



**MODEL SISTEM OTOMASI PENGALIHAN DAYA
PADA TRANSFORMATOR BERBASIS
MIKROKONTROLER**

Skripsi

**diajukan sebagai salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana
Pendidikan Program Studi Pendidikan Teknik Elektro**

Oleh

Dwi Yulianto

5301412059

**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG
2020**

PENGESAHAN

Skripsi dengan judul Model Sistem Otomasi Pengalihan Daya Pada Transformator Berbasis Mikrokontroler telah dipertahan di depan sidang Panitia Ujian Skripsi Fakultas Teknik UNNES pada tanggal 23 bulan Agustus tahun 2019

Nama : Dwi Yulianto
NIM : 5301412059
Program Studi : Pendidikan Teknik Elektro

Panitia,

Ketua Panitia



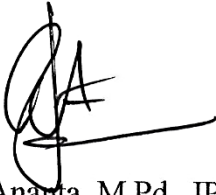
Drs. Agus Suryanto, M.T.
NIP. 196708181992031004

Sekretaris



Drs. Agus Suryanto, M.T.
NIP. 196708181992031004

Penguji I



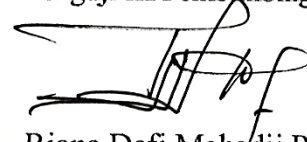
Drs. Ir. Henry Ananta, M.Pd., IPM
NIP. 195907051986011002

Penguji II/Pembimbing I



Tatyantoro Andrasto, S.T., M.T.
NIP. 196803161999031001

Penguji III/Pembimbing II



Riana Defi Mahadji Putri, S.T., M.T.
NIP. 197609182005012001

Mengetahui,

Dekan Fakultas Teknik UNNES



Dr. Nur Oudus, M.T., IPM
NIP. 196911301994031001

ABSTRAK

Dwi Yulianto. 2019. *Model Sistem Otomasi Pengalihan Daya Pada Transformator Berbasis Mikrokontroler*. Skripsi, Pendidikan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Semarang. Pembimbing: Tatyantoro Andrasto, S.T., M.T., Riana Defi Mahadji Putri, S.T., M.T.

Penelitian ini dilatarbelakangi oleh ketidakseimbangan beban pada transformator yang mengakibatkan *losses* pada arus netral. Untuk menjaga stabilitas tersebut perlu diperhatikan pembebanan pada masing-masing transformator dan di *monitoring* secara *real-time*. Pada sistem distribusi daya yang umum, aliran arus tidak konstan karena beban berubah secara terus menerus. Perubahan beban ini dapat diantisipasi dengan penggunaan sistem pelimpah beban yang bekerja secara *real-time* yaitu model sistem otomasi pengalihan daya beban pada *transformator*. Model sistem otomasi pengalihan daya beban ini merupakan sebuah sistem yang terintegrasi baik *hardware* maupun *software* yang berfungsi sebagai pengalih beban pada *transformator* sesuai besaran arus, menampilkan data secara *real-time* berupa tegangan, arus dan suhu pada *transformator* untuk mencegah kerusakan maupun kerugian (*losses*) arus netral. Tujuan penelitian ini adalah mengembangkan dan menguji model sistem menggunakan *Mikrokontroler* untuk mengontrol dan mengalihkan beban pada *transformator*.

Metode yang digunakan adalah *Research and Development (RnD)*. Proses penelitian *RnD* dibagi menjadi tiga tahap yaitu tahap studi, tahap *research*, dan pengembangan. Tahapan studi meliputi studi pustaka, studi lapangan terhadap sistem pengamanan rumah, dan analisis data. Tahap *research* yang dilakukan adalah mendesain dan membuat *prototype* alat, melakukan pengujian dan revisi pada uji ahli dan *black box*. Pada tahap pengembangan dilakukan pengujian pengguna untuk mengetahui efektifitas dan efisiensi alat serta revisi apabila terdapat kekurangan sebelum dinyatakan sebagai hasil akhir.

Penelitian ini menghasilkan model sistem otomasi pengalihan daya beban pada *transformator* berbasis *mikrokontroler*. *Mikrokontroler* yang digunakan berupa *board* Arduino Mega dengan IC 2560. Mekanisme pengalihan beban menggunakan *relay* PMT (Pemutus) dan PMS (Pemisah). Model sistem ini telah melalui beberapa pengujian seperti uji ahli, uji *black box*, dan uji pengguna. Analisa terhadap hasil uji ahli menunjukkan skor 81% dengan kategori “baik”, hasil uji *black box* menunjukkan *software* dapat bekerja sesuai desain rancangan, dan hasil uji pengguna memperoleh skor 84,33% dengan kategori “sangat baik”. Secara keseluruhan alat tersebut telah memenuhi berbagai kriteria uji dan dinyatakan layak digunakan sebagai model sistem *monitoring* untuk daya rendah.

Kata kunci: *losses, monitoring, real-time, transformator, mikrokontroler, research and development.*

KATA PENGANTAR

Puji syukur Alhamdulillah peneliti panjatkan kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan nikmat, rahmat, taufik, dan hidayah-Nya, sehingga penulisan skripsi ini dapat diselesaikan dengan baik.

Laporan skripsi ini disusun guna memenuhi salah satu syarat untuk menyelesaikan Program Studi Pendidikan Teknik Elektro Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang. Keberhasilan peneliti dalam menyusun skripsi ini tidak terlepas dari bantuan, dorongan, serta doa dari berbagai pihak baik secara langsung maupun tidak langsung. Pada kesempatan ini, dengan segala kerendahan hati peneliti menyampaikan terima kasih yang setulus-tulusnya kepada :

1. Kedua Orangtua tercinta, Bapak dan Ibu yang selalu memberikan doa, semangat, serta dorongan yang tiada hentinya.
2. Bapak Tatyantoro Andrasto, S.T. sebagai dosen pembimbing utama yang telah memberikan arahan, bimbingan, dan saran kepada peneliti.
3. Bapak Riana Defi Mahadji Putri, S.T., M.T. sebagai dosen pembimbing kedua yang telah memberikan arahan, bimbingan, dan saran kepada peneliti.
4. Bapak Dr. Nur Qudus, M.T. sebagai Dekan Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang.
5. Bapak Ir. Ulfah Mediaty Arief, M.T., IPM sebagai Ketua Jurusan Teknik Elektro dan Ketua Program Studi Pendidikan Teknik Elektro.
6. Seluruh Dosen dan staff karyawan Jurusan Teknik Elektro.

7. Rekan-rekan PTE 2012 yang selalu memberikan bantuan serta semangat dalam penyusunan skripsi ini.
 8. Serta pihak-pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu dalam tulisan ini.
- Semoga laporan skripsi ini dapat bermanfaat bagi semua pihak sebagaimana yang diharapkan. Amin.

Peneliti,

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Dwi Yulianto', with a stylized flourish at the end.

Dwi Yulianto

DAFTAR ISI

Halaman

PENGESAHAN	ii
ABSTRAK	iii
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Identifikasi Masalah.....	5
1.3. Rumusan Masalah	5
1.4. Batasan Masalah	6
1.5. Tujuan Penelitian	6
1.6. Manfaat Penelitian	7
1.7. Sistematika Penulisan	7
BAB II LANDASAN TEORI	9
1.1. Kajian Pustaka	9
1.2. Landasan Teori.....	12
1.2.1. Transformator	12
1.2.2. Mikrokontroler	14

	Halaman
1.2.3. Arduino Mega	15
1.2.4. Arduino IDE.....	19
1.2.5. Sensor Suhu	20
1.2.6. Sensor Arus	23
1.2.7. Sensor Tegangan.....	24
1.2.8. Relay	27
1.2.9. <i>Liquid Cristal Display</i> (LCD).....	28
1.2.10. HMI (<i>Human Machine Interface</i>).....	30
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	31
3.1. Metode Penelitian	31
3.2. Prosedur Pengembangan.....	32
3.3. Tahap Studi	32
3.3.1. Studi Pustaka.....	32
3.3.2. Studi Lapangan	33
3.3.3. Analisis Data	33
3.4. Tahapan <i>Research</i>	34
3.4.1. Desain Produk.....	34
3.4.2. Pembuatan Alat.....	35
3.4.3. Validasi Desain	39
3.4.4. Revisi Desain	42
3.5. Tahap Pengembangan	42
3.5.1. Uji Coba Sistem	42
3.1.6. Revisi Produk dan Hasil Akhir	48
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	50

	Halaman
4.1. Hasil Penelitian	50
4.1.1. Deskripsi Alat Perancangan	50
4.1.2. Hasil Pengujian Alat	54
4.1.3. Hasil Revisi Alat	57
4.2. Pembahasan.....	59
4.2.1. Pembahasan Uji Ahli	59
4.2.2. Pembahasan Uji <i>Black Box</i>	60
4.2.3. Pembahasan Uji Pengguna.....	61
4.2.4. Perbandingan dengan Penelitian yang Relevan	62
BAB V PENUTUP	64
5.1. Kesimpulan	64
5.2. Saran	64
DAFTAR PUSTAKA	66

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1. Transformator Dasar	13
Gambar 2. Arduino Mega	16
Gambar 3. Software Arduino IDE	20
Gambar 4. Pin pada sensor suhu LM35	21
Gambar 5. Sensor Suhu LM 35	21
Gambar 6. Rangkaian Dasar LM35	22
Gambar 7. Pin out diagram (Kiri) dan rangkaian sensor arus ACS712 (kanan)...	23
Gambar 8. Sensor Arus ACS712	23
Gambar 9. Rangkaian sensor tegangan	25
Gambar 10. Rangkaian dasar pembagi tegangan	25
Gambar 11. Rangkaian pembagi tegangan terbebani.....	26
Gambar 12. Penyederhana Rangkaian	26
Gambar 13. Bentuk Relay	27
Gambar 14. Modul LCD 16 x 2	29
Gambar 15. Diagram blok rancangan sistem HMI	30
Gambar 16. Langkah-langkah metode penelitian research and development (R&D)	31
Gambar 17. Tahap kegiatan penelitian dan pengembangan produk	32
Gambar 18. Perancangan alat.....	34
Gambar 19. Bagan Rangkaian	36
Gambar 20. Desain perangkat lunak	38

	Halaman
Gambar 21. Hasil desain elektronik	52
Gambar 22. Sistem otomasi pengalihan daya beban Pada Transformator Berbasis mikrokontroler.....	52
Gambar 23. Sebelum dan Sesudah Revisi.....	58

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1. Spesifikasi Arduino Mega.....	17
Tabel 2. Konfigurasi Pin LCD 16 x 2	29
Tabel 3. Kisi-kisi Angket Ahli Sistem	39
Tabel 4. Skenario Pengujian Task Testing.....	41
Tabel 5. Skenario Pengujian Error Trapping	42
Tabel 6. Sampel Penelitian Uji Pengguna.....	44
Tabel 7. Kisi-kisi Uji Pengguna	44
Tabel 8. Interval Pengkategoriaan Skor	48
Tabel 9. Hasil Tabulasi Uji Ahli	54
Tabel 10. Hasil Tabulasi Uji Pengguna.....	56
Tabel 11. Hasil Perhitungan Aspek Uji Ahli	59
Tabel 12. Hasil Perhitungan Aspek Uji Pengguna.....	61

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1. Formulir usulan topik skripsi.....	68
Lampiran 2. Surat usulan dosen pembimbing.....	69
Lampiran 3. Surat tugas dosen pembimbing.....	70
Lampiran 4. <i>Source code interface</i> dan program arduino.....	71
Lampiran 5. Hasil Uji Black Box.....	82
Lampiran 6. Skema Rangkaian	92
Lampiran 7. Flowchart	93
Lampiran 8. Dokumentasi penelitian	94
Lampiran 9. Tabulasi hasil uji pengguna	95
Lampiran 10. Kuesioner uji ahli	96
Lampiran 11. Kuesioner uji pengguna	99

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Penggunaan energi listrik memegang peranan penting dalam kehidupan modern, baik di kawasan industri maupun di kalangan masyarakat. Energi listrik di abad ini sangat penting dan merupakan salah satu kebutuhan perekonomian yang berdasarkan atas tantangan yang dihadapi oleh umat manusia dalam meningkatkan derajat hidupnya. Sistem distribusi merupakan salah satu sistem dalam tenaga listrik yang mempunyai peran penting karena berhubungan langsung dengan pemakai energi listrik, terutama pemakai energi listrik tegangan menengah dan tegangan rendah. Biasanya sering kali terjadi beban tidak seimbang pada fasa-fasanya (sistem distribusi merupakan sistem 3 fasa) atau terjadi kelebihan beban karena pemakaian konsumen (Antonov, Doni Aprinaldo, 2015).

Dalam menjaga stabilitas sistem tenaga listrik, kualitas daya merupakan hal yang penting. Untuk menjaga stabilitas tersebut perlu diperhatikan pembebanan pada transformator distribusi. (Yoakim Simamora, Panusur S.M.L. Tobing, 2010)

Pada sistem distribusi daya yang umum, aliran arus tidak konstan. Beban berubah menurut detik, menit, dan jam dari hari ke hari. Sebab penurunan tegangan pada bagian-bagian sistem ditentukan oleh jumlah arus yang mengalir. Dengan kata lain, pada transformator ideal output daya harus sama dengan input daya (Frank D. Petruzella, 1996:83).

Sebagai akibat dari ketidakseimbangan beban pada sisi sekunder Transformator mengalir arus di netral Transformator. Arus yang mengalir pada penghantar netral Transformator ini menyebabkan *losses* (rugi-rugi) (Frank D. Petruzella, 1996:83).

Kegiatan penyeimbangan beban trafo distribusi merupakan kegiatan rutin yang dilakukan PLN. Hal ini dikarenakan selalu terjadi ketidakseimbangan beban antar fasa seiring dengan terus meningkatnya jumlah pelanggan. Jumlah pertumbuhan pelanggan PLN tidak sama disetiap fasanya. Begitu pula jika terjadi putus langganan pengguna energi listrik PLN, maka akan berbeda setiap fasa. Karena keadaan beban yang terus berubah, maka perlu dilakukan penyeimbangan beban secara berkala. Jumlah gardu distribusi dalam wilayah kerja PLN Ranting/Rayon/Cabang lebih banyak dibanding dengan jumlah petugas pemeliharaan. Sehingga jika penyeimbangan tetap dilakukan dengan cara konvensional maka akan memakan waktu lama untuk proses penyeimbangan beban. Karena cara konvensional memungkinkan untuk dilakukan penyeimbangan lebih dari sekali sehingga tidak efektif dan efisien dalam biaya, tenaga, dan waktu (Fazari Abdillah, Margo Pujiantara, Soedibjo, 2014).

SCADA (*Supervisory Control and Data Acquisition*) merupakan sistem pendukung utama dalam sistem pengendalian tenaga listrik. Beberapa kelebihan sistem SCADA yaitu memudahkan *dispatcher* (operator) untuk memantau keseluruhan jaringan distribusi tanpa harus melihat langsung ke lapangan. Pengontrolan dan pengawasan seluruh sistem pada kawasan ini dapat dilakukan secara terintegrasi pada suatu tempat. Sistem SCADA sangat bermanfaat terutama

pada saat pemeliharaan dan penormalan jika terjadi gangguan (Nela Aniza Z, Anton Hidayat, Werman Kasoep, 2010)

SCADA pada industri saat ini masih menggunakan sistem kontrol PLC (*programmable logic controller*). Sistem SCADA pada PLC memiliki kelemahan dalam segi ekonomis. Untuk meminimalisasi kekurangan pada PLC diganti dengan sistem kontrol seperti mikrokontroler, karena sistem mikrokontroler memiliki fungsi yang sama pada PLC (Medilla Kusriyanto, Muhammad Syariffudin, 2009)

Menurut Muhammad Syahwil (2013), Mikrokontroler juga digunakan dalam produk dan alat yang dikendalikan secara otomatis, seperti sistem kontrol mesin, remote kontrol, mesin kontrol, peralatan rumah tangga, alat berat, dan mainan. Dengan mengurangi ukuran, biaya, dan konsumsi tenaga dibandingkan dengan mendesain menggunakan mikroprocessor memori, dan alat input output yang terpisah, kehadiran mikrokontroler membuat kontrol elektrik untuk berbagai proses menjadi lebih ekonomis.

Arduino merupakan salah satu dari sekian produk edukasi mikrokontroler sebagai proyek rintisan berlisensi terbuka dan mampu difungsikan sebagai produk akhir (Jazi Eko Istiyanto, 2014).

Struktur serta antarmuka Arduino yang sederhana memberi kemudahan pengguna dalam memahami parameter (visualisasi maupun non-visual) seperti konsep sensor atau penerapan sensor elektronik yang tidak bisa diamati langsung, seperti inframerah (Premeaux, 2012). Masalah yang akan dijelaskan dalam penelitian ini adalah bagaimana merancang simulasi sistem pengalihan daya pada transformator berbasis Mikrokontroler dan merancang HMI (*Human Machine*

Interface) yang berisikan sistem pengawasan dan pengontrolan untuk suatu *plant* yang dikontrol oleh Arduino Mega. Sistem tersebut adalah simulasi untuk mengatasi masalah rugi arus netral pada Transformator dimana daya beban dialihkan ke Transformator dengan arus yang paling mendekati beban untuk mengurangi rugi-rugi arus netral tersebut. Sistem otomasi ini digunakan untuk mengontrol dan mengalihkan beban Transformator serta menjamin kontinuitas data berupa tegangan, arus, dan suhu secara *real-time*. Sistem juga menampilkan kondisi Transformator dalam keadaan baik ataupun rusak. Harapannya dengan adanya simulasi sistem otomasi ini dapat memudahkan pengontrolan dan perolehan data, memudahkan petugas dalam penggantian Transformator, dan mengurangi rugi arus netral. Dan nantinya dapat dikembangkan ke skala yang lebih besar.

1.2. Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang dan hasil observasi diatas terdapat beberapa masalah yang dapat diidentifikasi yaitu :

1. Ketidakseimbangan beban pada transformator dapat menyebabkan *losses* (rugi-rugi) daya karena arus lebih di alihkan ke netral Transformator.
2. Karena keadaan beban yang terus berubah, maka perlu dilakukan penyeimbangan beban secara berkala. Sehingga jika penyeimbangan tetap dilakukan dengan cara konvensional maka akan memakan waktu lama untuk proses penyeimbangan beban.
3. Perlunya sistem otomasi yang dapat membantu kinerja petugas sehingga tidak perlu mengalihkan dan mengontrol Transformator secara manual.

1.3. Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian di atas, rumusan masalah yang diangkat dalam penelitian ini adalah :

1. Bagaimanakah desain dan *prototype* Model Sistem Otomasi Pengalihan Daya pada Transformator berbasis Mikrokontroler tersebut ?
2. Bagaimanakah kinerja Model Sistem Otomasi Pengalihan Daya pada Transformator berbasis Mikrokontroler tersebut ?
3. Bagaimanakah kelayakan pemakaian Model Sistem Otomasi Pengalihan Daya pada Transformator berbasis Mikrokontroler tersebut ?

