 2.8 Inti Besi Berlapis Trafo

(Sumber:Adhi 2012)

Cara menghubungkan lapisan inti besi juga bermacam-macam. Beberapa cara yang umum digunakan dapat dilihat seperti pada gambar 2.9 berikut ini.



Gambar 2.9 Cara menghubungkan lapisan inti besi pada trafo

(sumber:Andhi,2012)

Inti trafo dibuat sedemikian rupa guna menghindari kerugian histeris yang disebabkan oleh gesekan molekul yang melawan aliran gaya magnet dalam didalam inti besi. Gesekan pada molekul ini menimbulkan panas. Panas yang timbul ini menunjukkan kerugian energi, karena sebagian kecil energy listrik tidak dipindahkan , tetapi diubah menjadi energi panas dimana panas tersebut dapat merusak trafo.

Rugi-rugi inti yang terjadi dapat dicari dengan transformator dalam keadaan tanpa beban. Dalam keadaan normal, rugi inti adalah konstan tidak tergantung pada besarnya beban.

Rugi-Rugi Inti :

$$W_0 = V_1 I_0 \cos \phi \dots \dots \dots (10)$$

Dimana:

W_0 = Rugi Inti (Watt)

V_1 = Tegangan Primer (V)

$\cos \phi$ = Faktor Daya

2.2.2 Rugi Tembaga

Rugi-rugi transformator berbeban merupakan rugi tembaga, sebab rugi inti merupakan rugi yang konstan tidak tergantung pada pembebanan beban. Beban yang berubah-ubah menyebabkan terjadinya perubahan arus pada kumparan transformator. Perubahan arus menyebabkan besar kecilnya rugi-rugi yang terjadi dikumparan transformator tersebut.

Untuk mendapatkan rugi-rugi tembaga disetiap pembebanan, maka dapat dihitung dengan menggunakan persamaan dimana rugi yang disebabkan arus beban mengalir pada kawat tembaga dapat ditulis sbb :

$$\text{Rugi - rugi tembaga} = I_1^2 \cdot \text{Re}k_2 \dots \dots \dots (11)$$

Dimana:

I_1^2 = Arus Primer (A)

$\text{Re}k_2$ = Rangkaian Ekuivalen Sekunder (Ω)

2.2.3 Efisiensi Transformator

Efisiensi Trafo dapat didefinisikan sebagai Perbandingan antara daya listrik keluaran (P_{out}) dengan daya listrik masukan (P_{in}). Efisiensi Trafo dapat dirumuskan dengan Rumus berikut ini

$$\eta = P_{in} / (P_o \times \sum \text{rugi}) \times 100\% \dots \dots \dots (12)$$

dimana :

P_o = Daya keluaran (W)

P_{in} = Daya masukan (W)

\sum = Rugi Total (W)

atau

$$\eta = (P_{out} / P_{in}) \times 100\% \dots \dots \dots (13)$$

Dimana :

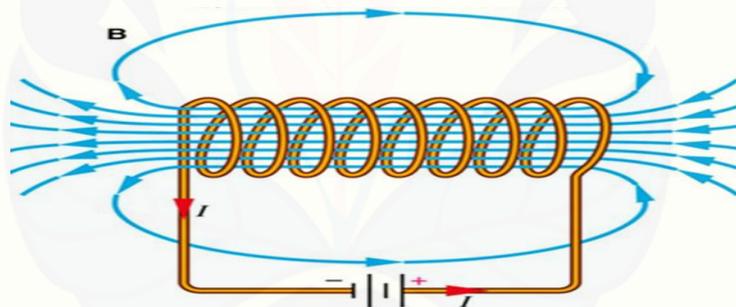
η = Efisiensi Trafo

P_{out} = Daya listrik Keluaran (Output) atau Daya pada Kumputan Sekunder

P_{in} = Daya listrik Masukan (Input) atau Daya pada Kumputan Primer

2.3 Solenoida

Solenoida merupakan sebuah kumputan kawat yang terdiri dari beberapa lilitan (loop). Saat arus listrik mengalir melalui solenoida, solenoida tersebut akan memiliki sifat medan magnet. Posisi dari kutub – kutub medan magnet pada solenoida dipengaruhi oleh arah arus di tiap lilitan tersebut. Karena garis – garis medan magnet akan meninggalkan kutub utara magnet, maka kutub utara solenoida pada Gambar 2.11 berada di ujung kanan.



Gambar 2.10 Medan Magnet pada Solenoida

(Sumber: Bayu, 2017)

Setiap kumputan menghasilkan medan magnet dan medan total di dalam solenoida akan merupakan jumlah medan – medan yang disebabkan oleh setiap lilitan arus. Jika kumputan – kumputan solenoida berjarak sangat dekat, medan di dalam pada dasarnya akan parallel dengan sumbu kecuali di bagian ujung – ujungnya.

Tabel 2.1 Kemampuan Hantar Arus Kawat *Email* berdasarkan *American wire gauge (AWG)*

Conductor Size					Current Rating
A.W.G.	C.M.A.	Diameter (mm)	mm ²	Size	
#32	63	0.20	0.03	*	0.3A
#30	101	0.26	0.05	•	0.5A
#28	160	0.32	0.08	•	0.7A
#26	254	0.41	0.13	•	1.0A
#24	404	0.51	0.20	•	2.0A
#22	643	0.64	0.33	•	3.0A
#20	1,020	0.81	0.52	•	5.0A
#18	1,624	1.02	0.82	•	7.0A
#16	2,583	1.29	1.31	•	10.0A
#14	4,106	1.63	2.08	•	20.0A
#12	6,530	2.05	3.31	•	30.0A
#10	10,384	2.59	5.26	•	50.0A

(Sumber : *J.S.T.(U.K) Ltd.*)

2.4 Watt Meter AC Digital

Watt meter AC digital adalah alat yang digunakan mengukur watt pada device yang sedang bekerja dengan power meter ini. Dengan menggunakan alat ini kita bisa mengetahui berapa watt kebutuhan listrik pada perangkat elektronik di rumah termasuk mengetahui seberapa efisien peralatan listrik yang kita gunakan.



Gambar 2.11 Watt Meter AC Digital

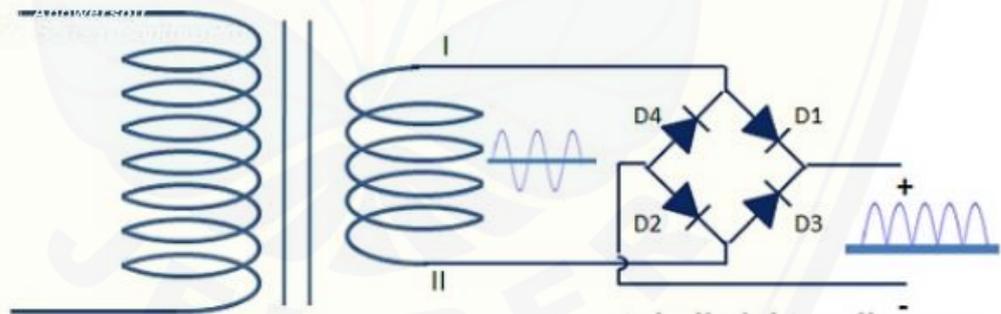
(Sumber: Jameco.com)

