



**RANCANG BANGUN SISTEM PENGONTROL TEGANGAN  
TRANSFORMATOR 1 FASA 50 VA BERBASIS MIKROKONTROLER  
ARDUINO UNO**

**SKRIPSI**

Oleh

**Shandy Adi Pratama**

**NIM 141910201096**

**PROGRAM STUDI STRATA 1 TEKNIK ELEKTRO**

**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO**

**FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS JEMBER**

**2019**



**RANCANG BANGUN SISTEM PENGONTROL TEGANGAN  
TRANSFORMATOR 1 FASA 50 VA BERBASIS MIKROKONTROLER**

**SKRIPSI**

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

Oleh

**Shandy Adi Pratama**

**NIM 141910201096**

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

## PERSEMBAHAN

Puji syukur terbitkan kepada Allah SWT yang telah memberikan limpah rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini. Penulis menyadari bahwa dalam pengerjaan skripsi ini banyak sekali semangat yang didapatkan dari banyak pihak. Untuk itu persembahkan ini penulis berikan kepada :

1. Bapak Djony Tri Andoko dan Ibu Yuli Sri A. tercinta, yang selalu mendoakan, mengarahkan, serta memberikan dukungan penuh dengan segala perhatiannya kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas skripsi ini dengan baik dan lancar.
2. Bapak Dosen Pembimbing Utama Bapak R.B.M. Gozali, S.T., M.T serta Bapak Dosen Pembimbing Anggota Bapak Suprihadi Prasetyono, ST., MT atas kesabaran dan keikhlasan dalam membimbing saya menyelesaikan skripsi ini.
3. Seluruh dosen Teknik Elektro Universitas Jember yang telah memberikan bekal ilmu pengetahuan dan bimbingan selama mengikuti pendidikan di Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Jember.
4. Seluruh dulur KETEK UJ 2014 yang telah memberikan dukungan dan doanya.
5. Sahabat-sahabat ku tercinta yang telah memberikan semangat serta perhatian yang luar biasa.
6. Saudara-saudara ku Teknik Elektro Universitas Jember.
7. Almamater Tercinta Fakultas Teknik Universitas Jember.

**MOTTO**

*“Tuhanmu tiada meninggalkan kamu dan tiada (pula) benci kepadamu”  
(QS. Adh-Dhuha : 3)*

*“Karena sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan”  
(QS. Al-Insyirah : 5)*

*“sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan”  
(QS. Al-Insyirah : 6)*

*“Banyak kegagalan dalam hidup ini dikarenakan orang-orang tidak menyadari  
betapa dekatnya mereka dengan keberhasilan saat mereka menyerah, meskipun  
darah telah bercucuran kerjakanlah sampai kapapun kerjakanlah bahwa  
sesungguhnya itu semua proses dari kamu untuk berhasil”  
(Shandy Adi Pratama)*

**PERNYATAAN**

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Shandy Adi Pratama

NIM : 141910201096

menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul "Rancang Bangun Sistem Pengontrolan Tegangan Transformator 1 Fasa 50 VA Berbasis Mikrokontroler Arduino Uno" adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali kutipan yang sudah saya sebutkan sumbernya, belum pernah diajukan pada institusi manapun 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, 3 Januari 2019

Yang menyatakan,

Shandy Adi Pratama  
NIM 141910201096

**SKRIPSI**

**RANCANG BANGUN SISTEM PENGONTROL TEGANGAN  
TRANSFORMATOR 1 FASA 50 VA BERBASIS MIKROKONTROLER  
ARDUINO UNO**

Oleh

Shandy Adi Pratama

NIM 141910201096

Pembimbing :

Dosen Pembimbing Utama : R.B.M. Gozali, S.T., M.T

Dosen Pembimbing Anggota : Suprihadi Prasetyono, ST., MT

**PENGESAHAN**

Skripsi berjudul “Rancang Bangun Sistem Pengontrol Tegangan Transformator 1 Fasa 50 VA Berbasis Mikrokontroler Arduino Uno” karya Shandy Adi Pratama telah diuji dan disahkan pada :

Hari : Kamis

Tanggal : 3 Januari 2019

Tempat : Fakultas Teknik Universitas Jember

Tim penguji,

Ketua,

Anggota I,

R.B.M. Gozali, S.T., M.T  
NIP 196906081999031002

Suprihadi Prasetyono, ST., MT  
NIP 197004041996011001

Anggota II,

Anggota III,

Dr. Triwahju Hardianto, S.T., M.T.  
NIP 197008261997021001

Abdur Rohman, S.T., M.AGr, Phd.  
NIP 760017221

Mengesahkan  
Dekan,

Dr. Ir. Entin Hidayah, M.U.M.  
NIP 196612151995032001



## RINGKASAN

**Rancang Bangun Sistem Pengontrol Tegangan Transformator 1 Fasa 50 VA Berbasis Mikrokontroler Arduino Uno**; Shandy Adi Pratama; 141910201096; 2018; 95 halaman; Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Jember.

Pada zaman globalisasi ini manusia telah banyak berkembang, perkembangan manusia pada zaman ini bisa dibilang sangat cepat baik dalam hal teknologi, informasi dan kebutuhan manusia. Pada zaman globalisasi kebutuhan semakin berkembang, salah satunya dalam bidang peralatan yang digunakan sehari-hari yaitu hampir semuanya memerlukan energi listrik. Energi listrik dalam kehidupan sehari-hari menjadi kebutuhan yang sangat penting untuk memenuhi kebutuhan perangkat yang digunakan manusia. Pada penggunaannya telah dilakukan berbagai pengaturan agar penggunaan listrik dapat hemat dan efisien, telah banyak dikembangkan untuk mengatur proses dan penggunaan dari energi listrik tersebut serta apabila penggunaan energi pada daerah terpencil serta menjadi penggunaan yang *massive* penggunaannya menjadi kebutuhan primer di kalangan masyarakat.

Alat pengontrol tegangan menjadi suatu hal yang dapat memberikan nilai yang mendukung untuk penstabilan tegangan pada daerah-daerah yang sering mengalami penurunan nilai tegangan hal ini terbukti pada konsumen listrik perumahan pada daerah-daerah pedalaman untuk membantu pekerjaan-pekerjaan manusia dari sumber tegangan untuk menjalankan suatu alat elektronik. Salah satunya dengan menggunakan alat pengatur tegangan yang dimana dapat memberikan tegangan optimal ketika sumber tegangan PLN terjadi penurunan maupun kenaikan dari batas regulasi yang ditentukan menjadi stabil di cakupan tegangan *output*  $\pm 5\%$  dari nilai 220 volt dengan berdasarkan pada hukum Faraday dan hukum Lenz dengan pemahaman bahwa gaya gerak listrik ini timbul diakibatkan oleh adanya gaya medan magnetik. Dengan kata lain akan timbul gaya gerak listrik pada suatu kumparan apabila kumparan ini terdapat di dalam medan magnet yang kuat dan



berubah ubah terhadap waktu, otomatis apabila terjadi perubahan flux magnet pada kumparan yang melalui suatu penghantar serta memiliki hambatan tertentu akan mengalir arus induksi dan beda potensial yang disebut gaya gerak listrik induksi hal ini dikarenakan adanya beda potensial antara ujung kumparan yang dilewatkan pada suatu penghantar dikarenakan adanya perubahan flux magnetik yang terjadi. flux magnetik ini dapat dimanfaatkan untuk menaikkan tegangan serta untuk menurunkan tegangan dengan perpaduan konsep tersebut. Emil Lenz pada tahun 1834 menuliskan bahwa “ arus induksi selalu berlawanan arah dengan gerakan atau perubahan yang menyebabkannya “. Timbulnya gaya gerak listrik tergantung pada kekuatan fluks magnet , jumlah lilitan konduktor, sudut perpotongan fluks magnet dengan konduktor dan kecepatan konduktor memotong garis fluks magnet. Maka konsep ini dapat dimanfaatkan untuk menaikkan tegangan serta untuk menurunkan tegangan.

Pengujian ini dilakukan pada tanggal 7 November dengan sistem pengujian yaitu dengan menggunakan pengujian tanpa beban dan menggunakan pengujian dengan beban serta keberhasilan tap untuk bekerja sesuai program, pengujian yang dilakukan yaitu dengan memberikan variasi pada beban dan juga di uji dengan kondisi tegangan sumber berbagai macam yaitu 2 data tegangan AC dengan nilai di bawah 220 volt dan 2 data tegangan AC dengan nilai di atas 220 volt serta 1 tegangan AC bernilai 220 volt dengan pengukuran menggunakan multimeter untuk melihat nilai tegangan yang keluar pada beban ketika telah melewati alat pengontrol tegangan. Nilai yang di dapat pada pengujian dengan 2 data di bawah nilai tegangan AC 200 volt dan 220 volt yaitu dengan maksimal pembebanan dilakukan bernilai 100 watt akan berakibat rele tidak mengalirkan tegangan dikarenakan nilai yang dibaca sensor berada di luar batas toleransi, pada sumber 210 volt serta tap bekerja pada tap maksimal yaitu pada tap tipe nomor 4 dengan aliran tegangan output sebesar 240 volt dari transformator dan tegangan yang masih dalam regulasi 5% itu terdapat ketika beban 25 watt dan tap rele ada pada nomor 4 dengan tegangan terbaca untuk mensuplai beban rata-rata sebesar 210 volt untuk sumber tegangan yang di suplai sebesar 200 volt, lalu pada tegangan sumber bernilai sebesar 210 volt terdapat pada

saat beban bernilai 50 watt dengan tap rele nomor 4 dengan tegangan yang terbaca pada beban bernilai rata-rata 216,24 volt. Pada pengujian 2 data tegangan di atas tegangan 220 volt yaitu pada tegangan 230 volt dan 240 volt di dapat data tegangan keluar pada saat pembebanan maksimal bernilai rata-rata 214 volt namun saat input tegangan 230 volt dilakukan pengujian maksimal terjadi penurunan tegangan di bawah toleransi dengan tap paling maksimal mengalir tegangan output transformator sehingga arduino memerintahkan rele mati dan tidak mensuplai tegangan lagi, dengan kata lain pada seluruh tap rele bekerja di setiap penambahan beban dengan tegangan output yang di hasilkan masih di dalam batas regulasi 5% untuk sumber 230 volt kecuali pada beban 100 watt dan keseluruhan pembebanan pada saat tegangan input 240 volt. Pada tegangan sumber bernilai 220 volt dengan melakukan pembebanan maksimal dengan beban 100 watt dan 75 watt rele tidak akan mengalir tegangan dikarenakan tegangan yang terbaca di sensor sudah di bawah nilai toleransi dengan tap rele nomor maksimal yaitu nomor 4 dengan tegangan keluaran transformator sebesar 240 volt, lalu pada saat sumber 220 volt alat pengontrol tegangan mampu menstabilkan tegangan keluaran pada saat pembebanan sebesar 50 watt dengan keluaran tegangan yang di baca rata-rata 211 volt.

## PRAKATA

Puji syukur kehadirat Allah SWT yang maha kuasa atas segalanya, karena dengan ridho, hidayah dan petunjukNya, penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Rancang Bangun Sistem Pengontrol Tegangan Transformator 1 Fasa 50 VA Berbasis Mikrokontroler Arduino Uno”. 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. Allah SWT yang telah melimpahkan rezeki, rahmat, hidayah dan karunia serta kasih sayang-Nya sehingga penulis mampu menyelesaikan skripsi ini.
2. Nabi besar Muhammad SAW, yang telah menjadi suri tauladan bagi seluruh umat.
3. Ibu Dr. Ir. Entin Hidayah, M.U.M., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Jember.
4. Bapak Dr. Bambang Sri Kaloko, S.T., M.T., selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Universitas Jember.
5. Bapak R.B.M. Gozali, S.T., M.T selaku Dosen Pembimbing Utama serta Supriyadi Prasetyono, ST., MT selaku Dosen Pembimbing Anggota yang telah meluangkan waktu, pikiran, dan perhatian dalam penulisan skripsi ini.
6. Bapak Dr. Triwahju Hardianto, S.T., M.T. dan Bapak Abdur Rohman, S.T., M.AGr, Phd. selaku dosen penguji yang sudah memberikan saran untuk memperbaiki tugas akhir ini.
7. Bapak Widya Cahyadi, S.T., M.T dan Mohammad Agung Prawira Negara, S.T., M.T selaku Dosen Pembimbing Akademik yang telah membimbing penulis selama menjadi mahasiswa.

8. Ibunda Yuli Sri Andawiyati dan Bapak Djony Tri Andoko yang selalu memberikan motivasi, nasehat, cinta, perhatian, dan kasih sayang serta doa yang tak terhingga.
9. Sahabat tercinta “Reng Sogih” dan “Kampaters” yang telah menemani dan memberikan motivasi serta semangat yang sangat luar biasa.
10. Bapak Krisna Wahyu Firmansyah dan Bapak Fauzie yang telah meminjamkan peralatan dan akses wifi yang tak terbatas demi lancarnya tugas ini.
11. Dulur seperjuangan Keluarga Teknik Elektro Unej 2014 yang telah memberikan motivasi dan semangat dalam perjalanan di bangku kuliah.
12. Seseorang yang telah menemani di saat suka maupun duka.
13. semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

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, 3 Januari 2019

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
<b>HALAMAN JUDUL .....</b>	<b>i</b>
<b>HALAMAN PERSEMBAHAN .....</b>	<b>ii</b>
<b>HALAMAN MOTTO .....</b>	<b>iii</b>
<b>HALAMAN PERNYATAAN.....</b>	<b>iv</b>
<b>HALAMAN PEMBIMBING .....</b>	<b>v</b>
<b>HALAMAN PENGESAHAN.....</b>	<b>vi</b>
<b>RINGKASAN .....</b>	<b>vii</b>
<b>PRAKATA .....</b>	<b>x</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>xii</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>xiv</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>xvi</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN .....</b>	<b>xviii</b>
<b>BAB 1. PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
<b>1.1 Latar Belakang .....</b>	<b>1</b>
<b>1.2 Rumusan Masalah .....</b>	<b>2</b>
<b>1.3 Tujuan Penelitian .....</b>	<b>2</b>
<b>1.4 Manfaat Penelitian .....</b>	<b>3</b>
<b>1.5 Batasan Masalah.....</b>	<b>3</b>
<b>BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA.....</b>	<b>4</b>
<b>2.1 Penstabil Tegangan .....</b>	<b>4</b>
<b>2.2 Hukum Faraday .....</b>	<b>6</b>
<b>2.3 Transformator 1 Fasa .....</b>	<b>8</b>
<b>2.4 Transformator Berbeban.....</b>	<b>10</b>
<b>2.5 Rele .....</b>	<b>11</b>
2.5.1 Rele 8 Channel .....	13
<b>2.6 Mikrokontroler Arduino .....</b>	<b>14</b>
2.6.1 Arduino Uno (USB) .....	15



<b>BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN .....</b>	<b>17</b>
<b>3.1 Tempat Penelitian .....</b>	<b>17</b>
<b>3.2 Diagram Alur Penelitian .....</b>	<b>18</b>
<b>3.3 Logika Sistem Perancangan pada Sistem Tap .....</b>	<b>20</b>
<b>3.4 Desain Transformator .....</b>	<b>21</b>
3.4.1 Karakteristik Kawat .....	28
3.4.2 Relay .....	28
3.4.3 Sensor Tegangan AC .....	28
3.4.4 Perencanaan Beban .....	28
<b>3.5 Perancangan Sistem.....</b>	<b>29</b>
3.5.1 Alat dan Bahan.....	29
<b>3.6 Desain Pengontrol Tegangan 1 Fasa .....</b>	<b>30</b>
<b>3.7 Perancangan Sistem Minimum.....</b>	<b>30</b>
<b>BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>32</b>
<b>4.1 Perancangan Transformator .....</b>	<b>33</b>
<b>4.2 Perakitan Alat Pengontrol Tegangan .....</b>	<b>34</b>
<b>4.3 Kalibrasi Sensor Tegangan 1 Fasa Tanpa Beban.....</b>	<b>37</b>
<b>4.4 Pengujian Alat Pengontrol Tegangan.....</b>	<b>39</b>
4.4.1 Pengujian Variasi Tegangan Input Tanpa Beban.....	41
4.4.2 Pengujian Tegangan <i>Input</i> Konstan dengan Kondisi Tegangan Beban Bervariasi. ....	44
4.4.3 Pengujian Tegangan <i>Input</i> Variasi ( <i>Drop</i> Tegangan Dan <i>Over Voltage</i> ) dengan Kondisi Pembebanan Bervariasi.....	50
<b>4.5 Efisiensi Alat Pengontrol Tegangan .....</b>	<b>64</b>
<b>4.6 Prosedur Penggunaan Alat Pengatur Tegangan.....</b>	<b>65</b>
<b>BAB 5. PENUTUP.....</b>	<b>67</b>
<b>5.1 Kesimpulan .....</b>	<b>67</b>
<b>5.2 Saran .....</b>	<b>67</b>



**DAFTAR TABEL**

	Halaman
2.1 Deskripsi Arduino Uno .....	15
3.1 Hasil perhitungan nilai-nilai yang mendasari desain transformator .....	26
3.2 Hasil perhitungan lilitan pada sisi primer dan sekunder trafo .....	26
3.3 Data nilai – nilai kawat email .....	28
3.4 Nilai pembebanan pada alat .....	30
4.1 Data Data kalibrasi pembacaan sensor tegangan AC 1 fasa pada transformator.....	38
4.2 Hasil pengujian arus dengan tegangan input 200 volt alat pengontrol tegangan berbeban. ....	39
4.3 Hasil pengujian arus dengan tegangan input 210 volt alat pengontrol tegangan berbeban .....	40
4.4 Hasil pengujian arus dengan tegangan input 220 volt alat pengontrol tegangan berbeban .....	40
4.5 Hasil pengujian arus dengan tegangan input 230 volt alat pengontrol tegangan berbeban .....	40
4.6 Hasil pengujian arus dengan tegangan input 240 volt alat pengontrol tegangan berbeban .....	41
4.7 Data hasil perubahan tap dengan pengujian tegangan <i>input</i> konstan dan variasi beban .....	42
4.8 Data error persen tegangan output dan nilai tegangan tap rele .....	43
4.9 Data hasil perubahan tap dengan pengujian tegangan <i>input</i> konstan 220 volt dan variasi beban versi 1.....	45
4.10 Data hasil perubahan tap dengan pengujian tegangan <i>input</i> konstan 220 volt dan variasi beban versi 2.....	45
4.11 Data hasil perubahan tap dengan pengujian tegangan <i>input</i> konstan 220 volt dan variasi beban versi 3.....	45
4.12 Data error persen tegangan output dan nilai tegangan tap rele pada tegangan konstan 220 volt versi 1.....	48