1.4. Batasan Masalah

Adapun batasan masalah pada Model Sistem Otomasi Pengalihan Daya pada Transformator berbasis Mikrokontroler ini adalah sebagai berikut :

1. Sistem ini dibuat dengan menggunakan Transformator step-down 1 fasa 1A, 3A dan 5A dengan beban maksimal 120 watt.
2. Beban yang digunakan adalah lampu 10 watt sebanyak 12 buah.
3. Sistem Otomasi ini dioperasikan menggunakan Arduino Mega.
4. Tampilan data yang di sajikan menggunakan LCD dan komputer.
5. Penelitian dilakukan hingga tahap pengembangan sistem yang terintegrasi berupa prototype. Tahap implementasi dan proyek kerjasama hanya merupakan usulan untuk penelititan berikutnya.

1.5. Tujuan Penelitian

Berdasarkan perumusan masalah di atas, maka tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Menghasilkan desain dan *prototype* alat Sistem Otomasi Penyeimbang Beban pada Transformator berbasis Mikrokontroler.
2. Mengetahui kinerja Model Sistem Otomasi Pengalihan Daya pada Transformator berbasis Mikrokontroler.
3. Mengetahui kelayakan Model Sistem Otomasi Pengalihan Daya pada Transformator berbasis Mikrokontroler.

1.6. Manfaat Penelitian

Manfaat yang ingin dicapai jika penelitian ini diimplementasikan antara lain:

1. Peningkatan kontrol sistem yang lebih efektif dan efisien.
2. Data yang disajikan secara *real-time*, sehingga lebih cepat dan dapat mengantisipasi adanya kelebihan beban, arus, dan suhu pada pembangkit listrik.
3. Dapat mengalihkan beban pada Transformator secara otomatis. Sehingga mengurangi rugi daya pada Transformator.
4. Dengan penyeimbangan beban trafo dapat memelihara keandalan fungsi atau memperpanjang umur dari trafo tersebut dan juga menjaga trafo agar tidak cepat rusak.

1.7. Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan pada penelitian ini adalah :

1. Bab I Pendahuluan

Berisi latar belakang masalah, rumusan masalah, pembatasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, dan sistematika penulisan penelitian.

2. Bab II Landasan Teori

Berisi penjabaran teori dan kajian pustaka berdasarkan teori yang relevan untuk digunakan sebagai bahan acuan dalam penelitian.

3. Bab III Metode Penelitian

Bab ini menjabarkan model pengembangan sistem yang akan dibuat, serta sistematika perancangan dan pembuatan Sistem Otomasi Pengalihan Daya pada Transformator berbasis Mikrokontroler.

4. Bab IV Hasil dan Pembahasan

Bab ini akan membahas mengenai hasil dari model pengembangan yang digunakan dalam perancangan dan pembuatan Sistem Otomasi Pengalihan Daya pada Transformator berbasis Mikrokontroler serta menjelaskan pembahasan hasil pengujian terhadap alat dan kesesuaian dengan tujuan yang telah dijelaskan sebelumnya.

5. Bab V Penutup

Berisi tentang kesimpulan dan saran berdasarkan hasil pengembangan Sistem Otomasi Pengalihan Daya pada Transformator berbasis Mikrokontroler.

BAB II

LANDASAN TEORI

1.1. Kajian Pustaka

Penelitian tentang topik penyeimbang beban telah banyak dilakukan, menurut fokus dan kajian masing-masing. Beberapa penelitian yang berkaitan dengan topik tersebut diantaranya :

1. Aplikasi Multi Kontrol Secara *Real Time* Berbasis Mikrokontroler ATmega32 Pada Alat VJ3000 di Stasiun Pemancar LPP RRI Bandar Lampung (Ali Jaya & Gurum Ahmad Pauzi: 2013). Pada penelitian ini dihasilkan aplikasi multi kontrol secara *Real Time* berbasis Mikrokontroler ATmega32 pada alat panel power VJ3000. Dari hasil perancangan dan pengujian keseluruhan alat ini diperoleh yaitu (1) untuk melakukan penyettingan ON dan OFF dapat digunakan keypad matrik; (2) VJ3000 akan ON dan OFF jika jadwal yang telah tersimpan pada EEPROM sama dengan waktu pada RTC; (3) output dari aplikasi ini akan mengaktifkan panel power VJ3000; (4) LM35DZ digunakan untuk membaca kondisi suhu ruangan VJ3000 dan menonaktifkan ketika terjadi kenaikan suhu berlebih.
2. Desain Sistem Monitoring Pada Generator Induksi Satu Fasa Berbasis Raspberry PI (Marsandi Arfianto, Samsul Bachri, Bambang Sri Kaloko: 2014). Pada pembangkit listrik berdaya rendah menggunakan generator induksi satu fasa yang memiliki konstruksi yang sederhana. Dalam pengoperasiannya nilai keluaran dari generator mengalami fluktuasi baik pada tegangan, arus,

maupun frekuensi dikarenakan nilai beban yang tidak stabil. Pada penelitian ini dihasilkan sistem monitoring yang menampilkan nilai keluaran berupa tegangan, arus maupun frekuensi dan mengontrol pembebanan pada generator. ADC (*Analog to Digital Converter*) pada penelitian ini yaitu Arduino Uno.

3. Rancang bangun Pengendalian Alat *Vacuum Pressure Impregnation* Berbasis PLC dan HMI Untuk Gulungan Baru Mesin Listrik (Mohammad Chusnul Adib dan Maula Sukmawidjaja: 2016). Pada penelitian ini PLC dan HMI digunakan untuk mengendalikan VPI, sensor, aktuator, kontaktor dan relay sehingga memudahkan pengoperasian dan meningkatkan hasil produksi baik secara kualitas maupun kuantitas. HMI juga menampilkan data berupa nilai resistansi, tahanan isolasi, *polaritas index*, tegangan tinggi DC, dan *surge comparison text* pada mesin listrik.
4. Human Machine Interface (HMI) Berbasis Android Untuk Monitoring Dan Kendali Sistem Catu Daya. (Indar Prastowo, M. Ary Murty, ST., MT., Unang Sunarya, ST., MT: 2014). Pada penelitian yang dilakukan ini bertujuan untuk membangun sistem SCADA sederhana menggunakan *board* mikrokontroler Arduino sebagai kontroler dan ponsel android sebagai HMI. Arduino diterapkan sebagai kontroler dan *interface* antara sensor dan aktuator. Arduino akan membaca nilai sensor arus dan LDR (cahaya). Android digunakan untuk *monitoring* nilai sensor dan mengendalikan pin digital dan analog output pada Arduino.

Pada penelitian Ali Jaya & Gurum Ahmad Pauzi, Aplikasi Multi Kontrol Secara *Real Time* Berbasis Mikrokontroler menggunakan mikrokontroler

Atmega32. Dimana pada Atmega32 terdapat kelemahan pada jumlah memori yang kecil sehingga tidak mampu memproses dan menyimpan data lebih banyak, jumlah pin lebih sedikit sehingga tidak bisa dipakai untuk mengendalikan lebih banyak sensor dan aktuator. Pada penelitian Marsandi Arfianto, Samsul Bachri & Bambang Sri Kaloko Desain Sistem Monitoring Pada Generator Induksi Satu Fasa Berbasis Raspberry Pi. Dari segi ekonomis harga Raspberry terlalu mahal, dan masih membutuhkan ADC (*Analog to Digital Inverter*) mikrokontroler untuk membaca data dari sensor. Konfigurasi antara mikrokontroler dengan Raspberry PI juga lebih rumit. Sehingga tidak mampu menciptakan sebuah sistem yang sederhana namun efektif dan efisien. Pada penelitian Mohammad Chusnul Adib dan Maula Sukmawidjaja Rancang bangun Pengendalian Alat *Vacuum Pressure Impregnation*. Sistem pengendalian ini menggunakan PLC sebagai kontroler. Sistem SCADA pada PLC memiliki kelemahan dalam segi ekonomis. Untuk meminimalisasi kekurangan pada PLC diganti dengan sistem kontrol seperti mikrokontroler, karena sistem mikrokontroler memiliki fungsi yang sama pada PLC dan lebih praktis tempat. Human Machine Interface (HMI) Berbasis Android Untuk Monitoring Dan Kendali Sistem Catu Daya. Pada penelitian Indar Prastowo, M. Ary Murty, ST., MT., Unang Sunarya, ST., MT tentang Human Machine Interface (HMI) Berbasis Android Untuk Monitoring Dan Kendali Sistem Catu Daya. Kendali sistem catu daya ini hanya menggunakan sensor arus untuk deteksi arus. Sehingga rawan terjadi *overhead* karena tidak adanya sensor suhu. Sistem ini menggunakan Arduino Uno sebagai kontroler nya, dimana Arduino Uno memiliki

memori dan port yang sedikit sehingga tidak bisa menggunakan lebih banyak sensor.

Dengan mengkaji beberapa penelitian yang sudah ada, maka akan dibuat sebuah rancangan sistem otomasi untuk menyeimbangkan beban trafo serta mengontrol kondisi trafo. Simulasi dari sistem ini menggunakan trafo *stepdown* yang dikendalikan dengan mikrokontroler Arduino Mega. Pada model sistem ini arus beban dialihkan ke trafo yang memiliki nilai arus paling mendekati untuk mengurangi rugi-rugi arus netral. Rancangan bangun sistem ini terdapat 3 jenis sensor, yaitu sensor arus ACS 712 yang menggunakan sistem kemagnetan atau *hall effect* yang nantinya diubah menjadi tegangan pada *outputnya*. Sensor suhu yaitu LM35 yang ditempelkan pada masing-masing trafo, sensor ini untuk mendeteksi suhu tiap trafo jika terjadi *over head* sensor suhu akan mengirimkan ke sistem dan menghidupkan kipas. Sensor tegangan menggunakan rangkaian resistor sebagai pembagi tegangan yang pada kenyataannya dapat menskalakan tegangan yang lewat pada sistem.

1.2. Landasan Teori

1.2.1. Transformator

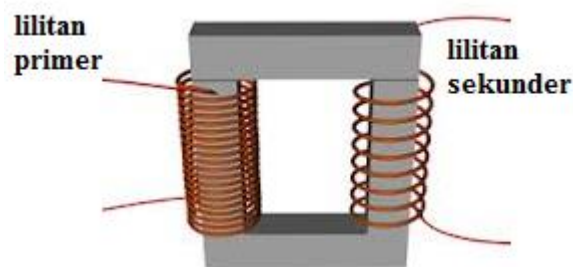
Menurut Frank D. Petruzella (2001), Transformator adalah alat statis yang digunakan untuk mentransfer energi dari satu rangkaian ke rangkaian yang lain.

Transfer energi tersebut kemungkinan menaikkan atau menurunkan tegangan, namun frekuensinya akan tetap samapada kedua rangkaian. Jika

transformasi terjadi dengan menaikkan tegangan disebut *transformator step-up*. Apabila tegangan diturunkan disebut *transformator step-down*.

Tanpa transformator, distribusi daya listrik yang luas menjadi tidak praktis. Transformator dapat membangkitkan daya pada tegangan yang cocok, menaikkan sampai tegangan yang sangat tinggi untuk transmisi jarak jauh, dan kemudian menurunkan pada distribusi yang praktis.

Transformator dasar terdiri dari dua kumparan yang digulung di sekitar inti besi.



Gambar 1. *Transformator* Dasar

Arus daya AC yang bervariasi diperlukan untuk menghasilkan fluks magnet yang bervariasi pada inti besi sehingga energi listrik dari satu kumparan ditransfer ke kumparan yang lain. Kumparan yang menerima daya dari penyuplay disebut *kumparan primer*, sedangkan kumparan yang memberikan daya pada beban disebut *kumparan sekunder*.

Prinsip kerja transformator didasarkan pada *induksi bersama*. Induksi bersama terjadi ketika medan magnet disekitar satu penghantar memotong melintang penghantar lain, yang menginduksikan tegangan didalamnya. Efek ini dapat ditingkatkan dengan membentuk penghantar-penghantar menjadi lilitan dan

kumparan pada inti magnet bersama. Apabila kumparan primer *transformator* dihubungkan pada tegangan AC, akan ada arus pada kumparan primer yang disebut *arus penguat*. Arus penguat tersebut menimbulkan fluks yang berubah-ubah yang mencakup lilitan-lilitan dan menginduksikan tegangan pada kedua kumparan. Tegangan yang diinduksikan dari induksi sendiri pada primer adalah tegangan lawan, berlawanan polaritas, dan hampir sama magnitudenya dengan tegangan yang disuplai. Tegangan lawan yang tinggi ini membatasi arus penguatan pada nilai yang sangat rendah. Tegangan yang diinduksikan pada kumparan sekunder adalah akibat dari induktansi bersama.

Transformator menaikkan, menurunkan tegangan atau menyamakan tegangan antara kumparan primer dan kumparan sekunder tanpa rugi daya yang besar. Output daya transformator = input daya transformator –kerugian internal dan merupakan hasil kali tegangan dan arus.

Tidak ada keuntungan atau kerugian energi pada *transformator ideal* . energi yang ditransfer dari rangkaian primer ke rangkaian sekunder ini adalah tegangan yang dikalikan dengan arus rangkaian primer sama dengan tegangan dikalikan arus rangkaian sekunder. Dengan perkataan lain, pada transformator ideal output daya harus sama dengan input daya.

1.2.2. Mikrokontroler

Mikrokontroler adalah sebuah sistem komputer fungsional dalam sebuah chip. Di dalamnya terkandung sebuah inti prosesor, memori (sejumlah kecil RAM, memori program, atau keduanya), dan perlengkapan input output. Mikrokontroler

adalah salah satu dari bagian dasar dari suatu sistem komputer. Seperti umumnya komputer, mikrokontroler adalah alat yang mengerjakan instruksi-instruksi yang diberikan kepadanya. (Muhammad Syahwil: 2013)

Mikrokontroler merupakan komputer di dalam chip yang digunakan untuk mengontrol peralatan elektronik, yang menekankan efisiensi dan efektivitas biaya. Secara harfiahnya biasa disebut “Pengendali Kecil” dimana sebuah sistem elektronik yang sebelumnya banyak memerlukan komponen-komponen pendukung seperti IC TTL dan CMOS dapat direduksi atau diperkecil dan akhirnya terpusat serta dikendalikan oleh mikrokontroler ini.

Perusahaan yang terkenal sebagai pembuat mikrokontroler antara lain adalah Atmel, Cypress Semiconductor, Microchip Technology, dan Silicon Laboratories. Contoh nama-nama mikrokontroler untuk vendor masing-masing adalah seperti berikut:

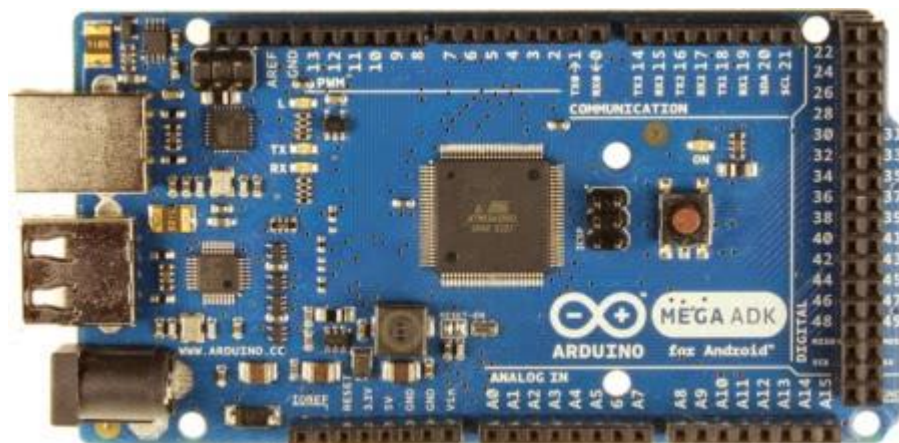
- Atmel: AVR (8bit), AVR32 (32 bit), AT91SAM (32 bit);
- Cypress Semiconductor: M8C Core;
- Microchip Technology: PIC;
- Silicon Laboratories: 8051

1.2.3. Arduino Mega

Arduino adalah kit elektronik atau papan rangkaian elektronik *open source* yang didalamnya terdapat komponen utama, yaitu sebuah chip mikrokontroler. Saat

ini ada bermacam-macam bentuk dan jenis papan Arduino, salah satunya adalah Arduino Mega.

Arduino Mega adalah papan mikrokontroler berbasis Atmega2560 yang memiliki 54 pin digital input-output (dimana 14 pin dapat digunakan sebagai output PWM), 16 input analog, 4 UARTs (*hardware serial ports*), clock speed 16 MHz, koneksi USB, jack listrik, header ICSP, dan tombol reset. Board ini menggunakan daya yang terhubung ke komputer dengan kabel USB atau daya eksternal dengan adaptor AC-DC atau baterai.



Gambar 2. Arduino Mega

Mikrokontroler	ATmega2560
Operasi tegangan	5 V
Input tegangan (<i>recommended</i>)	7 - 12 V

Input tegangan batas	6 - 20 V
Digital I/O pin	54 pin (14 pin untuk PWM)
Pin analog	16
Arus DC tiap I/O	40 mA
Arus DC ketika 3.3V	50 mA
Memori flash	256 KB
Bootloader	SRAM 8 KB
SRAM	8 KB
EEPROM	4 KB
Kecepatan clock	16 MHz

Tabel 1. Spesifikasi Arduino Mega

Arduino Mega dapat diaktifkan melalui koneksi USB atau dengan catu daya eksternal. Sumber daya dipilih secara otomatis. Sumber daya eksternal (non-USB) dapat berasal baik dari adaptor AC-DC atau baterai. Adaptor dapat dihubungkan dengan mencolokkan steker 2,1 mm yang bagian tengahnya terminal positif ke ke *jack* sumber tegangan pada papan. Jika tegangan berasal dari baterai dapat langsung dihubungkan melalui header pin Gnd dan pin Vin dari konektor POWER.

Papan Arduino ATmega 2560 dapat beroperasi dengan pasokan daya eksternal 6 Volt sampai 20 volt. Jika diberi tegangan kurang dari 7 Volt, maka, pin 5 Volt mungkin akan menghasilkan tegangan kurang dari 5 Volt dan ini akan

membuat papan menjadi tidak stabil. Jika sumber tegangan menggunakan lebih dari 12 Volt, regulator tegangan akan mengalami panas berlebihan dan bisa merusak papan. Rentang sumber tegangan yang dianjurkan adalah 7 Volt sampai 12 Volt.