Tabel 2.2 Spesifikasi Watt Meter AC Digital

No	Kemampuan Wattmeter AC	Nominal Kemampuan
1	Power konsumsi monitor power meter	0.5W
2	Operasi tegangan	230V AC
3	<i>Frequency display</i>	50Hz
4	Operasi saat ini	16 A
5	<i>Wide voltage range</i>	230V – 250V
6	<i>Display Watt</i>	0 – 3680W
7	Rentang Tampilan	0 detik – 9999 hari
8	<i>Voltage Display range</i>	: 0V – 9999V
9	<i>Current Display (amps)</i>	0.000A – 16.000A
10	<i>Frequency Display</i>	0Hz – 9999Hz
11	Harga Tampilan Kisaran	0.00COST / KWh 99 .99 COST / KWh
12	Total KWh dan Tampilan Biaya	0.000KWh – 9999KWh

(Sumber:jameco.com)

2.5 Rangkaian Rectifier



Gambar 2.12 Rangkaian Rectifier

Rectifier atau dalam bahasa Indonesia disebut dengan Penyearah Gelombang adalah suatu bagian dari Rangkaian Catu Daya atau Power Supply yang berfungsi sebagai pengubah sinyal AC (Alternating Current) menjadi sinyal DC (Direct Current). Rangkaian Rectifier atau Penyearah Gelombang ini pada umumnya menggunakan Dioda sebagai Komponen Utamanya. Hal ini dikarenakan Dioda memiliki karakteristik yang hanya melewatkan arus listrik ke satu arah dan menghambat arus listrik dari arah sebaliknya. Jika sebuah Dioda dialiri arus Bolak-

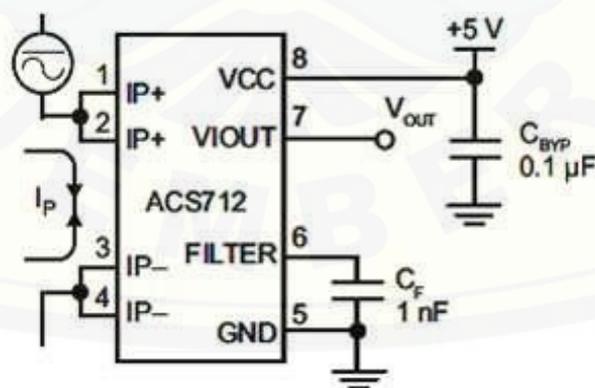
balik (AC), maka Dioda tersebut hanya akan melewatkan setengah gelombang, sedangkan setengah gelombangnya lagi diblokir. Untuk lebih jelas, silakan lihat gambar dibawah ini :



Gambar 2.13 Hasil Input dan Output Rectifier

2.6 Sensor Arus ACS 712

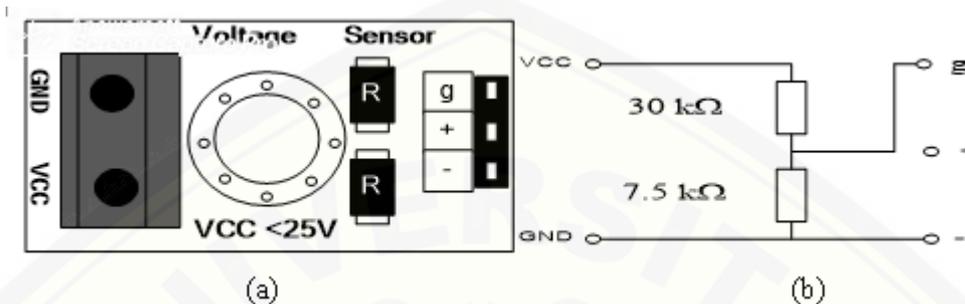
ACS712 adalah sebuah modul sensor arus yang bekerja berdasarkan efek medan. Sensor arus ACS712 dapat digunakan untuk mengukur arus AC atau DC. Modul sensor arus ACS712 telah dilengkapi dengan rangkaian penguat operasional, sehingga sensitivitas untuk pengukuran arusnya meningkat dan dapat mengukur perubahan arus yang relatif kecil. Sensor jenis ini juga sering digunakan pada aplikasi-aplikasi di bidang industri, komersial, maupun komunikasi. Contoh aplikasinya antara lain untuk sensor kontrol motor, deteksi dan manajemen penggunaan daya, sensor untuk catu daya tersaklar, sensor proteksi terhadap arus lebih, dan lain sebagainya.



Gambar 2.14 Rangkaian Skematik Sensor Arus ACS712

2.7 Sensor Tegangan

Sensor tegangan adalah modul pembagi tegangan yang digunakan untuk mengubah tegangan yang akan diukur untuk dapat diumpungkan ke pin kontroler yang sudah memiliki konverter analog ke digital (ADC).



Gambar 2.15 Sensor Tegangan DCT-Elektronik

Gambar (a) adalah modul sensor pembagi tegangan, sedangkan Gambar (b) adalah diagram skematik dari sensor tersebut. Kaki VCC dan GND adalah kaki-kaki untuk menempatkan terminal tegangan yang akan diukur sedangkan pin g, + dan – adalah pin untuk dihubungkan dengan kaki ADC kontroler (Autodesk.Inc,2015).

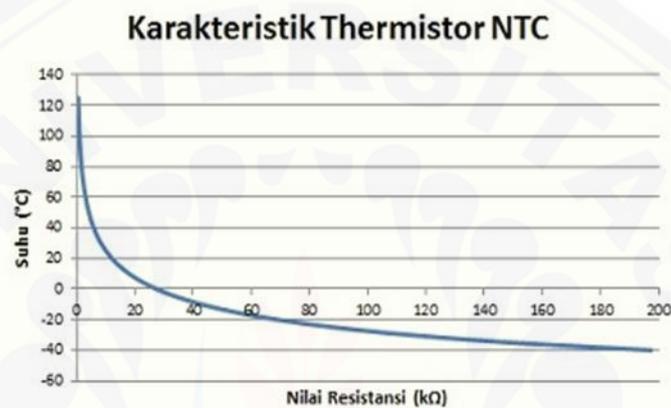
2.8 Negative Temperature Coefficient

NTC (*Negative Temperature Coefisien*) adalah resistor dengan koefisien temperatur negatif yang sangat tinggi. Termistor jenis ini dibuat dari oksida dari kelompok elemen transisi besi (misalnya Fe_2O_3 , NiO CoO dan bahan NTC yang lain). Harga nominal biasanya ditetapkan pada temperatur 25 °C. Suhu yang dapat di deteksi dari *Negative Temperature Coefisien* antara -90°C sampai 130°C. Perubahan resistansi yang diakibatkan oleh non linieritasnya ditunjukkan dalam bentuk diagram resistansi dengan temperature.

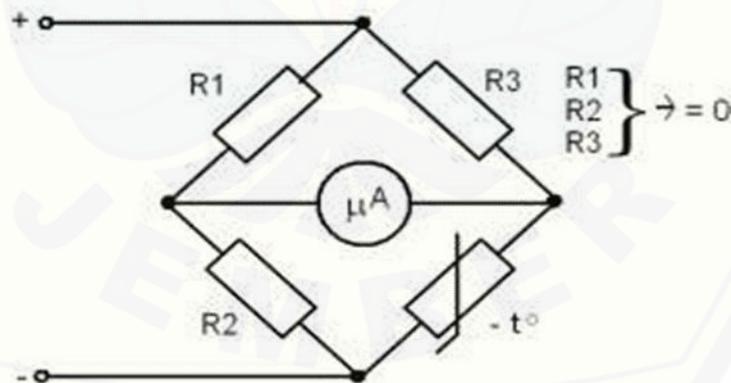


Gambar 2.16 Negative Temperature Coefisien

Negative Temperature Coefisien tersebut bernilai $10\text{k}\Omega$ pada suhu ruangan (25°C), tetapi akan berubah seiring perubahan suhu disekitarnya. Pada -40°C nilai resistansinya akan menjadi $197.388\text{k}\Omega$, saat kondisi suhu di 0°C nilai resistansi NTC akan menurun menjadi $27.445\text{k}\Omega$, pada suhu 100°C akan menjadi $0.976\text{k}\Omega$ dan pada suhu 125°C akan menurun menjadi $0.532\text{k}\Omega$. Karakteristik Thermistor NTC tersebut adalah seperti dibawah ini :



Gambar 2.17 Karakteristik *Negative Temperature Coefisien* (Sumber:Datasheet)



Gambar 2.18 Rangkaian *Negative Temperature Coefisien*

2.9 Arduino

Arduino uno merupakan perangkat elektronik dengan sistem *open source*. Arduino memiliki 14 pin *input/output* yang mana 6 pin dapat digunakan sebagai *output PWM*, 6 *analog input*, *crystal osilator* 16 MHz, koneksi USB, *jack power*, dan tombol *reset*.