4.13 Data error persen tegangan output dan nilai tegangan tap rele pada tegangan konstan 220 volt versi 2.....	49
4.14 Data error persen tegangan output dan nilai tegangan tap rele pada tegangan konstan 220 volt versi 3.....	49
4.15 Data hasil pengujian tegangan input 200 volt dengan pembebanan .....	51
4.16 Data error persen tegangan output dan nilai tegangan tap rele saat tegangan input 200 volt.....	53
4.17 Data hasil pengujian tegangan input 210 volt dengan pembebanan versi 1.....	54
4.18 Data hasil pengujian tegangan input 210 volt dengan pembebanan versi 2.....	54
4.19 Data error persen tegangan output dan nilai tegangan tap rele saat tegangan input 210 volt versi 1 .....	56
4.20 Data error persen tegangan output dan nilai tegangan tap rele saat tegangan input 210 volt versi 2 .....	56
4.21 Data hasil pengujian tegangan input 230 volt dengan pembebanan .....	57
4.22 Data error persen tegangan output dan nilai tegangan tap rele saat tegangan input 230 volt.....	59
4.23 Data hasil pengujian tegangan input 240 volt dengan pembebanan versi 1.....	60
4.24 Data hasil pengujian tegangan input 240 volt dengan pembebanan versi 2.....	61
4.25 Data error persen tegangan output dan nilai tegangan tap rele saat tegangan input 240 volt versi 1 .....	63
4.26 Data error persen tegangan output dan nilai tegangan tap rele saat tegangan input 240 volt versi 2 .....	63
4.27 Data efisiensi alat pengontrol tegangan pada saat 12 kali perulangan....	64

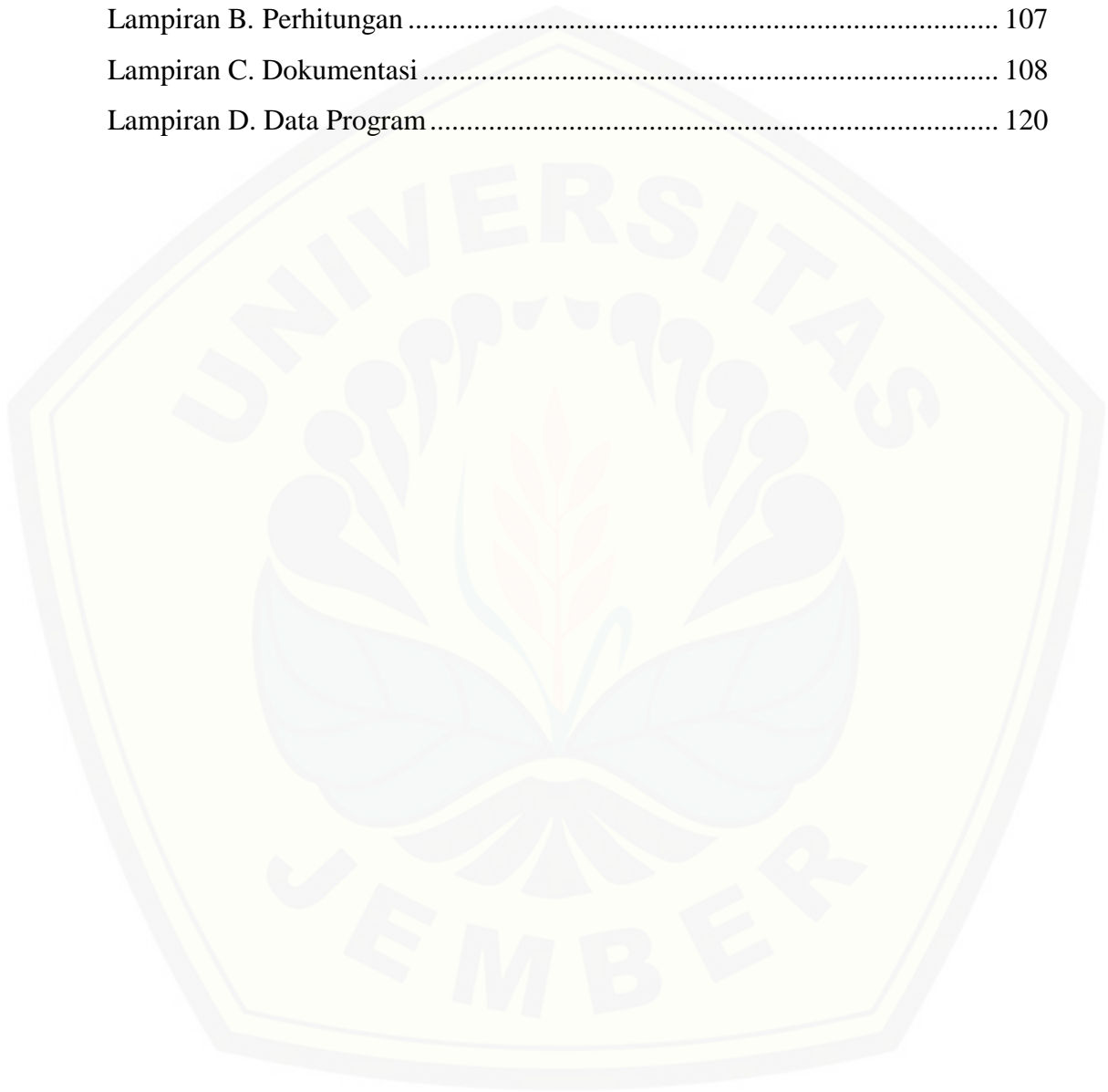
**DAFTAR GAMBAR**

	Halaman
2.1 Skema trafo tap .....	5
2.2 Rangkaian Magnetisasi Transformator.....	8
2.3 Diagram vektor tegangan dan arus.....	9
2.4 Transformator Berbeban .....	10
2.5 <i>Relay</i> .....	12
2.6 <i>Wiring 8 Channel Optocoupler Relay</i> .....	13
2.7 Papan Arduino tipe USB.....	16
3.1 Flowchart Penelitian Rancang Bangun Pengontrol Tegangan dengan Arduino .....	18
3.2 <i>Flowchart</i> Kontrol Alat.....	19
3.3 Diagram Kerja Alat .....	19
3.4 Diagram Logika Sistem .....	20
3.5 Diagram Beban pada Pengontrol Rele.....	21
3.6 Koker Transformator.....	27
3.7 Desain Transformator .....	27
3.8 Desain Alat Pengontrol Tegangan .....	30
4.1 Desain alat pengontrol tegangan transformator 1 fasa 50 watt.....	34
4.2 Transformator.....	35
4.3 Modul Rele 8 <i>Channel</i> .....	35
4.4 Arduino Uno .....	36
4.5 Sensor tegangan AC.....	36
4.6 Alat Pengontrol Tegangan .....	37
4.7 Sensor tegangan AC 1 fasa ZMPT101B .....	35
4.8 Grafik data error persen tegangan input variasi .....	44
4.9 Grafik perbandingan 6 data berbeda pada 12 kali perulangan 220 volt terhadap beban dan tegangan output.....	47
4.10 Grafik data error persen tegangan input 220 volt .....	50

4.11 Grafik perbandingan 6 data berbeda pada 12 kali perulangan 200 volt terhadap beban dan tegangan output .....	52
4.12 Grafik data error persen tegangan input 200 volt .....	53
4.13 Grafik perbandingan 6 data berbeda pada 12 kali perulangan 210 volt terhadap beban dan tegangan output .....	55
4.14 Grafik data error persen tegangan input 210 volt .....	57
4.15 Grafik perbandingan 6 data berbeda pada 12 kali perulangan 230 volt terhadap beban dan tegangan output .....	58
4.16 Grafik data error persen tegangan input 230 volt .....	60
4.17 Grafik perbandingan 6 data berbeda pada 12 kali perulangan 240 volt terhadap beban dan tegangan output .....	62
4.18 Grafik data error persen tegangan input 240 volt .....	64

**DAFTAR LAMPIRAN**

	Halaman
Lampiran A. Data Perulangan.....	70
Lampiran B. Perhitungan .....	107
Lampiran C. Dokumentasi .....	108
Lampiran D. Data Program.....	120



## BAB 1. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Dengan peningkatan penyediaan kebutuhan listrik yang pesat, sebaiknya diimbangi dengan kualitas listrik itu sendiri. PT PLN (persero) sebagai Perusahaan Listrik Negara yang menyuplai energi listrik berusaha untuk menyediakan energi listrik kepada masyarakat dengan kualitas yang baik yaitu dengan mutu energi listrik yang handal. Sehingga penyaluran energi listrik kepada konsumen akan berjalan dengan baik sesuai dengan yang diharapkan.

Dari sisi industri sistem kelistrikan yang handal dan mutu baik dapat meperkecil rugi rugi daya yang didapat pada industri tersebut sehingga dapat menghasilkan produksi yang maksimal serta estimasi biaya produksi yang murah.

Secara garis besar sistem ketenagalistrikan di Indonesia ini dibagi menjadi 4 bagian yakni pusat pembangkitan, saluran transmisi, saluran distribusi dan beban. Pada pusat pembangkitan, setelah energi listrik dibangkitkan oleh generator, maka tegangannya dinaikan terlebih dahulu dengan trafo *step up* pada gardu induk sebelum dikirim melalui saluran transmisi yang umumnya memiliki level tegangan 70 kV, 150 kV dan 500 kV. Setelah itu, sesaat sebelum energi listrik masuk kedalam saluran distribusi, tegangannya diturunkan kembali dengan trafo *step down* menjadi 20 kV. Tegangan 20 kV ini merupakan level tegangan distribusi primer yang kemudian akan diturunkan kembali menjadi 220/380V sebelum digunakan oleh konsumen rumah tangga pada jaringan distribusi sekunder. (Restu Dwi Cahyanto. 2007)

Pada distribusi sekunder ini merupakan suatu pendistribusian yang paling akhir dengan sistem kelistrikan yang tersebar dan tak asing di konsumen dimana alat-alat elektronik ataupun alat bantu kerja di dalam kebutuhan manusia menggunakann jaringan listrik distribusi sekunder, akan tetapi bisa dibayangkan bahwa pada konsumen yang terletak jauh dari *feeder* tentu merasa paling menderita karena seringkali tegangan yang sampai sudah diluar batasan kualitas yang ditetapkan PLN (-10% dan +5% untuk jaringan distribusi). (Viawan, F.A.,



"Voltage Control and Voltage Stability of Power Distribution Systems in the Presence of Distributed Generation," Chalmers University of Technology, 2008)

Seiring dengan kemajuan teknologi, ada beberapa cara untuk memperbaiki regulasi tegangan itu. Salah satunya dengan sistem otomatis pemindah tap rele dengan otomatis berbasis arduino sehingga alat ini dapat di pergunakan dengan mudah di perumahan yang memiliki masalah sering terjadinya *drop* tegangan maupun *over voltage* dan digunakan komponen dalam tapping yaitu relay yang dapat menahan tegangan AC hingga 240 volt serta pada relay dapat menerima output tegangan secara bersamaan sehingga sistem kontrol arduino hanya memilih output tegangan pada relay mana yang akan di sambungkan pada beban.

Pada karya ilmiah sebelumnya terdapat alat yang merupakan kontrol tegangan dengan menggunakan thyristor sebagai pemotong gelombang sinus secara otomatis dengan memanfaatkan adanya saturasi tegangan yang terjadi. Terdapat satu hal yang belum dilakukan pada karya ilmiah tersebut apabila beban yang di suplai oleh penstabil tegangan ini terjadi saturasi pada beban, tentunya naik turunnya beban juga merupakan indeks terjadinya penurunan tegangan pada sistem jaringan energi listrik, maka untuk alat ini hanya mampu menyetabilkan tegangan secara searah (input). Penambahan yang saya lakukan disini merupakan penstabilan tegangan dari dua arah yaitu melalui input dan output sistem kelistrikan dengan otomatis menggunakan *microcontroller* arduino dan relay.

## 1.2 Perumusan Masalah

- a. Bagaimana cara mendesain rangkaian untuk pengontrol tegangan transformator 1 fasa 50 VA dengan menggunakan Arduino ?
- b. Bagaimana penerapan pemograman arduino pada output transformator dengan menggunakan *relay* ?
- c. Bagaimana penilaian *performance* atau tingkat keberhasilan dari alat yang akan dibuat ?

## 1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan daripada penelitian yang dilakukan ialah sebagai berikut :

- Penggunaan rele, sensor tegangan AC, dan mikroprosesor arduino uno sebagai sistem pengontrol otomatis yang saling terhubung.
- Menerapkan program yang mengatur batas-batas toleransi yang diperbolehkan pada alat pengontrol tegangan pada arduino uno.
- Menghasilkan tegangan yang stabil.

#### 1.4 Manfaat Penelitian

- Memiliki peralatan untuk digunakan penstabil tegangan, yang mana digunakan untuk konsumen.
- Memudahkan pengaturan dari rele yang digunakan untuk *switch* trafo pada saat terdapat turun dan naik tegangan serta terdapat juga beban yang menyebabkan adanya *drop* tegangan dengan kontrol arduino.
- Memudahkan masyarakat yang tidak berlatar-belakang teknik untuk dapat untuk dapat menggunakannya secara aman (*manual book*).

#### 1.5 Batasan Masalah

Pada skripsi ini, permasalahan yang akan dibahas dibatasi sebagai berikut :

1. Penggunaan tegangan hanya pada tegangan rendah yang sebesar 220 volt dengan pengaturan tegangan drop dan over.
2. Tegangan output yang dihasilkan pada trafo bernilai 200v, 210v, 220v, 230v, dan 240v.
3. Beban untuk suatu alat hanya menggunakan lampu.
4. Variasi beban digunakan setelah tegangan pada sisi primer lilitan telah diproses sehingga di dapat nilai pada tegangan beban mendekati atau bernilai 220 volt, barulah dilakukan penambahan beban.
5. Penggunaan alat hanya membuktikan berfungsinya tap sesuai dengan pengaturan kontrol pemograman arduino uno.
6. Efek gelombang transient dilihat dengan menggunakan beban.
7. Menggunakan toleransi tegangan  $\pm 5\%$  dari nilai 220 volt atau batas bawah tegangan sebesar 208 volt dan batas atas tegangan sebesar 231 volt.

## BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini akan di paparkan dalam tinjauan di bawah ini ialah suatu materi dan bahan yang memberikan dasar suatu ilmu itu di ambil sehingga nantinya memudahkan untuk menganalisa serta memperoleh nilai yang diinginkan dengan proses yang benar.

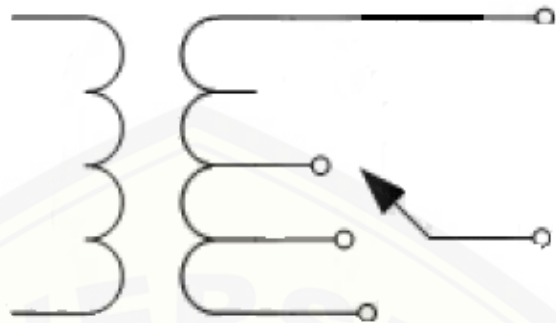
### 2.1 Penstabil Tegangan

Dalam hal penstabilan tegangan dapat dilakukan dengan cara menggunakan perubahan tap. Dengan menggunakan trafo pengubah tap kita dapat mengatur rasio daripada lilitan primer dan sekunder di trafo. Dengan demikian kita dapat mengatur tegangan keluaran trafo.

Trafo pengubah tap dapat digunakan di gardu induk maupun pada gardu distribusi tergantung dari perbaikan tegangan yang diinginkan. Proses perubahan tap trafo itu sendiri ada dua jenis, yaitu perubahan tap positif dan negatif. Biasanya nilai perubahan tap trafo menggunakan ukuran persen (%) dan nilainya bervariasi antara  $\pm 10\%$  sampai  $\pm 15\%$  tergantung dari trafo yang digunakan. Perubahan tap positif akan meningkatkan jumlah lilitan di sisi sekunder, sedangkan tap negatif sebaliknya akan mengurangi jumlah lilitan di sisi sekunder. Trafo pengubah tap biasanya telah memiliki ukuran tap sendiri tergantung dari pabrik yang memproduksinya. Sehingga pengaturan tegangan dengan menggunakan trafo pengubah tap sifatnya terbatas dan tergantung dari jenis trafo pengubah tap yang digunakan. Semakin banyak level perubahan tap yang dimiliki oleh suatu trafo semakin baik pula proses pengaturan tegangan yang dapat dilakukan.

Trafo pengubah tap itu sendiri ada dua macam yaitu *off-load tap changing transformer* dan *under-load tap changing transformer* (ULTC). Trafo dengan ULTC dapat digunakan secara bervariasi setiap hari, setiap jam, bahkan setiap menit tergantung kondisi sistem tanpa harus menimbulkan interupsi terhadap suplai daya listrik.

Gambar 2.1 merupakan skema trafo pengubah tap, dimana pengubah tap trafo berada pada sisi sekunder.



Gambar 2.1 Skema trafo tap

Tap trafo itu sendiri dapat dilakukan secara manual maupun otomatis. Perubahan tap trafo secara manual dianggap kurang efisien sebab masih membutuhkan faktor manusia yang harus mengubah posisi tap trafo setiap terjadi penurunan nilai tegangan yang cukup signifikan. Pengaturan tap trafo secara otomatis dilakukan dengan menggunakan pengatur tegangan otomatis, yang akan mengubah posisi tap trafo saat nilai tegangan keluaran trafo mengalami penurunan. Berikut adalah diagram sistem pengendali pada *on-load tap-changing transformer* dengan *line drop compensation* (LDC).

Perubahan tegangan yang terdeteksi akan diumpan balik ke pengatur tegangan otomatis yang kemudian akan memerintahkan motor listrik pengubah tap trafo untuk memindahkan posisi tap trafo ke posisi yang sesuai agar tegangan keluaran trafo kembali konstan. Pengatur tegangan otomatis itu sendiri harus dijaga agar tidak terlalu peka terhadap perubahan tegangan yang terjadi.

Hal ini dapat dilakukan dengan mengatur rangkaian umpan baliknya, sehingga trafo pengubah tap tidak sering bekerja tetapi cukup menjaga tersedianya tegangan yang baik.