Pin tegangan yang tersedia pada papan Arduino adalah sebagai berikut:

1. VIN: Adalah *input* tegangan untuk papan Arduino ketika menggunakan sumber daya eksternal (sebagai 'saingan' tegangan 5 Volt dari koneksi USB atau sumber daya ter-*regulator* lainnya). Anda dapat memberikan tegangan melalui pin ini, atau jika memasok tegangan untuk papan melalui jack power, kita bisa mengakses/mengambil tegangan melalui pin ini.
2. 5V: Sebuah pin yang mengeluarkan tegangan ter-*regulator* 5 Volt, dari pin ini tegangan sudah diatur (ter-*regulator*) dari *regulator* yang tersedia (*built-in*) pada papan. Arduino dapat diaktifkan dengan sumber daya baik berasal dari *jack power* DC (7-12 Volt), konektor USB (5 Volt), atau pin VIN pada *board* (7-12 Volt). Memberikan tegangan melalui pin 5V atau 3,3V secara langsung tanpa melewati *regulator* dapat merusak papan Arduino.
3. 3V3: Sebuah pin yang menghasilkan tegangan 3,3 Volt. Tegangan ini dihasilkan oleh *regulator* yang terdapat pada papan (*on-board*). Arus maksimum yang dihasilkan adalah 50 mA.
4. GND: Pin *Ground* atau *Massa*.
5. IOREF: Pin ini pada papan Arduino berfungsi untuk memberikan referensi tegangan yang beroperasi pada *microcontroller*. Sebuah perisai (*shield*) dikonfigurasi dengan benar untuk dapat membaca pin tegangan IOREF dan memilih sumber daya yang tepat atau mengaktifkan penerjemah tegangan

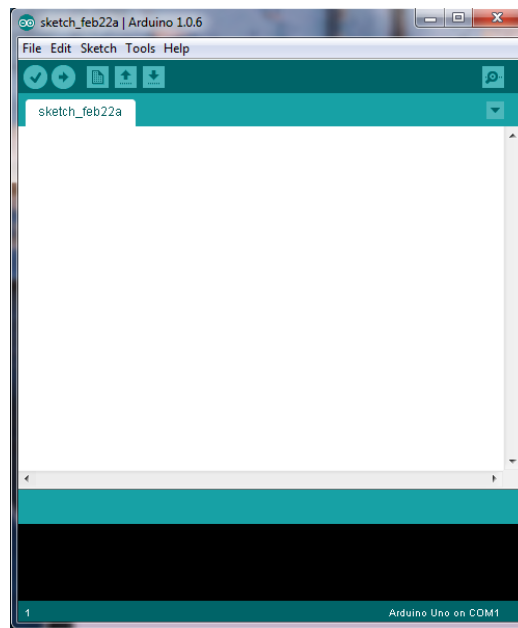
(*voltage translator*) pada *output* untuk bekerja pada tegangan 5 Volt atau 3,3 Volt.

6. Arduino ATmega 2560 memiliki 256 KB *flash memory* untuk menyimpan kode (8 KB digunakan untuk *bootloader*), 8 KB SRAM dan 4 KB EEPROM (yang dapat dibaca dan ditulis dengan perpustakaan EEPROM).
7. SRAM (*Static Random Access Memory*) digunakan sebagai memori kerja selama *sketch* dijalankan. Memori inilah yang digunakan untuk menyimpan variabel.
8. EEPROM (*Electrical Erasable Programmable Read-Only Memory*) adalah memori yang dapat digunakan untuk menyimpan data secara permanen.
9. *Flash Memory* digunakan untuk menyimpan *sketch* (program).
10. Masing-masing dari 54 digital pin pada Arduino Mega dapat digunakan sebagai *input-output*, menggunakan fungsi *pinMode()*, *digitalWrite()*, dan *digitalRead()*. Arduino Mega beroperasi pada tegangan 5 volt. Setiap pin dapat memberikan atau menerima arus maksimum 40 mA dan memiliki resistor *pull-up* internal (yang terputus secara *default*) sebesar 20 – 50 kilo ohms.

1.2.4. Arduino IDE

Arduino IDE adalah *software* yang disediakan di situs arduino.cc yang ditujukan sebagai perangkat pengembangan *sketch* yang digunakan sebagai program di papan Arduino. IDE (*Integrated Development Environment*) berarti bentuk alat pengembangan program yang terintegrasi sehingga berbagai keperluan disediakan dan dinyatakan dalam bentuk antarmuka berbasis menu. Dengan

menggunakan Arduino IDE, Anda bisa menulis *sketch*, memeriksa ada kesalahan atau tidak di *sketch*, dan kemudian mengunggah *sketch* yang sudah terkompilasi ke papan arduino.

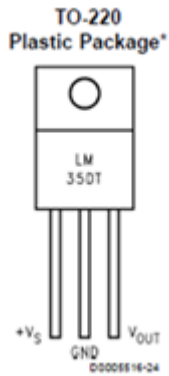


Gambar 3. *Software* Arduino IDE

1.2.5. Sensor Suhu

Salah satu jenis IC sensor suhu adalah IC sensor suhu tipe LM35. IC sensor suhu LM 35 ini memiliki output yang linier dan bekerja dengan tegangan 5 volt DC. IC sensor suhu LM 35 sering digunakan sebagai pengindera temperature atau suhu ruangan.

Dalam menentukan sensor suhu sebaiknya kita tau objek atau tempat sensor suhu bekerja sehingga kita dapat menentukan ukuran fisik dan jenis sensor suhu yang tepat.



Gambar 4. Pin pada sensor suhu LM35



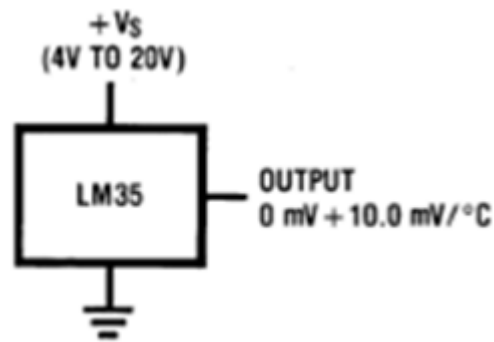
Gambar 5. Sensor Suhu LM 35

Adapun keistimewaan dari IC LM 35 adalah:

1. Kalibrasi dalam satuan derajat celcius.
2. Lineritas +10 mV/ ° C.
3. Akurasi 0,5 ° C pada suhu ruang.
4. Range +2 ° C – 150 ° C.
5. Dioperasikan pada catu daya 4 V – 30 V.
6. Arus yang mengalir kurang dari 60 A

Dalam prakteknya proses antarmuka sensor LM35 dapat dikatakan sangat mudah. Pada IC sensor LM35 ini terdapat tiga buah pin kaki yaitu Vs, Vout dan pin ground. Dalam pengoperasiannya pin Vs dihubungkan dengan tegangan sumber

sebesar antara 4 – 20 volt sementara pin Ground dihubungkan dengan ground dan pin Vout merupakan keluaran yang akan mengalirkan tegangan yang besarnya akan sesuai dengan suhu yang diterimanya dari sekitar.

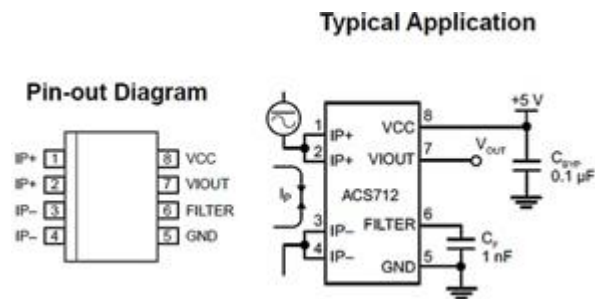


Gambar 6. Rangkaian Dasar LM35

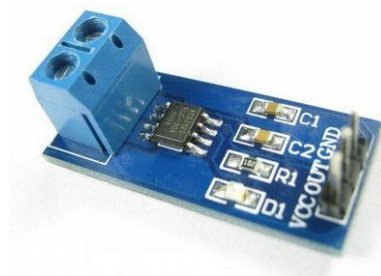
Prinsip kerja alat pengukur suhu ini, adalah sensor suhu difungsikan untuk mengubah besaran suhu menjadi tegangan, dengan kata lain panas yang ditangkap oleh LM35 sebagai sensor suhu akan diubah menjadi tegangan. Sedangkan proses berubahnya panas menjadi tegangan dikarenakan di dalam LM35 ini terdapat termistor berjenis PTC (Positive Temperature Coefisient), yang mana termistor inilah yang menangkap adanya perubahan panas. Prinsip kerja dari PTC ini adalah nilai resistansinya akan meningkat seiring dengan meningkatnya *temperatur* suhu. Resistansi yang semakin besar tersebut akan menyebabkan tegangan *output* yang dihasilkan semakin besar.

1.2.6. Sensor Arus

Sensor ini adalah sensor yang bekerja menggunakan prinsip *hall effect* atau sering disebut medan magnet, besar medan magnet tersebut dideteksi lalu diproses menjadi tegangan, tegangan yang dihasilkan sensor ini adalah tegangan DC sehingga dapat dijadikan *input* ke *ATMega*. Layaknya amperemeter pada umumnya, sensor ini juga dipasang secara seri dengan beban. Berikut gambar rangkaiannya :



Gambar 7. Pin out diagram (Kiri) dan rangkaian sensor arus ACS712 (kanan)



Gambar 8. Sensor Arus ACS712

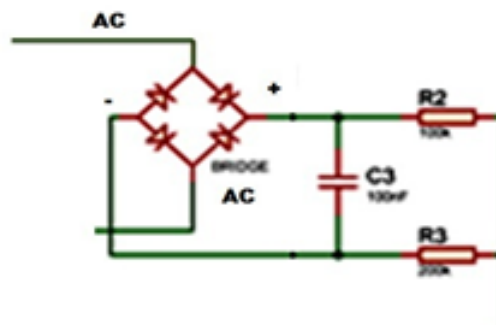
Aliran arus listrik phase pada beban dilewatkan ke kaki 1, 2 dan kaki 3, 4 tersambung langsung pada beban, arus yang melewati beban akan menciptakan medan magnet (*hall effect*). Besaran medan magnet itulah yang kemudian menginduksi bagian *dynamic offset cancellation* dan setelah itu sinyal tegangan

akan dikuatkan dan disaring oleh amplifier dan filter pada ACS712 sebelum dikeluarkan melalui *v out* pada kaki 7.

Cara pendeteksian besarnya arus gangguan hubungan singkat di jaringan tenaga listrik biasanya menggunakan elektromekanik. Gaya elektromagnetik pada kumparan yang dilalui arus gangguan hubung singkat dimanfaatkan untuk membuka PMT. Dimana besarnya setelan arus, dapat di setel pada setelan *pickup*. Kerugian besarnya arus hubung singkat sangat membahayakan bagi pengaman dan peralatan yang dilalui oleh arus tersebut dan tingkat akurasinya rendah.

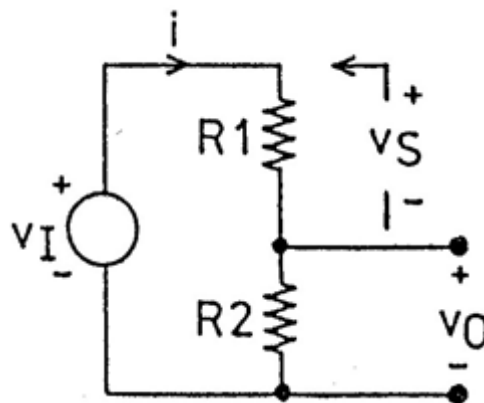
1.2.7. Sensor Tegangan

Sensor tegangan yang dipakai terdiri dari diode bridge, kapasitor kertas / elco dan resistor. Keluaran dari trafo daya berupa AC, karena *inputan* Arduino Mega harus berupa tegangan DC, maka dari itu ditambahkan diode bridge sebagai penyearah gelombang penuh dan di tambahkan kapasitor sebagai filter lalu ditambahkan juga resistor untuk memperkecil tegangan yang masuk ke Arduino Mega, sehingga tegangan yang masuk ke Arduino Mega sudah berupa DC, dan tegangan di skalakan oleh program dalam Arduino Mega.



Gambar 9. Rangkaian sensor tegangan

Rangkaian pembagi tegangan biasanya digunakan untuk membuat suatu tegangan referensi dari sumber tegangan yang lebih besar, titik tegangan referensi pada sensor, untuk memberikan bias pada rangkaian penguat atau untuk memberi bias pada komponen aktif. Rangkaian pembagi tegangan pada dasarnya dapat dibuat dengan 2 buah resistor, contoh rangkaian dasar pembagi tegangan dengan *output* V_O dari tegangan sumber V_I menggunakan resistor pembagi tegangan R_1 dan R_2 seperti pada gambar berikut.



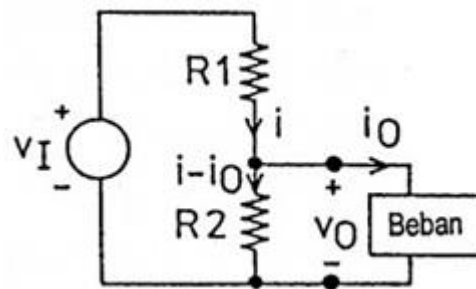
Gambar 10. Rangkaian dasar pembagi tegangan

Dari rangkaian pembagi tegangan diatas dapat dirumuskan tegangan *output* V_O . Arus (I) mengalir pada R_1 dan R_2 sehingga nilai tegangan sumber V_I adalah penjumlahan V_S dan V_O sehingga dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$V_I = V_S + V_O = i.R_1 + i.R_2 \dots \dots \dots (1)$$

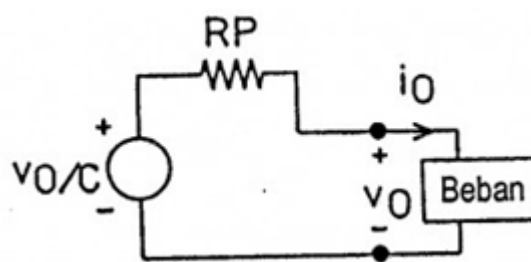
Nampak bahwa tegangan masukan terbagi menjadi dua bagian masing-masing sebanding dengan harga resistor yang dikenai tegangan tersebut. Sehingga besarnya V_O dapat dirumuskan :

$$V_O = V_I \cdot \left(\frac{R_2}{R_1 + R_2} \right) \dots\dots\dots(2)$$



Gambar 11. Rangkaian pembagi tegangan terbebani

Gambar rangkaian pembagi tegangan diatas memperlihatkan suatu pembagi tegangan dengan beban terpasang pada terminal keluarannya, mengambil arus I_o dan penurunan tegangan sebesar V_o .



Gambar 12. Penyederhana Rangkaian

R_P disebut sebagai “resistansi sumber”, dimana harganya sama dengan resistansi R_1 dan R_2 yang dihubungkan secara paralel. Harga v_o/c atau R_P tergantung pada sifat dari beban, sehingga efek V_o akibat besarnya beban dapat

dengan mudah dihitung dengan menggunakan penyederhanaan rangkaian seperti terlihat pada

Dengan rangkaian yang disederhanakan seperti diatas, maka dapat dengan mudah ditentukan tengangan *output* V_o . Dengan beban adalah RL maka besarnya *output* V_o :

$$v_o = v_{o/c} \cdot \left(\frac{RL}{RL + RP} \right) \dots\dots\dots(3)$$

1.2.8. Relay

Relay adalah saklar (*Switch*) yang dioperasikan secara listrik dan merupakan komponen eletromekanikal yang terdiri dari 2 bagian utama yakni Elektromagnet (*Coil*) dan mekanikal (seperangkat kontak saklar). Relay menggunakan prinsip elektromagnetik untuk menggerakkan kontak saklar sehingga dengan arus listrik yang kecil (*low power*) dapat menghantarkan listrik yang bertegangan lebih tinggi.



Gambar 13. Bentuk Relay

Relay menghubungkan rangkain beban ON atau OFF dengan pemberian energi elektromagnetis, yang membuka atau menutup kontak pada rangkaian. Relay berisi kontak diam dan kontak bergerak, kontak yang bergerak dipasangkan pada

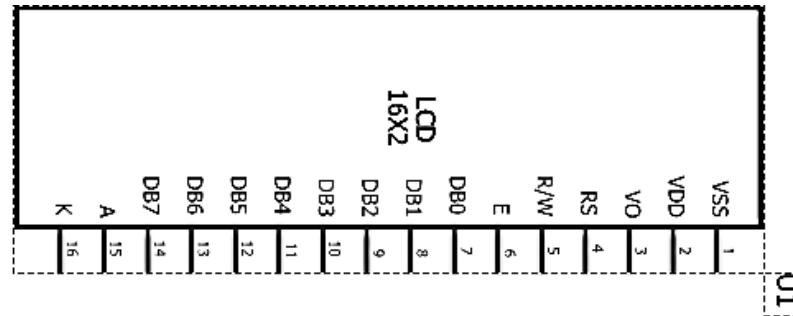
plunger. Kontak ditunjuk sebagai *normally open* (NO) dan *normally close* (NC). Apabila kumparan diberi tenaga, terjadi medan elektromagnetis. Aksi dari medan pada gilirannya menyebabkan plunger bergerak pada kumparan menutup kontak NO dan membuka kontak NC. Kontak normally open akan membuka ketika tidak ada arus mengalir pada kumparan, tetapi tertutup secepatnya setelah kumparan menghantarkan arus atau diberi tenaga. Kontak normally close akan tertutup apabila kumparan tidak diberi daya dan membuka ketika kumparan diberi daya. Sebagian relay relay kontrol mesin mempunyai beberapa ketentuan untuk perubahan kontak NO dan NC, atau sebaliknya.

Pada umumnya relay digunakan sebagai alat bantu untuk kontrol penghubungan rangkaian dan beban. Relay dapat digunakan untuk mengontrol rangkaian beban tegangan tinggi dengan rangkaian kontrol tegangan rendah. Ini memungkinkan sebab kumparan dan kontak dari relay secara listrik terisolasi satu sama lain.

1.2.9. *Liquid Cristal Display* (LCD)

LCD adalah salah satu komponen elektronika yang berfungsi sebagai tampilan suatu data, baik karakter, huruf ataupun grafik. LCD terdiri dari dua bagian. Bagian pertama merupakan panel LCD sebagai media penampil informasi dalam bentuk huruf/angka dua baris. Bagian kedua merupakan sebuah sistem yang dibentuk dengan mikrokontroler yang ditempel dibalik pada panel LCD yang berfungsi mengatur tampilan LCD. Ada banyak jenis LCD yang beredar di pasaran. Namun ada standarisasi yang cukup populer digunakan yaitu LCD dengan tampilan

2 x 16 (2 baris x 16 kolom) dengan konsumsi daya rendah. Adapun letak *pin* pada Modul LCD 16 x 2 dapat dilihat pada gambar 14.