Gambar 2.19 Bentuk Fisik Arduino Uno R3 (www.Arduino.cc)

Arduino memiliki kelebihan tersendiri dibanding *board* mikrokontroler yang lain selain bersifat *open source*, arduino juga mempunyai bahasa pemrogramannya sendiri yang berupa bahasa C. Selain itu dalam *board* arduino sendiri sudah terdapat *loader* yang berupa USB sehingga memudahkan kita ketika memprogram mikrokontroler di dalam arduino. Papan Arduino adalah papan mikrokontroler berdasarkan ATmega328. Berikut adalah spesifikasi dari Arduino Uno :

Tabel 2.3 Spesifikasi Arduino Uno

Mikrokontroler	ATmega328
Tegangan operasi	5V
Tegangan input (disarankan)	7-12V
Tegangan input (batas)	6-20V
Digital I/O	14 pin (dimana 6 output PWM)
Input Analog	6 pin
Arus DC per I/O	Pin 40 Ma
Arus DC untuk 3.3V	Pin 50 mA
Memori flash 32KB (ATmega328)	0.5 KB digunakan untuk bootloader
SRAM	2 KB (ATmega328)
EPROM	1 KB (ATmega328)
Kecepatan <i>clock</i>	16 MHz

Diterjemahkan dari (Arduino Uno)

ATmega328 adalah mikrokontroler keluaran dari atmel yang mempunyai arsitektur RISC (*Reduce Intruction Set Computer*) dimana setiap proses eksekusi data lebih cepat daripada arsitektur CISC (*Completed Instruction Set Computer*). Mikrokontroler ini memiliki beberapa fitur antara lain sebagai berikut :

- a. 130 macam instruksi yang hampir semuanya dieksekusi dalam satu siklus *clock*.
- b. 32 x 8-bit register serba guna.
- c. Kecepatan mencapai 16 Mbps dengan *clock* 16MHz.
- d. 32 KB *flash memory* dan pada arduino memiliki *bootloader* yang menggunakan 2 KB dari *flash memory* sebagai *bootloader*.
- e. Memiliki EEPROM (*Electrically Erasable Programmable Read Only Memory*) sebesar 1 KB sebagai tempat penyimpanan data semi permanen karena EEPROM tetap dapat menyimpan data meskipun catu daya dimatikan.
- f. Memiliki SRAM (*Static Random Acces Memory*) sebesar 2KB.
- g. Memiliki pin I/O digital sebanyak 14 pin 6 diantaranya PWM (*Pulse Width Modulation*) output.
- h. *Master / Slave SPI serial interface*.
- i. Tegangan operasi sekitar 1,8 V sampai dengan 5,5V

2.10 Data Logger

Data logger merupakan sistem yang berfungsi untuk merekam data ke dalam media penyimpanan data. Data logger memiliki kapasitas penyimpanan yang cukup besar sehingga data yang terekam dapat ditampilkan dalam grafik dengan durasi yang cukup lama. Sistem data logger ini dibangun dari modul arduino sebagai pengendalinya dan menggunakan SD Card sebagai media simpannya. Dengan media ini kita dapat menyimpan data yang sangat besar, layaknya sebuah hardisk yang diisi file teks / txt file. Kapasitas SD Card dalam data logger ini dapat menyimpan data selama 738 hari yang menyimpan data perdetik melalui pembacaan data suatu sensor, mikrokontroler digunakan untuk pengendalian sistem kerja dari rangkaian (Setiaji, 2016).

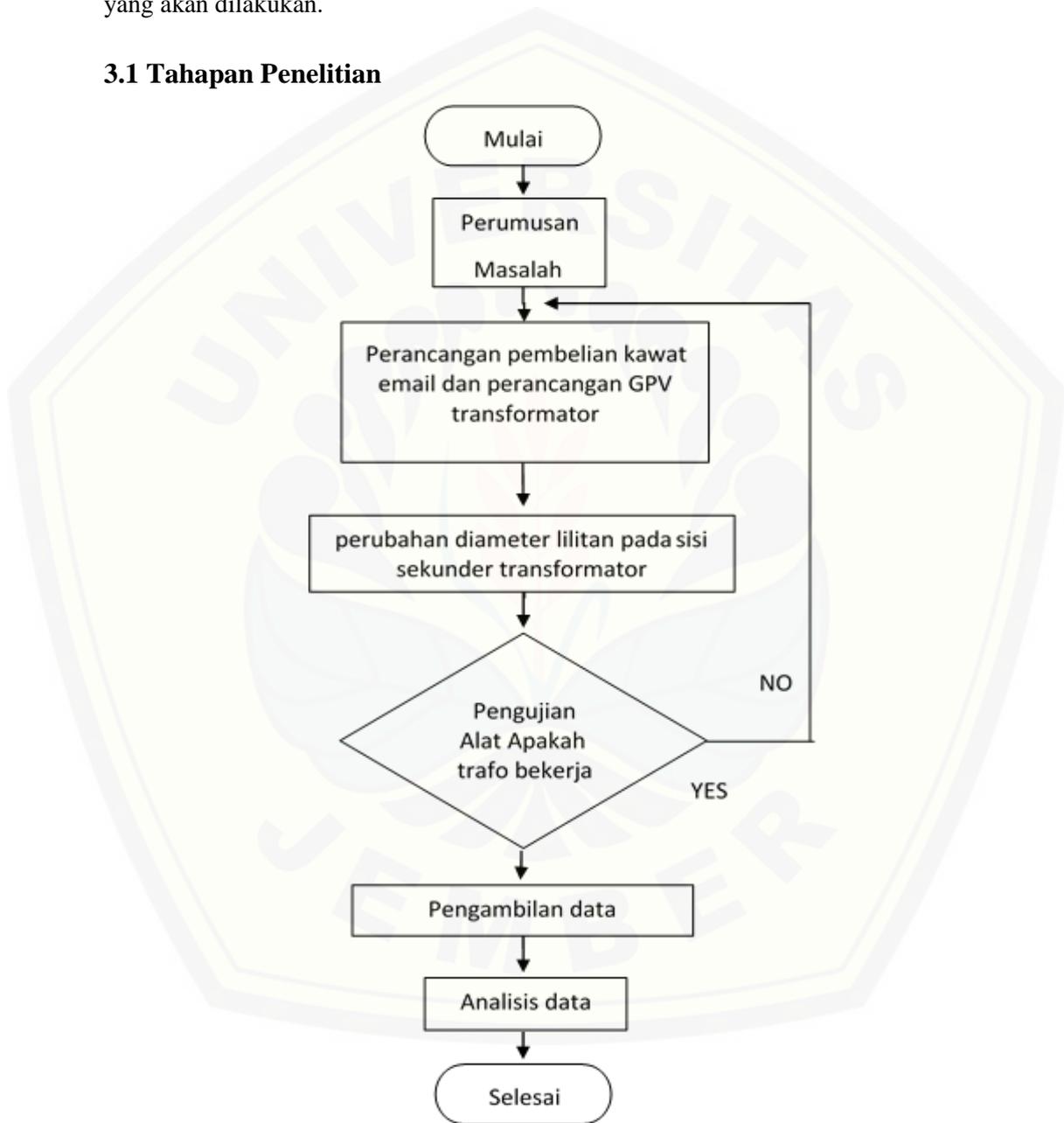


Gambar 2.20 Data Logger (Sumber : Setiaji, 2016)

BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN

Pada bab metodologi penelitian ini, akan dijelaskan tentang tahapan penelitian, perancangan sistem, perancangan Transformator, perancangan alat dan tahap pengujian yang akan dilakukan.