Misalkan kita akan melakukan perubahan tap pada trafo penurunan tegangan (*step down*), dengan mengubah-ubah ukuran tap di sisi sekunder trafo. Jika diinginkan peningkatan tegangan pada bagian sekunder trafo, maka harus dilakukan perubahan tap yang akan menambah jumlah lilitan di sisi sekunder trafo (tap positif). Sehingga nilai tegangan di sisi sekunder akan mengalami

peningkatan. Sedangkan untuk kondisi sebaliknya dapat dilakukan dengan cara melakukan perubahan tap yang akan mengurangi jumlah lilitan di sisi sekunder trafo (tap negatif). Dengan demikian nilai tegangan di sisi sekunder akan mengalami penurunan. (Restu Dwi Cahyanto. 2007)

## 2.2 Hukum Faraday

Dengan adanya hukum faraday yang menjelaskan tentang adanya arus listrik dalam induksi elektromagnetik serta menjelaskan terjadinya ggl induksi itu.

Hukum induksi Faraday dilambangkan dengan fluks magnetik  $\Phi_B$  melalui permukaan hipotesis  $\Sigma$  dengan pembatasnya adalah loop kawat. Karena loop kawat dapat bergerak, maka dituliskan sebagai  $\Sigma(t)$ . Fluks magnetik didefinisikan dengan integral permukaan:

$$\Phi_B = \iint_{\Sigma(t)} B(r, t) \cdot dA \quad (1)$$

Keterangan :

$\Phi$  = flux magnetik (weber)

B = Kuat medan magnetic ( $wb/m^2$ )

A = Luas penampang ( $m^2$ )

dengan  $dA$  adalah elemen luas permukaan dari permukaan bergerak  $\Sigma(t)$ , B adalah medan magnetik, dan  $B \cdot dA$  adalah perkalian vektor dot. Fluks magnetik melalui loop kawat berbanding lurus dengan garis medan magnet yang lewat melalui loop.

Ketika fluks berubah karena B berubah, maka Hukum Faraday mengatakan bahwa loop kawat akan mendapat gaya gerak listrik, didefinisikan sebagai energi yang ada dari muatan yang telah mengelilingi loop kawat

Hukum Faraday juga menyatakan bahwa gaya gerak listrik sama dengan perubahan fluks magnetik tiap waktu adalah gaya gerak listrik (EMF) dan  $\Phi_B$  adalah fluks magnetik. Arah gaya gerak listrik dituliskan dalam Hukum Lenz's. Untuk kawat yang terdiri dari N lilitan yang identik, Hukum Faraday menyatakan



bahwa dengan  $N$  adalah jumlah lilitan kawat dan  $\Phi$  adalah fluks magnet pada loop tunggal.

Konsep gaya gerak listrik pertama kali dikemukakan oleh Michael Faraday, yang melakukan penelitian untuk menentukan faktor yang memengaruhi besarnya ggl yang diinduksi. Dia menemukan bahwa induksi sangat bergantung pada waktu, yaitu semakin cepat terjadinya perubahan medan magnetik, ggl yang diinduksi semakin besar. Di sisi lain, ggl tidak sebanding dengan laju perubahan medan magnetik  $B$ , tetapi sebanding dengan laju perubahan fluks magnetik,  $\Phi$ , yang bergerak melintasi loop seluas  $A$ , yang secara matematis fluks magnetik tersebut dinyatakan sebagai berikut:

$$\Phi = B \cdot A \cos \theta \quad (2)$$

Keterangan :

$\Phi$  = *flux* magnetik (weber)

$B$  = Kuat medan magnetic ( $wb/m^2$ )

$A$  = Luas penampang ( $m^2$ )

$\theta$  = sudut antara induksi magnet dengan bidang

Dengan  $B$  sama dengan kerapatan fluks magnetik, yaitu banyaknya fluks garis gaya magnetik per satuan luas penampang yang ditembus garis gaya fluks magnetik tegak lurus, dan  $\theta$  adalah sudut antara  $B$  dengan garis yang tegak lurus permukaan kumparan. Jika permukaan kumparan tegak lurus  $B$ ,  $\theta = 90^\circ$ , tetapi jika  $B$  sejajar terhadap kumparan,  $\theta = 0^\circ$ , sehingga:

$$\Phi = B \cdot A \quad (3)$$

Keterangan :

$\Phi$  = *flux* magnetik (weber)

$B$  = Kuat medan magnetic ( $wb/m^2$ )

$A$  = Luas penampang ( $m^2$ )

Dari definisi fluks tersebut, dapat dinyatakan bahwa jika fluks yang melalui loop kawat penghantar dengan  $N$



lilitan berubah sebesar  $\Delta\Phi$  dalam waktu  $\Delta t$ , maka besarnya ggl induksi adalah:

$$\varepsilon = -N \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} \quad (4)$$

Keterangan :

$\varepsilon$  = ggl induksi (volt)

N = Jumlah lilitan kumparan

$\Delta\Phi$  = Perubahan *flux* magnetik (weber)

$\Delta t$  = Selang waktu (s)

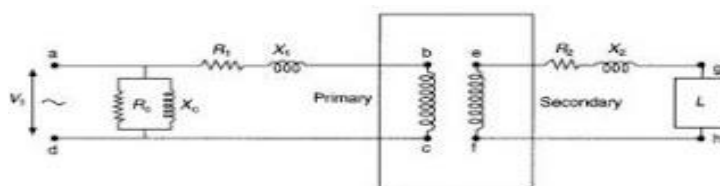
Yang dikenal dengan Hukum Induksi Faraday, yang berbunyi: “gaya gerak listrik (ggl) induksi yang timbul antara ujung-ujung suatu loop penghantar berbanding lurus dengan laju perubahan fluks magnetik yang dilingkupi oleh loop penghantar tersebut”. Tanda negatif pada persamaan menunjukkan arah ggl induksi.

### 2.3 Transformator 1 Fasa

Pada transformator 1 fasa ini dapat didefinisikan yaitu sebuah belitan tanpa kombinasi atau dapat di sebut belitan sederhana dengan menggunakan lilitan primer ( $N_p$ ) dan lilitan sekunder ( $N_s$ ) yang di lilitkan pada suatu inti sehingga nantinya akan dapat bekerja.

#### 1. Rangkaian Magnetisasi Transformator

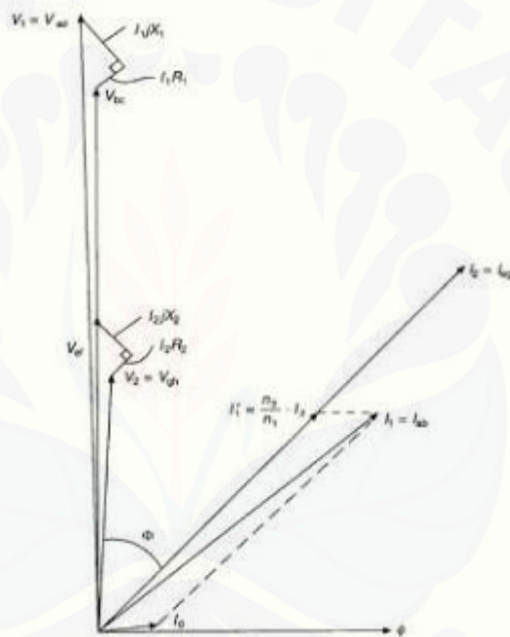
Pada keadaan tanpa beban, mengalir arus kecil  $I_0$  untuk mensuplai *magnetomotive force* yang menimbulkan flux magnet disekitar inti magnetik, arus ini tertinggal (lagging) terhadap tegangan primer. Arus ini dibatasi oleh resistansi efektif ( $R_c$ ) dan reaktansi ( $X_c$ ) yang disebut rangkaian magnetisasi. Besar arus ini sekitar 2-5 % dari arus beban penuh (*full load*) dengan *power factor* 0.1-0.2.



Gambar 2.2 Rangkaian Magnetisasi Trasnformator.(Mulyadi, 2012)

Ketika transformator dibebani, terjadi tegangan jatuh karena resistansi belitan primer dan sekunder. Tegangan jatuh ini sefasa dengan tegangan pada belitan dan tegangan jatuh karena reaktansi ( $X_1$  dan  $X_2$ ) tertinggal. Penurunan tegangan output ketika transformator berbeban dikenal sebagai regulasi. Tegangan jatuh karena komponen resistif lebih kecil daripada tegangan jatuh yang disebabkan oleh komponen reaktif. Sehingga impedansi dominan dari transformator adalah reaktansi.

Diagram vektor tegangan dan arus rangkaian ekuivalen transformator diatas ketika berbeban dengan sudut daya  $\theta$  adalah sebagai berikut.



Gambar 2.3 Diagram vektor tegangan dan arus. (Restu Dwi C., 2007)

Hubungan antara tegangan primer, jumlah lilitan primer, tegangan sekunder, dan jumlah lilitan sekunder, dapat dinyatakan dalam persamaan:

$$\frac{V_p}{V_s} = \frac{N_p}{N_s} \quad (5)$$

Dimana:

$V_p$  = tegangan primer (volt)

$V_s$  = tegangan sekunder (volt)

$N_p$  = jumlah lilitan primer

$N_s$  = jumlah lilitan sekunder

Prinsip kerja trafo 1 fasa adalah terdiri atas dua buah kumparan yang bersifat induktif. Kedua kumparan ini terpisah secara elektrik namun berhubungan secara magnetis melalui jalur yang memiliki reluktansi rendah. 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 dan terjadi pula induksi di kumparan sekunder karena pengaruh induksi dari kumparan primer atau disebut sebagai induksi bersama yang menyebabkan timbulnya fluks magnet di kumparan sekunder. Maka mengalirlah arus sekunder jika rangkaian sekunder dibebani, sehingga energi listrik dapat ditransfer keseluruhan.

Untuk mencari ggl yang dibangkitkan maka persamaan yang digunakan:

$$E_1 = E_p = 4,44. f. N_p. \Phi. 10^{-8} \quad (6)$$

$$E_2 = E_s = 4,44. f. N_s. \Phi. 10^{-8} \quad (7)$$

Keterangan :

E = ggl yang dibangkitkan (volt)

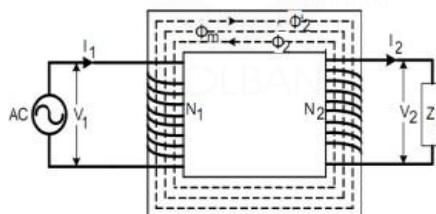
f = frekuensi (Hz)

$\Phi$  = flux magnetik (weber)

N = Jumlah lilitan

## 2.4 Transformator Berbeban

Apabila transformator diberi beban maka pada sisi sekunder terdapat arus ( $I_2$ ) yang mengalir.  $I_2$  yang mengalir akan menyebabkan adanya perubahan pada arus yang mengalir di sisi primer.



Gambar 2.4 Transformator Berbeban.(Restu Dwi C., 2007)

Transformator dikatakan berbeban apabila kumparan primer ( $N_1$ ) dihubungkan dengan sumber tegangan bolak-balik dan kumparan sekunder ( $N_2$ ) dihubungkan dengan beban ( $Z_L$ ), seperti terlihat pada gambar di atas. Arus  $I_1$  ini akan menimbulkan gaya magnet di sekunder sebesar  $N_2 I_2$  yang cenderung menentang terhadap fluks magnet bersama  $N_1 I_m$  yang telah ada akibat arus magnetisasi. Agar fluks magnet bersama tidak berubah nilainya maka pada kumparan primer harus mengalir arus sebesar  $I_2'$ . Sehingga arus yang mengalir pada sisi kumparan primer menjadi :

$$I_1 = I_0 + I_2 \quad (8)$$

Apabila  $I_0$  (rugi besi) diabaikan, maka nilai  $I_0 = I_m$ . Dengan demikian persamaan di atas menjadi :

$$I_1 = I_m + I_2' \quad (9)$$

Untuk menjaga agar fluks bersama yang ada pada inti transformator tetap nilainya, maka berlaku hubungan:

$$\begin{aligned} N_1 I_m &= N_1 I_1 - N_2 I_2 \\ N_1 I_m &= N_1 (I_m + I_2') - N_2 I_2 \\ I_2' &= N_2 I_2 \end{aligned} \quad (10)$$

Karena nilai dari  $I_m$  dianggap kecil, maka  $I_2' = I_1$

$$\text{Sehingga : } \frac{I_1}{I_2} = \frac{N_2}{N_1} \quad (11)$$

Keterangan :

I = arus (ampere)

N = Jumlah lilitan

(Mulyadi, 2012)

## 2.5 Rele

Rele adalah sebuah saklar yang dikendalikan oleh arus. *Relay* memiliki sebuah kumparan tegangan-rendah yang dililitkan pada sebuah inti. Terdapat sebuah armatur besi yang akan tertarik menuju inti apabila arus mengalir melewati kumparan. Armatur ini terpasang pada sebuah tuas berpegas. Ketika

armatur tertarik menuju ini, kontak jalur bersama akan berubah posisinya dari kontak normal-tertutup ke kontak normal-terbuka.

*Relay* dibutuhkan dalam rangkaian elektronika sebagai eksekutor sekaligus interface antara beban dan sistem kendali elektronik yang berbeda sistem power *supply*-nya. Secara fisik antara saklar atau kontaktor dengan elektromagnet *relay* terpisah sehingga antara beban dan sistem kontrol terpisah. Bagian utama *relay* elektro mekanik adalah sebagai berikut. Kumparan elektromagnet Saklar atau kontaktor *Swing Armatur Spring* (Pegas). Tampilan *relay* dapat dilihat pada gambar 2.5.



Gambar 2.5 *Relay*. (PT PLN (Persero). 2014)

*Relay* dapat digunakan untuk mengontrol motor AC dengan rangkaian kontrol DC atau beban lain dengan sumber tegangan yang berbeda antara tegangan rangkaian kontrol dan tegangan beban. Diantara aplikasi *relay* yang dapat ditemui diantaranya adalah : *Relay* sebagai kontrol *ON/OFF* beban dengan sumber tegang berbeda. *Relay* sebagai selektor atau pemilih hubungan. *Relay* sebagai eksekutor rangkaian *delay* (tunda) *Relay* sebagai protektor atau pemutus arus pada kondisi tertentu.

Sifat – sifat *relay* :

- 1) Impedansi kumparan, biasanya impedansi ditentukan oleh tebal kawat yang digunakan serta banyaknya lilitan. Biasanya impedansi berharga 1 – 50 K $\Omega$  Guna memperoleh daya hantar yang baik.
- 2) Daya yang diperlukan untuk mengoperasikan *relay* besarnya sama dengan nilai tegangan dikalikan arus.



*Relay* adalah Saklar (*Switch*) yang dioperasikan secara listrik dan merupakan komponen Electromechanical (Elektromekanikal) yang terdiri dari 2 bagian utama yakni Elektromagnet (*Coil*) dan Mekanikal (seperangkat Kontak Saklar/*Switch*). *Relay* menggunakan Prinsip Elektromagnetik untuk menggerakkan kontak saklar sehingga dengan arus listrik yang kecil (*low power*) dapat menghantarkan listrik yang bertegangan lebih tinggi. Sebagai contoh, dengan *Relay* yang menggunakan Elektromagnet 5V dan 50 mA mampu menggerakkan *Armature Relay* (yang berfungsi sebagai saklarnya) untuk menghantarkan listrik 220V 2A.

Beberapa fungsi *Relay* yang telah umum diaplikasikan kedalam peralatan Elektronika diantaranya adalah :

1. *Relay* digunakan untuk menjalankan Fungsi Logika (*Logic Function*)
2. *Relay* digunakan untuk memberikan Fungsi penundaan waktu (*Time Delay Function*)
3. *Relay* digunakan untuk mengendalikan Sirkuit Tegangan tinggi dengan bantuan dari Signal Tegangan rendah.
4. Ada juga *Relay* yang berfungsi untuk melindungi Motor ataupun komponen lainnya dari kelebihan Tegangan ataupun hubung singkat (*Short*).

#### 2.5.1 Relay 8 Channel

DI-*Relay* 8 adalah modul 8 buah *relay* dalam 1 board, sehingga pengguna lebih hemat dari sisi biaya maupun dari sisi dimensi. DI-*Relay* 8 adalah modul *relay* SPDT (*Single Pole Double Throw*) yang memiliki ketahanan yang baik terhadap arus dan tegangan yang besar.



Gambar 2.6 Wiring 8 Channel Optocoupler Relay



Spesifikasi:

- Menggunakan 8 buah *relay* HKE HRS4H-S-DC5V
- Menggunakan tegangan rendah, 5V, sehingga dapat langsung dihubungkan pada sistem mikrokontroler.
- Tipe *relay* adalah SPDT (*Single Pole Double Throw*): 1 COMMON, 1 NC (*Normally Close*), dan 1 NO (*Normally Open*).
- Memiliki daya tahan sampai dengan 10A.
- Dapat langsung dihubungkan pada DI-Smart AVR System atau DI-Smart 51 System.
- Dilengkapi rangkaian penggerak (*driver*) *relay* dengan level tegangan TTL sehingga dapat langsung dikendalikan oleh mikrokontroler.
- Driver bertipe *active high* atau kumpulan *relay* akan aktif saat pin pengendali diberi logika “1”.
- Driver dilengkapi rangkaian peredam ggl induksi sehingga tidak akan membuat reset sistem mikrokontroler.
- Dilengkapi rangkaian sumber tegangan yang dapat digunakan sebagai tegangan sumber *relay*, sehingga tidak akan mengganggu sumber tegangan dari rangkaian penggeraknya (mikrokontroler).

## 2.6 Mikrokontroler Arduino

Arduino dikatakan sebagai sebuah platform dari physical computing yang bersifat *open source*. Pertama-tama perlu dipahami bahwa kata “*platform*” disini adalah sebuah pilihan kata yang tepat. Arduino tidak hanya sekedar sebuah alat pengembangan, tetapi ia adalah kombinasi dari hardware, bahasa pemrograman dan *Integrated Development Environment* (IDE) yang canggih. IDE adalah sebuah *software* yang sangat berperan untuk menulis program, meng-*compile* menjadi 6 kode biner dan meng-*upload* ke dalam *memory microcontroller*. Ada banyak projek dan alat-alat yang dikembangkan oleh akademisi dan profesional dengan menggunakan Arduino, selain itu juga ada banyak modul-modul pendukung (sensor, tampilan, penggerak dan sebagainya) yang dibuat oleh pihak

lain untuk bisa disambungkan dengan Arduino. Arduino berevolusi menjadi sebuah platform karena ia menjadi pilihan dan acuan bagi banyak praktisi.