Gambar 14. Modul LCD 16 x 2

Urutan *pin* (1) dimulai dari sebelah kanan (terletak di pojok kanan bawah) dan untuk LCD yang memiliki 16 *pin*, 2 *pin* terakhir (15 dan 16) adalah anoda dan katoda untuk *back-lighting*. Keterangan masing-masing *pin* pada LCD 16 x 2 dapat dilihat pada tabel 2.

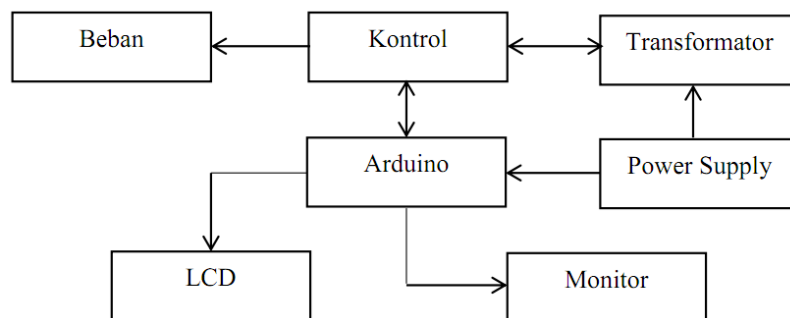
Tabel 2. Konfigurasi Pin LCD 16 x 2

<i>Pin</i>	Deskripsi
1	<i>Ground</i>
2	VCC 5 Volt DC
3	Pengatur kontraks
4	“RS” Instruction/Regoster Select
5	“R/W” Read/Write LCD Registers
6	“EN” Enable clock
7-16	Data I/O <i>Pin</i> ss

1.2.10. HMI (*Human Machine Interface*)

HMI (*Human Machine Interface*) adalah sebuah *interface* atau tampilan penghubung antara manusia dengan mesin. HMI memvisualisasikan kejadian, peristiwa atau pun proses yang sedang terjadi di *plant* secara nyata sehingga dengan HMI operator lebih mudah dalam melakukan pekerjaan fisik (Irvine, 2001). HMI mempunyai fungsi sebagai berikut :

1. Memonitor keadaan yang ada di *plant*.
2. Mengatur nilai pada parameter yang ada di *plant*.
3. Mengambil tindakan yang sesuai dengan keadaan yang terjadi.
4. Memunculkan tanda peringatan dengan menggunakan alarm jika terjadi sesuatu yang tidak normal.
5. Menampilkan pola data kejadian yang ada di *plant* baik secara *real time* maupun *historial*.



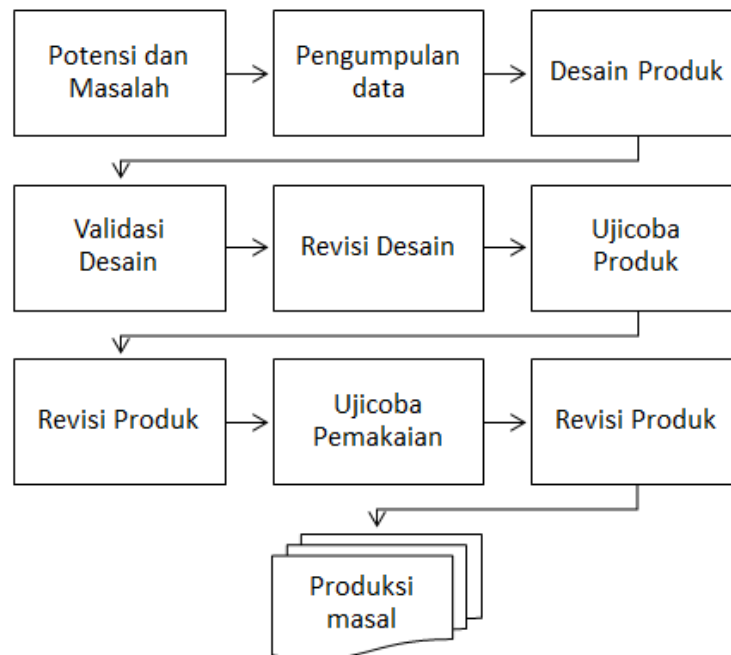
Gambar 15. Diagram blok rancangan sistem HMI

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Metode Penelitian

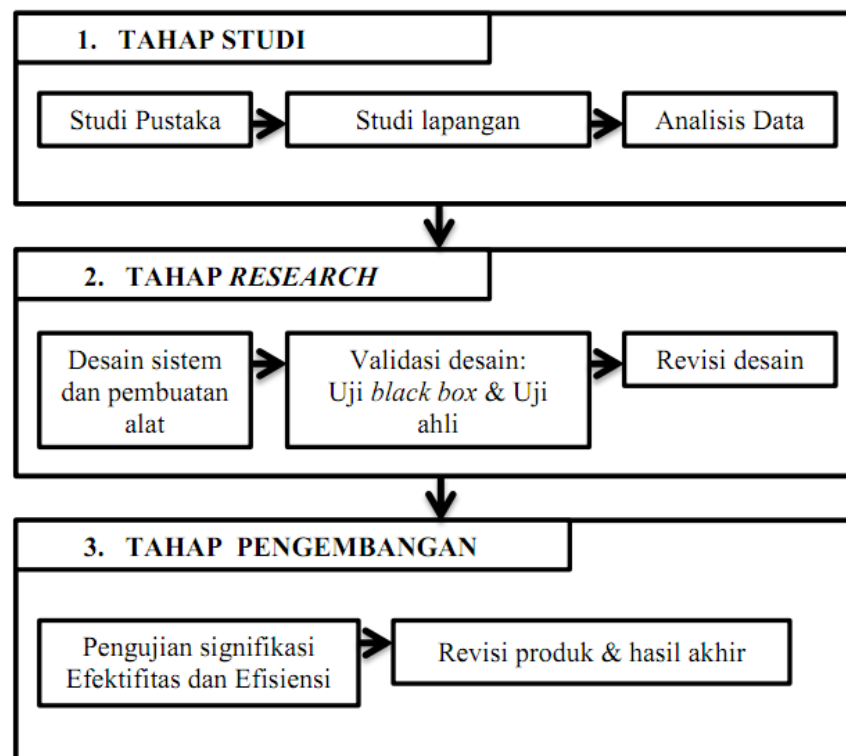
Metode penelitian yang digunakan pada penelitian ini adalah *Research and Development* (R&D). *Research and Development* adalah metode penelitian yang digunakan untuk menghasilkan produk tertentu, dan menguji keefektifan produk tersebut (Sugiyono, 2008: 297). Adapun langkah-langkah metode penelitian *Research and Development* dapat dilihat pada gambar 16. Produk penelitian adalah Model Sistem Otomasi Pengalihan Daya Pada Transformator Berbasis Mikrokontroler. Produk ini memanfaatkan prinsip kerja relay PMT (pemutus tegangan) dan PMS (pemisah tegangan) yang dikendalikan driver ULN2003.



Gambar 16. Langkah-langkah metode penelitian *research and development* (R&D)

3.2. Prosedur Pengembangan

Dalam penerapannya langkah pembuatan sistem otomasi pengalihan daya dibagi menjadi tiga tahapan penelitian dan pengembangan, seperti ditunjukkan pada gambar 17.



Gambar 17. Tahap kegiatan penelitian dan pengembangan produk

3.3. Tahap Studi

3.3.1. Studi Pustaka

Studi pustaka adalah segala usaha yang dilakukan oleh peneliti untuk menghimpun informasi yang relevan dengan topik atau masalah yang akan atau sedang diteliti. Peneliti menggunakan beberapa artikel yang berkaitan sistem

pengalihan daya untuk dijadikan landasan teori analisis, serta pembandingan metode, dan hasil penelitian yang telah ada.

3.3.2. Studi Lapangan

Selanjutnya mengumpulkan data dan informasi sebagai bahan perencanaan produk. Proses ini dilakukan dengan cara observasi untuk mengumpulkan data/informasi mengenai sistem monitoring dan kontrol kendali yang efektif.

Sutrisno Hadi mengemukakan bahwa observasi merupakan suatu proses yang kompleks, suatu proses yang tersusun dari berbagai proses biologis dan psikologis dan yang paling penting proses pengamatan dan ingatan (Sugiyono, 2008: 145). Setelah dilakukan perencanaan ditetapkan bahwa produk yang dibuat pada penelitian ini adalah *prototipe* sistem otomasi pengalihan daya beban pada transformator berbasis arduino.

3.3.3. Analisis Data

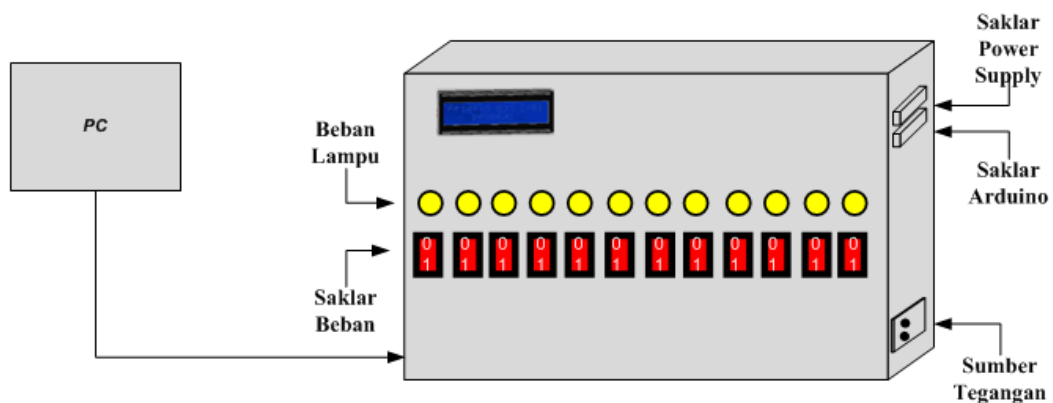
Analisis data merupakan kegiatan setelah data dari seluruh responden atau sumber data lain terkumpul (Sugiyono, 2008: 147). Pada penelitian ini, ditemukan permasalahan dimana Ketidakseimbangan beban pada transformator dapat menyebabkan *losses* (rugi-rugi) daya karena arus lebih di alihkan ke netral Transformator. Karena keadaan beban yang terus berubah, maka perlu dilakukan penyeimbangan beban secara berkala. Sehingga jika penyeimbangan tetap

dilakukan dengan cara konvensional maka akan memakan waktu lama untuk proses penyeimbangan beban.

3.4. Tahapan *Research*

3.4.1. Desain Produk

Desain produk harus diwujudkan dalam gambar atau bagan sehingga dapat digunakan sebagai pegangan untuk menilai dan membuatnya (Sugiyono:2008: 301). Adapun desain produk yang digunakan sebagai acuan pembuatan Model Sistem Otomasi Pengalihan Daya Pada Transformator Berbasis Mikrokontroler ditunjukkan pada gambar 18.



Gambar 18. Perancangan alat

Gambar 18 menunjukkan 3 bagian utama dari Model Sistem Otomasi Pengalihan Daya Pada Transformator Berbasis Mikrokontroler yang terdiri atas perangkat keras dan perangkat lunak. Perangkat keras berisikan beban yang digunakan pada sistem. Beban yang digunakan pada sistem ini berupa lampu 10 Watt/12 Volt. Jumlah beban ini diukur menggunakan sensor arus kemudian

dikendalikan oleh relay PMT (Pemutus Tegangan) dan PMS (Pemisah Tegangan) untuk menentukan posisi transformator. Pada perangkat keras juga terdapat LCD 16x2 berfungsi untuk menampilkan informasi kepada pengguna sistem dan Sensor Tegangan untuk mendeteksi tegangan pada sistem. Serta Sensor suhu yang diletakkan pada masing-masing transformator untuk mengukur suhu pada transformator.

Perangkat lunak pada sistem ini menggunakan software Lazarus, yaitu sebuah pengembangan pemrograman antarmuka aplikasi berbasis bahasa Pascal. Pada perangkat lunak menampilkan data secara realtime berupa jumlah tegangan, arus, dan suhu. Serta menampilkan kondisi transformator, fuse dan batasan beban yang di perbolehkan pada masing-masing transformator.

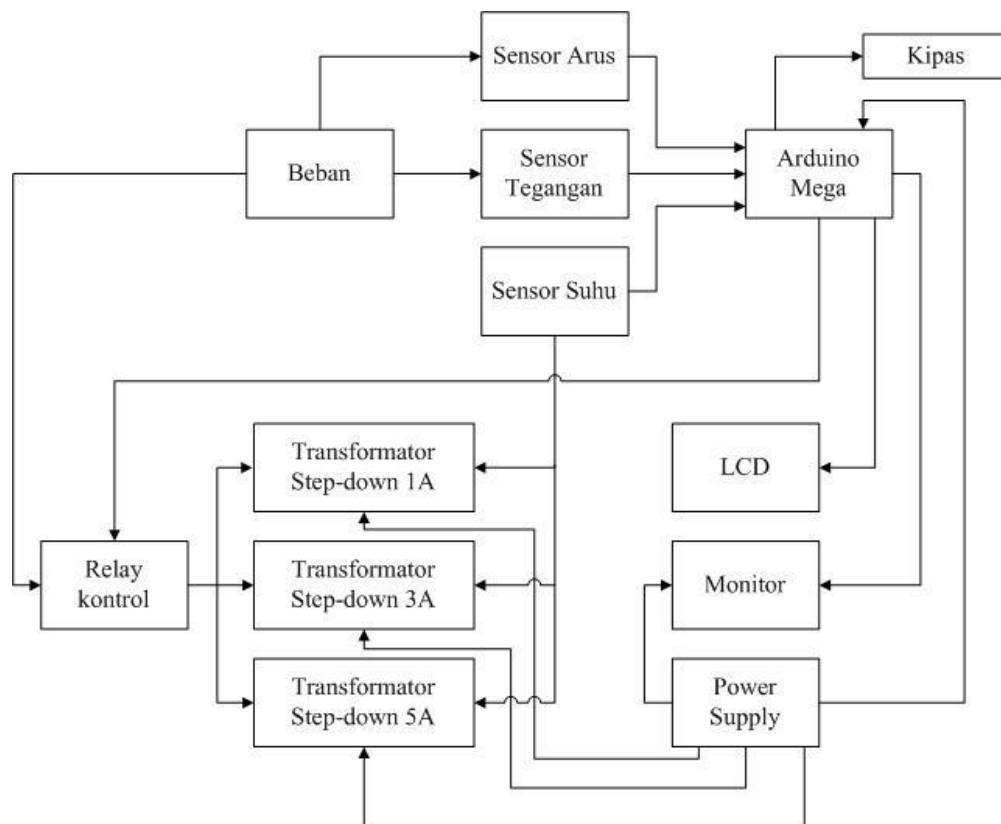
3.4.2. Pembuatan Alat

Alat yang dibuat pada penelitian ini menggunakan beban lampu 10 Watt/12v, relay PMT (Pemutus) dan PMS (Pemisah) sebagai kendali transformator, sensor arus sebagai mekanisme pembaca arus beban dengan menggunakan kontrol mikrokontroler Arduino Mega.

Tahapan dalam pembuatan model sistem otomatis pengalihan daya beban pada transformator berbasis mikrokontroler meliputi: (1) Desain elektronik, (2) Desain Panel, dan (3) Desain *software*. Tahapan-tahapan tersebut memiliki hubungan satu sama lain. Sehingga dapat dikatakan tahapan tersebut harus dilalui dalam pembuatan “Model Sistem Otomasi Pengalihan Daya pada Transformator berbasis Mikrokontroler”.

a. Desain Elektronik

Desain elektronik merupakan rangkaian komponen yang telah disusun sedemikian rupa sehingga saling memiliki fungsi yang mendukung satu dengan yang lain. Adapun pada desain model sistem otomasi pengalihan daya beban pada transformator berbasis mikrokontroler ini terdiri dari: (1) Arduino Mega 2560 (2) LCD 16x2, (3) Beban lampu 10 Watt/12v, (4) Modul relay PMT (Pemutus) dan PMS (Pemisah), (5) Transformator Step-Down 1A, 3A, dan 5A, (6) Rangkaian sensor Tegangan, (7) Sensor Arus ACS 712 20A, (8) Sensor Suhu LM 35, (9) Modul catu daya, (10) Dan kipas DC. Untuk gambar bagan rangkaian dapat dilihat pada gambar 19 dan skema rangkaian elektronik lebih jelas dapat dilihat pada lampiran 6.



Gambar 19. Bagan Rangkaian

b. Desain Panel

Desain alat dibuat berdasarkan kebutuhan dengan mempertimbangkan efisiensi dan efektifitas alat. Desain panel terdiri dari desain panel luar dan desain panel dalam.

1) Desain Panel Luar

Panel luar merupakan panel yang berada di luar *Box*, berfungsi sebagai *user interface* yang menghubungkan pengguna dengan alat dari luar. Desain panel ini terbuat dari bahan akrilik dengan ketebalan 0,5 cm. Dalam panel luar ditempatkan komponen-komponen antara lain: (1) LCD 16x2, (2) Beban lampu 10 Watt/12v sebanyak 12 buah, (3) Saklar toggle ON/OFF sebanyak 12 buah, (4) Saklar Power Supply.

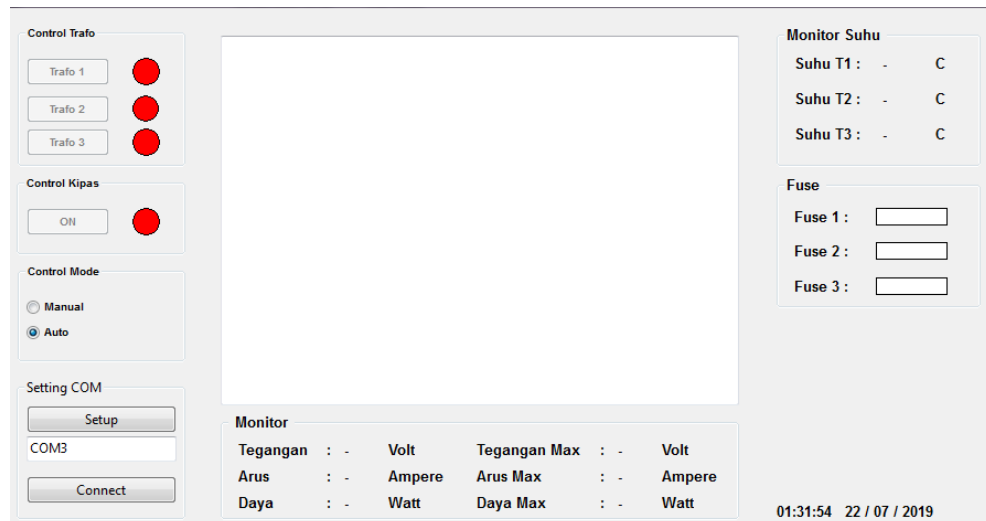
2) Desain Panel Dalam

Panel dalam merupakan panel yang berada di dalam *Box*, pada panel dalam terdapat serangkaian modul yang berfungsi untuk mengoperasikan alat dari dalam. Pada panel dalam ditempatkan komponen-komponen antara lain (1) Arduino Mega 2560, (2) Modul relay PMT (Pemutus) dan PMS (Pemisah), (3) Transformator Step-Down 1A, 3A, dan 5A, (4) Rangkaian sensor Tegangan, (5) Sensor Arus ACS 712 20A, (6) Sensor Suhu LM 35, (7) Modul catu daya, (8) Dan kipas DC.