3.1 Tahapan Penelitian



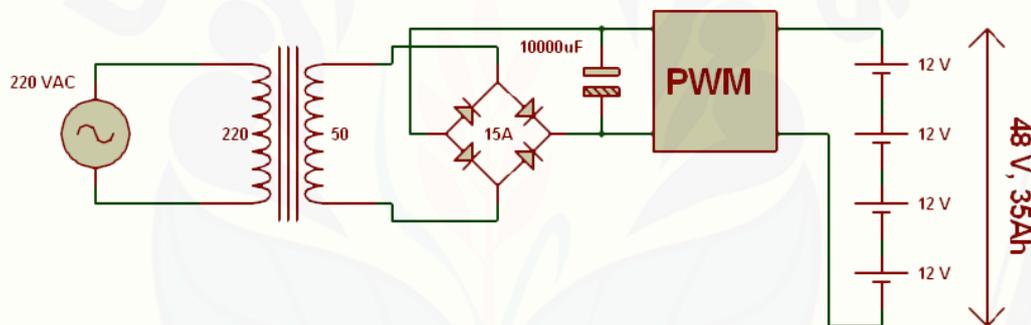
Gambarr 3.1 Diagram Alir Penelitian

3.2 Perancangan Sistem

Pada penelitian ini dilakukan tahap perancangan transformator dengan variasi diameter lilitan sekunder kemudian masuk ke tahap pengujian dimana transformator yang telah dirancang kemudian digunakan sebagai charger *lead acid*. Berikut adalah diagram blok pengujian yang dilakukan.:

3.2.1 Rangkaian Charger

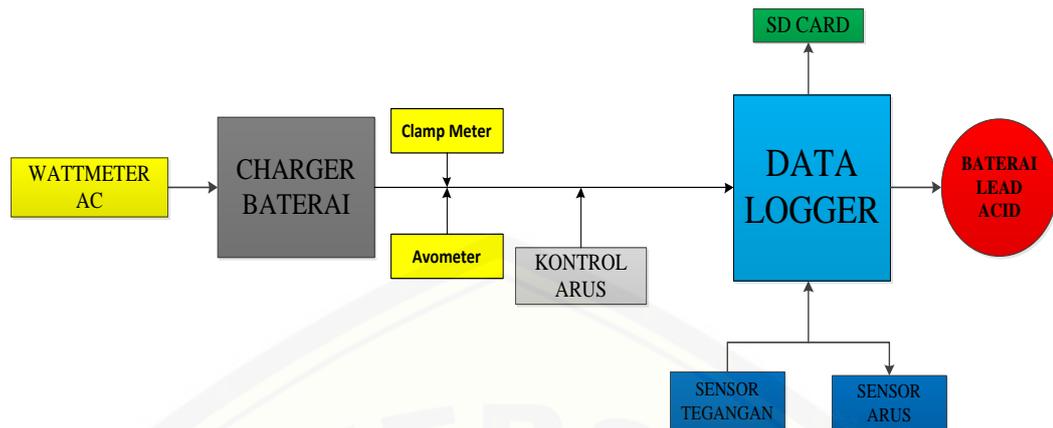
Pada penelitian ini menggunakan rangkaian charger sederhana yang biasa digunakan pada charger *lead acid*, untuk rangkaian penyearah perubah tegangan AC menjadi DC menggunakan rectifier (Dioda *Bridge*) dengan dibantu dengan PWM (*Pulse Width Modulation*) dengan *lead acid* 12 V 35 AH sebanyak empat buah sebagai bebannya.



Gambar 3.2 Rangkaian Charger

3.2.2 Sistem Pengujian Transformator

Pada penelitian kali ini akan dilakukan pengujian yaitu trafo yang telah dirakit sendiri dengan diberi perlakuan variasi diameter kawat email sisi sekunder yang digunakan dengan bentuk pengujiannya sendiri trafo yang selesai dirakit akan dijadikan sebagai trafo utama bagian *charger* yang akan dijadikan *charger lead acid* dengan variasi tegangan. Berikut adalah diagram blok pengujian yang akan dilakukan.:



Gambar 3.3 Diagram Blok Sistem Pengujian Transformator Sebagai Charge

- a. Watt Meter AC
Digunakan untuk memantau tegangan, arus serta daya yang masuk pada sisi primer transformator.
- b. Charger Baterai
Pada charger baterai tersebut terdapat trafo rancangan yang digunakan sebagai objek penelitian, dimana trafo tersebut dirangkai dengan rangkaian charger.
- c. Clamp Meter dan Avometer
Digunakan untuk memantau tegangan, arus serta daya yang masuk pada sisi sekunder dari transformator setelah rangkaian charger.
- d. Kontrol Arus
Digunakan untuk mengatur arus yang keluar pada adaptor (*charger* baterai) pada saat proses pengisian baterai. Kontrol PWM yang digunakan yaitu kontrol buatan pabrik.
- e. Data *Logger*
Digunakan untuk menyimpan data tegangan, arus, daya dan kapasitas baterai pada proses pengujian *charge*. Pada *data logger* terdapat sensor tegangan untuk memasukkan data tegangan dari proses pembacaan tegangan yang terukur, sensor arus untuk mengetahui arus yang menuju ke beban dan RTC sebagai sumber data waktu proses pengujian yang akan di simpan pada *SD Card*

f. Baterai *Lead acid*

Sebagai Beban yang digunakan pada proses pengujian yang dilakukan.

Pada penelitian ini akan dilakukan pengujian terhadap baterai *Lead acid* 12 V 35AH yang diuji dengan berbagai variasi tegangan yaitu 12 V kemudian baterai 48V dengan metode *time-adjusted* yang di rekomendasikan oleh *IEEE* std 450 dengan menambahkan modifikasi. Metode *time-adjusted* melakukan pengujian pengujian berdasarkan kapasitas baterai yang sudah tertera dengan arus pengujian 20% (*recommended IEEE*) dari kapasitas baterai. Pada *IEEE* std 450 pengujian dilakukan pada baterai *lead-acid*. Metode yang di rekomendasikan menggunakan *constant voltage* Hal tersebut dianjurkan oleh penelitian “Perancangan dan Realisasi Sistem Pengisian Baterai 12 Volt 45 AH pada Pembangkit Listrik Tenaga Pikohidro di UPI Bandung” yang dilakukan oleh Wildan Budiman dari Institut Teknologi Nasional (ITENAS) Bandung pada tahun 2014. Modifikasi yang dilakukan yaitu melakukan pengujian dengan variasi pada diameter lilitan sekunder trafo yang digunakan sebagai sumber pada rangkaian *charger* atau *power supply*.