Salah satu yang membuat arduino memikat hati banyak orang adalah karena sifatnya *open source*, baik untuk hardware maupun software-nya. Komponen utama didalam papan Arduino adalah sebuah mikrokontroler 8 bit dengan merk Atmega yang dibuat oleh perusahaan Atmel Corporation. Berbagai papan Arduino menggunakan tipe Atmega yang berbeda-beda tergantung dari spesifikasinya, sebagai contoh Arduino Uno menggunakan Atmega328 sedangkan Arduino Mega 2560 yang lebih canggih menggunakan Atmega2560. (Djuandi : 2011, 2)

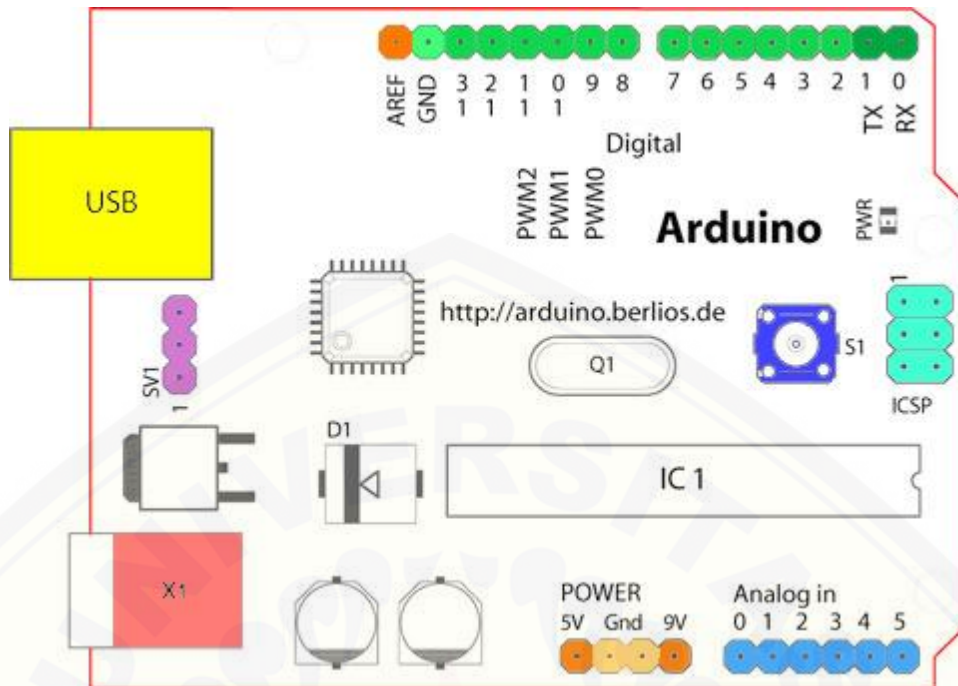
#### 2.6.1 Arduino UNO (USB)

Menggunakan USB sebagai antar muka pemrograman atau komunikasi komputer. Contoh Arduino Uno, Arduino *Duemilanove*, Arduino *Diecimia*, Arduino NG Rev.C, Arduino NG (*Nouva Generazioner*), Arduino *Extreme* dan Arduino *Extream v2*, Arduino USB dan Arduino Usb v2.0. (Minarmi : 2011, 3)

Tabel 2.1 Deskripsi Ardino Uno

<i>Mikrokontroler</i>	Atmega328
Operasi	<i>Voltage 5V</i>
<i>Input Voltage</i>	7-12 V (Rekomendasi)
<i>Input Voltage</i>	6-20 V (limits)
I/O	14 pin (6 pin untuk PWM)
Arus	50 mA
Flash Memory	32KB
Bootloader	SRAM 2 KB
EEPROM	1 KB
Kecepatan	16 Mhz

Dengan mengambil contoh sebuah papan Arduino tipe USB, bagian-bagiannya dapat dijelaskan sebagai berikut.



Gambar 2.7 Papan Arduino tipe USB

### **BAB 3. METODE PENELITIAN**

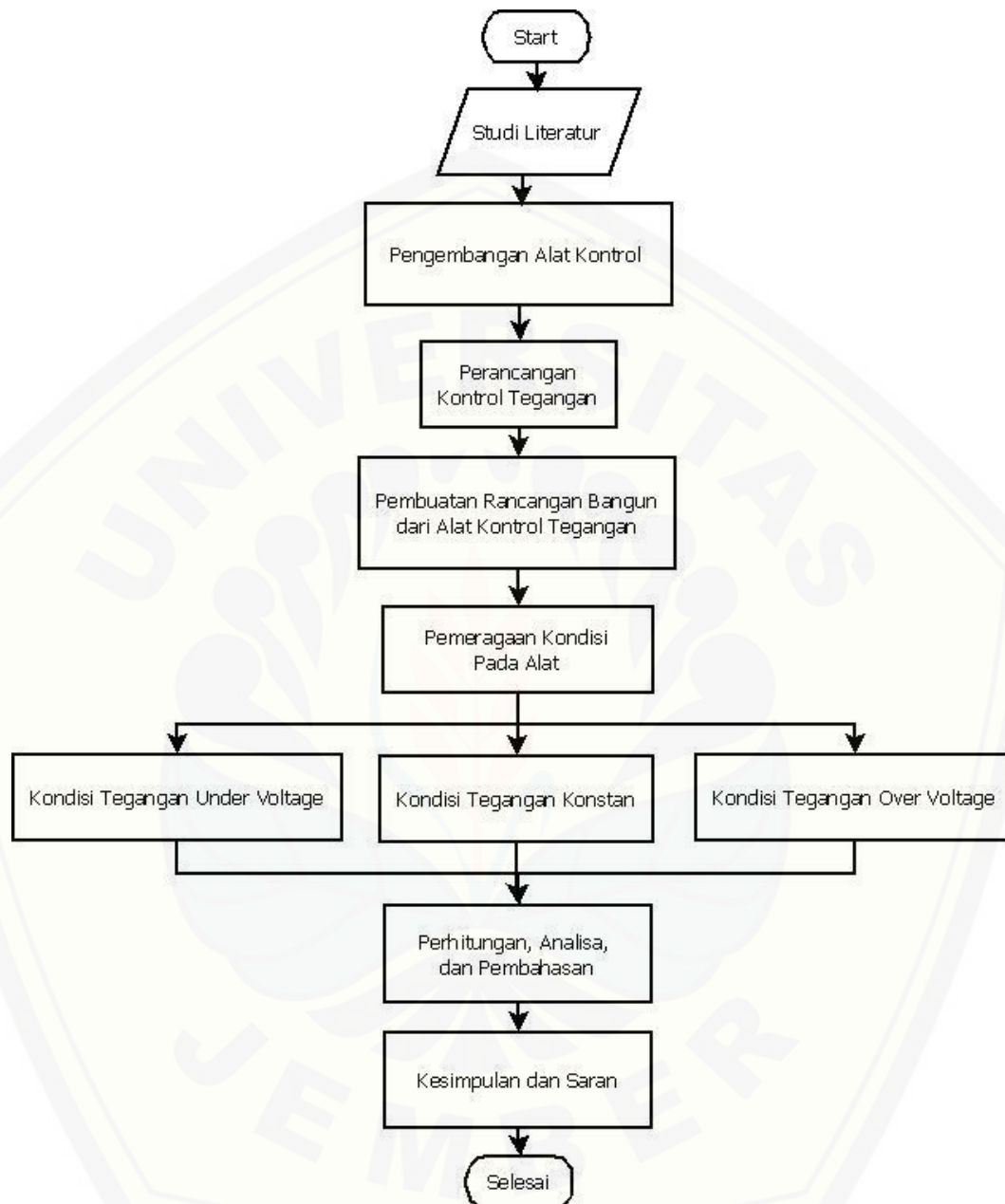
Pada penelitian yang akan dilakukan yaitu untuk memodelkan sebuah alat yang banyak dipergunakan untuk keperluan kelistrikan di berbagai sektor, yaitu sektor industri, sektor distribusi, dan sektor transmisi. Dalam penelitian yang akan dilakukan dalam sebuah rancang bangun pengontrol tegangan akan dijelaskan dengan urutan berikut :

#### **3.1 Tempat Penelitian**

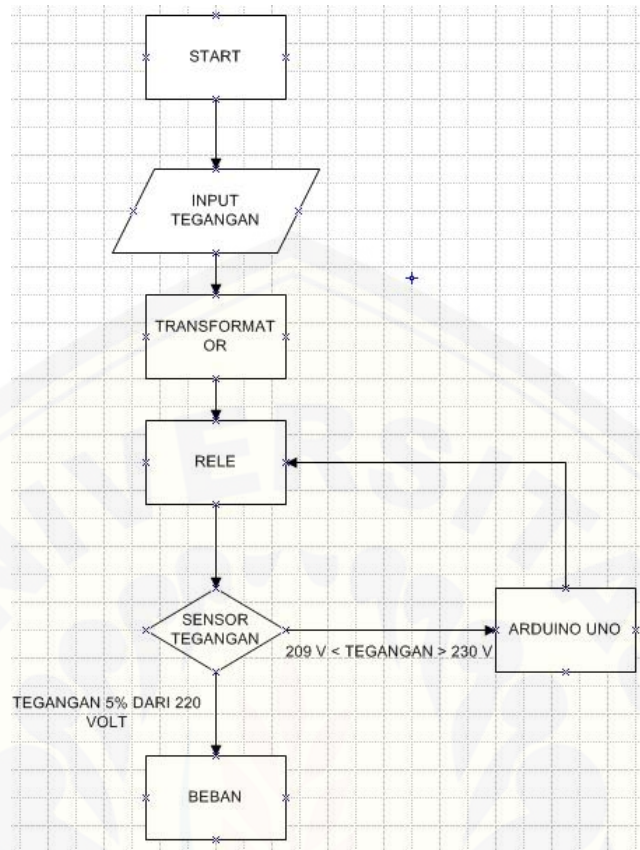
Tempat penelitian yang dijadikan sebagai acuan dalam pengambilan data dan analisis penelitian sebagai berikut :

- a. Laboratorium Konversi Energi Listrik, Jl. Slamet Riyadi nomor 62 Patrang, Jember
- b. Laboratorium Sistem Tenaga, Jl. Slamet Riyadi nomor 62 Patrang, Jember

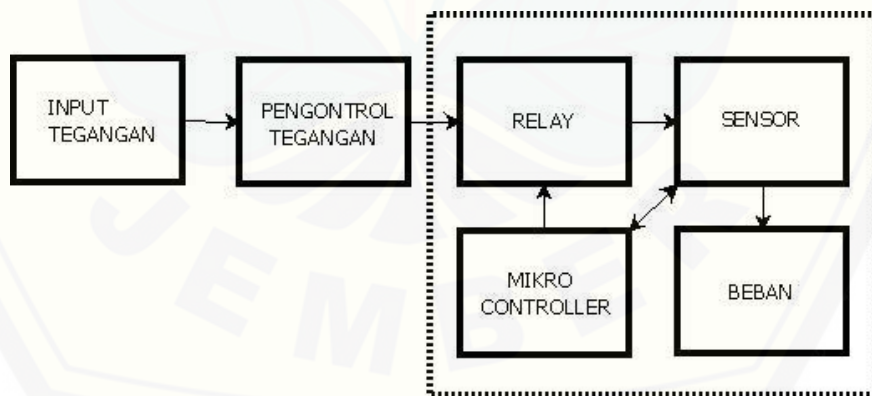
### 3.2 Diagram Alur Penelitian



Gambar 3.1 Flowchart Penelitian Rancang Bangun Pengontrol Tegangan dengan Arduino.



Gambar 3.2 Flowchart Kontrol Alat



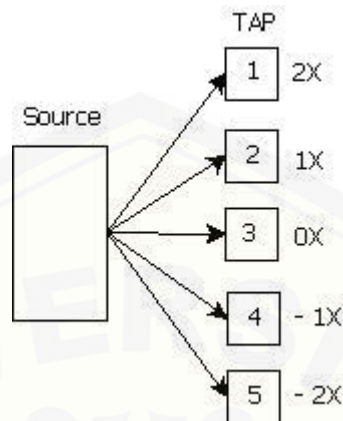
Gambar 3.3 Diagram Kerja Alat

Pada tahap implementasi, ada beberapa yang harus dipersiapkan, mulai dari menyiapkan rancangan yang dibutuhkan kemudian langkah atau tahapan kerja untuk pengoperasian sebagaimana pada gambar 3.3.



### 3.3 Logika Sistem Perancangan pada Sistem Tap

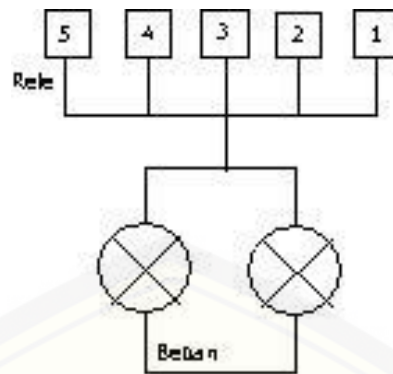
- Saat variasi tegangan pada sisi primer transformator



Gambar 3.4 Diagram Logika Sistem

Pada pengali itu di dasarkan atas perubahan tap trafo menggunakan ukuran persen (%) dan nilainya bervariasi antara  $\pm 5$  sampai  $\pm 10\%$  (Restu Dwi Cahyanto. 2007). Dalam system *tapping* menggunakan rele dengan alasan untuk menggunakan *tapping* pada servo terdapat kelemahan untuk tegangan *drop* ataupun *over voltage* yang tinggi dan berlebihan, yang kerja dari servo memutar dan tidak bisa langsung pada transformator yang dituju untuk dilakukan *tapping*, dapat dikatakan untuk tegangan loncat *tapping* servo harus melalui semua tap. Sebaliknya pada rele dengan target pengontrol memindah tap secara cepat dan tepat tanpa adanya pergeseran pada tap lain, contohnya untuk target tap tipe 7, pada awalan tap sekarang tap tipe 5, maka untuk pergeseran tap menggunakan servo akan bergeser berurutan dengan nilai dari tap 5, tap 6, dan tap 7, namun dengan menggunakan rele akan bergeser langsung dari tap 5 pada tap 7 dengan cepat dan tepat.

- Saat variasi beban dengan asumsi tegangan output 220V



Gambar 3.5 Diagram Beban pada Pengontrol Rele

Setelah dilakukan pemindahan tap untuk tegangan input yang berada pada kondisi tidak berada pada nilai 220 volt ataupun yang mendekati, maka di area beban akan dilakukan juga pengujian variasi, yaitu dimana daya pada beban berubah-ubah sehingga nantinya *relay* akan bekerja ketika terdeteksi oleh sensor tegangan bahwa nilai terdapat *drop* tegangan yang terjadi.

### 3.4 Desain Transformator

Sebelum melakukan pelilitan pada trafo, maka di cari serta ditetapkan nilai-nilai yang dibutuhkan untuk menentukan komponen daripada transformator itu sendiri. Menentukan daya untuk trafo yang akan dibuat, yaitu dengan nilai :

- Daya Trafo : 50 VA
- Input : 220 volt
- Output : 240 volt

- Arus sekunder :  $\frac{P_s}{V_s}$   

$$= \frac{50 VA}{240 volt}$$

$$= 0,208 \text{ ampere}$$

Mencari arus untuk menetapkan diameter kawat email yang digunakan :

- Pada primer :  $I_p = \frac{I_s V_s}{V_p} ; \frac{0,208 \times 240}{220V} = 0,227 \text{ ampere}$

Kemudian penentuan lilitan per volt (GPV), yaitu :

Dilakukan pengecekan jumlah yang harus dililit untuk mendapat 1 volt dengan panjang dan lebar koker yang dipakai, yaitu dengan rumus :

- Data koker : p x l x t – 6cm x 4,6cm x 3,8 cm

t = diameter koker

$$\text{luas koker} = 6 \times 4,6 = 34,4 \text{ cm}^2$$

$$= 34,4 \times 10^{-4} \text{ m}^2$$

Faktor lilitan N/E dapat diturunkan dari persamaan pembangkitan tegangan berikut :

$$\text{- Tegangan induksi pada koil: } E = 4,44 \cdot f \cdot N \cdot \Phi_m \text{ (volt)}$$

$$\text{- Fluksi magnet maksimum: } \Phi_m = B_m \cdot A \text{ ( gauss/cm}^2\text{)}$$

Sehingga tegangan induksi dapat dihitung dengan persamaan

$$\text{- } E = 4,44 \cdot f \cdot N \cdot B_m \cdot A \cdot 10^{-8} \text{ Volt}$$

dengan  $E$  adalah tegangan induksi yang dibangkitkan ( $V_{rms}$ ).  $f$  adalah frekuensi (Hz).  $N$  adalah jumlah lilitan.  $\Phi_m$  adalah fluks maksimum (weber dalam mks).  $B_m$  adalah kerapatan fluks maksimum ( $\text{gauss/cm}^2$ ).  $A$  adalah penampang inti ( $\text{cm}^2$ ). Pada umumnya tipikal konstruksi trafo memiliki data :  $B_m$ :  $\pm 9000$  ( $\text{gauss/cm}^2$ ). Rugi-rugi inti :  $< 1\%$  P2• Rugi-rugi total: 1-3 % P2• Efisiensi : 97 % - 98 %. dengan frekuensi  $f$ : 50 Hz.  $B_m$ : 9000 ( $\text{gauss/cm}^2$ ) (Sumaryadi, Sutadi, Rany Saptaaji : 2013).

Faktor N/E dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$\frac{N}{E} = \frac{\text{frekuensi}}{\text{luas (A)}}$$

Maka :

$$\frac{N}{E} = \frac{\text{frekuensi}}{\text{luas (A)}}$$

$$\frac{N}{E} = \frac{50 \text{ Hz}}{(8,6 \cdot 4) \text{ cm}^2}$$

$$\frac{N}{E} = \frac{50 \text{ Hz}}{34,4 \text{ cm}^2}$$

$$\frac{N}{E} = 1,453 \text{ lilitan/volt}$$

Jadi 1,453 gulungan merupakan total lilitan yang memberikan tegangan 1volt pada luas koker sebesar  $34,4 \text{ cm}^2$  dengan nilai frekuensi sebesar 50 Hz.