3) Desain Antarmuka (Perangkat lunak)

Pada desain perangkat lunak pada sistem ini menggunakan software Lazarus, yaitu sebuah pengembangan pemrograman antarmuka aplikasi berbasis

bahasa Pascal. Pada perangkat lunak menampilkan data secara realtime berupa jumlah tegangan, arus, dan suhu. Serta menampilkan kondisi transformator, fuse dan batasan beban yang di perbolehkan pada masing-masing transformator. Adapun model desain perangkat lunak dapat dilihat pada gambar 20.



Gambar 20. Desain perangkat lunak

a. Desain Software

Tahap ini adalah pembuatan program (*coding*). Pemrograman yang digunakan menggunakan bahasa C++. Pemrograman ulang dilakukan dengan menggunakan bantuan program yang sudah disediakan untuk pemrograman ulang yaitu Arduino IDE. Desain *software* yang dibuat berdasarkan urutan *flowchart* seperti ditunjukkan pada lampiran 7. Secara keseluruhan *sourcecode* program dapat dilihat pada lampiran 4.

3.4.3. Validasi Desain

Peneliti secara rasional menilai keefektifitas rancangan produk dalam hal ini Model Sistem Otomasi Pengalihan Daya pada Transformator berbasis Mikrokontroler. Validasi desain yang digunakan adalah validasi oleh ahli dan *black box testing*.

a. Uji Ahli

Validasi dilakukan oleh ahli atau pakar. Dalam hal ini peneliti mempercayakan kepada ahli sistem dan ahli materi untuk memberikan penilaian terhadap desain yang telah dibuat. Validasi desain dilakukan dalam forum diskusi. Sebelum diskusi peneliti mempresentasikan proses penelitian sampai ditemukannya desain tersebut, berikut keunggulannya.

Teknik pengumpulan data yang digunakan pada validasi sistem adalah kuesioner. Kuesioner merupakan teknik pengumpulan data yang dilakukan dengan cara memberi seperangkat pertanyaan atau pernyataan tertulis kepada responden untuk dijawab (Sugiyono, 2008: 142). Dalam pembuatan kuesioner perlu dibuat kisi-kisi instrumen. Tabel 3 menunjukkan kisi-kisi angket ahli sistem.

Tabel 3. Kisi-kisi Angket Ahli Sistem

No	Aspek	Pertanyaan	Jumlah Pertanyaan
1	Aspek Kualitas Desain Sistem	1, 2, 3	3
2	Aspek Kualitas Penggunaan Sistem	4, 5, 6	3
3	Aspek Teknis	7, 8, 9, 10, 11	5
4	Aspek Keamanan	12, 13, 14, 15	4
Total			15

Kuesioner yang digunakan pada penelitian ini berupa angket tertutup. Angket tertutup yaitu angket yang disajikan dalam bentuk sedemikian rupa sehingga responden memberikan tanda *centang* pada kolom atau tempat yang sesuai (Trianto, 2011: 58). Untuk menghitung penilaian menggunakan skala *Likert*. Menurut Sugiyono (2011: 93) skala *Likert* digunakan untuk mengukur sikap, pendapat, dan persepsi seseorang atau kelompok orang tentang fenomena sosial.

Penilaian pada masing-masing indikator menggunakan skala *Likert* dengan rentang penilaian gradasi sebagai berikut:

- | | |
|-------------------------------|---|
| 1) Sangat positif/sangat baik | 4 |
| 2) Positif/Baik | 3 |
| 3) Kurang | 2 |
| 4) Sangat Kurang | 1 |

Perhitungan kuesioner dilakukan dengan teknik prosentase (%), masing-masing nilai indikator dibagi dengan jumlah maksimum dan dikalikan 100% sebagai berikut:

$$P = \frac{f}{N} \times 100\% \quad (1)$$

Keterangan:

P = Persentase

f = Skor yang diperoleh

N = Skor maksimal

Borich dalam Trianto menyatakan instrumen yang baik jika memiliki koefisien reliabilitas $\geq 0,75$ atau $\geq 75\%$ (2011: 63).

b. Uji Black Box

Pengujian *black box* terfokus pada persyaratan fungsional *software*, berdasarkan spesifikasi kebutuhan dari *software* dimana dalam penelitian kali ini *black box testing* digunakan untuk menguji Model Sistem Otomasi Pengalihan Daya pada Transformator berbasis Mikrokontroler. Terdapat dua tahapan dalam pengujian yang akan dilakukan yaitu skenario pengujian dan butir pengujian yang merupakan uji coba dari sistem serta menampilkan hasil dari pengujian.

Skenario pengujian menjelaskan mengenai hal - hal yang akan diuji dalam sistem keamanan. Pengujian ini dilakukan dengan 2 cara yaitu *task testing* dan pengujian *error trapping*. *Task testing* dilakukan dengan mengujicobakan setiap *task* secara independen. Dalam hal ini metode uji *black box* dapat digunakan untuk menemukan kesalahan logika dan kesalahan fungsional, tetapi untuk kesalahan ketepatan waktu dan perilaku *software* (*timing or behavioral errors*), tidak dapat terdeteksi. Pengujian *error trapping* dilakukan secara mandiri. Pengujian bertujuan untuk melihat reaksi program jika dijalankan dan menyalahi aturan.

Sedangkan butir pengujian meliputi materi yang akan digunakan untuk melakukan pengujian sebagian besar fungsi sistem. Butir-butir pengujian akan disusun berdasarkan kelas uji, sehingga dapat diketahui bagaimana kualitas sistem tersebut dengan menguji fungsionalitasnya. Adapun bentuk tabel *task testing* dan *error trapping* ditunjukkan pada tabel 4 dan tabel 5.

Tabel 4. Skenario Pengujian *Task Testing*

No	Kelas Uji	Butir Uji
1	Perangkat Keras	Pebebanan mencapai >9A
		Modul relay PMT dan PMS

		Pembacaan Sensor
2	Perangkat Lunak	Data <i>realtime</i>
		Mode <i>Auto</i>
		Mode <i>Manual</i>

Tabel 5. Skenario Pengujian *Error Trapping*

No	Kelas Uji	Butir Uji
1	Sensor Arus ACS 712	Menguji beban trafo dai 1A-9A
2	Sensor Suhu LM35	Menguji Suhu pada trafo dan proses pendinginan <i>Overhead</i>
3	Sensor Tegangan	Memutus Fuse untuk mengamankan trafo saat <i>Overload</i>

3.4.4. Revisi Desain

Revisi desain dilakukan apabila diperlukan berdasarkan pendapat para ahli dalam uji ahli. Revisi desain lebih mengarah pada evaluasi terhadap proses, sehingga perbaikan lebih bersifat internal. Revisi desain ditujukan untuk meningkatkan mutu produk sebelum memasuki tahap selanjutnya yaitu uji pengguna.

3.5. Tahap Pengembangan

3.5.1. Uji Coba Sistem

Uji coba sistem dilakukan untuk mengetahui apakah sistem yang telah dibuat memiliki fungsionalitas sesuai dengan tujuan pembuatan alat. Sistem yang

dibuat oleh peneliti bisa dianggap baik menurut peneliti namun belum tentu sesuai dengan efektifitas di lapangan.

Dalam uji coba produk terbagi atas 5 bagian, yaitu: (1) Desain uji coba, (2) Subjek uji coba, (3) Jenis data, (4) Instrumen pengumpulan data, dan (5) Teknik analisis data.

3.5.1.1.Desain Uji Coba

Untuk mengetahui kualitas produk yang dikembangkan perlu dilakukan uji coba produk. Uji produk ini dilakukan setelah melalui uji ahli dan uji *black box*. Pengujian kelayakan alat peraga Sistem Otomasi Pengalihan Daya pada Transformator berbasis Mikrokontroler menggunakan uji pengguna yang dilaksanakan di Laboratorium Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik UNNES. Dengan dilakukan uji coba, kualitas produk yang dikembangkan betul-betul teruji secara empiris. Adapun sampel penelitian dan kisi-kisi uji coba pengguna dapat dilihat pada tabel 6 dan 7.

Tabel 6. Sampel Penelitian Uji Pengguna

Tahapan Uji Coba	Jumlah Sampel	Karakteristik Sampel	Proses dan Hasil Uji Coba
Uji Coba Pengguna	10 orang	Pemakai produk: kriteria umur > 12 tahun	<ul style="list-style-type: none"> • Kualitatif, kuesioner dan persentase kelayakan. • <i>Draft</i> perbaikan produk (Revisi produk II). • Produk akhir <i>smart home security system</i>.

Tabel 7. Kisi-kisi Uji Pengguna

No	Aspek	Pertanyaan	Jumlah Pertanyaan
A	Aspek Tampilan Alat	1, 2, 3, 4, 5	5
B	Aspek Kemudahan Pengoperasian	6, 7, 8, 9, 10	5
C	Aspek Fungsi Alat	11, 12, 13, 14, 15	5
Total			15

3.5.1.2. Subjek Uji Coba

Waktu dan tempat penelitian dilakukan di Laboratorium Jurusan Teknik Elektro UNNES yang beralamat di Komplek Kampus UNNES Sekaran, Gunungpati, Semarang. Waktu penelitian dilaksanakan pada Agustus 2018.

3.5.1.3. Jenis Data

Dalam penelitian ini jenis data yang digunakan berupa data interval. Karena dari mulai validasi ahli hingga pengujian efektifitas sistem menggunakan angket dan kuesioner, untuk memudahkan penilaian terhadap sistem. Menurut Singgih (2009: 8), data interval menempati level pengukuran data yang lebih tinggi dari jenis data ordinal. Karena selain bisa bertingkat urutannya, urutan tersebut juga bisa dikuantitatifkan dimana jaraknya sama dan tidak mempunyai titik nol yang absolut atau mutlak. Sehingga bila menggunakan data interval bisa diketahui apakah sistem informasi yang diterapkan tergolong pada kategori yang baik apa tidak.

3.5.1.4. Instrumen Pengumpulan Data

Instrumen Penelitian adalah suatu alat yang digunakan mengukur fenomena alam maupun sosial yang diamati (Sugiyono, 2008: 102). Sehingga dalam penelitian pemilihan instrumen penelitian yang tepat sangat berpengaruh dalam jalannya penelitian. Instrumen yang dilakukan oleh peneliti kali ini menggunakan metode kuesioner.

Kuesioner menurut Suharsimin (2010: 194) kuesioner adalah sejumlah pernyataan tertulis yang digunakan untuk memperoleh informasi dari responden dalam arti laporan tentang pribadinya, atau hal-hal yang ia ketahui. Kuesioner dipakai untuk menyebut metode maupun instrumen. Jadi dalam menggunakan metode angket atau kuesioner instrumen yang dipakai adalah angket atau kuesioner. Dalam penelitian ini peneliti memberikan angket atau kuesioner berupa pertanyaan

tertulis terkait penggunaan *smart home security system* yang digunakan serta dampak terhadap sistem keamanan rumah secara keseluruhan.

3.1.5.5. Teknik Analisis Data

Sugiyono (2008: 244) menyatakan analisis data merupakan proses mencari dan menyusun secara sistematis data yang diperoleh dari hasil wawancara, catatan lapangan, dan dokumentasi, dengan cara mengorganisasikan data ke dalam kategori, menjabarkan ke dalam unit-unit, melakukan sintesa, menyusun ke dalam pola, memilih mana yang penting dan yang akan dipelajari, dan membuat simpulan sehingga mudah difahami oleh diri sendiri maupun orang lain

Data yang diperoleh dari kuesioner yang telah dibagikan akan dianalisis untuk mengetahui efektivitas sistem pengaman. Data akan dianalisis dengan sistem deskriptif persentase. Prosedur penganalisisan data adalah sebagai berikut:

- a. Memeriksa kelengkapan jawaban pada kuesioner yang telah diisi responden.
- b. Mengklasifikasikan jawaban setiap pertanyaan dengan memberi skor sesuai dengan bobot yang telah ditentukan sebelumnya.
- c. Membuat tabulasi data.
- d. Menghitung persentase dari tiap-tiap kategori dengan rumus.

$$\% = \frac{n}{N} \times 100\%. \quad (2)$$

Keterangan:

% = persentase kategori

n = jumlah skor tiap indikator

N = jumlah skor maksimum

- e. Dari persentase yang diperoleh kemudian ditampilkan ke dalam tabel untuk menentukan kategori “Sangat Baik”, “Baik”, “Tidak Baik”, dan “Sangat Tidak Baik”, maka perlu menentukan nilai maksimum, nilai minimum, dan intervalnya. Dengan mengadaptasi rumus persentase, maka dapat menentukan nilai indeks minimum dan indeks maksimum. Sedangkan untuk menentukan panjang interval dapat dicari dengan cara *range* (data terbesar – data terkecil) dibagi dengan jumlah kelas interval. Dari rumus-rumus tersebut, maka diperoleh hasil sebagai berikut:

- 1) Menentukan persentase skor maksimal

$$\begin{aligned} \% \text{ skor maksimal} &= \frac{\text{skor maksimum}}{\text{skor maksimum}} \times 100\% & (3) \\ &= \frac{4}{4} \times 100\% \\ &= 100\% \end{aligned}$$

- 2) Menentukan persentase skor minimal

$$\begin{aligned} \% \text{ skor maksimal} &= \frac{\text{skor minimum}}{\text{skor maksimum}} \times 100\% & (4) \\ &= \frac{1}{4} \times 100\% \\ &= 25\% \end{aligned}$$

- 3) Menentukan *Range*

$$\begin{aligned} \text{range} &= \text{skor maksimum} - \text{skor minimum} & (5) \\ &= 100 - 25 \\ &= 75 \end{aligned}$$

- 4) Menentukan interval penilaian yang dikehendaki

Interval 4 (Sangat Baik, Baik, Tidak Baik, Sangat Tidak Baik).

- 5) Menentukan lebar interval

$$\text{lebar interval} = \frac{75}{4} = 18,75 \quad (6)$$

Tabel 8. Interval Pengkategoriaan Skor

Interval	Kriteria
$81,25\% < \text{skor} \leq 100\%$	Sangat Baik
$62,5\% < \text{skor} \leq 81,25\%$	Baik
$43,75\% < \text{skor} \leq 62,5\%$	Kurang
$25\% \leq \text{skor} \leq 43,75\%$	Sangat Kurang

Dari perhitungan interval pengkategorian skor pada tabel 8, penelitian ini dikatakan berhasil apabila dari kuesioner diperoleh hasil yang berada pada rentang antara $81,25\% < \text{skor} \leq 100\%$ atau $62,50\% < \text{skor} \leq 81,25\%$ yaitu pada kriteria “Sangat Baik” atau “Baik”.

3.1.6. Revisi Produk dan Hasil Akhir

Revisi produk dilakukan secara bertahap bergantung pada produk yang dikembangkan. Revisi produk awal dilakukan setelah uji ahli disebut revisi produk I yang lebih mengarah pada evaluasi terhadap proses, sehingga perbaikan dilakukan bersifat perbaikan internal. Revisi produk II selain bersifat perbaikan internal juga dengan uji coba yang lebih luas, revisi produk didasarkan pada evaluasi hasil dan efektifitas. Revisi pada pengembangan produk ini dibatasi hanya sampai revisi II

dan dapat dikatakan sebagai produk akhir. Produk akhir memiliki nilai generalisasi yang dapat diandalkan dan dikatakan valid.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil Penelitian

4.1.1. Deskripsi Alat Perancangan

Hasil perancangan model sistem otomasi pengalihan daya beban pada transformator berbasis mikrokontroler adalah sebuah alat pengaman dan pengalih daya transformator yang menggunakan kombinasi relay PMT (Pemutus) dan PMS (Pemisah) dan sensor arus ACS 714 sebagai metode pelimpahan beban. Sistem otomasi ini dapat diterapkan pada berbagai jaringan distribusi listrik yang terdapat di sebuah *plant*.

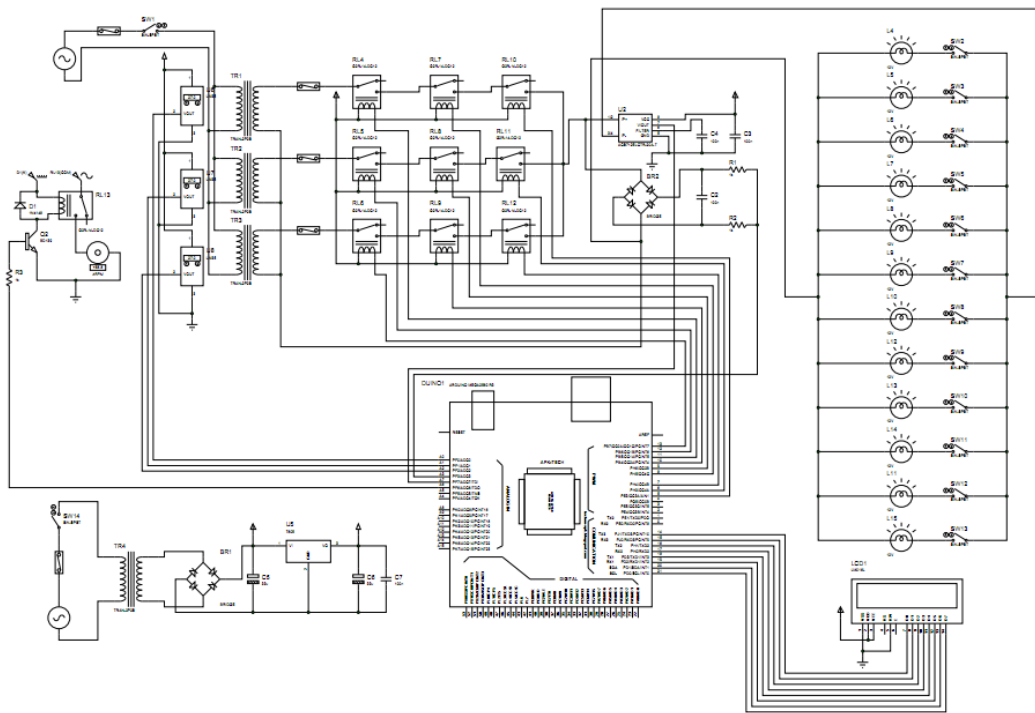
Ketika sistem otomasi pengalihan daya beban ON / *Start*, Trafo yang tersambung adalah trafo 1 dengan beban maksimal 1A. Setelah trafo 1 tersambung pada beban atau ON, sensor arus akan membaca besaran arus (*Ampere*) yang mengalir pada beban. Ketika beban kurang dari 1A atau tepat pada 1A, maka trafo 1 akan bekerja dengan normal dan trafo 2 dan trafo 3 dalam kondisi tidak terhubung atau OFF. Ketika arus yang mengalir pada beban lebih besar dari 1A dan kurang dari 3A dalam kondisi trafo 1 masih tersambung ke beban dan dibantu dengan trafo 2 ON kemudian terdapat *delay* beberapa *second* untuk mengubah kondisi trafo 1 menjadi tidak terhubung atau OFF. Dalam kondisi trafo 2 ON, trafo 1 dan trafo 3 kondisi OFF, sensor arus akan terus menerus mendeteksi arus yang mengalir di beban. Ketika arus yang mengalir ke beban berkurang menjadi tidak lebih dari 4A atau tepat 4A, trafo 1 ON, trafo 2 ON dan trafo 3 OFF dan menunggu *delay*

beberapa *second* untuk pembacaan besaran beban dalam *ampere*. Jika beban tetap kurang dari atau sama dengan 1A maka trafo 1 kembali *ON* lalu *delay* dan trafo 2 *OFF*, trafo 3 juga tetap dalam kondisi *OFF*. Tetapi ketika kondisi hanya trafo 2 yang *ON* dan sensor arus mendeteksi besaran beban lebih dari 3A dan kurang dari atau sama dengan besaran 4A, trafo 1 akan *ON* dan trafo 3 akan tetap *OFF*. Disini dengan kondisi trafo 1 dan trafo 2 *ON*, maka besaran beban maksimal yang bisa ditampung sebesar 4A.