Keunggulan metode yang akan dilakukan yaitu dapat mengetahui karakteristik transformator yang dirakit ulang dan digunakan sebagai transformator pada rangkaian *charger*. Dari hal tersebut nantinya akan didapatkan data yang bisa digunakan pada pengembangan *Electric Vehicle* (EV) pada tim TITEN mobil listrik Universitas Jember.

3.3 Perancangan Transformator

Pada penelitian yang dilakukan kali ini menggunakan jenis kawat email yang sama yaitu Malaysia sebagai objek penelitian, dimana jenis ini biasa digunakan dalam bahan untuk melilit motor listrik transformator dll dengan kemampuan tahan terhadap suhu mencapai 130°C.



Gambar 3.4 Kawat Email Jenis Malaysia PEW/Enameled Cooper Wire

Pengujian kali ini mengenai transformator selain membahas kinerjanya disini juga diperlukan tahap persiapan untuk merakit transformator , tahap pertama adalah melakukan tahap perhitungan kebutuhan kawat email yang akan dibeli. Kawat email yang tersedia dipasaran biasanya dalam satuan kilogram sehingga kita perlu menghitung kebutuhan kawat yang akan dibeli karena jika kita tidak menghitung kebutuhan secara tepat maka pembelian yang kita lakukan akan sia-sia karena tidak memenuhi sarat kebutuhan dalam tahap pembuatan transformator, untuk rumus perhitungan adalahnya sebagai berikut.

$$GPV = \frac{F}{A} \dots\dots\dots (14)$$

Dimana

GPV = Gulungan Per-Volt

F = Frekuensi PLN (50Hz)

A = Luas Penampang Inti Kern E dan I Transformator

Banyaknya Lilitan/GPV(Gulungan Per-Volt):

$$\text{Primer} = V_{\text{dibutuhkan}} \times GPV = N_p \dots\dots\dots (15)$$

$$\text{Sekunder} = V_{\text{dibutuhkan}} \times GPV = N_s \dots\dots\dots (16)$$

Dimana:

Primer = Sisi Primer Transformator

Sekunder = Sisi Sekunder Transformator

$V_{\text{dibutuhkan}}$ = Tegangan yang diperlukan (V)

GPV = Gulungan Per-Volt

N_p = Banyak Lilita Pada sisi Primer

N_s = Banyak lilitan Pada sisi Sekunder

Kebutuhan Kawat Email:

$$P = K_{koker} \times N_p \text{ atau } N_s = \text{Panjang}(m) \dots \dots \dots (17)$$

Dimana:

P = Panjang Kawat Email yang digunakan

K_{koker} = Keliling Koker

N_p = Banyak Lilitan Pada Sisi Primer

N_s = Banyak Lilitan Pada Sisi Sekunder

Konversi Kebutuhan Kawat Email.

$$A_{kawat \text{ digunakan}} = \frac{\pi \cdot D^2}{4} = x \text{ m}^2 \rightarrow L \text{ m}^2 \text{ dirubah } \text{dm}^2(L) \dots \dots \dots (18)$$

Dimana:

$A_{kawat \text{ digunakan}}$ = Luas Penampang Kawat Email

π = 3.14

D^2 = Diameter Kawat yang digunakan

$$L \times \rho_{Tembaga} (8,92 \text{ kg/L}) = N_{kawat} \text{ kg} \dots \dots \dots (19)$$

Dimana:

L = Hasil Luas Penampang Kawat yang diperlukan dalam Bentuk (Liter)

$\rho_{Tembaga}$ = Massa Jenis Tembaga (8,92 kg/L)

Dari hasil tersebut didapatkan keperluan kawat email sudah dalam bentuk kilogram sesuai pembelian yang beredar dipasaran yaitu dalam bentuk kilogram.

Kawat email yang perlu dibeli

$$P_{kawat \text{ dibutuhkan}} \times N_{kawat} \text{ kg} = N_{kawat \text{ dibeli}} \text{ kg} \dots \dots \dots (20)$$

Dimana:

$P_{kawat \text{ dibutuhkan}}$ = Panjang Kawat yang dibutuhkan

$N_{kawat} \text{ kg}$ = Kebutuhan Kawat email (Kg)

Dari hasil tersebut didapatkan berapa kebutuhan kawat email yang perlu kita beli perhitungan ini dapat membantu kita membeli kawat email secara tepat dan mampu mencukupi kebutuhan pembuatan transformator.

Pada penelitian transformator tersebut menggunakan ukuran kawat email primer yang sama yaitu 0.5 mm, namun yang divariasikan adalah ukuran kawat email sekunder yaitu 1.3 mm, 1.7 mm dan 2 mm dengan jenis kawat email yang sama.

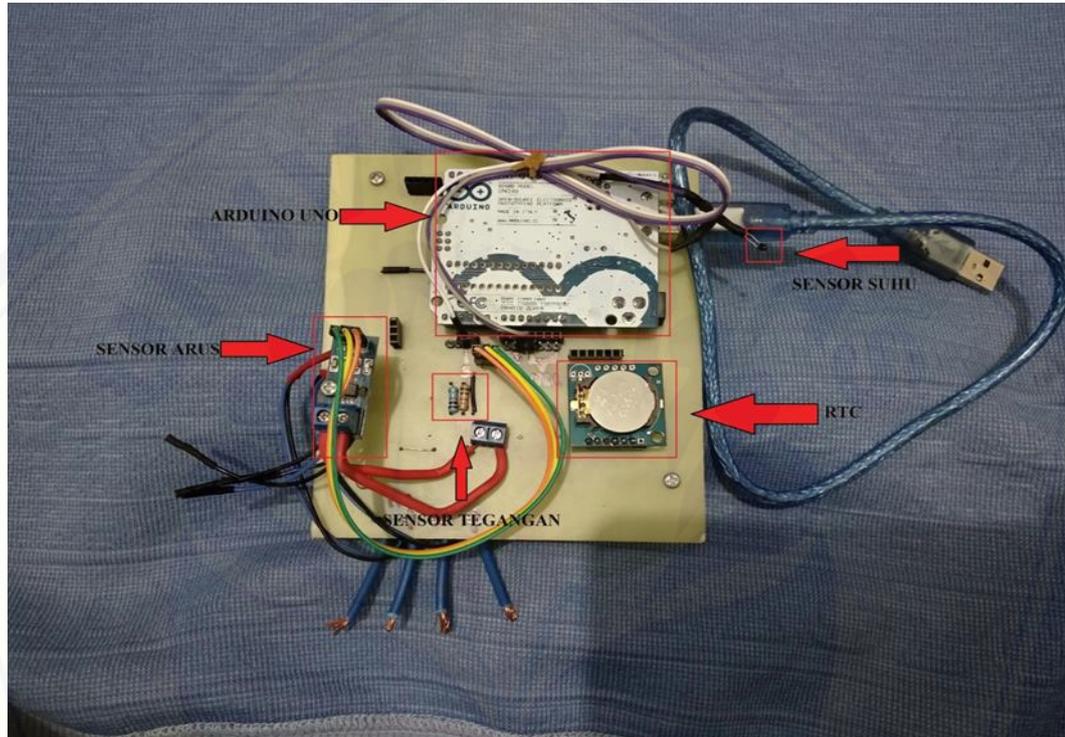
Tabel 3.1 Spesifikasi Transformator

Transformator	Kapasitas (A)	Tegangan (Volt)
 0.5mm Primer dan 1.3mm Sekunder	10 A	50 volt
 0.5mm Primer dan 1.7 mm Sekunder	10 A	50 V
 0.5mm Primer dan 2 mm Sekunder	10 A	50 V