Mencari nilai lilitan primer dari GPV :

Konsep pelilitan ini menggunakan rumus transformator sederhana yaitu  $\frac{N_p}{N_s} = \frac{V_p}{V_s}$  untuk mencari lilitan sekunder pada setiap tegangan maupun secara keseluruhan tegangan output. Maka dapat dihitung lilitan pada primer, yaitu :

$$N_p = N_{GPV} \times V_{primer}$$

$$N_p = 1,453 \times 220 \text{ volt} = 320 \text{ lilitan}$$

Untuk rugi besi yang dipakai pada trafo sebesar 10%, maka jumlah lilitan yang telah diketahui akan di tambah sebesar 10% jumlah lilitan.

$$10\% \times 320 = 32 \text{ lilitan}$$

Maka

$$N_p = 320 + 32 = 352 \text{ lilitan}$$

Mencari kerapatan (flux) belitan primer pada trafo :

$$E_1 = 4,44 f \times \Phi_m N_1$$

$$\Phi_m = \frac{E_1}{4,44 f \times N_1}$$

$$\Phi_m = \frac{220}{4,44 \times 50 \times 352} = 0,00282 \text{ wb}$$

Maka kuat medan pada belitan trafo sebesar :

$$B_m = \frac{\Phi_m}{A \text{ (luas)}}$$

$$B_m = \frac{0,00282}{34,4 \times 10^{-4}} = 0,819 \text{ wb/m}^2$$

Mencari jumlah lilitan pada sekunder :

Konsep dari transformator ini ialah sebuah lilitan sekunder yang di seri dengan 5 output tegangan keluaran yaitu ; 200v, 210v, 220v, 230v dan 240v. Dengan menggunakan teknik lilitan yang seri memungkinkan jumlah sekunder dari beberapa tegangan yang dikeluarkan menjadi tidak banyak (*extreme*),

Perhitungan teori lilitan pada sekunder

Persamaan dari trafo ideal :

$$\text{masukan} = \text{keluaran}$$

$$V_i \times I_i = V_s \times I_s$$

$$\frac{V_p}{V_s} = \frac{N_p}{N_s} = \frac{1}{K} \quad K(\text{bilangan perbandingan})$$

Jadi perbandingan arus terbalik dengan perbandingan transformator

Perhitungan lilitan sekunder dengan rugi 10% (PT PLN (Persero). 2014) :

Pada 240 V

$$\frac{N_p}{N_s} = \frac{1}{K}$$

$$K = \frac{V_s}{V_p} = \frac{240}{220} = 1,09$$

$$N_{240} = 1,09 \times 352$$

$$N_{240} = 384$$

$$10\% \times 384 = 38,4$$

$$N_{240} = 38,4 + 384 = 422 \text{ lilitan (penambahan 10\% rugi)}$$

Pada 230 V

$$\frac{N_p}{N_s} = \frac{1}{K}$$

$$K = \frac{V_s}{V_p} = \frac{230}{220} = 1,045$$

$$N_{240} = 1,045 \times 352$$

$$N_{240} = 368 \text{ lilitan}$$

Pada 220 V

$$\frac{N_p}{N_s} = \frac{1}{K}$$

$$K = \frac{V_s}{V_p} = \frac{220}{220} = 1$$

$$N_{240} = 1 \times 352$$

$$N_{240} = 352 \text{ lilitan}$$

Pada 210 V

$$\frac{N_p}{N_s} = \frac{1}{K}$$

$$K = \frac{V_s}{V_p} = \frac{210}{220} = 0,95$$

$$N_{240} = 0,95 \times 352$$

$$N_{240} = 335 \text{ lilitan}$$

Pada 200 V

$$\frac{N_p}{N_s} = \frac{1}{K}$$

$$K = \frac{V_s}{V_p} = \frac{200}{220} = 0,90$$

$$N_{240} = 0,90 \times 352$$

$$N_{240} = 317 \text{ lilitan}$$

Untuk  $N_s$  sendiri akan menggunakan nilai lilitan terbanyak ataupun tertinggi dari output tegangan pada sisi sekunder yaitu 240v yang telah dihitung jumlah lilitan sebesar 422 lilitan, maka untuk pengujiannya :

$$\frac{V_p}{V_s} = \frac{N_p}{N_s}$$

Maka,

$$\frac{220}{V_s} = \frac{352}{384}$$

$$\text{Hasilnya, } V_s = \frac{482 \times 220}{352} = 240 \text{ volt}$$

Dari hasil yang sudah bernilai 240 volt maka untuk lilitan sisi sekunder sendiri dapat dicari satu persatu sehingga dengan maksimal lilitan sekunder 422 lilitan tidak terlampaui.

Untuk perhitungan keseluruhan sekunder sudah dilakukan, maka selanjutnya akan dilakukan perbedaan nilai tahanan kawat email yang akan digunakan pada sisi sekunder maupun di sisi primer lilitan, yaitu :

- Tahanan kawat email lilitan primer sebesar 0,227 ampere ( $0^\circ \text{ celcius}$ )

Panjang kawat pada lilitan primer :

$$l = \text{keliling penampang koker} \times N_p$$

$$l = 105 \text{ cm} \times 352 \text{ lilitan} = 36960 \text{ cm}$$

Maka

$$R_p = \rho \frac{l}{A}$$

$$R_p = 1,58 \times 10^{-6} \frac{36960 \text{ cm}}{34,4} = 0,01697 \frac{\text{ohm}}{\text{cm}} = 1,697 \frac{\text{ohm}}{\text{m}}$$

- Tahanan kawat email lilitan sekunder sebesar 0,208 ampere ( $0^\circ \text{ celcius}$ )

$$l = \text{keliling penampang koker} \times N_p$$

$$l = 105 \text{ cm} \times 384 \text{ lilitan} = 40320 \text{ cm}$$

Maka

$$R_p = \rho \frac{l}{A}$$

$$R_p = 1,58 \times 10^{-6} \frac{40320 \text{ cm}}{34,4} = 0,01851 \frac{\text{ohm}}{\text{cm}} = 1,851 \frac{\text{ohm}}{\text{m}}$$



Maka didapatkan data semua perhitungan manual dari desain transformator yang akan di buat, yaitu :

Tabel 3.1 Hasil perhitungan nilai-nilai yang mendasari desain transformator

Posisi Trafo	Daya (VA)	Tegangan (volt)	Arus (ampere)	GPV (lilitan/volt)	$R_p$ (ohm /m)	
Primer	50	220	0,227	1,453	1,697	
Sekunder	50	200	0,208		1,453	1,851
		210				
		220				
		230				
		240				

Tabel 3.2 Hasil perhitungan lilitan pada sisi primer dan sekunder trafo

Tegangan (volt)	Lilitan
220 (primer)	352 lilitan
240 (sekunder)	384 lilitan
230 (sekunder)	368 lilitan
220 (sekunder)	352 lilitan
210 (sekunder)	335 lilitan
200 (sekunder)	317 lilitan

Lalu untuk yang kedua menentukan current yang akan digunakan dari perhitungan yang telah dilakukan, yaitu :

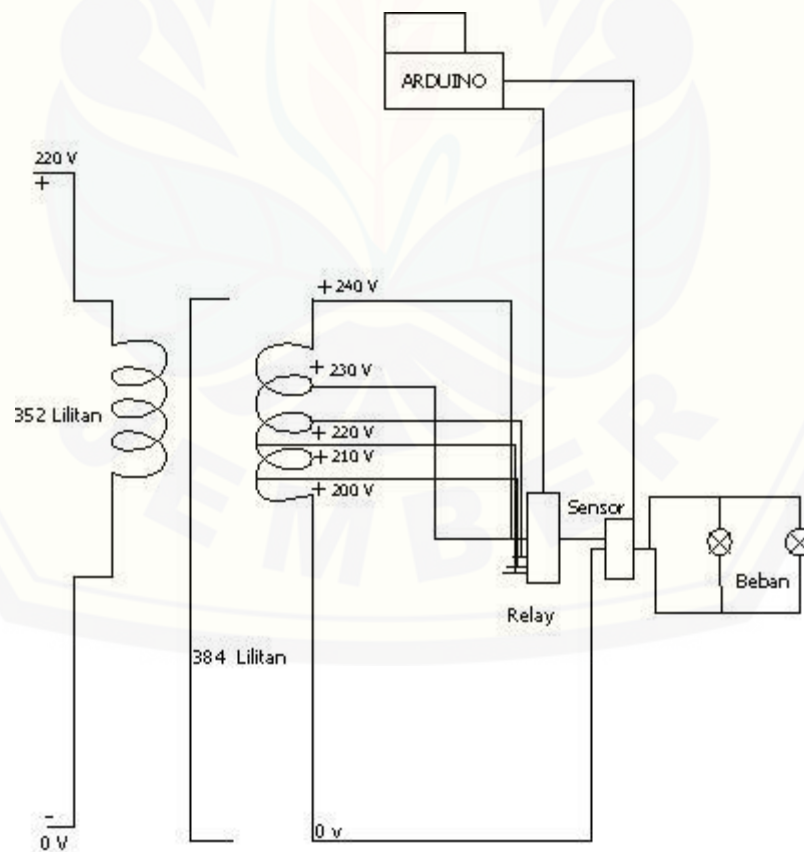


Gambar 3.6 Koker Transformator

Dimana : Dimensi koker : 25 x 40

panjang = 8,6 cm

Lebar = 4 cm



Gambar 3.7 Desain Transformator

Beragam-macam kawat email pada transformator ini terutama yang berbahan tembaga disebutkan pada tabel di bawah ini :

Tabel 3.3 Data nilai – nilai kawat email

Diameter kawat (mm)	Luas penampang (mm)	Maksimal arus (ampere)
		Tembaga
0,3	0,023	0,212
0,35	0,038	0,235

#### 3.4.1 Karakteristik kawat

bahan : tembaga

ukuran kawat : 0.3 mm untuk sekunder dan 0,35 mm primer

ampere : 0,227 A primer dan 0,208 A sekunder.

#### 3.4.2 Relay

Menggunakan *relay* untuk proses 5 tapping dengan relat tipe *relay* module 8 *channel*

#### 3.4.3 Sensor Tegangan AC

Menggunakan 1 sensor yang digunakan sebagai pendeteksi tegangan keluaran dari semua *tapping* trafo dan di kirim pada arduino sehingga data membaca tegangan keluaran pada beban meskipun terdapat variasi untuk beban dan tegangan sumber dengan sensor tipe ZMPT101B fasa tunggal

#### 3.4.4 Perencanaan Beban

Pada desain kali ini dengan menggunakan kawat email dengan diameter 0,3 mm dengan arus maksimal yang di hasilkan sebesar 0,208 ampere.

Pada penggunaan daya yang di hasilkan dari setiap lilitan sekunder berbeda-beda maka dapat ditetapkan beban puncak transformator dengan rumus, yaitu :

$$\text{Sekunder 200 volt} = 200 \cdot 0,208 = 41,6 \text{ VA}$$

$$\text{Sekunder 210 volt} = 210 \cdot 0,208 = 43,68 \text{ VA}$$

$$\text{Sekunder 220 volt} = 220 \cdot 0,208 = 45,76 \text{ VA}$$

$$\text{Sekunder 230 volt} = 230 \cdot 0,208 = 47,84 \text{ VA}$$

$$\text{Sekunder 240 volt} = 240 \cdot 0,208 = 50 \text{ VA}$$

Dari nilai yang di dapat perhitungan beban pada setiap lilitan sekunder dapat dikatakan untuk beban puncak yang dapat di suplai oleh transformator adalah 50 watt.

### 3.5 Perancangan Sistem

#### 3.5.1 Alat dan Bahan

Pada proses penelitian di butuhkan alat, yaitu :

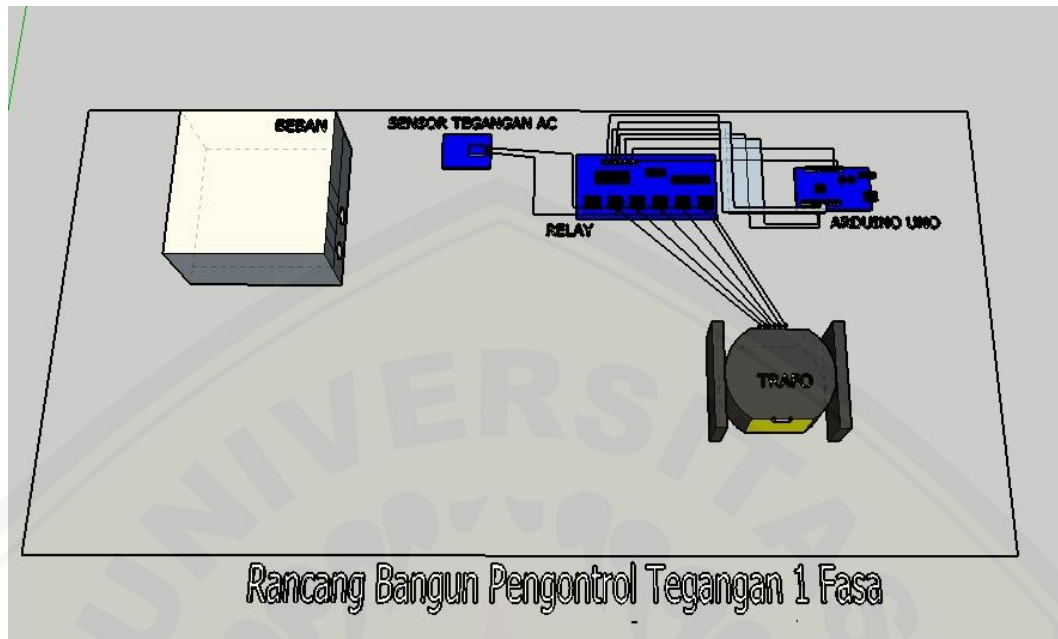
Alat :

- Solder
- Timah
- Transformator
- AVR 380 V
- Papan PCB Polos
- Sensor tegangan AC

Bahan :

- *Microntroller* Arduino Uno
- Kabel USB
- *Male/Female header*
- Rele
- Lampu
- Akrilik

### 3.6 Desain Pengontrol Tegangan 1 Fasa



Gambar 3.8 Desain Alat Pengontrol Tegangan

Dengan peralatan yang disusun sehingga menyerupai sistem pengatur tegangan, yaitu dimana dengan adanya transformator yang menggunakan 5 *tapping* sekunder yang berbeda beda dengan beban yang akan digunakan 3 lampu dengan total 100 watt, yaitu :

Tabel 3.4 Nilai pembebanan pada alat

Beban	Daya
1	25 watt
2	25 watt
3	75 watt

### 3.7 Perancangan Sistem Minimum

Pada perancangan sistem minimum yang digunakan pada sebuah rancang bangun pengontrol tegangan 1 fasa dengan menggunakan *relay* sebagai pengatur tap otomatis yang di kontrol oleh microprocessor arduino uno yang akan bekerja dengan bantuan sensor tegangan pada lilitan primer dan beban. Dari sensor yang di pasang pada kedua posisi tersebut mempunyai fungsi yang berbeda yaitu, pada

posisi lilitan primer berfungsi sebagai pemaca tegangan sehingga nantinya ketika tegangan primer terbaca maka arduino akan memerintahkan rele bekerja sesuai program yang di masukkan, lalu untuk sensor tegangan pada beban akan mendeteksi adanya penurunan tegangan yang ada pada beban sehingga arduino akan memerintahkan rele bekerja sesuai program yang dimasukkan.

Dengan kesimpulan pada perancangan kontrol dengan sistem minimum menggunakan Arduino UNO yang dapat di-supply input sebesar 7-12 volt serta tegangan kerja sebesar 5 volt, mempunyai arus listrik maksimum sebesar 40 mA. Maka untuk merangkai sebuah alat pada penelitian ini diperlukan pembacaan nilai tegangan input pada arduino melalui sensor tegangan yang berfungsi untuk posisi pada *tapping* rele dengan batas tertentu, batas suatu trafo pada umumnya sebesar 5-10% untuk melakukan *tapping*, sehingga pada prototipe ini menggunakan 2 transformator *step-up* dan *step-down* masing-masing berbatas 5% sampai 10% untuk melakukan proses *tapping* dan juga menjaga tegangan bernilai tetap pada regulasi yang ada, lalu *tapping* bekerja apabila terdapat *drop* tegangan pada beban atau ketika beban bertambah.



## BAB 5 PENUTUP

### 5.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian yang berjudul “Rancang Bangun Sistem Pengontrolan Transformator 50 W 1 Fasa Berbasis Mikrokontroler Arduino ” dapat disimpulkan sebagai berikut;

1. Pada perulangan tegangan input 210 volt, data kehandalan terdapat saat pembebanan versi 2 saat 2 data berbeda di 12 kali perulangan, yaitu bekerja pada saat pembebanan 0 watt tap rele berada pada nomor tap 2 dengan tegangan *output* 223,6 volt serta alat mampu menstabilkan tegangan samapai pembebebanan 75 watt.
2. Pada saat perulangan tegangan input 220 volt, data kehandalan terdapat pada pembebanan versi 1 dari 3 data yang berbeda dalam 12 data yaitu alat dapat menstabilkan tegangan sampai pembebanan 75 watt dengan nilai 211,83 volt.
3. Pada saat perulangan tegangan input 240 volt terdapat 2 data berbeda dari 12 kali perulangan dengan didapat data perbedaan versi 2 yang memberikan nilai tegangan *output* mendekati 220 volt dari semua pembebanan yang dilakukan.
4. Pada saat tegangan input 200 volt dengan 12 kali perulangan tap rele hanya mampu bekerja untuk mestabilkan tegangan di dalam toleransi sampai beban 25 watt dengan nilai tegangan *output* berada pada nilai 208,9 volt
5. Pada saat tegangan input 230 volt dengan 12 kali perulangan pengujian kerja rele hanya sampai pada saat pembebanan 75 watt dengan nilai 211,83 volt dikarenakan saat pembebanan 100 watt tegangan output turun di bawah toleransi sehingga menonaktifkan semua aliran tegangan *output* transformator.

### 5.2 Saran

Perlu adanya penelitian lebih lanjut yang bertujuan untuk meningkatkan daya pengeluaran dan tap pada transformator agar dapat digunakan ketika regulasi tegangan lebih besar dan mencakup *range* tegangan yang lebih luas untuk nilai tegangannya sehingga dapat memberikan efisiensi yang maksimal pada alat ini.