Ketika sensor arus mendapati besaran beban membesar menjadi lebih dari 4A dan kurang dari atau sama dengan 5A, trafo 3 akan *ON*, lalu terjadi *delay* supaya trafo 1 dan trafo 2 akan *OFF*. Dalam kondisi ini besaran beban maksimal 5A dengan hanya trafo 3 yang dalam kondisi *ON*, sedangkan trafo 1 dan trafo 2 dalam kondisi *OFF*. Ketika besaran beban meningkat lebih dari 5A dan kurang dari atau sama dengan 6A, trafo 1 akan *ON*. Ketika dalam kondisi trafo 1 dan trafo 3 *ON* sedangkan trafo 2 *OFF*, maka besaran maksimalnya adalah 6A. ketika beban naik lagi menjadi lebih dari dan kurang dari atau sama dengan 8A, trafo 3 dan trafo 2 *ON* sedangkan trafo 1 *OFF*. Kondisi ini memungkinkan beban maksimal 8A. Ketika beban naik menjadi 9A, saat inilah trafo 1, trafo 2 dan trafo 3 akan *ON*. Kondisi ini memungkinkan beban maksimal 9A. Tetapi ketika beban melebihi 9A, sistem akan mem-*blackout* seluruh trafo agar tidak terjadi kerusakan komponen pada alat.

Prototype sistem otomasi pengalihan daya ini juga dapat menampilkan data secara *realtime* yang ditampilkan pada sebuah LCD yang tersambung pada rangkaian dan juga monitor. Sistem akan berulang terus menerus sampai sistem di matikan oleh operator.

Hasil desain elektronika dan rancangan model sistem otomasi pengalihan daya beban pada transformator berbasis mikrokontroler dapat dilihat pada gambar 22 dan gambar 23.



Gambar 21. Hasil desain elektronik



Gambar 22. Sistem otomasi pengalihan daya beban Pada *Transformator* Berbasis mikrokontroler

Ada beberapa langkah dalam pengoperasian sistem otomasi pengalihan daya beban yaitu:

a. Software

Tahap pertama kali adalah menyalakan komputer/PC. Kemudian membuka aplikasi Lazarus yaitu aplikasi antarmuka yang menggunakan pemrograman bahasa pascal. Pengguna diminta mengatur setup pada aplikasi antara lain menentukan PORT USB yang akan dihubungkan dengan *prototype*, dan *Baud Rate*. Setelah komputer tersambung dengan alat lalu pengguna meng-koneksikan sistem. Ketika sistem terkoneksi dengan alat maka akan tampil data *real-time* berupa besaran tegangan, arus, dan suhu pada transformator.

b. Hardware

Pada saat menyalakan untuk pertama kali pengguna diminta untuk semua saklar ON/OFF alat. Setelah alat menyala pengguna diminta untuk menyambungkan alat dengan komputer. Setelah terkoneksi dengan sistem maka akan muncul data tegangan, arus dan suhu pada LCD. Ketika sudah terkoneksi, pengguna bisa menggunakan saklar beban lampu ON/OFF untuk simulasi pengalihan daya pada transformator. Kondisi pelimpahan beban trafo akan di tampilkan pada sistem. Sistem akan terus berulang sampai dimatikan oleh pengguna.

4.1.2. Hasil Pengujian Alat

4.1.2.1. Hasil Uji Ahli

Hasil uji ahli dianalisis berdasarkan hasil pengisian masing-masing aspek yang ada pada angket. Aspek analisis diantaranya: kualitas desain sistem, kualitas penggunaan sistem, teknis, dan keamanan. Penilaian uji ahli dilaksanakan pada Senin 29 Agustus 2019 diajukan kepada ahli atau pakar desain sistem kontrol. Hasil data angket penilaian dapat dilihat pada tabel 9.

Tabel 9. Hasil Tabulasi Uji Ahli

Responden	Aspek Kelayakan													
	Desain		Penggunaan			Teknis					Keamanan			
	No Angket													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Syam Adi Ariska, S.Pd.	3	3	3	4	3	3	4	3	3	3	3	4	3	3
Arimaz Hangga, S.T., M.T.	3	3	4	3	4	4	2	3	3	3	3	3	4	3
Jumlah	6	6	7	7	7	7	6	6	6	6	6	7	7	6
Jumlah Maksimal	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
Persentase	75	75	87	87	87	87	75	75	75	75	75	87	87	75
Sub Presentase	79%		87%			75%					83%			
Total Skor	90													
Total Persentase	81%													

Data hasil tabel 9 terdapat empat belas kriteria yang digunakan untuk mengetahui hasil kerja model sistem otomasi pengalihan daya beban pada transformator berbasis mikrokontroler. Angket juga dilengkapi dengan pertanyaan pendukung mengenai saran dan pendapat ahli mengenai alat yang telah dibuat.

Hasil validasi ahli materi menunjukkan hasil jumlah skor sebesar 97 dengan persentase 81%.

4.1.2.2. Hasil Uji *Black Box*

Hasil uji *black box* dianalisis berdasarkan hasil pengisian tabel skenario pengujian pada masing aspek. Aspek pengujian meliputi *task testing* dan *error trapping*. Penilaian uji *black box* dilaksanakan pada Selasa 30 Agustus 2019. Hasil pengujian dapat dilihat lampiran 5.

4.1.2.3. Hasil Uji Pengguna

Hasil uji pengguna dianalisis berdasarkan hasil pengisian masing-masing aspek yang apa pada angket uji pengguna. Aspek analisis diantaranya: tampilan alat, kemudahan pengoperasian, dan fungsi alat. Penilaian uji pengguna dilaksanakan pada 31 Agustus 2019 di Laboraturium Jurusan Teknik Elektro E8-101. Hasil data angket penilaian dapat dilihat pada tabel 10.

Tabel 10. Hasil Tabulasi Uji Pengguna

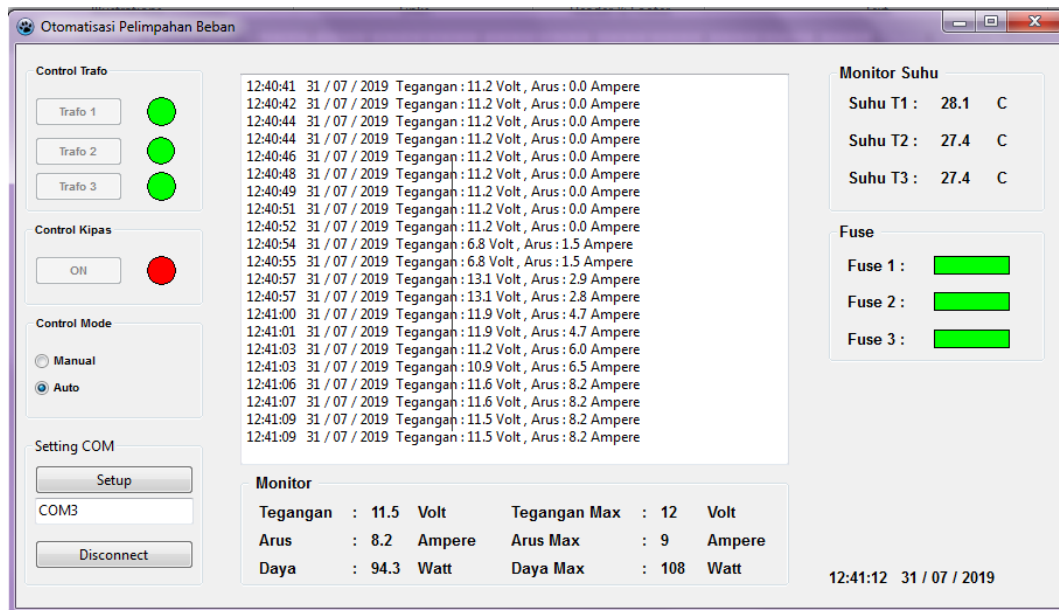
Responden	Aspek Kelayakan														
	Tampilan Alat					Kemudahan Pengoperasian					Fungsi Alat				
	No Angket														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Jumlah	30	32	32	37	34	33	32	34	32	36	34	37	36	33	34
Jumlah Maksimal	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
Persentase	75	80	80	93	85	83	80	85	80	90	85	93	90	83	85
Sub Presentase	82,5%					83,5%					87%				
Total Skor	506														
Total Persentase	84,33%														

Berdasarkan tabel 10 terdapat tiga aspek yang digunakan untuk mengetahui hasil kerja model sistem otomatis pengalihan daya beban pada transformator berbasis mikrokontroler. Angket juga dilengkapi dengan pertanyaan pendukung mengenai saran mengenai sistem yang telah dibuat. Hasil uji pengguna menunjukkan hasil jumlah skor sebesar 506 dengan persentase 84,33%.

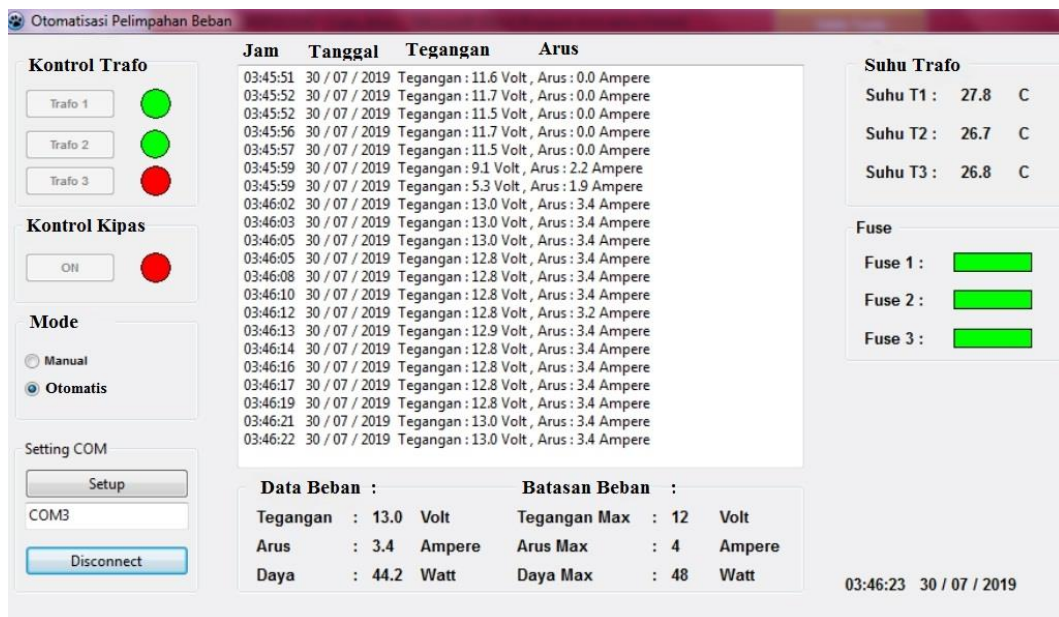
4.1.3. Hasil Revisi Alat

Setelah melalui beberapa proses uji ditemukan beberapa kekurangan pada model sistem otomasi pengalihan daya beban pada transformator berbasis mikrokontroller. Berdasarkan hasil uji tersebut terdapat beberapa bagian pada sistem yang perlu diperbaiki. Selain perbaikan berdasarkan uji *black box* dan uji ahli, perbaikan model sistem otomasi pengalihan daya beban pada transformator berbasis mikrokontroller juga berdasarkan uji pengguna. Revisi tahap pertama dilakukan berdasarkan saran, komentar, dan hasil uji *black box* maupun uji ahli. Adapun revisi yang dilakukan dalam tahap ini meliputi perbaikan tampilan perangkat lunak.

Pada tampilan perangkat lunak terdapat beberapa istilah petunjuk yang masih bercampur antara istilah bahasa asing dengan bahasa Indonesia. Serta ukuran *font* yang terlalu kecil. Kemudian dilakukan perubahan pada *font size* serta istilah yang digunakan. Hal ini dilakukan untuk mempermudah pengoperasian alat dan mengoptimalkan ruang yang ada pada perangkat.. Desain perangkat lunak sebelum dan sesudah revisi dapat dilihat pada gambar 24.



a) Sebelum Revisi



b) Setelah Revisi

Gambar 23. Sebelum dan Sesudah Revisi

4.2. Pembahasan

4.2.1. Pembahasan Uji Ahli

Terdapat 14 pertanyaan angket dan 4 pertanyaan esai tambahan. Berdasarkan data angket tersebut dapat diketahui jumlah skor yang diperoleh sebesar 90 dengan prosentase 81%, Berdasarkan perhitungan tersebut apabila dilihat pada tabel 9, skor tersebut masuk dalam interval pengkategorian skor dengan kategori “baik”. Hasil perhitungan tiap aspek dapat dilihat pada tabel 11.

Tabel 11. Hasil Perhitungan Aspek Uji Ahli

No	Aspek	Skor	Skor Maksimal	Persentase
1	Aspek Kualitas Desain Sistem	19	24	79%
2	Aspek Kualitas Penggunaan Sistem	21	24	87%
3	Aspek Teknis	30	40	75%
4	Aspek Keamanan	20	24	83%
Jumlah Skor		90	112	
Persentase		81%		

Berdasarkan tabel 11 dapat dilihat bahwa pada aspek kualitas penggunaan sistem otomasi pengalihan daya beban pada transformator berbasis mikrokontroler memperoleh persentase skor tertinggi terhadap skor maksimal pada masing-masing aspek. Para ahli berpendapat bahwa penggunaan mode otomatis dan manual dinilai sudah tepat karena akan meningkatkan tingkat penggunaan dari sistem tersebut.

Pada aspek desain memperoleh persentase penilaian yang cukup baik. Dari pendapat ahli desain alat yang di buat dirasa sesuai dengan kebutuhan dan estetika

pengaplikasian. Sedikit perbaikan terdapat pada tampilan perangkat lunak dengan mengubah *font size* dan bahasa petunjuk.

Penilaian pada aspek teknis memiliki nilai terendah di banding aspek lainnya. Dari segi kinerja *relai* PMT dan PMS, kecepatan data *realtime*, dan akurasi data pada LCD maupun PC dinilai sudah mumpuni. Para ahli memberi saran untuk menambahkan fitur *data logger* agar pengguna tetap dapat mengakses data yang tersimpan.

Dari hasil analisa tersebut dapat diketahui pada masing-masing aspek yang diujikan sistem otomasi pengalihan daya beban pada transformator berbasis mikrokontroler layak digunakan secara aspek desain, penggunaan, teknis dan keamanan. sistem otomasi pengalihan daya beban pada transformator berbasis mikrokontroler perlu dilakukan perbaikan pada kualitas desain tampilan perangkat lunak dan penambahan fitur penyimpanan data untuk meningkatkan kualitas dari sistem otomasi pengalihan daya beban pada transformator berbasis mikrokontroler.

4.2.2. Pembahasan Uji *Black Box*

Pada pengujian *black box* sistem otomasi pengalihan daya beban pada transformator berbasis mikrokontroler menggunakan *functional testing*. Basis uji dari *functional testing* ini adalah pada spesifikasi dari komponen perangkat lunak yang diuji. Pada pengujian tersebut tidak ditemukan kesalahan pada fungsi sistem, *input* dapat diterima dengan benar dan *output* yang dihasilkan sesuai yang diharapkan.

Pengujian *black box* didesain untuk mengungkap kesalahan pada persyaratan fungsional dengan mengabaikan mekanisme internal atau komponen dari suatu program. *Functional testing* pada pengujian ini memastikan bahwa semua kebutuhan-kebutuhan telah dipenuhi dalam sistem aplikasi. Dengan pengujian tersebut fungsinya dari sistem otomasi pengalihan daya beban pada transformator berbasis mikrokontroler ini dapat memenuhi tugas-tugas yang didesain untuk dilaksanakan.

Pada pengujian *black box* dengan *error trapping* juga mendapatkan hasil sesuai yang diharapkan. Sistem berhasil bekerja pada mode otomatis maupun manual. Serta mem-*blackout* saat kelebihan beban dan memutus *fuse* guna mengamankan trafo dan komponen lainnya. Dengan demikian sistem otomasi pengalihan daya beban pada transformator berbasis mikrokontroler ini telah berhasil melewati proses uji *black box*.

4.2.3. Pembahasan Uji Pengguna

Terdapat 3 aspek penilaian masing-masing aspek terdiri atas 5 pertanyaan dengan total 15 pertanyaan angket dan 5 pertanyaan esai tambahan. Berdasarkan data dapat diketahui jumlah skor yang diperoleh sebesar 506 dari maksimal skor 600 dengan persentase 84,33%. Berdasarkan tabel 10 skor yang diperoleh dalam pengujian pengguna ini masuk dalam interval pengkategorian dengan kategori “sangat baik”. Hasil perhitungan pada masing-masing aspek dapat dilihat pada tabel 12.

Tabel 12. Hasil Perhitungan Aspek Uji Pengguna

No	Aspek	Skor	Skor Maksimal	Persentase
1	Aspek Tampilan alat	165	200	82,5%
2	Aspek Kemudahan penggunaan	167	200	83,5%
3	Aspek Fungsi alat	174	200	87%
Jumlah Skor		506	600	
Prosentase		84,33%		

Pada tabel 12 dapat dilihat bahwa aspek tampilan alat memiliki nilai terendah dari ketiga aspek yang diujikan dengan demikian maka perlu dilakukan perbaikan untuk meningkatkan aspek tampilan alat. Perbaikan dilakukan dengan melakukan perubahan pada bahasa petunjuk dan memperbesar ukuran *font* pada perangkat lunak untuk mendapatkan kualitas *finishing* produk yang lebih baik.