3.4 Perancangan Alat dan Bahan

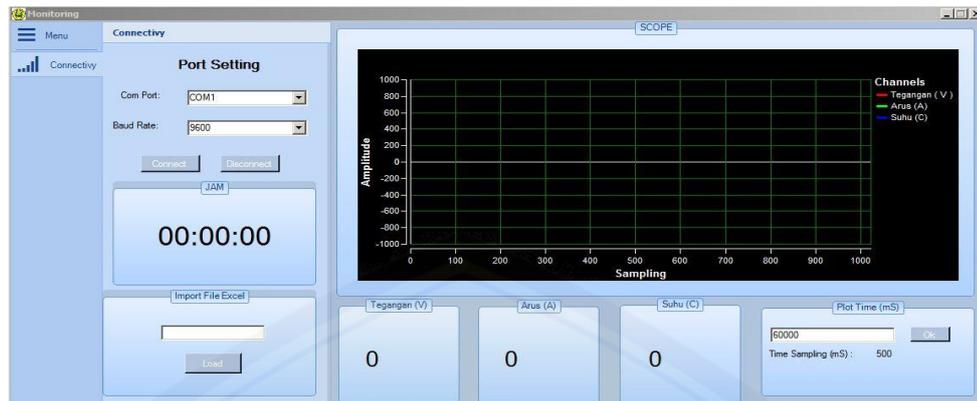
Perancangan alat dan beban yang dilakukan adalah perakitan alat bantu dalam pengambilan data secara *real time (Monitoring)* selain itu juga merkait beban yang akan digunakan.

3.4.1 Data Logger



Gambar 3.5 Data Logger

Data logger yang digunakan menggunakan arduino sebagai mikrokontrolernya yang dikoneksikan ke perangkat laptop sebagai sistem monitoring dan penyimpanan data dalam bentuk file excel. Pada data logger yang digunakan terdapat tiga buah sensor yaitu sensor tegangan, arus dan suhu. Pada penelitian ini menggunakan software *Visual Basic* sebagai *interface* tampilan monitoring yang meliputi hasil pengukuran tegangan, arus dan suhu. Selain menampilkan data tersebut *software* juga dapat dilakukan penyimpanan data dalam bentuk file Microsoft excel sehingga data yang diperoleh dapat dilakukan analisa selanjutnya.



Gambar 3.6 Tampilan Monitoring

3.4.2 Perancangan Beban

Pada penelitian ini beban yang digunakan yaitu *lead acid* dengan spesifikasi Accu Kering GS Astra 12V(Volt) 35 AH(Ampere Hour) yang dirangkai seri empat buah sehingga kapasitasnya menjadi 48V(Volt) 35AH(Ampere Hour) sesuai dengan spesifikasi baterai yang digunakan pada mobil listrik Universitas Jember.



Gambar 3.7 Beban Lead acid 48V 35AH

3.5 Tahap Pengujian

Pengujian yang dilakukan dalam penelitian ini yaitu menggunakannya sebagai sumber charger yang digunakan untuk mengisi empat buah *lead acid* 12V 35AH yang dirangkai seri, sehingga beban yang digunakan untuk pengujian transformator kali ini adalah *lead acid* berkapasitas 48V 35AH. Bentuk pengujian kali ini dilakukan dengan menggunakan *constant voltage* karena memiliki metode yang lebih aman dalam menjaga umur pakai *lead acid* saat *lead acid* digunakan tidak lebih dari 20-30% kapasitasnya. Hal tersebut dianjurkan oleh IEE std.450 dan juga digunakan pada penelitian “Perancangan dan Realisasi Sistem Pengisian Baterai 12 Volt 45 AH pada Pembangkit Listrik Tenaga Pikohidro di UPI Bandung” yang dilakukan oleh Wildan Budiman dari Institut Teknologi Nasional (ITENAS)

Bandung pada tahun 2014. Untuk arus kita menggunakan arus maksimal yang masih dalam batas aman yang digunakan sebagai pengisian *lead acid* yaitu 7A seperti yang disarankan dimana penggunaan energy baterai diasumsikan sudah mencapai nilai 80% sehingga kapasitas baterai yang tersisa sebesar 20%. Hal tersebut dianjurkan IEEE 450. Sehingga 20% tersebut kita kalikan dengan kapasitas baterai yaitu 35AH sehingga kita mendapatkan arus maksimal yang disarankan dalam pengisian *lead acid* berkapasitas 35AH adalah 7A.

Tabel 3.2 Pengujian Effisiensi Transformator

Ukuran Kawat Email Sekunder	Effisiensi (%)
	Arus 7A
1.3mm	%
1.7mm	%
2mm	%

BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan analisa dari data hasil penelitian, maka dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Effisiensi yang dihasilkan kawat email sekunder 2mm memiliki effisiensi yang lebih besar yaitu 80,16% dibandingkan dengan 1.3 mm dan 1.7 mm dengan masing-masing nilai effisiensinya adalah 75,81% dan 78,87%
2. Tegangan pada metode *constant voltage* yang digunakan lebih cepat stabil saat menggunakan kawat email yang 2mm dengan waktu menuju tegangan stabil 10 menit sedangkan pada kawat email 1,3mm dan,7 mm masing-masing membutuhkan waktu 40 dan 30 menit, hal ini dikarenakan luas penampang yang jauh lebih besar dan memiliki nilai hambatan yang jauh lebih kecil sehingga penyampaian tegangan dan arus yang terjadi jauh lebih maksimal karena sedikit daya yang berubah jadi panas.
3. Penurunan arus pada kinerja transformator saat digunakan sebagai pengisian *lead acid* lebih signifikan saat transformator menggunakan kawat sekunder 1.3 mm namun memiliki kelemahan waktu untuk mencapai arus minimum indikasi *full charge* lebih lama dibandingkan dengan 1.7 mm dan 2 mm

5.2 Saran

Dari hasil analisa data penelitian yang telah dilakukan, terdapat beberapa saran penelitian untuk dapat dikembangkan dan berikut beberapa saran yang diajukan:

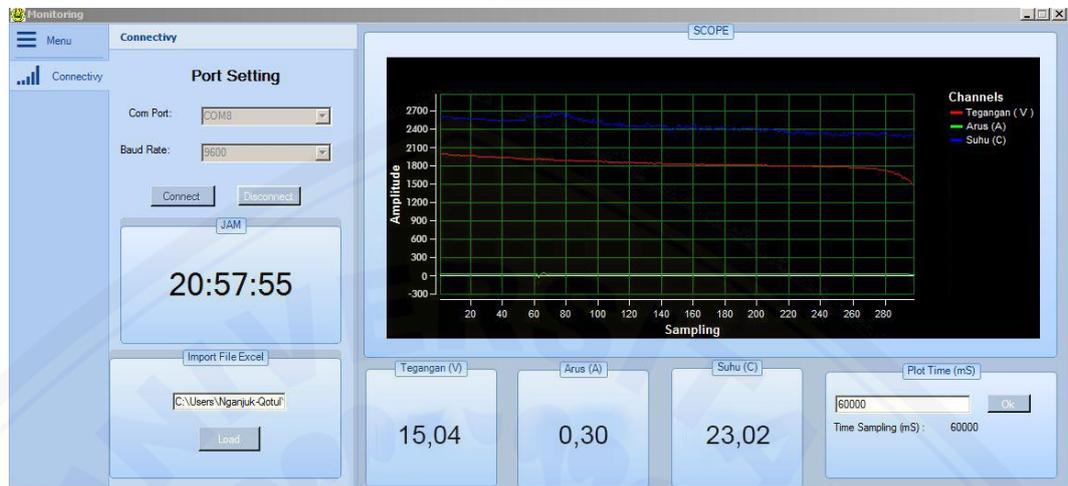
1. Dapat menggunakan variasi merk kawat email yang berbeda
2. Penelitian ini dapat dikembangkan dengan memberikan variasi beban maksimal sesuai spesifikasi transformator untuk mengetahui kinerja transformator lebih dalam
3. Pada penelitian selanjutnya dapat menganalisa pengaruh bahan inti transformator dan metode penggulangan lilitan sekunder transformator.