## DAFTAR PUSTAKA

- Chapman, Stephen J., 2002. "Electric Machinery and Power System Fundamental" McGraw-Hill, New York.
- Daniel Alexander Octavianus Turang, 2015. *Pengembangan Sistem Relay Pengendalian Dan Penghematan Pemakaian Lampu Berbasis Mobile*. Bontang : Sekolah Tinggi Teknologi Bontang.
- Feranita, Ery Safrianti, Oky Alpayadia, 2009. *Alat Penstabil Tegangan Bolak-Balik Satu Fasa 220 V, 50 Hz Menggunakan Thyristor Dengan Daya 1,5 kVA*. Riau : Universitas Riau.
- Ir. Muslimin Marappung, 1998. *Teori dan Soal-Penyelesaian Teknik Tenaga Listrik*, Bandung : CV. Armico.
- Minarmi, Fahzril Hadi Saputra, 2011. *Sistem Refrensi Mahasiswa di Unversitas Brawijaya Berbasis Protokol Internet*. Malang : Universitas Brawijaya.
- Mulyadi, 2012. *Rancang Bangun Simulator Tap Changer Transformator Sebagai Pengaturan Tegangan Sistem Distribusi Tenaga Listrik*. Bandung : Politeknik Negeri Bandung.
- Prof. Ir. T. S. Hutauruk, M. Sc., 1985. *Transmisi Daya Listrik*. Jakarta : Erlangga.
- PT PLN (Persero). 2014. *Buku Pedoman Trafo Tenaga Final*. Jakarta : Indonesia.
- PT PLN (Persero), 2010. *Buku Petunjuk Batasan Operasi dan Pemeliharaan Peralatan Penyaluran Tenaga Listrik SKDIR 114.K/DIR/2010 Transformator Tenaga* No.Dokumen: 01-22/HARLURPST/2009.
- Restu Dwi Cahyanto. 2007. *Studi Perbaikan Kualitas Tegangan Dan Rugi-Rugi Daya Pada Penyulang Pupur Dan Bedak Menggunakan Bank Kapasitor, Trafo Pengubah Tap Dan Penggantian Kabel Penyulang*. Bekasi : Universitas Indonesia.

## LAMPIRAN

## LAMPIRAN A.

## a. Data Perulangan 220

Tabel 1. Perulangan 1

Input tegangan (volt)	Beban (watt)	Tap rele	Pengukuran
220	0	2	638 663 222.13 2 583 663 222.13 2 579 663 222.13 2
220	25	2	578 658 214.77 2 527 658 214.77 2 460 658 214.77 2
220	50	3	650 658 214.77 3 654 658 214.77 3 653 658 214.77 3
220	75	4	654 656 211.83 4 642 656 211.83 4 595 656 211.83 4
220	100	4	-

Tabel 2. Perulangan 2

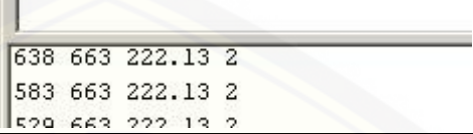
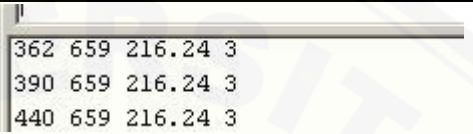
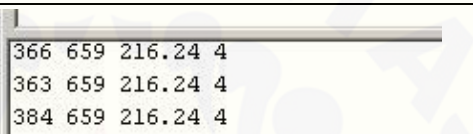
Input tegangan (volt)	Beban (watt)	Tap rele	Pengukuran
220	0	2	602 661 219.19 2 635 661 219.19 2 654 661 219.19 2

220	25	3	<pre> 524 662 220.66 3 455 662 220.66 3 396 662 220.66 3 </pre>
220	50	4	<pre> 434 660 217.71 4 489 660 217.71 4 557 660 217.71 4 </pre>
220	75	4	-
220	100	4	-

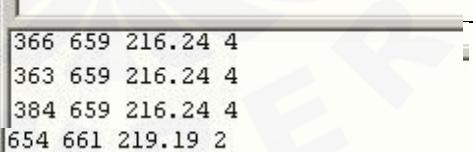
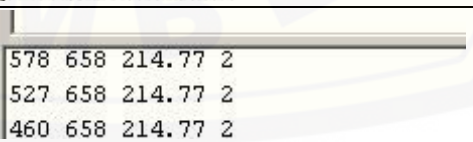
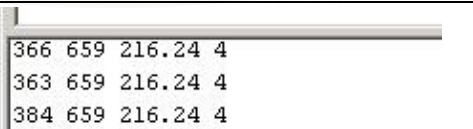
Tabel 3. Perulangan 3

Input tegangan (volt)	Beban (watt)	Tap rele	Pengukuran
220	0	2	<pre> 366 660 217.71 2 365 660 217.71 2 375 660 217.71 2 </pre>
220	25	3	<pre> 362 659 216.24 3 390 659 216.24 3 440 659 216.24 3 </pre>
220	50	4	<pre> 366 659 216.24 4 363 659 216.24 4 384 659 216.24 4 </pre>
220	75	4	-
220	100	4	-

Tabel 4. Perulangan 4

Input tegangan (volt)	Beban (watt)	Tap rele	Pengukuran
220	0	2	 638 663 222.13 2 583 663 222.13 2 520 663 222.13 2
220	25	3	 362 659 216.24 3 390 659 216.24 3 440 659 216.24 3
220	50	4	 366 659 216.24 4 363 659 216.24 4 384 659 216.24 4
220	75	4	-
220	100	4	-

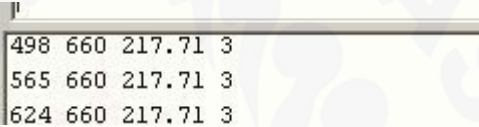
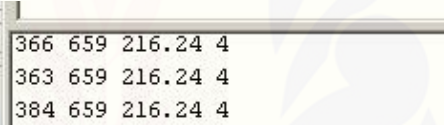
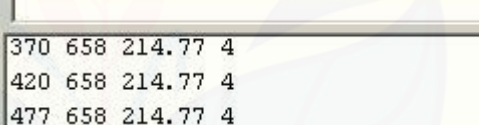
Tabel 5. Perulangan 5

Input tegangan (volt)	Beban (watt)	Tap rele	Pengukuran
220	0	2	 366 659 216.24 4 363 659 216.24 4 384 659 216.24 4 654 661 219.19 2
220	25	3	 578 658 214.77 2 527 658 214.77 2 460 658 214.77 2
220	50	4	 366 659 216.24 4 363 659 216.24 4 384 659 216.24 4

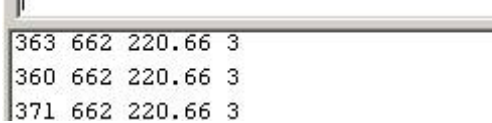


220	75	4	-
220	100	4	-

Tabel 6. Perulangan 6

Input tegangan (volt)	Beban (watt)	Tap rele	Pengukuran
220	0	3	 <pre> 498 660 217.71 3 565 660 217.71 3 624 660 217.71 3 </pre>
220	25	4	 <pre> 366 659 216.24 4 363 659 216.24 4 384 659 216.24 4 </pre>
220	50	4	 <pre> 370 658 214.77 4 420 658 214.77 4 477 658 214.77 4 </pre>
220	75	4	-
220	100	4	-

Tabel 7. Perulangan 7

Input tegangan (volt)	Beban (watt)	Tap rele	Pengukuran
220	0	3	 <pre> 363 662 220.66 3 360 662 220.66 3 371 662 220.66 3 </pre>

220	25	4	 654 659 216.24 4 658 659 216.24 4 621 659 216.24 4
220	50	4	 370 658 214.77 4 420 658 214.77 4 477 658 214.77 4
220	75	4	-
220	100	4	-

Tabel 8. Perulangan 8

Input tegangan (volt)	Beban (watt)	Tap rele	Pengukuran
220	0	3	 363 662 220.66 3 360 662 220.66 3 371 662 220.66 3
220	25	4	 654 659 216.24 4 658 659 216.24 4 621 659 216.24 4
220	50	4	 370 658 214.77 4 420 658 214.77 4 477 658 214.77 4
220	75	4	-
220	100	4	-

Tabel 9. Perulangan 9

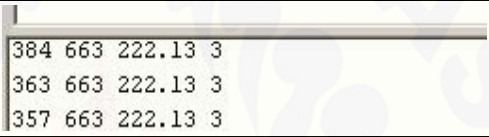
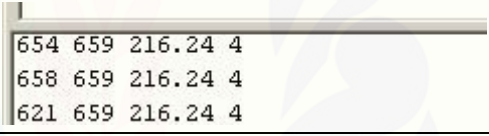
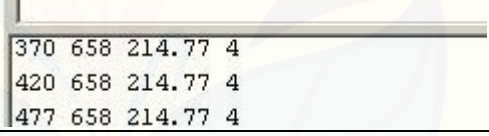
Input tegangan (volt)	Beban (watt)	Tap rele	Pengukuran
220	0	3	384 663 222.13 3 363 663 222.13 3 357 663 222.13 3
220	25	4	380 660 217.71 4 435 660 217.71 4 491 660 217.71 4
220	50	4	370 658 214.77 4 420 658 214.77 4 477 658 214.77 4
220	75	4	-
220	100	4	-

Tabel 10. Perulangan 10

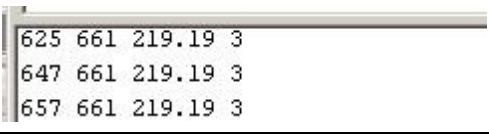
Input tegangan (volt)	Beban (watt)	Tap rele	Pengukuran
220	0	3	384 663 222.13 3 363 663 222.13 3 357 663 222.13 3
220	25	4	654 659 216.24 4 658 659 216.24 4 621 659 216.24 4
220	50	4	370 658 214.77 4 420 658 214.77 4 477 658 214.77 4

220	75	4	-
220	100	4	-

Tabel 11. Perulangan 11

Input tegangan (volt)	Beban (watt)	Tap rele	Pengukuran
220	0	3	
220	25	4	
220	50	4	
220	75	4	-
220	100	4	-

Tabel 12. Perulangan 12

Input tegangan (volt)	Beban (watt)	Tap rele	Pengukuran
220	0	3	

220	25	4	615 662 220.66 4 642 662 220.66 4 655 662 220.66 4
220	50	4	370 658 214.77 4 420 658 214.77 4 477 658 214.77 4
220	75	4	-
220	100	4	-

## b. Data Perulangan 200 volt

Tabel 13. Perulangan 1

Input tegangan (volt)	Beban (watt)	Tap rele	Pengukuran
200	0	4	365 661 219.19 4 360 661 219.19 4 360 661 219.19 4
200	25	4	420 654 208.89 4 472 654 208.89 4 535 654 208.89 4
200	50	4	-
200	75	4	-



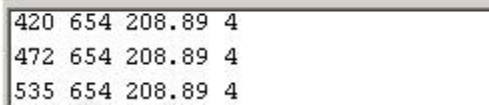
200	100	4	-
-----	-----	---	---

Tabel 14. Perulangan 2

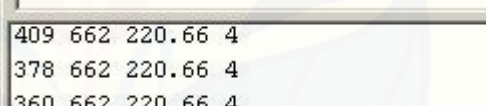
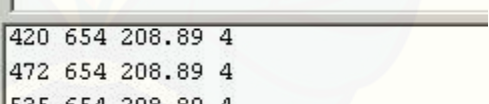
Input tegangan (volt)	Beban (watt)	Tap rele	Pengukuran
200	0	4	<pre> 409 662 220.66 4 378 662 220.66 4 360 662 220.66 4 </pre>
200	25	4	<pre> 420 654 208.89 4 472 654 208.89 4 535 654 208.89 4 </pre>
200	50	4	-
200	75	4	-
200	100	4	-

Tabel 15. Perulangan 3

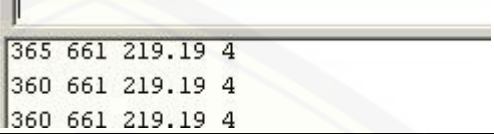
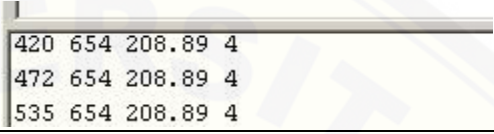
Input tegangan (volt)	Beban (watt)	Tap rele	Pengukuran
200	0	4	<pre> 365 661 219.19 4 360 661 219.19 4 360 661 219.19 4 </pre>

200	25	4	
200	50	4	-
200	75	4	-
200	100	4	-

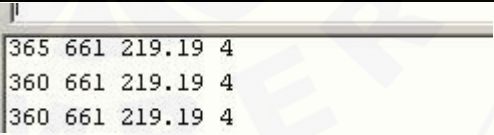
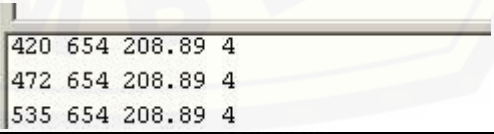
Tabel 16. Perulangan 4

Input tegangan (volt)	Beban (watt)	Tap rele	Pengukuran
200	0	4	
200	25	4	
200	50	4	-
200	75	4	-
200	100	4	-

Tabel 17. Perulangan 5

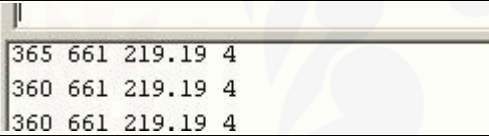
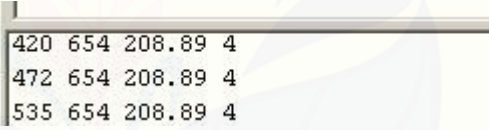
Input tegangan (volt)	Beban (watt)	Tap rele	Pengukuran
200	0	4	
200	25	4	
200	50	4	-
200	75	4	-
200	100	4	-

Tabel 18. Perulangan 6

Input tegangan (volt)	Beban (watt)	Tap rele	Pengukuran
200	0	4	
200	25	4	
200	50	4	-

200	75	4	-
200	100	4	-

Tabel 19. Perulangan 7

Input tegangan (volt)	Beban (watt)	Tap rele	Pengukuran
200	0	4	
200	25	4	
200	50	4	-
200	75	4	-
200	100	4	-

Tabel 20. Perulangan 8

Input tegangan (volt)	Beban (watt)	Tap rele	Pengukuran

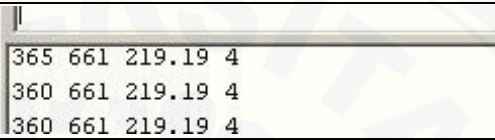
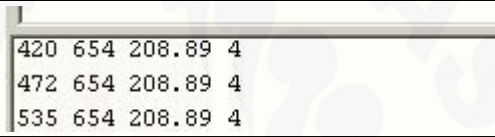
200	0	4	<pre> 365 661 219.19 4 360 661 219.19 4 360 661 219.19 4 </pre>
200	25	4	<pre> 420 654 208.89 4 472 654 208.89 4 535 654 208.89 4 </pre>
200	50	4	-
200	75	4	-
200	100	4	-

Tabel 21. Perulangan 9

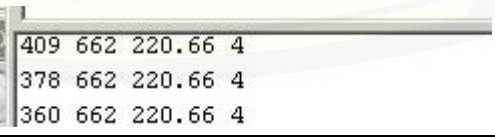
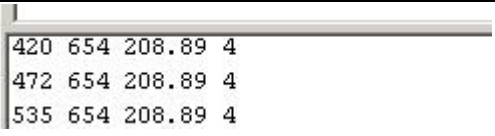
Input tegangan (volt)	Beban (watt)	Tap rele	Pengukuran
200	0	4	<pre> 365 661 219.19 4 360 661 219.19 4 360 661 219.19 4 </pre>
200	25	4	<pre> 420 654 208.89 4 472 654 208.89 4 535 654 208.89 4 </pre>
200	50	4	-
200	75	4	-

200	100	4	-
-----	-----	---	---

Tabel 22. Perulangan 10

Input tegangan (volt)	Beban (watt)	Tap rele	Pengukuran
200	0	4	
200	25	4	
200	50	4	-
200	75	4	-
200	100	4	-

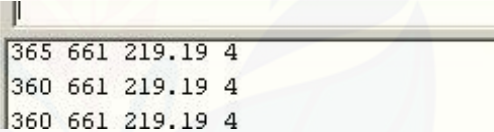
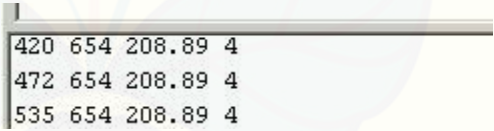
Tabel 23. Perulangan 11

Input tegangan (volt)	Beban (watt)	Tap rele	Pengukuran
200	0	4	
200	25	4	







200	50	4	-
200	75	4	-
200	100	4	-

Tabel 24. Perulangan 12



Input tegangan (volt)	Beban (watt)	Tap rele	Pengukuran
200	0	4	
200	25	4	
200	50	4	-
200	75	4	-
200	100	4	-

c. Data Perulangan 210 volt

Tabel 25. Perulangan 1

Input tegangan (volt)	Beban (watt)	Tap rele	Pengukuran
210	0	3	 464 662 220.66 3 397 662 220.66 3 371 662 220.66 3
210	25	3	 469 663 222.13 3 543 663 222.13 3 612 663 222.13 3
210	50	4	 526 659 216.24 4 455 659 216.24 4 394 659 216.24 4
210	75	4	 605 654 208.89 4 637 654 208.89 4 652 654 208.89 4
210	100	4	-

Tabel 26. Perulangan 2

Input tegangan (volt)	Beban (watt)	Tap rele	Pengukuran
210	0	2	 378 664 223.60 2 359 664 223.60 2 359 664 223.60 2
210	25	3	 469 663 222.13 3 543 663 222.13 3 612 663 222.13 3
210	50	4	 526 659 216.24 4 455 659 216.24 4 394 659 216.24 4

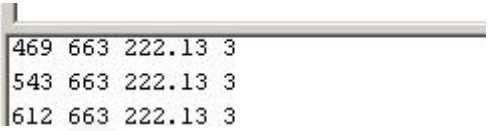
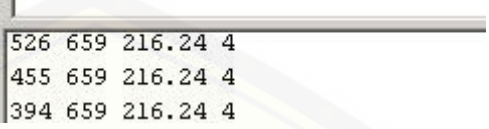
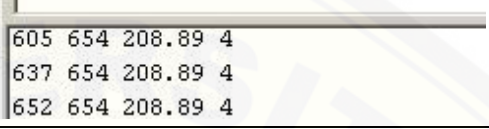
210	75	4	<pre> 605 654 208.89 4 637 654 208.89 4 652 654 208.89 4 </pre>
210	100	4	-