Selain itu untuk meningkatkan kemudahan dan fungsionalitas alat, dilakukan penambahan *data logger*. Hal ini ditujukan untuk mempermudah akses data sehingga pengguna dapat melihat *history* data yang tersimpan ketika dibutuhkan.

Perbaikan pada aspek tampilan alat dan kemudahan penggunaan tersebut merupakan bagian dari revisi tahap II. Setelah melalui revisi tahap II maka model sistem otomasi pengalihan daya beban pada transformator berbasis mikrokontroler dapat dinyatakan sebagai produk akhir.

4.2.4. Perbandingan dengan Penelitian yang Relevan

Sesuai artikel penelitian yang dibuat oleh Marsandi Arfianto, dkk (2013) Desain Sistem Monitoring Pada Generator Induksi Satu Fasa Berbasis Raspberry

PI. Pada penelitian ini dihasilkan sistem monitoring yang menampilkan nilai keluaran berupa tegangan, arus maupun frekuensi dan mengontrol pembebanan pada generator. ADC (*Analog to Digital Converter*) pada penelitian ini yaitu Arduino Uno. Sistem otomasi pengalihan daya beban pada transformator berbasis mikrokontroler berusaha melengkapi keluaran data berupa sensor suhu dan menambahkan kipas untuk mengantisipasi *over-head* pada transformator. Sistem yang dibuat juga menggunakan arduino mega sehingga dari segi biaya lebih murah daripada penggunaan *Rashberry Pi* yang masih membutuhkan tambahan perangkat arduino juga sebagai ADC. sistem pengalihan daya beban pada transformator juga dilengkapi fitur *black-out* ketika terjadi kelebihan beban guna mengamankan komponen-komponen yang ada.

Jika pada penelitian Ali Jaya dan Gurum Ahmad Pauzi (2013) Aplikasi Multi Kontrol Secara *real-time* Berbasis Mikrokontroler ATmega32 pada Alat VJ3000 di Stasiun Pemancar LPP RRI Bandar Lampung. Sistem yang dihasilkan yaitu menjadwalkan penyalan panel power VJ3000 dan menampilkan data suhu ruang pada LCD, maka untuk melengkapi penelitian tersebut pada sistem otomasi pengalihan daya beban pada transformator berbasis mikrokontroler menambahkan tampilan data berupa tegangan, arus, dan suhu. Serta menambahkan fitur manual sehingga bisa memilih transformator pembebanan jika terjadi kerusakan pada transformator lainnya. Sistem yang dibuat juga ditampilkan pada LCD dan PC untuk memudahkan pengontrolan.

BAB V

PENUTUP

5.1. Kesimpulan

1. Sistem yang dihasilkan mampu memonitor kinerja masing-masing transformator dan mengontrol pembebanannya. sehingga kedepan dapat dijadikan model sistem pada pembangkit-pembangkit berdaya rendah
2. Pada uji *black box* setiap komponen mampu bekerja sesuai desain *software* yang telah direncanakan. Pada uji ahli mendapatkan persentase 81 % atau masuk kategori baik dan dalam uji pengguna mendapat persentase 84,3 % atau masuk kategori sangat baik.
3. Berdasarkan analisis data Model Sistem Otomasi Pengalihan Daya Beban Pada Transformator Berbasis Mikrokontroler telah layak untuk digunakan sebagai model sistem monitoring dan pelimpah beban transformator sebuah pembangkit pada industri berdaya rendah.

5.2. Saran

Berdasarkan pembahasan dan proses pengembangan Model sistem otomasi pengalihan daya beban pada transformator berbasis mikrokontroler, maka peneliti dapat memberikan saran guna pengembangan system lebih lanjut. Proses pengembangan selanjutnya masih terdapat beberapa aspek yang bisa ditingkatkan, seperti penggunaan modul *wifi* sebagai media konektivitas dengan sistem perangkat

lain sehingga sistem otomasi pengalihan daya beban pada transformator berbasis mikrokontroler dapat bekerja terintegrasi. Dari aspek mekanik dapat ditambahkan transformator lain sehingga beban yang bisa dikontrol lebih besar dan dapat digunakan pada industri.

DAFTAR PUSTAKA

- A.H. Al-Badi, dkk. 2011. *Losses Reduction In Distribution Transformers*. Hongkong. International MultiConference of Engineers and Computer Scientists (IMECS).
- Dickson K. Chembe. 2009. *Reduction of Power Losses Using Phase Load Balancing Method in Power Networks*. San Francisco, USA. World Congress on Engineering and Computer Science (WCECS).
- Ali Jaya, Gurum Ahmad Pauzi. 2013. *Aplikasi Multi Kontrol Secara Real Time Berbasis Mikrokontroler ATmega32 Pada Alat VJ3000 di Stasiun Pemancar LPP RRI Bandar Lampung*. Universitas Lampung: Jurnal Teori dan Aplikasi Fisika Vol. 01
- Marsandi Arfianto, dkk. 2013. *Desain Sistem Monitoring Pada Generator Induksi Satu Fasa Berbasis Raspberry Pi*. Universitas Jember: Elektronik Jurnal Arus Elektro Indonesia (eJAEI).
- Mohammad Chusnul Adib, Maula Sukmawidjaja. 2016. *Rancang Bangun Pengendalian Alat Vacuum Pressure Impregnation Berbasis PLC dan HMI Untuk Gulungan Baru Mesin Listrik*. Universitas Trisakti: Jurnal JETri Vol.04
- Yoakim Simamora, Panusur S.M.L. Tobing. 2009. *Analisis Ketidakseimbangan Beban Transformator Distribusi Untuk Identifikasi Beban Lebih dan Estimasi Rugi-Rugi Pada Jaringan Tegangan Rendah*. Indonesia: Universitas Sumatera Utara.
- Antonov, Doni Aprinaldo. 2015. *Optimasi Penyeimbangan Beban Pada Trafo Distribusi Terhadap Susut Energi (Aplikasi Feeder Sikakap)*. Indonesia: Institut Teknologi Padang.
- Fazari Abdillah, dkk. 2014. *Penyeimbang Beban Pada Gardu Distribusi Dengan Metode Seimbang Beban Sehari Di PT. PLN Area Bukittinggi*. Institut Teknologi Sepuluh November: Jurnal Teknik Pomits Vol.01

- Nela Aniza Z, dkk. 2010. *Perancangan Human Machine Interface Berbasis SCADA Pada PT.PLN (Persero) Unit Pengatur Beban (UPB) SUMBAGTENG*. Indonesia: Politeknik Negeri Padang.
- Medilla Kusriyanto, Muhammad Syariffudin. 2009. *Mini SCADA Berbasis Mikrokontroler ATmega 32 Dengan Komunikasi Modbus RS 485 dan Sistem Monitoring Menggunakan Visual Basic*. Indonesia: Universitas Islam Indonesia Yogyakarta.
- Sugiyono. 2015. *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif dan R & D*. Cetakan keempat. Bandung. Alfabeta.
- KBBI Daring. <https://kbbi.web.id>. (03/07/2019).
- Rully Indrawan, Poppy Yaniawati. 2014. *Metodologi Penelitian Pendidikan : Kuantitatif dan Kualitatif*. Cetakan pertama. Bandung. PT Refika Aditama.
- Sidik Nurcahyo. 2012. *Aplikasi dan Teknik Pemrograman Mikrokontroler AVR Atmel*. Yogyakarta. CV. Andi
- Muhammad Syahwil. 2013. *Panduan Mudah Simulasi dan Praktik Mikrokontroler Arduino*. Yogyakarta. CV. Andi
- Frank D. Petruzella. 2001. *Elektronik Industri*. Yogyakarta. CV Andi
- Jazi Eko Istiyanto. 2014. *Pengantar Elektronika dan Instrumentasi Pendekatan Project Arduino dan Android*. Yogyakarta. CV. Andi
- Jubile Enterprise. 2017. *Pemrograman Delphi untuk Pemula*. Jakarta. PT. Elex Media Komputindo

LAMPIRAN

Lampiran 1. Formulir usulan topik skripsi



Formulir Usulan Topik Skripsi
FM-1-AKD-24/rev.00
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

Usulan topik skripsi ini diajukan oleh:

Nama : DWI YULIANTO
NIM : 5301412059
Jurusan : Teknik Elektro
Program Studi : Pendidikan Teknik Elektro, S1
Topik : Model otomatisasi kontrol sistem pengalihan daya beban pada trafo berbasis mikrokontroler



Menyetujui
Ketua Jurusan
Dr. Ing. Dhidik Prastiyanto, S.T.,
NIP. 197805312005011002

Semarang, 2 Mei 2016
Yang mengajukan,


DWI YULIANTO
NIM. 5301412059



Lampiran 2. Surat usulan dosen pembimbing

<http://skripsi.unnes.ac.id/v2/skripsi/pd...>

KEMENTERIAN RISTEK DAN PENDIDIKAN TINGGI
 UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG
FAKULTAS TEKNIK
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
 Gedung E11 Lt 2, Kampus Sekaran, Gunungpati, Semarang 50229
 Telepon: 024 8508104
 Laman: www.te.unnes.ac.id, surel:

Nomor : 22/TE/I/2017
 Lamp. :
 Hal : Usulan Pembimbing

Yth. Dekan Fakultas Teknik
 Universitas Negeri Semarang

Merujuk Keputusan Rektor Unnes Nomor 164/O/2004 tentang Pedoman Penyusunan Skripsi Mahasiswa Program S1 pasal 7 mengenai penentuan pembimbing, dengan ini saya usulkan

1. Nama : TATYANTORO ANDRASTO, S.T., M.T.
 NIP : 196803161999031001
 Pangkat/Golongan : IV/a
 Jabatan Akademik : Lektor Kepala
 Sebagai Dosen Pembimbing 1
2. Nama : Riana Defi Mahadji Putri, ST, MT
 NIP : 197609182005012001
 Pangkat/Golongan : III/b
 Jabatan Akademik : Asisten Ahli
 Sebagai Dosen Pembimbing 2

Dalam penyusunan Skripsi/Tugas Akhir untuk mahasiswa

Nama : DWI YULIANTO
 NIM : 5301412059
 Program Studi : Pendidikan Teknik Elektro, S1
 Topik : Model otomatisasi kontrol sistem pengalihan daya beban pada trafo berbasis mikrokontroler
 Untuk itu, mohon diterbitkan surat penetapannya.



Semarang, 18 Mei 2016
 Ketua Jurusan

Dr.-Ing. Dhidik Prastiyanto, S.T., M.T.
 NIP. 197805312005011002

Lampiran 3. Surat tugas dosen pembimbing



**KEPUTUSAN
DEKAN FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG
Nomor: 072/FT-UNNES/2017**

**Tentang
PENETAPAN DOSEN PEMBIMBING SKRIPSI/TUGAS AKHIR SEMESTER
GASAL/GENAP
TAHUN AKADEMIK 2016/2017**

Menimbang : Bahwa untuk memperlancar mahasiswa Jurusan/Prodi Teknik Elektro/Pend. Teknik Elektro Fakultas Teknik membuat Skripsi/Tugas Akhir, maka perlu menetapkan Dosen-dosen Jurusan/Prodi Teknik Elektro/Pend. Teknik Elektro Fakultas Teknik UNNES untuk menjadi pembimbing.

- Mengingat : 1. Undang-undang No.20 Tahun 2003 tentang Sistem Pendidikan Nasional (Tambahan Lembaran Negara RI No.4301, penjelasan atas Lembaran Negara RI Tahun 2003, Nomor 78)
2. Peraturan Rektor No. 21 Tahun 2011 tentang Sistem Informasi Skripsi UNNES
3. SK. Rektor UNNES No. 164/O/2004 tentang Pedoman penyusunan Skripsi/Tugas Akhir Mahasiswa Strata Satu (S1) UNNES;
4. SK Rektor UNNES No.162/O/2004 tentang penyelenggaraan Pendidikan UNNES;

Menimbang : Usulan Ketua Jurusan/Prodi Teknik Elektro/Pend. Teknik Elektro Tanggal 18 Mei 2016

MEMUTUSKAN

Menetapkan :

PERTAMA :

Menunjuk dan menugaskan kepada :

1. Nama : TATYANTORO ANDRASTO, S.T., M.T.

NIP : 196803161999031001

Pangkat/Golongan : IV/a

Jabatan Akademik : Lektor Kepala

Sebagai Pembimbing I

2. Nama : Riana Defi Mahadji Putri, ST, MT

NIP : 197609182005012001

Pangkat/Golongan : III/b

Jabatan Akademik : Asisten Ahli

Sebagai Pembimbing II

Untuk membimbing mahasiswa penyusun skripsi/Tugas Akhir :

Nama : DWI YULIANTO

NIM : 5301412059

Jurusan/Prodi : Teknik Elektro/Pend. Teknik Elektro

Topik : Model otomatisasi kontrol sistem pengalihan daya beban pada trafo berbasis mikrokontroler

KEDUA :

Keputusan ini mulai berlaku sejak tanggal ditetapkan.

Tembusan

1. Pembantu Dekan Bidang Akademik
2. Ketua Jurusan
3. Petinggal



5301412059

FM-03-AKD-24/Rev. 00



DITETAPKAN DI : SEMARANG

PADA TANGGAL : 16 Januari 2017

DEKAN

Dr. Nur Qudus, M.T

NIP 196911301994031001

Lampiran 4. *Source code interface* dan program arduino

1. *Interface*

```

unit Unit1;

{$mode objfpc}{$H+}

interface

uses
  Classes, SysUtils, FileUtil, Forms, Controls, Graphics, Dialogs, StdCtrls,
  ExtCtrls, LazSerial;

type

  { TForm1 }

  TForm1 = class(TForm)
    Button1: TButton;
    Button2: TButton;
    Button3: TButton;
    Button4: TButton;
    Button5: TButton;
    Button6: TButton;
    Edit1: TEdit;
    GroupBox1: TGroupBox;
    GroupBox2: TGroupBox;
    GroupBox3: TGroupBox;
    GroupBox4: TGroupBox;
    GroupBox5: TGroupBox;
    GroupBox6: TGroupBox;
    GroupBox7: TGroupBox;
    Label1: TLabel;
    Label10: TLabel;
    Label11: TLabel;
    Label12: TLabel;
    Label13: TLabel;
    Label14: TLabel;
    Label15: TLabel;
    Label16: TLabel;
    Label17: TLabel;
    Label18: TLabel;
    Label19: TLabel;
    Label2: TLabel;
    Label20: TLabel;
    Label21: TLabel;
    Label22: TLabel;
    Label23: TLabel;
    Label24: TLabel;
    Label25: TLabel;
    Label26: TLabel;
    Label27: TLabel;
    Label28: TLabel;
    Label29: TLabel;
    Label3: TLabel;
    Label30: TLabel;
    Label31: TLabel;
    Label32: TLabel;
    Label33: TLabel;
    Label34: TLabel;
    Label35: TLabel;
    Label36: TLabel;
    Label37: TLabel;
  end;

```

```

Label4: TLabel;
Label5: TLabel;
Label6: TLabel;
Label7: TLabel;
Label8: TLabel;
Label9: TLabel;
Serial: TLazSerial;
Memo1: TMemo;
RadioButton1: TRadioButton;
RadioButton2: TRadioButton;
Shape1: TShape;
Shape2: TShape;
Shape3: TShape;
Shape4: TShape;
Shape5: TShape;
Shape6: TShape;
Shape7: TShape;
Timer1: TTimer;
Timer2: TTimer;
procedure Button1Click(Sender: TObject);
procedure Button2Click(Sender: TObject);
procedure Button3Click(Sender: TObject);
procedure Button4Click(Sender: TObject);
procedure Button5Click(Sender: TObject);
procedure Button6Click(Sender: TObject);
procedure FormCreate(Sender: TObject);
procedure GroupBox2Click(Sender: TObject);
procedure GroupBox3Click(Sender: TObject);
procedure Memo1Change(Sender: TObject);
procedure RadioButton1Change(Sender: TObject);
procedure RadioButton2Change(Sender: TObject);
procedure SerialRxData(Sender: TObject);
procedure Timer1Timer(Sender: TObject);
procedure Timer2Timer(Sender: TObject);
private
  { private declarations }
public
  { public declarations }
end;

var
  Form1: TForm1;
  sd: string;
  connected:boolean;
  CurPos,memtrip : integer;
  FTempStr: String;
  arus:real;
  tegangan,suhu1,suhu2,suhu3:real;
implementation

{$R *.lfm}

{ TForm1 }

procedure TForm1.Timer1Timer(Sender: TObject);
begin
  label1.Caption:=FormatDateTime('hh:mm:ss  dd / mm / yyyy',Now);
  inc(memtrip);
end;

procedure TForm1.Timer2Timer(Sender: TObject);
begin
  if sd='B' then
  begin
    Serial.WriteData('I');
  end;
end;

```

```

    sd:='A';
  end
  else
  begin
    Serial.WriteData('I');
    sd:='B';
  end;
end;

procedure TForm1.FormCreate(Sender: TObject);
begin
  Connected:=False;
  button1.Enabled:=False;
  button2.Enabled:=False;
  button3.Enabled:=False;
  button4.Enabled:=False;
  memtrip:=60;
  //Serial.BaudRate
end;

procedure TForm1.GroupBox2Click(Sender: TObject);
begin

end;

procedure TForm1.GroupBox3Click(Sender: TObject);
begin

end;

procedure TForm1.Memo1Change(Sender: TObject);
begin
  // memo1.Perform(EM_LINESCROLL,0,Memo1.Lines.Count);
end;

procedure TForm1.RadioButton1Change(Sender: TObject);
begin
  if radiobutton1.Checked=True then
  begin
    button1.Enabled:=True;
    button2.Enabled:=True;
    button3.Enabled:=True;
    button4.Enabled:=True;
  end;
end;

procedure TForm1.RadioButton2Change(Sender: TObject);
begin
  if radiobutton2.Checked=True then
  begin
    button1.Enabled:=False;
    button2.Enabled:=False;
    button3.Enabled:=False;
    button4.Enabled:=False;

    end;
end;

procedure TForm1.SerialRxData(Sender: TObject);
var Str : string;
    fuse1,fuse2,fuse3:string;
    realtxt : string;
begin
  Str := Serial.ReadData;