DAFTAR PUSTAKA

- Aditya, A., Cahya, D., Sulistijono, L., dan Madyono. 2011. *Sistem Pengisian Battery Lead acid Secara Adaptive*. Surabaya: Kampus PENS-ITS
- Adhitya, Budhi, dan Dian. 2016. *Perancangan Transformator Satu Fasa Dan Tiga Fasa Menggunakan Perangkat Lunak Komputer*. Riau: Universitas Riau
- Aswardi., Elfizon., dan Warman F. 2018. *Sistem Pengisian Batteraipada Mobil Listrik*. Padang:: Universitas Negeri Padang
- Budiman, W., Hariyanto,N,dan Syahrizal.2014. *Perancanagn dan Realisasi Sistem Pengisian Baterai 12 Volt 45 Ah pada Pembangkit Listrik Tenaga Pikohidro di UPI Bandung* .Bandung : Institut Teknologi Nasional
- Darsono, Suyanto, dan Taufik. 2014. *Analisis Efisiensi Trafo Frekuensi Tinggi Pada Tegangan Tinggi Cockcroft Walton MBE Lateks*. Yogyakarta: Pusat Sains Dan Tekhnologi Akselerator
- Fitzgerald, Charles, dan Stephen. 1997. *Mesin-Mesin Listrik*. Djoko Achyanto [penerjemah]. Edisi Keempat. Erlangga, Jakarta
- IEEE Standarts Association. "IEEE Recommended Practice for Maintenance, Testing, and Replacement of Vented Lead-Acid Batteries for Stationery Applications". IEEE std 450. 2010
- Lumbanraja, Hotdes. 2008. *Pengaruh Beban Tidak Seimbang Terhadap Efisiensi Transformator Tiga Fasa Hubungan Open-Delta*. [Skripsi]. Medan: Universitas Sumatera Utara
- Pambudi, Bayu Setia 2018. *Analisis Unjuk Kerja Motor BLDC 500 W Terhadap Perubahan Diameter Lilitan Stator*. [Skripsi]. Jember: Universitas Jember
- Simamora, Y, dan Tobing, P. 2017. *Analisis Ketidakseimbangan Beban Transformator Distribusi Untuk Identifikasi Beban Lebih Dan Estimasi Rugi-Rugi Pada Jaringan Tegangan Rendah*. 2014. Medan: Universitas Sumatera Utara
- Sumanto. 1997.*Teori Transformator*. Edisi Kedua. Andi, Yogyakarta
- Togar Timoteus Gultom. 2016. *Studi Effisiensi Transformator Daya Di Gardu Induk GIS Listrik*. Medan: Sekolah Tinggi Teknologi Immanuel
- Whilist J.S.T. (U.K.) . *Wire Size & Current Rating (A) Guide*. England: J.S.T. (U.K.) Ltd

LAMPIRAN

A. Tampilan Pengujian



Gambar 1 Tampilan Hasil Sistem Monitoring

B. Foto Perakitan dan Pengambilan data



Gambar 2 .Bahan Pelapis Kern Transformator



Gambar 3. Pelapisan dan Penjemuran Kern Trafo yang telah Dilapisi



Gambar 4. Proses Melilit Kawat Email Bagian primer Transformator



Gambar 5. Hasil Lilitan pada Transformator Sisi Sekunder



Gambar 6. Pelapisan Sisi Primer dengan Sekunder Transformator dengan Isolasi National Tape



Gambar 7. Pelapisan Sisi Primer dengan Sekunder Transformator dengan Kertas Parafin



Gambar 8. Pemasangan Kern Inti E dan I



Gambar 9. Perakitan dan *Assembly Box* Rangkaian *Charge*



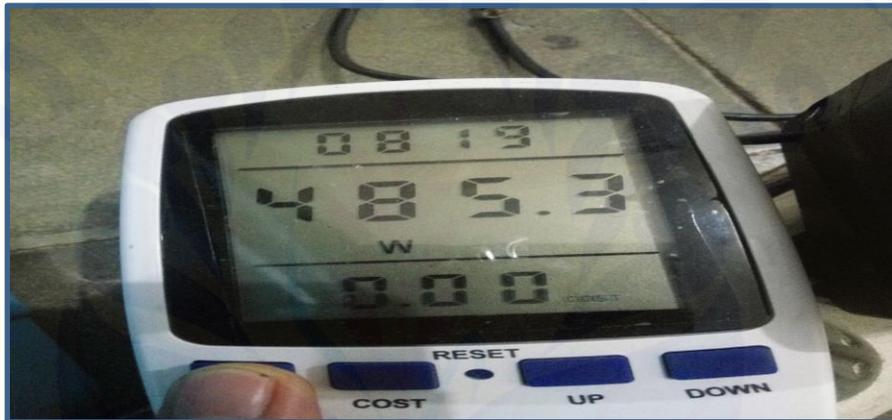
Gambar 10. Pengambilan Data Resistansi dan Induktansi



Gambar 11. Pengambilan Data Resistansi dan Induktansi



Gambar 12. Pengambilan data tegangan dan arus transformator pada sisi sekunder

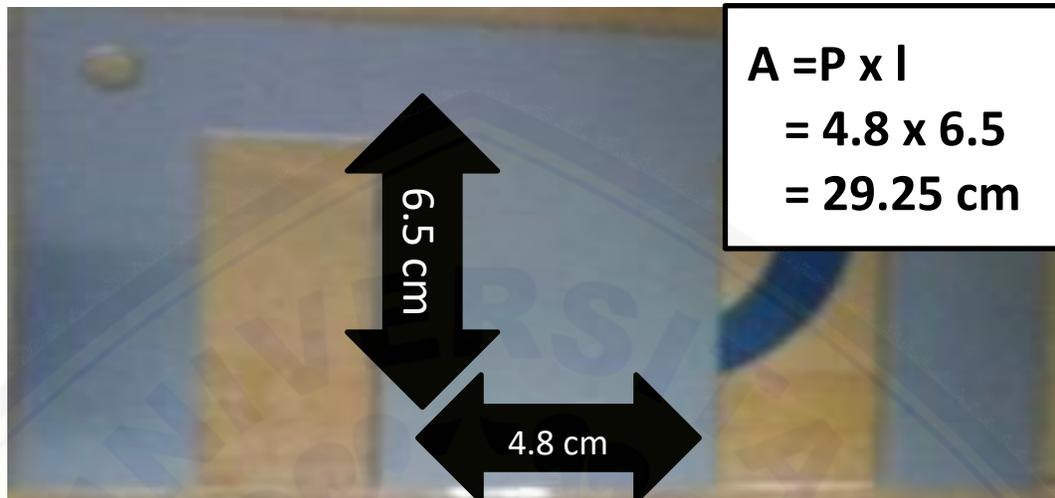


Gambar 13. Pengambilan data daya input pada sisi primer transformator



Gambar 14. Data kondisi awal *lead acid*

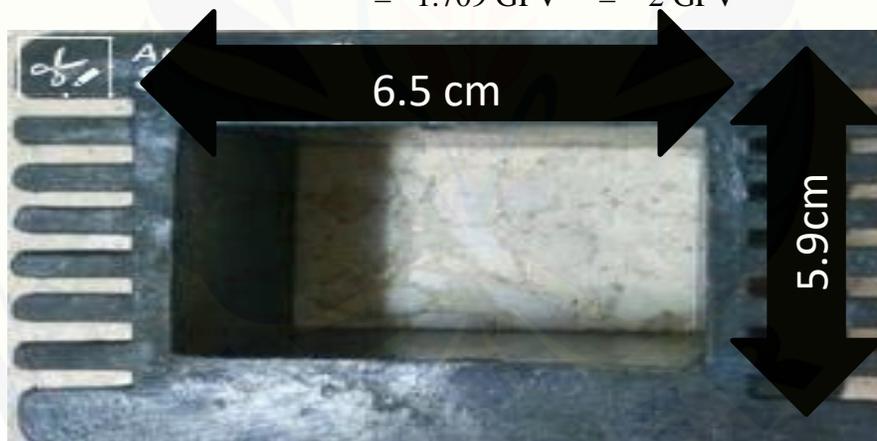
C. Perhitungan Kebutuhan Kawat Email



$$GPV = \frac{F}{A}$$

$$= \frac{50}{29.25}$$

$$= 1.709 \text{ GPV} = 2 \text{ GPV}$$



Keliling Koker:

$$K = 2 \times (6.5 \text{ cm} \times 5.9 \text{ cm})$$

$$= 24.8 \text{ cm} \Rightarrow 25 \text{ cm}$$

$$\text{Primer} = V_{\text{primer}} \times GPV = N \text{ gulungan}$$

$$= (220+10) \times 2$$

$$= 460 \text{ Gulungan}$$

$$\text{Sekunder} = V_{\text{sekunder}} \times \text{GPV} = N \text{ Gulungan}$$

$$= (50+10) \times 2$$

$$= 120 \text{ Gulungan}$$

Panjang Kawat email:

$$\text{Panjang Primer} = 25 \times 460 = 11500 \text{ cm} = 115 \text{ m}$$

$$\text{Panjang Sekunder} = 25 \times 120 = 32500 \text{ cm} = 325 \text{ m}$$

$$A_{\text{Primer}}(0.5 \text{ mm}) = \frac{3.14 \times (0.5)^2}{4} = 0.00196 \text{ cm}^2$$

$$A_{\text{Sekunder}} (1.29 \text{ mm}) = \frac{3.14 \times (1.29)^2}{4} = 0.013 \text{ cm}^2$$

$$A_{\text{Sekunder}} (1.7 \text{ mm}) = \frac{3.14 \times (1.7)^2}{4} = 0.0226 \text{ cm}^2$$

$$A_{\text{Sekunder}} (2 \text{ mm}) = \frac{3.14 \times (2)^2}{4} = 0.0314 \text{ cm}^2$$

Kebutuhan Dalam Kg:

$$\text{Primer} = (\text{Panjang Kawat Primer} \times A_{\text{Primer}}) \times \rho \text{ tembaga}$$

$$= (11500 \times 0.00196) \times 9$$

$$= 202,86 \text{ cm}^3$$

$$= 0,2 \text{ dm}^3 / 0.2 \text{ kg}$$

$$\text{Sekunder 1.3 mm} = (\text{Panjang Kawat Sekunder} \times A_{\text{Sekunder}}) \times \rho \text{ tembaga}$$

$$= (3250 \times 0.013) \times 9$$

$$= 380.25 \text{ cm}^3 = 0.38 \text{ dm}^3 / 0.38 \text{ kg}$$

$$\text{Sekunder 1.7 mm} = (\text{Panjang Kawat Primer} \times A_{\text{Sekunder}}) \times \rho \text{ tembaga}$$

$$= (3250 \times 0.0226) \times 9$$

$$= 661.05 \text{ cm}^3 = 0.66 \text{ dm}^3 / 0.66 \text{ kg}$$

$$\text{Sekunder 2 mm} = (\text{Panjang Kawat Primer} \times A_{\text{Sekunder}}) \times \rho \text{ tembaga}$$

$$= (3250 \times 0.0314) \times 9$$

$$= 918.45 \text{ cm}^3 = 0.91 \text{ dm}^3 / 0.91 \text{ kg}$$

D. Perhitungan Impedansi 1.7 m :

Impedansi Sekunder :

$$\begin{aligned}x &= 2\pi \times f \times L \\ &= 2 \times (3.14) \times 50 \times 0.087 \\ &= 27.31 \Omega\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}Z &= \sqrt{(R^2) + (X^2)} \\ &= \sqrt{(0.6^2) + (27.31^2)} \\ &= \sqrt{0.64 + 679.12} \\ &= \sqrt{679.76} \\ &= 27.31 \Omega\end{aligned}$$

Tegangan Output

$$a = \frac{N_p}{N_s} = \frac{440}{100} = 4.4$$

$$\frac{E_p}{E_s} = 4.4 \rightarrow 4.4 E_s = E_p$$

$$E_s = \frac{220}{4.4} = 50V$$

$$\begin{aligned}V &= E_s - (I \times Z) \\ &= 50 - (0.059 \times 26.07) \\ &= 48.71 V\end{aligned}$$

Kemudian perhitungan tahanan ekivalen primer dibawa ke sekunder:

$$Rek_1 = rR_2 + \frac{R_1}{a^2} = 0.8 + \frac{9.6}{4.4^2} = 1.08\Omega$$

Perhitungan tahanan ekivalen sekunder dibawa ke primer:

$$Rek_2 = R_1 + a^2 R_2 = 9.6 + (4.4^2 \times 0.8) = 21.016\Omega$$

Kemudian menghitung rugi-rugi yang ada pada tembaga:

$$Rugi - rugi tembaga = I_1^2 \cdot Rek_2$$

$$(2.27)^2 \times 21.016$$

$$= 108.29W$$

Rugi-rugi inti:

$$rugi\ inti = V_1 I_0 \cos \phi = 220 \times 0,244 \times 0,260 = 13.95\ W$$

E. Perhitungan Impedansi 2mm

Impedansi Sekunder :

$$\begin{aligned} X &= 2\pi \times f \times L \\ &= 2 \times (3.14) \times 50 \times 0.078 \\ &= 24.492\ \Omega \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Z &= \sqrt{(R^2) + (X^2)} \\ &= \sqrt{(0.4^2) + (24.49^2)} \\ &= \sqrt{0.64 + 679.12} \\ &= 24.49\ \Omega \end{aligned}$$

Tegangan Output

$$a = \frac{N_p}{N_s} = \frac{440}{100} = 4.4$$

$$\frac{E_p}{E_s} = 4.4 \rightarrow 4.4 E_s = E_p$$

$$E_s = \frac{220}{4.4} = 50V$$

$$\begin{aligned} V &= E_s - (I \times Z) \\ &= 50 - (0.032 \times 26.07) \\ &= 49.21\ V \end{aligned}$$

Kemudian perhitungan tahanan ekivalen primer dibawa ke sekunder:

$$Rek_1 = rR_2 + \frac{R_1}{a^2} = 0.8 + \frac{9.6}{4.4^2} = 0.87\Omega$$

Perhitungan tahanan ekivalen sekunder dibawa ke primer:

$$Rek_2 = R_1 + a^2 R_2 = 9.6 + (4.4^2 \times 0.8) = 16.94\ \Omega$$

Kemudian menghitung rugi-rugi yang ada pada tembaga:

$$\begin{aligned} \text{Rugi - rugi tembaga} &= I_1^2 \cdot R_{k2} \\ &= (2.27)^2 \times 16.94 \\ &= 87.29W \end{aligned}$$

Rugi-rugi inti:

$$\text{rugi inti} = V_1 I_0 \cos \phi = 220 \times 0,244 \times 0,260 = 13.95 W$$