Tabel 27. Perulangan 3

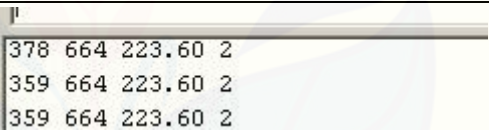
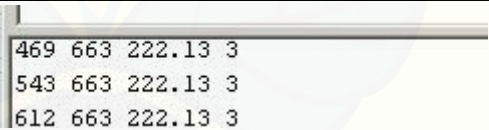
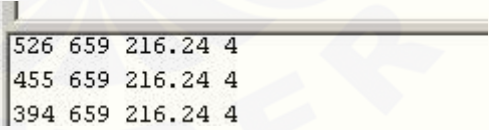
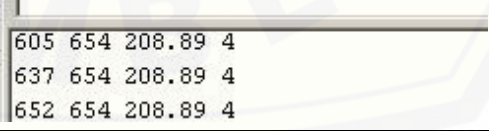
Input tegangan (volt)	Beban (watt)	Tap rele	Pengukuran
210	0	2	<pre> 400 665 225.07 2 458 665 225.07 2 525 665 225.07 2 </pre>
210	25	3	<pre> 360 662 220.66 3 360 662 220.66 3 401 662 220.66 3 </pre>
210	50	4	<pre> 650 659 216.24 4 602 659 216.24 4 548 659 216.24 4 </pre>
210	75	4	<pre> 484 656 211.83 4 550 656 211.83 4 613 656 211.83 4 </pre>
210	100	4	

Tabel 28. Perulangan 4

Input tegangan (volt)	Beban (watt)	Tap rele	Pengukuran
210	0	2	<pre> 378 664 223.60 2 359 664 223.60 2 359 664 223.60 2 </pre>

210	25	3	 469 663 222.13 3 543 663 222.13 3 612 663 222.13 3
210	50	4	 526 659 216.24 4 455 659 216.24 4 394 659 216.24 4
210	75	4	 605 654 208.89 4 637 654 208.89 4 652 654 208.89 4
210	100	4	-

Tabel 29. Perulangan 5

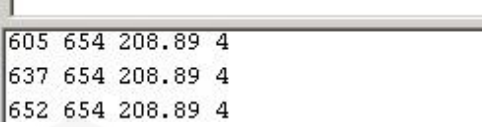
Input tegangan (volt)	Beban (watt)	Tap rele	Pengukuran
210	0	2	 378 664 223.60 2 359 664 223.60 2 359 664 223.60 2
210	25	3	 469 663 222.13 3 543 663 222.13 3 612 663 222.13 3
210	50	4	 526 659 216.24 4 455 659 216.24 4 394 659 216.24 4
210	75	4	 605 654 208.89 4 637 654 208.89 4 652 654 208.89 4
210	100	4	-

Tabel 30. Perulangan 6

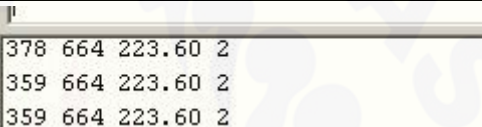
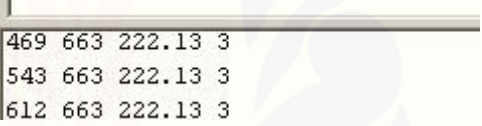
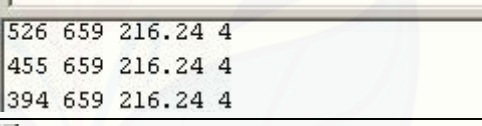
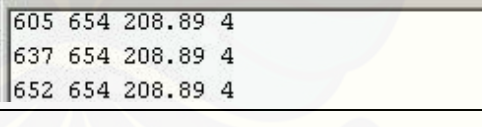
Input tegangan (volt)	Beban (watt)	Tap rele	Pengukuran
210	0	3	464 662 220.66 3 397 662 220.66 3 371 662 220.66 3
210	25	3	469 663 222.13 3 543 663 222.13 3 612 663 222.13 3
210	50	4	526 659 216.24 4 455 659 216.24 4 394 659 216.24 4
210	75	4	605 654 208.89 4 637 654 208.89 4 652 654 208.89 4
210	100	4	-

Tabel 31. Perulangan 7

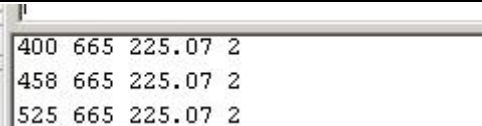
Input tegangan (volt)	Beban (watt)	Tap rele	Pengukuran
210	0	2	378 664 223.60 2 359 664 223.60 2 359 664 223.60 2
210	25	3	469 663 222.13 3 543 663 222.13 3 612 663 222.13 3
210	50	4	526 659 216.24 4 455 659 216.24 4 394 659 216.24 4

210	75	4	
210	100	4	-

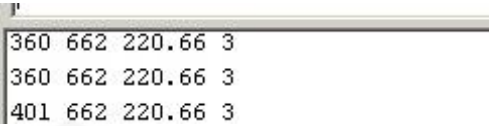
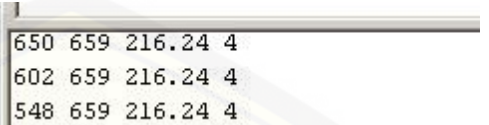
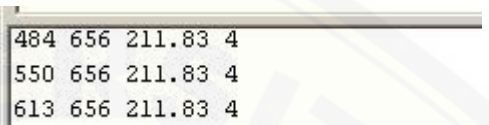
Tabel 32. Perulangan 8

Input tegangan (volt)	Beban (watt)	Tap rele	Pengukuran
210	0	2	
210	25	3	
210	50	4	
210	75	4	
210	100	4	-

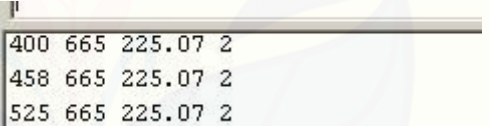

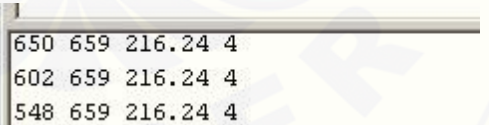
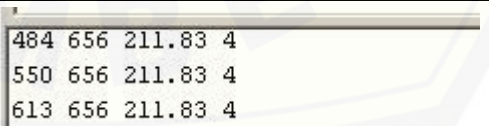
Tabel 33. Perulangan 9

Input tegangan (volt)	Beban (watt)	Tap rele	Pengukuran
210	0	2	



210	25	3	
210	50	4	
210	75	4	
210	100	4	-

Tabel 34. Perulangan 10

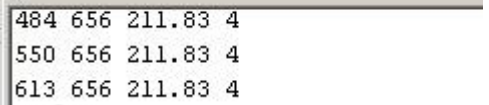
Input tegangan (volt)	Beban (watt)	Tap rele	Pengukuran
210	0	2	
210	25	3	
210	50	4	
210	75	4	
210	100	4	-

Tabel 35. Perulangan 11

Input tegangan (volt)	Beban (watt)	Tap rele	Pengukuran
210	0	2	<pre> 400 665 225.07 2 458 665 225.07 2 525 665 225.07 2 </pre>
210	25	3	<pre> 360 662 220.66 3 360 662 220.66 3 401 662 220.66 3 </pre>
210	50	4	<pre> 650 659 216.24 4 602 659 216.24 4 548 659 216.24 4 </pre>
210	75	4	<pre> 484 656 211.83 4 550 656 211.83 4 613 656 211.83 4 </pre>
210	100	4	-

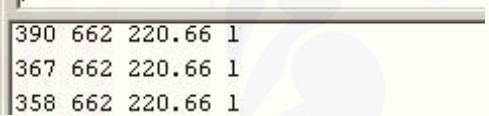
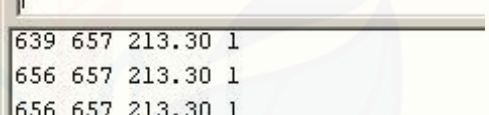
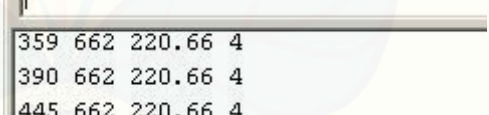
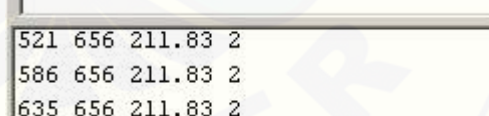
Tabel 36. Perulangan 12

Input tegangan (volt)	Beban (watt)	Tap rele	Pengukuran
210	0	2	<pre> 400 665 225.07 2 458 665 225.07 2 525 665 225.07 2 </pre>
210	25	3	<pre> 360 662 220.66 3 360 662 220.66 3 401 662 220.66 3 </pre>
210	50	4	<pre> 650 659 216.24 4 602 659 216.24 4 548 659 216.24 4 </pre>

210	75	4	
210	100	4	-

d. Data Perulangan 230 volt

Tabel 37. Perulangan 1

Input tegangan (volt)	Beban (watt)	Tap rele	Pengukuran
230	0	1	
230	25	1	
230	50	2	
230	75	4	
230	100	4	-

Tabel 38. Perulangan 2

Input tegangan (volt)	Beban (watt)	Tap rele	Pengukuran

230	0	1	614 664 223.60 1 559 664 223.60 1 491 664 223.60 1
230	25	1	408 661 219.19 2 376 661 219.19 2 360 661 219.19 2
230	50	2	377 660 217.71 3 425 660 217.71 3 481 660 217.71 3
230	75	4	565 659 216.24 4 505 659 216.24 4 442 659 216.24 4
230	100	4	-

Tabel 39. Perulangan 3

Input tegangan (volt)	Beban (watt)	Tap rele	Pengukuran
230	0	1	614 664 223.60 1 559 664 223.60 1 491 664 223.60 1
230	25	1	408 661 219.19 2 376 661 219.19 2 360 661 219.19 2
230	50	2	377 660 217.71 3 425 660 217.71 3 481 660 217.71 3
230	75	4	565 659 216.24 4 505 659 216.24 4 442 659 216.24 4

230	100	4	-
-----	-----	---	---

Tabel 40. Perulangan 4

Input tegangan (volt)	Beban (watt)	Tap rele	Pengukuran
230	0	1	614 664 223.60 1 559 664 223.60 1 491 664 223.60 1
230	25	1	408 661 219.19 2 376 661 219.19 2 360 661 219.19 2
230	50	2	377 660 217.71 3 425 660 217.71 3 481 660 217.71 3
230	75	4	565 659 216.24 4 505 659 216.24 4 442 659 216.24 4
230	100	4	-

Tabel 41. Perulangan 5

Input tegangan (volt)	Beban (watt)	Tap rele	Pengukuran
230	0	1	614 664 223.60 1 559 664 223.60 1 491 664 223.60 1
230	25	1	408 661 219.19 2 376 661 219.19 2 360 661 219.19 2

230	50	2	<pre> 377 660 217.71 3 425 660 217.71 3 481 660 217.71 3 </pre>
230	75	4	<pre> 565 659 216.24 4 505 659 216.24 4 442 659 216.24 4 </pre>
230	100	4	-

Tabel 42. Perulangan 6

Input tegangan (volt)	Beban (watt)	Tap rele	Pengukuran
230	0	1	<pre> 390 662 220.66 1 367 662 220.66 1 358 662 220.66 1 </pre>
230	25	1	<pre> 639 657 213.30 1 656 657 213.30 1 656 657 213.30 1 </pre>
230	50	2	<pre> 359 662 220.66 4 390 662 220.66 4 445 662 220.66 4 </pre>
230	75	4	<pre> 521 656 211.83 2 586 656 211.83 2 635 656 211.83 2 </pre>
230	100	4	-

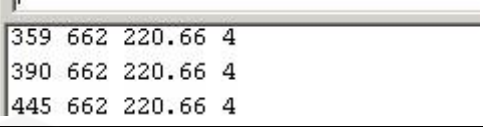
Tabel 43. Perulangan 7



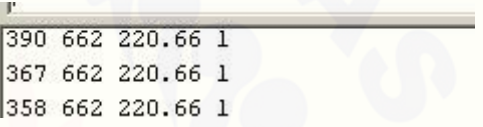
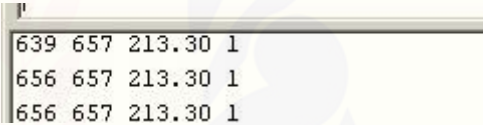
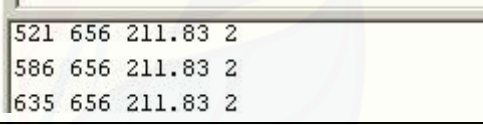
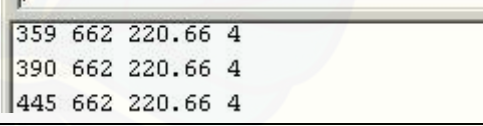
Input tegangan (volt)	Beban (watt)	Tap rele	Pengukuran
230	0	1	614 664 223.60 1 559 664 223.60 1 491 664 223.60 1
230	25	1	408 661 219.19 2 376 661 219.19 2 360 661 219.19 2
230	50	2	377 660 217.71 3 425 660 217.71 3 481 660 217.71 3
230	75	4	565 659 216.24 4 505 659 216.24 4 442 659 216.24 4
230	100	4	-

Tabel 44. Perulangan 8

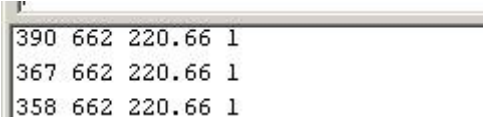
Input tegangan (volt)	Beban (watt)	Tap rele	Pengukuran
230	0	1	390 662 220.66 1 367 662 220.66 1 358 662 220.66 1
230	25	1	639 657 213.30 1 656 657 213.30 1 656 657 213.30 1
230	50	2	521 656 211.83 2 586 656 211.83 2 635 656 211.83 2

230	75	4	
230	100	4	-

Tabel 45. Perulangan 9

Input tegangan (volt)	Beban (watt)	Tap rele	Pengukuran
230	0	1	
230	25	1	
230	50	2	
230	75	4	
230	100	4	-

Tabel 46. Perulangan 10

Input tegangan (volt)	Beban (watt)	Tap rele	Pengukuran
230	0	1	

230	25	1	<pre> 639 657 213.30 1 656 657 213.30 1 656 657 213.30 1 </pre>
230	50	2	<pre> 521 656 211.83 2 586 656 211.83 2 635 656 211.83 2 </pre>
230	75	4	<pre> 359 662 220.66 4 390 662 220.66 4 445 662 220.66 4 </pre>
230	100	4	-

Tabel 47. Perulangan 11

Input tegangan (volt)	Beban (watt)	Tap rele	Pengukuran
230	0	1	<pre> 390 662 220.66 1 367 662 220.66 1 358 662 220.66 1 </pre>
230	25	1	<pre> 639 657 213.30 1 656 657 213.30 1 656 657 213.30 1 </pre>
230	50	2	<pre> 521 656 211.83 2 586 656 211.83 2 635 656 211.83 2 </pre>
230	75	4	<pre> 359 662 220.66 4 390 662 220.66 4 445 662 220.66 4 </pre>

230	100	4	
-----	-----	---	--

Tabel 48. Perulangan 12

Input tegangan (volt)	Beban (watt)	Tap rele	Pengukuran
230	0	1	<pre> 390 662 220.66 1 367 662 220.66 1 358 662 220.66 1 </pre>
230	25	1	<pre> 639 657 213.30 1 656 657 213.30 1 656 657 213.30 1 </pre>
230	50	2	<pre> 521 656 211.83 2 586 656 211.83 2 635 656 211.83 2 </pre>
230	75	4	<pre> 359 662 220.66 4 390 662 220.66 4 445 662 220.66 4 </pre>
230	100	4	-

## e. Data Perulangan 240 volt

Tabel 49. Perulangan 1

Input tegangan (volt)	Beban (watt)	Tap rele	Pengukuran
240	0	0	<pre> 507 662 220.66 0 439 662 220.66 0 384 662 220.66 0 </pre>

240	25	0	392 658 214.77 0 369 658 214.77 0 365 658 214.77 0
240	50	1	365 658 214.77 1 364 658 214.77 1 405 658 214.77 1
240	75	2	648 660 217.71 2 657 660 217.71 2 660 660 217.71 2
240	100	3	392 659 216.24 3 369 659 216.24 3 366 659 216.24 3

Tabel 50. Perulangan 2

Input tegangan (volt)	Beban (watt)	Tap rele	Pengukuran
240	0	0	502 662 220.66 0 572 662 220.66 0 631 662 220.66 0
240	25	0	656 657 213.30 0 655 657 213.30 0 616 657 213.30 0
240	50	1	640 659 216.24 1 593 659 216.24 1 540 659 216.24 1
240	75	2	603 659 216.24 2 547 659 216.24 2 479 659 216.24 2
240	100	3	625 658 214.77 3 576 658 214.77 3 518 658 214.77 3

Tabel 51. Perulangan 3

Input tegangan (volt)	Beban (watt)	Tap rele	Pengukuran
240	0	0	507 662 220.66 0 439 662 220.66 0 384 662 220.66 0
240	25	1	460 659 216.24 1 529 659 216.24 1 595 659 216.24 1
240	50	2	363 661 219.19 2 361 661 219.19 2 363 661 219.19 2
240	75	3	659 661 219.19 3 653 661 219.19 3 609 661 219.19 3
240	100	4	397 657 213.30 4 452 657 213.30 4 518 657 213.30 4

Tabel 52. Perulangan 4

Input tegangan (volt)	Beban (watt)	Tap rele	Pengukuran
240	0	0	502 662 220.66 0 572 662 220.66 0 631 662 220.66 0
240	25	0	656 657 213.30 0 655 657 213.30 0 616 657 213.30 0
240	50	1	640 659 216.24 1 593 659 216.24 1 540 659 216.24 1



240	75	2	<pre> 603 659 216.24 2 547 659 216.24 2 479 659 216.24 2 </pre>
240	100	3	<pre> 625 658 214.77 3 576 658 214.77 3 518 658 214.77 3 </pre>

Tabel 53. Perulangan 5

Input tegangan (volt)	Beban (watt)	Tap rele	Pengukuran
240	0	0	<pre> 502 662 220.66 0 572 662 220.66 0 631 662 220.66 0 </pre>
240	25	0	<pre> 656 657 213.30 0 655 657 213.30 0 616 657 213.30 0 </pre>
240	50	1	<pre> 640 659 216.24 1 593 659 216.24 1 540 659 216.24 1 </pre>
240	75	2	<pre> 603 659 216.24 2 547 659 216.24 2 479 659 216.24 2 </pre>
240	100	3	<pre> 625 658 214.77 3 576 658 214.77 3 518 658 214.77 3 </pre>

Tabel 54. Perulangan 6

Input tegangan (volt)	Beban (watt)	Tap rele	Pengukuran
240	0	0	<pre> 502 662 220.66 0 572 662 220.66 0 631 662 220.66 0 </pre>

240	25	0	656 657 213.30 0 655 657 213.30 0 616 657 213.30 0
240	50	1	640 659 216.24 1 593 659 216.24 1 540 659 216.24 1
240	75	2	603 659 216.24 2 547 659 216.24 2 479 659 216.24 2
240	100	3	625 658 214.77 3 576 658 214.77 3 518 658 214.77 3

Tabel 55. Perulangan 7

Input tegangan (volt)	Beban (watt)	Tap rele	Pengukuran
240	0	0	507 662 220.66 0 439 662 220.66 0 384 662 220.66 0
240	25	1	460 659 216.24 1 529 659 216.24 1 595 659 216.24 1
240	50	2	363 661 219.19 2 361 661 219.19 2 363 661 219.19 2
240	75	3	659 661 219.19 3 653 661 219.19 3 609 661 219.19 3
240	100	4	397 657 213.30 4 452 657 213.30 4 518 657 213.30 4

Tabel 56. Perulangan 8

Input tegangan (volt)	Beban (watt)	Tap rele	Pengukuran
240	0	0	507 662 220.66 0 439 662 220.66 0 384 662 220.66 0
240	25	1	460 659 216.24 1 529 659 216.24 1 595 659 216.24 1
240	50	2	363 661 219.19 2 361 661 219.19 2 363 661 219.19 2
240	75	3	659 661 219.19 3 653 661 219.19 3 609 661 219.19 3
240	100	4	397 657 213.30 4 452 657 213.30 4 518 657 213.30 4

Tabel 57. Perulangan 9

Input tegangan (volt)	Beban (watt)	Tap rele	Pengukuran
240	0	0	507 662 220.66 0 439 662 220.66 0 384 662 220.66 0
240	25	1	460 659 216.24 1 529 659 216.24 1 595 659 216.24 1
240	50	2	363 661 219.19 2 361 661 219.19 2 363 661 219.19 2

240	75	3	<pre>659 661 219.19 3 653 661 219.19 3 609 661 219.19 3</pre>
240	100	4	<pre>397 657 213.30 4 452 657 213.30 4 518 657 213.30 4</pre>

Tabel 58. Perulangan 10

Input tegangan (volt)	Beban (watt)	Tap rele	Pengukuran
240	0	0	<pre>507 662 220.66 0 439 662 220.66 0 384 662 220.66 0</pre>
240	25	1	<pre>460 659 216.24 1 529 659 216.24 1 595 659 216.24 1</pre>
240	50	2	<pre>363 661 219.19 2 361 661 219.19 2 363 661 219.19 2</pre>
240	75	3	<pre>659 661 219.19 3 653 661 219.19 3 609 661 219.19 3</pre>
240	100	4	<pre>397 657 213.30 4 452 657 213.30 4 518 657 213.30 4</pre>

Tabel 59. Perulangan 11

Input tegangan (volt)	Beban (watt)	Tap rele	Pengukuran
240	0	0	<pre>623 662 220.66 0 568 662 220.66 0 503 662 220.66 0</pre>

240	25	1	<pre> 604 661 219.19 1 548 661 219.19 1 475 661 219.19 1 </pre>
240	50	2	<pre> 657 661 219.19 2 657 661 219.19 2 618 661 219.19 2 </pre>
240	75	3	<pre> 658 661 219.19 3 660 661 219.19 3 623 661 219.19 3 </pre>
240	100	4	<pre> 632 658 214.77 4 653 658 214.77 4 654 658 214.77 4 </pre>

Tabel 60. Perulangan 12

Input tegangan (volt)	Beban (watt)	Tap rele	Pengukuran
240	0	0	<pre> 623 662 220.66 0 568 662 220.66 0 503 662 220.66 0 </pre>
240	25	1	<pre> 604 661 219.19 1 548 661 219.19 1 475 661 219.19 1 </pre>
240	50	2	<pre> 657 661 219.19 2 657 661 219.19 2 618 661 219.19 2 </pre>
240	75	3	<pre> 658 661 219.19 3 660 661 219.19 3 623 661 219.19 3 </pre>
240	100	4	<pre> 632 658 214.77 4 653 658 214.77 4 654 658 214.77 4 </pre>

**Lampiran B.**

a. Perhitungan error persen tegangan (%)

$$E\% = \left| \frac{\text{Tegangan Tap} - \text{Tegangan output}}{\text{Tegangan output}} \right| \times 100\%$$

- Variasi Tegangan Input tanpa Beban

200 Volt

$$E\% = \left| \frac{240 - 217}{217} \right| \times 100\%$$

$$E\% = 0,1059 \times 100\%$$

$$E\% = 10,5 \%$$

210 Volt

$$E\% = \left| \frac{230 - 216}{216} \right| \times 100\%$$

$$E\% = 0,064 \times 100\%$$

$$E\% = 6,4 \%$$

220 Volt

$$E\% = \left| \frac{220 - 219}{219} \right| \times 100\%$$

$$E\% = 0,004 \times 100\%$$

$$E\% = 0,4 \%$$

230 Volt

$$E\% = \left| \frac{210 - 219}{219} \right| \times 100\%$$

$$E\% = 0,041 \times 100\%$$

$$E\% = 0,41 \%$$

240 Volt



$$E\% = \left| \frac{2200 - 225}{225} \right| \times 100\%$$

$$E\% = 0,111 \times 100\%$$

$$E\% = 11,1 \%$$

- Variasi beban tegangan 220 volt

Data 1

0 watt

220 Volt

$$E\% = \left| \frac{220 - 222,13}{222,13} \right| \times 100\%$$

$$E\% = 0,009 \times 100\%$$

$$E\% = 0,9 \%$$

25 watt

220 Volt

$$E\% = \left| \frac{220 - 214,77}{214,77} \right| \times 100\%$$

$$E\% = 0,024 \times 100\%$$

$$E\% = 2,4 \%$$

50 watt

220 Volt

$$E\% = \left| \frac{230 - 214,77}{214,77} \right| \times 100\%$$

$$E\% = 0,070 \times 100\%$$

$$E\% = 7 \%$$

75 watt

220 Volt

$$E\% = \left| \frac{240 - 211,83}{211,83} \right| \times 100\%$$

$$E\% = 0,132 \times 100\%$$

$$E\% = 13,2 \%$$

100 watt

220 Volt

$$E\% = \left| \frac{240 - 201,53}{201,53} \right| \times 100\%$$

$$E\% = 0,19 \times 100\%$$

$$E\% = 19 \%$$

Data 2

0 watt

220 Volt

$$E\% = \left| \frac{220 - 219,19}{219,19} \right| \times 100\%$$

$$E\% = 0,003 \times 100\%$$

$$E\% = 0,3 \%$$

25 watt

220 Volt

$$E\% = \left| \frac{230 - 220,66}{220,66} \right| \times 100\%$$

$$E\% = 0,042 \times 100\%$$

$$E\% = 4,2 \%$$

50 watt

220 Volt

$$E\% = \left| \frac{240 - 217,71}{217,71} \right| \times 100\%$$

$$E\% = 0,103 \times 100\%$$

$$E\% = 10,3 \%$$

75 watt

220 Volt

$$E\% = \left| \frac{240 - 205,94}{205,94} \right| \times 100\%$$

$$E\% = 0,165 \times 100\%$$

$$E\% = 16,5 \%$$

100 watt

220 Volt

$$E\% = \left| \frac{240 - 192,7}{192,7} \right| \times 100\%$$

$$E\% = 0,245 \times 100\%$$

$$E\% = 24,5 \%$$

Data 3

0 watt

220 Volt

$$E\% = \left| \frac{230 - 220,66}{220,66} \right| \times 100\%$$

$$E\% = 0,042 \times 100\%$$

$$E\% = 4,2 \%$$

25 watt

220 Volt

$$E\% = \left| \frac{240 - 216,24}{216,24} \right| \times 100\%$$

$$E\% = 0,109 \times 100\%$$

$$E\% = 10,9 \%$$

50 watt

220 Volt

$$E\% = \left| \frac{240 - 214,77}{214,77} \right| \times 100\%$$

$$E\% = 0,182 \times 100\%$$

$$E\% = 11,7 \%$$

75 watt

220 Volt

$$E\% = \left| \frac{240 - 195,64}{195,64} \right| \times 100\%$$

$$E\% = 0,226 \times 100\%$$

$$E\% = 22,6 \%$$

100 watt

220 Volt

$$E\% = \left| \frac{240 - 185,34}{185,34} \right| \times 100\%$$

$$E\% = 0,291 \times 100\%$$

$$E\% = 29,1 \%$$

- Variasi Tegangan 200 volt

0 watt

$$E\% = \left| \frac{240 - 220,66}{220,66} \right| \times 100\%$$

$$E\% = 0,087 \times 100\%$$

$$E\% = 8,7 \%$$

25 watt

$$E\% = \left| \frac{240 - 208,89}{208,89} \right| \times 100\%$$

$$E\% = 0,148 \times 100\%$$

$$E\% = 14,8 \%$$

50 watt

$$E\% = \left| \frac{240 - 195,64}{195,64} \right| \times 100\%$$

$$E\% = 0,226 \times 100\%$$

$$E\% = 22,6 \%$$

75 watt

$$E\% = \left| \frac{240 - 188,29}{188,29} \right| \times 100\%$$

$$E\% = 0,274 \times 100\%$$

$$E\% = 27,4 \%$$

100 watt

$$E\% = \left| \frac{240 - 177,99}{177,99} \right| \times 100\%$$

$$E\% = 0,348 \times 100\%$$

$$E\% = 34,8 \%$$

- Pengujian Tegangan 210 volt

Data 1

0 watt

$$E\% = \left| \frac{230 - 220,66}{220,66} \right| \times 100\%$$

$$E\% = 0,042 \times 100\%$$

$$E\% = 4,2 \%$$

25 watt

$$E\% = \left| \frac{230 - 222,13}{222,13} \right| \times 100\%$$

$$E\% = 0,035 \times 100\%$$

$$E\% = 3,5 \%$$

50 watt

$$E\% = \left| \frac{240 - 216,24}{216,24} \right| \times 100\%$$

$$E\% = 0,109 \times 100\%$$

$$E\% = 10,9 \%$$

75 watt

$$E\% = \left| \frac{240 - 208,89}{208,89} \right| \times 100\%$$

$$E\% = 0,148 \times 100\%$$

$$E\% = 14,8 \%$$

100 watt

$$E\% = \left| \frac{240 - 198,59}{198,59} \right| \times 100\%$$

$$E\% = 0,208 \times 100\%$$

$$E\% = 20,8 \%$$



Data 2

0 watt

$$E\% = \left| \frac{220 - 223,66}{220,66} \right| \times 100\%$$

$$E\% = 0,016 \times 100\%$$

$$E\% = 1,6 \%$$

25 watt

$$E\% = \left| \frac{230 - 222,13}{222,13} \right| \times 100\%$$

$$E\% = 0,035 \times 100\%$$

$$E\% = 3,5 \%$$

50 watt

$$E\% = \left| \frac{240 - 216,24}{216,24} \right| \times 100\%$$

$$E\% = 0,109 \times 100\%$$

$$E\% = 10,9 \%$$

75 watt

$$E\% = \left| \frac{240 - 208,89}{208,89} \right| \times 100\%$$

$$E\% = 0,148 \times 100\%$$

$$E\% = 14,8 \%$$

100 watt

$$E\% = \left| \frac{240 - 198,59}{198,59} \right| \times 100\%$$

$$E\% = 0,208 \times 100\%$$

$$E\% = 20,8 \%$$

- Pengujian Tegangan 230 volt

0 watt

$$E\% = \left| \frac{210 - 220,66}{220,66} \right| \times 100\%$$

$$E\% = 0,048 \times 100\%$$

$$E\% = 4,8 \%$$

25 watt

$$E\% = \left| \frac{210 - 213,30}{213,30} \right| \times 100\%$$

$$E\% = 0,015 \times 100\%$$

$$E\% = 1,5 \%$$

50 watt

$$E\% = \left| \frac{210 - 211,83}{211,83} \right| \times 100\%$$

$$E\% = 0,038 \times 100\%$$

$$E\% = 3,8 \%$$

75 watt

$$E\% = \left| \frac{240 - 220,66}{220,66} \right| \times 100\%$$

$$E\% = 0,087 \times 100\%$$

$$E\% = 8,7 \%$$

100 watt

$$E\% = \left| \frac{240 - 205,94}{205,94} \right| \times 100\%$$

$$E\% = 0,165 \times 100\%$$

$$E\% = 16,5 \%$$

- Pengujian Tegangan 240 volt

Data 1

0 watt

$$E\% = \left| \frac{200 - 220,66}{220,66} \right| \times 100\%$$

$$E\% = 0,0936 \times 100\%$$

$$E\% = 9,36 \%$$

25 watt

$$E\% = \left| \frac{200 - 213,30}{213,30} \right| \times 100\%$$

$$E\% = 0,062 \times 100\%$$

$$E\% = 6,2 \%$$

50 watt

$$E\% = \left| \frac{210 - 216,24}{216,24} \right| \times 100\%$$

$$E\% = 0,028 \times 100\%$$

$$E\% = 2,8 \%$$

75 watt

$$E\% = \left| \frac{240 - 216,24}{216,24} \right| \times 100\%$$

$$E\% = 0,017 \times 100\%$$

$$E\% = 1,7 \%$$

100 watt

$$E\% = \left| \frac{240 - 214,77}{214,77} \right| \times 100\%$$

$$E\% = 0,070 \times 100\%$$

$$E\% = 7 \%$$

Data 2

0 watt

$$E\% = \left| \frac{200 - 220,66}{220,66} \right| \times 100\%$$

$$E\% = 0,0936 \times 100\%$$

$$E\% = 9,3 \%$$

25 watt

$$E\% = \left| \frac{210 - 216,24}{216,24} \right| \times 100\%$$

$$E\% = 0,028 \times 100\%$$

$$E\% = 2,8 \%$$

50 watt

$$E\% = \left| \frac{220 - 219,19}{219,19} \right| \times 100\%$$

$$E\% = 0,003 \times 100\%$$

$$E\% = 0,3 \%$$

75 watt

$$E\% = \left| \frac{230 - 219,19}{219,19} \right| \times 100\%$$

$$E\% = 0,049 \times 100\%$$

$$E\% = 4,9 \%$$

100 watt

$$E\% = \left| \frac{240 - 213,30}{213,30} \right| \times 100\%$$

$$E\% = 0,125 \times 100\%$$

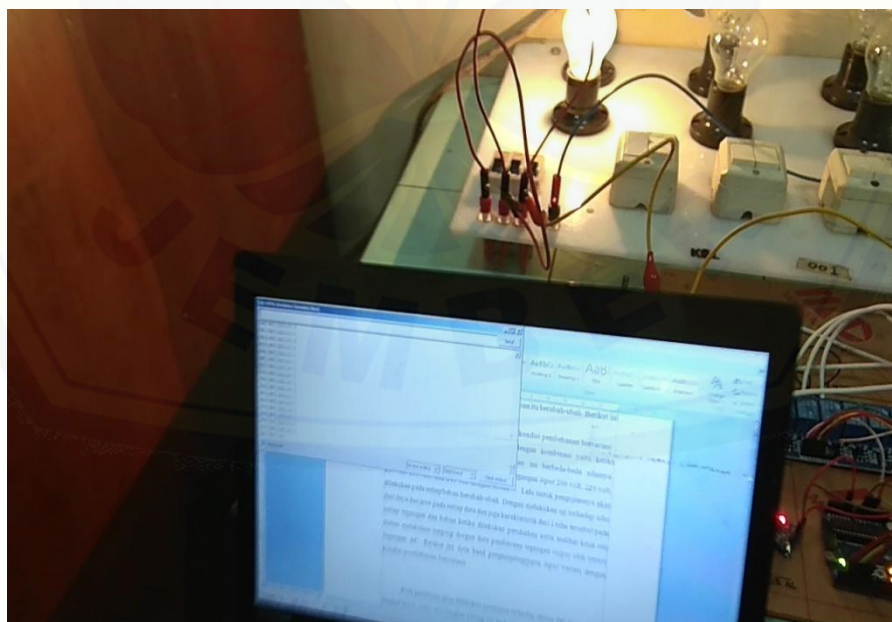
$$E\% = 12,5 \%$$

**Lampiran C.**

Dokumentasi pengujian.tidak berbeban



Dokumentasi pengujian.tidak berbeban





**Lampiran D.**

Data program pada arduino uno

```
jojo2
double   teg;
long     t1,maxBaru,maxLama;
int      tab = 0;
int      relay[5]={2,3,4,5,6};

void setup() {
  Serial.begin(9600);
  pinMode(relay[0],OUTPUT);
  pinMode(relay[1],OUTPUT);
  pinMode(relay[2],OUTPUT);
  pinMode(relay[3],OUTPUT);
  pinMode(relay[4],OUTPUT);
  digitalWrite(relay[0],LOW);
  digitalWrite(relay[1],HIGH);
  digitalWrite(relay[2],HIGH);
  digitalWrite(relay[3],HIGH);
  digitalWrite(relay[4],HIGH);
}

void loop() {
  int nilai = analogRead(A3);//baca nilai analog

  if(nilai > maxLama){           //mencari nilai maksimal
    maxLama = nilai;           //apabila nilai terbaru
  }                             //lebih dari maksimal lama, maka
                               //nilai maksimalnya diganti

  if(millis() >= t1+2000){
    Serial.println("MASUK");
    maxBaru = maxLama;
    maxLama = 0;
    teg     = 1.4714*maxBaru-753.41;
  }
}
```



```
if(millis() >= t1+2000){
  Serial.println("MASUK");
  maxBaru = maxLama;
  maxLama = 0;
  teg     = 1.4714*maxBaru-753.41;

  //tab ditaruh sini
  if (teg <= 209){
    tab++;
    if(tab>=4)tab=4;
  }
  else if (teg >= 231){
    tab--;
    if(tab<=0)tab=0;
  }
  for(int a = 0; a<=4; a++){
    if(tab==a){
      digitalWrite(relay[a],LOW);
    }
    else{
      digitalWrite(relay[a],HIGH);
    }
  }

  t1     = millis();
}

Serial.println(String(nilai)+ " "+String(maxBaru)+" "+String(teg)+" "+String(tab))

delay(1);
}
```