```

```

CurPos := Pos( Char(10) ,Str);

if CurPos = 0 then begin
  FTempStr := FTempStr + Str;
end
else begin
  FTempStr := FTempStr + Copy( Str, 1, CurPos-1);
  label9.Caption := copy (FTempStr, Pos ('#',FTempStr) + 1, Pos ('A',FTempStr) -
Pos ('#',FTempStr)-1) ;
  label8.Caption := copy (FTempStr, Pos ('A',FTempStr) + 1, Pos ('B',FTempStr) -
Pos ('A',FTempStr)-1) ;
  realtxt := 'Tegangan : ' + label8.Caption + ' Volt , Arus : '+ label9.Caption
+ ' Ampere';
  arus := strtofloat(label9.Caption);
  tegangan := strtofloat(label8.Caption);
  label10.Caption:=floattostr ( (arus * tegangan));

  label25.Caption := copy (FTempStr, Pos ('B',FTempStr) + 1, Pos ('C',FTempStr)
- Pos ('B',FTempStr)-1) ;
  label26.Caption := copy (FTempStr, Pos ('C',FTempStr) + 1, Pos ('D',FTempStr)
- Pos ('C',FTempStr)-1) ;
  label27.Caption := copy (FTempStr, Pos ('D',FTempStr) + 1, Pos ('E',FTempStr)
- Pos ('D',FTempStr)-1) ;

  suhu1:= strtofloat(label25.Caption);
  suhu2:= strtofloat(label26.Caption);
  suhu3:= strtofloat(label27.Caption);

  fuse1 := copy (FTempStr, Pos ('E',FTempStr) + 1, Pos ('F',FTempStr) - Pos
('E',FTempStr)-1) ;
  fuse2 := copy (FTempStr, Pos ('F',FTempStr) + 1, Pos ('G',FTempStr) - Pos
('F',FTempStr)-1) ;
  fuse3 := copy (FTempStr, Pos ('G',FTempStr) + 1, Pos ('H',FTempStr) - Pos
('G',FTempStr)-1) ;
  if fuse1='1' then shape5.Brush.Color:=clLime
  else shape5.Brush.Color:=clRed;
  if fuse2='1' then shape6.Brush.Color:=clLime
  else shape6.Brush.Color:=clRed;
  if fuse3='1' then shape7.Brush.Color:=clLime
  else shape7.Brush.Color:=clRed;

  if (shapel.Brush.Color=clLime) AND (shape2.Brush.Color=clRed) AND
(shape3.Brush.Color=clRed) then begin label19.Caption:='1';
label18.Caption:='12'; label36.Caption:= '12'; end
  else if (shapel.Brush.Color=clRed) AND (shape2.Brush.Color=clLime) AND
(shape3.Brush.Color=clRed) then begin label19.Caption:='3';
label18.Caption:='12'; label36.Caption:= '36'; end
  else if (shapel.Brush.Color=clLime) AND (shape2.Brush.Color=clLime) AND
(shape3.Brush.Color=clRed) then begin
label19.Caption:='4';label18.Caption:='12'; label36.Caption:= '48'; end
  else if (shapel.Brush.Color=clRed) AND (shape2.Brush.Color=clRed) AND
(shape3.Brush.Color=clLime) then begin label19.Caption:='5';
label18.Caption:='12'; label36.Caption:= '60'; end
  else if (shapel.Brush.Color=clLime) AND (shape2.Brush.Color=clRed) AND
(shape3.Brush.Color=clLime) then begin label19.Caption:='6';
label18.Caption:='12';label36.Caption:= '72'; end
  else if (shapel.Brush.Color=clRed) AND (shape2.Brush.Color=clLime) AND
(shape3.Brush.Color=clLime) then begin label19.Caption:='8';
label18.Caption:='12' ;label36.Caption:= '96'; end
  else if (shapel.Brush.Color=clLime) AND (shape2.Brush.Color=clLime) AND
(shape3.Brush.Color=clLime) then begin label19.Caption:='9';
label18.Caption:='12'; label36.Caption:= '108'; end
  else begin label19.Caption:='-'; label18.Caption:='-';end;

```

```

Memol.Lines.BeginUpdate;
Memol.Lines.Add(label1.Caption+' ' + realltxt);
Memol.Lines.EndUpdate;
Memol.SelStart := Length(Memol.Lines.Text)-1;
Memol.SelLength:=0;

//AnalyseFrames(FtempStr);

FTempStr := Copy(Str, CurPos +1, Length(Str) - CurPos);

end;

if (radiobutton2.Checked=True) AND (memtrip > 60) then
begin
  if arus <= 1 then
  begin
    Serial.WriteData('A');
    sleep(200);
    Serial.WriteData('F');
    sleep(200);
    Serial.WriteData('D');
    shape1.Brush.Color:=clLime;
    shape2.Brush.Color:=clRed;
    shape3.Brush.Color:=clRed;
  end
  else if ( arus > 1 ) AND ( arus <=3 ) then
  begin
    Serial.WriteData('C');
    sleep(200);
    Serial.WriteData('B');
    sleep(200);
    Serial.WriteData('F');
    shape1.Brush.Color:=clRed;
    shape2.Brush.Color:=clLime;
    shape3.Brush.Color:=clRed;
  end
  else if ( arus >3 ) AND ( arus <=4 ) then
  begin
    Serial.WriteData('A');
    sleep(200);
    Serial.WriteData('C');
    sleep(200);
    Serial.WriteData('F');
    shape1.Brush.Color:=clLime;
    shape2.Brush.Color:=clLime;
    shape3.Brush.Color:=clRed;
  end
  else if ( arus > 4 ) AND ( arus <=5 ) then
  begin
    Serial.WriteData('E');
    sleep(200);
    Serial.WriteData('B');
    sleep(200);
    Serial.WriteData('D');
    shape1.Brush.Color:=clRed;
    shape2.Brush.Color:=clRed;
    shape3.Brush.Color:=clLime;
  end
  else if ( arus > 5 ) AND ( arus <=6 ) then
  begin
    Serial.WriteData('A');
    sleep(200);
    Serial.WriteData('E');
  end
end

```

```

        sleep(200);
        Serial.WriteData('D');
        shape1.Brush.Color:=clLime;
        shape2.Brush.Color:=clRed;
        shape3.Brush.Color:=clLime;
    end
else if ( arus > 6) AND ( arus <=8 ) then
begin
    Serial.WriteData('C');
    sleep(200);
    Serial.WriteData('E');
    sleep(200);
    Serial.WriteData('B');
    shape1.Brush.Color:=clRed;
    shape2.Brush.Color:=clLime;
    shape3.Brush.Color:=clLime;
end
else if ( arus > 8 ) AND ( arus <=9 ) then
begin
    Serial.WriteData('A');
    sleep(200);
    Serial.WriteData('C');
    sleep(200);
    Serial.WriteData('E');
    shape1.Brush.Color:=clLime;
    shape2.Brush.Color:=clLime;
    shape3.Brush.Color:=clLime;
end
    else if ( arus > 9) then
        begin
            Serial.WriteData('B');

            sleep(200);
            Serial.WriteData('D');
            sleep(200);
            Serial.WriteData('F');
            shape1.Brush.Color:=clRed;
            shape2.Brush.Color:=clRed;
            shape3.Brush.Color:=clRed;
            memtrip:=0;
            end;
end;
end;
if radiobutton2.Checked=True then
begin
    if (suhu1>50) OR (suhu2>50) OR (suhu3>50) then
    begin
        Serial.WriteData('G');
        shape4.Brush.Color:=clLime;
        button4.Caption:='OFF';
    end
    else if (suhu1<35) AND (suhu2<35) AND (suhu3<35) then
    begin
        Serial.WriteData('H');
        shape4.Brush.Color:=clRed;
        button4.Caption:='ON';
    end;
end;
end;

end;

procedure TForm1.Button1Click(Sender: TObject);
begin
    if connected = True then
    begin
        if shape1.Brush.Color=clRed then
        begin

```



```
        Serial.WriteData('A');
        shape1.Brush.Color:=clLime;

    end
else
    begin
        Serial.WriteData('B');
        shape1.Brush.color:=clRed;
    end;
end;
end;

procedure TForm1.Button2Click(Sender: TObject);
begin
    if connected = True then
        begin
            if shape2.Brush.Color=clRed then
                begin
                    Serial.WriteData('C');
                    shape2.Brush.Color:=clLime;
                end
            else
                begin
                    Serial.WriteData('D');
                    shape2.Brush.color:=clRed;
                end;
        end;
end;
end;

procedure TForm1.Button3Click(Sender: TObject);
begin
    if connected = True then
        begin
            if shape3.Brush.Color=clRed then
                begin
                    Serial.WriteData('E');
                    shape3.Brush.Color:=clLime;
                end
            else
                begin
                    Serial.WriteData('F');
                    shape3.Brush.color:=clRed;
                end;
        end;
end;
end;

procedure TForm1.Button4Click(Sender: TObject);
begin
    if connected = True then
        begin
            if shape4.Brush.Color=clRed then
                begin
                    Serial.WriteData('G');
                    shape4.Brush.Color:=clLime;
                    button4.Caption:='OFF';
                end
            else
                begin
                    Serial.WriteData('H');
                    shape4.Brush.color:=clRed;
                    button4.Caption:='ON';
                end;
        end;
end;
end;
```

```

procedure TForm1.Button5Click(Sender: TObject);
begin
    Serial.ShowSetupDialog;
    edit1.Text:=Serial.Device;
end;

procedure TForm1.Button6Click(Sender: TObject);
begin
    Serial.Device:=edit1.Text;
    if button6.Caption = 'Connect' then
        begin
            Serial.Open;
            button6.Caption:='Disconnect';
            timer2.Enabled:=True;
            connected:=True;
        end
    else
        begin
            Serial.Close;
            button6.Caption:='Connect';
            timer2.Enabled:=False;
            Connected:=False;
        end;
end;

end.

```

2. Program Arduino

```

#include "ACS712.h"
#include <LiquidCrystal_I2C.h>

LiquidCrystal_I2C lcd(0x27,16,2); // set the LCD address to 0x27 for a 16 chars
and 2 line display

/*
   This example shows how to measure DC current
*/

// We have 30 amps version sensor connected to A1 pin of arduino
// Replace with your version if necessary
ACS712 sensor(ACS712_20A, A0);
#define ON 1
#define OFF 0

#define kipas A9

#define pms1_1A 49
#define pms1_3A 51
#define pms1_5A 53

#define pmt_1A A13
#define pmt_3A A14
#define pmt_5A A15

#define pms2_1A A12
#define pms2_3A A11
#define pms2_5A A10

#define sens_arus A0
#define sens_teg A1
#define sens_suhul A4
#define sens_suhu2 A3

```

```

#define sens_suhu3 A2
#define pin_fuse1 5
#define pin_fuse3 4
#define pin_fuse5 3

float arus,tegangan,vmax,imax,suhu1=33.4,suhu2=30.1,suhu3=29.3;
boolean fuse1=1,fuse2=0,fuse3=0;
void terima_data(char datanya){
switch (datanya){

case
'A':digitalWrite(pms1_1A,HIGH);digitalWrite(pms2_1A,HIGH);delay(100);digitalWrite(
pmt_1A,HIGH);break;
case
'B':digitalWrite(pmt_1A,LOW);delay(100);digitalWrite(pms1_1A,LOW);digitalWrite(pms
2_1A,LOW);break;
case
'C':digitalWrite(pms1_3A,HIGH);digitalWrite(pms2_3A,HIGH);delay(100);digitalWrite(
pmt_3A,HIGH);break;
case
'D':digitalWrite(pmt_3A,LOW);delay(100);digitalWrite(pms1_3A,LOW);digitalWrite(pms
2_3A,LOW);break;
case
'E':digitalWrite(pms1_5A,HIGH);digitalWrite(pms2_5A,HIGH);delay(100);digitalWrite(
pmt_5A,HIGH);break;
case
'F':digitalWrite(pmt_5A,LOW);delay(100);digitalWrite(pms1_5A,LOW);digitalWrite(pms
2_5A,LOW);break;

case 'G':digitalWrite(kipas,HIGH);break;
case 'H':digitalWrite(kipas,LOW);break;
case 'I':
    Serial.print("#");
    Serial.print(arus,1);
    Serial.print("A");
    Serial.print(tegangan,1);
    Serial.print("B");
    Serial.print(suhu1,1);
    Serial.print("C");
    Serial.print(suhu2,1);
    Serial.print("D");
    Serial.print(suhu3,1);
    Serial.print("E");
    Serial.print(fuse1);
    Serial.print("F");
    Serial.print(fuse2);
    Serial.print("G");
    Serial.print(fuse3);
    Serial.println("H");

    break;
//printf("#%.1fA%.1fB%.1fC%.1fD%.1fE%dF%dG%dH\n", arus, tegangan, suhu1, suhu2, suhu3, f
use1, fuse2, fuse3);

//case 'J':pms2_3A=OFF;break;
//case 'K':pms2_5A=ON;break;
//case 'L':pms2_5A=OFF;break;
//
//case 'M':pmt_1A=ON;break;
//case 'N':pmt_1A=OFF;break;
//case 'O':pmt_3A=ON;break;
//case 'P':pmt_3A=OFF;break;
//case 'Q':pmt_5A=ON;break;
//case 'R':pmt_5A=OFF;break;

```

```

}
}
void setup() {
  pinMode(pms1_1A, OUTPUT);
  pinMode(pms1_3A, OUTPUT);
  pinMode(pms1_5A, OUTPUT);
  pinMode(pmt_1A, OUTPUT);
  pinMode(pmt_3A, OUTPUT);
  pinMode(pmt_5A, OUTPUT);
  pinMode(pms2_1A, OUTPUT);
  pinMode(pms2_3A, OUTPUT);
  pinMode(pms2_5A, OUTPUT);
  pinMode(kipas, OUTPUT);
  pinMode(pin_fuse1, INPUT_PULLUP);
  pinMode(pin_fuse3, INPUT_PULLUP);
  pinMode(pin_fuse5, INPUT_PULLUP);
  digitalWrite(pms1_1A, LOW);
  digitalWrite(pms1_3A, LOW);
  digitalWrite(pms1_5A, LOW);
  digitalWrite(pms2_1A, LOW);
  digitalWrite(pms2_3A, LOW);
  digitalWrite(pms2_5A, LOW);
  digitalWrite(pmt_1A, LOW);
  digitalWrite(pmt_3A, LOW);
  digitalWrite(pmt_5A, LOW);
  Serial.begin(9600);
  sensor.calibrate();
  lcd.init(); // initialize the lcd
  lcd.init();
  // Print a message to the LCD.
  lcd.backlight();
  lcd.clear();
  lcd.setCursor(0,0);
  lcd.print("PMT-PMS DWI");
  delay(2000);

}
float baca_sensor(unsigned char ch){
  int ul;
  long int jml=0;
  float rate;
  jml=0;
  rate=0;
  for (ul=0;ul<50;ul++){
    jml=jml+analogRead(ch);
  }
  rate=(float)jml/50.0;
  return rate;
}

float find_high(unsigned char ch){
  int ul;
  float uplim=0,dwlim=1023,var_adc;

  for (ul=0;ul<2000;ul++){
    var_adc=analogRead(ch);
    if (var_adc>uplim){uplim=var_adc;}
    if (var_adc<dwlim){dwlim=var_adc;}
  }
  return uplim;
}

```

```

void tampil_lcd(){
  //lcd.clear();
  lcd.setCursor(0,0);
  if(suhu1<10&&suhi1>0){lcd.print(" ");}
  lcd.print(suhu1,0);
  lcd.print((char)223);
  lcd.print("C ");
  if(suhu2<10&&suhi2>0){lcd.print(" ");}
  lcd.print(suhu2,0);lcd.print((char)223);
  lcd.print("C ");
  if(suhu3<10&&suhi3>0){lcd.print(" ");}
  lcd.print(suhu3,0);lcd.print((char)223);
  lcd.print("C");
  lcd.setCursor(0,1);
  if(tegangan<10&&tegangan>0){lcd.print(" ");}
  lcd.print(tegangan,1);
  lcd.print("V ");
  if(arus<10&&arus>0){lcd.print(" ");}
  lcd.print(arus,1);
  lcd.print("A ");

}

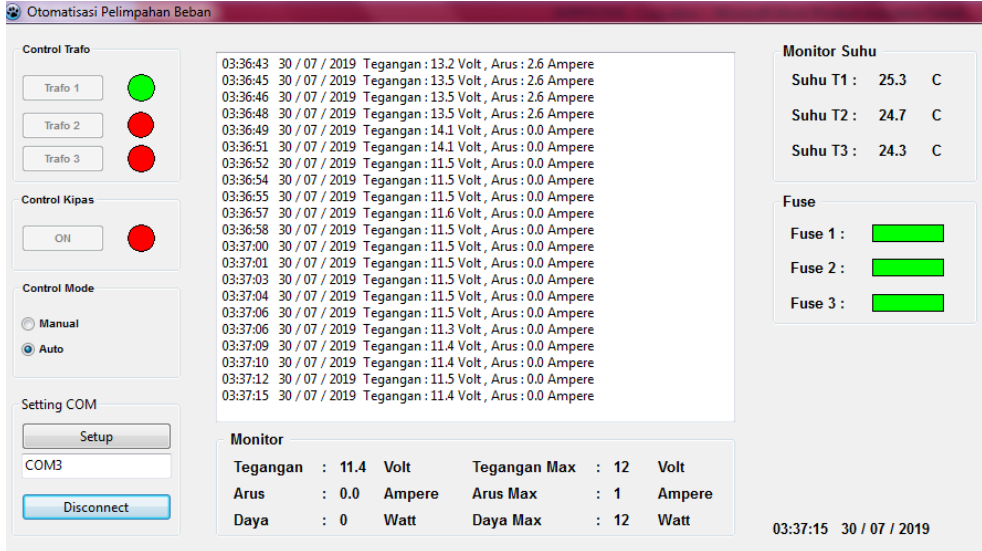
void loop() {
  int ul;
  float uplim=0,dwlim=1023,var_adc;
  for (ul=0;ul<100;ul++){
    var_adc=sensor.getCurrentDC();
    var_adc=fabs(var_adc);
    if (var_adc>uplim){uplim=var_adc;}
    if (var_adc<dwlim){dwlim=var_adc;}
  }
  arus =uplim;
  //arus = fabs(arus);
  for (ul=0;ul<100;ul++){
    var_adc=analogRead(sens_teg) * 20.0/1023.0;
    //var_adc=fabs(var_adc);
    if (var_adc>uplim){uplim=var_adc;}
    if (var_adc<dwlim){dwlim=var_adc;}
  }
  float vpeak=uplim;
  tegangan =
  vpeak/1.4142135623730950488016887242097;//2*vpeak/3.14;//1.41421356237309504880168
  87242097;//baca_sensor(sens_teg)* 15/1023;
  if (tegangan<0.5){tegangan=0;}
  suhu1 = baca_sensor(sens_suhu1) * 0.4887585532746823069403714565;
  suhu2 = baca_sensor(sens_suhu2) * 0.4887585532746823069403714565;
  suhu3 = baca_sensor(sens_suhu3) * 0.4887585532746823069403714565;

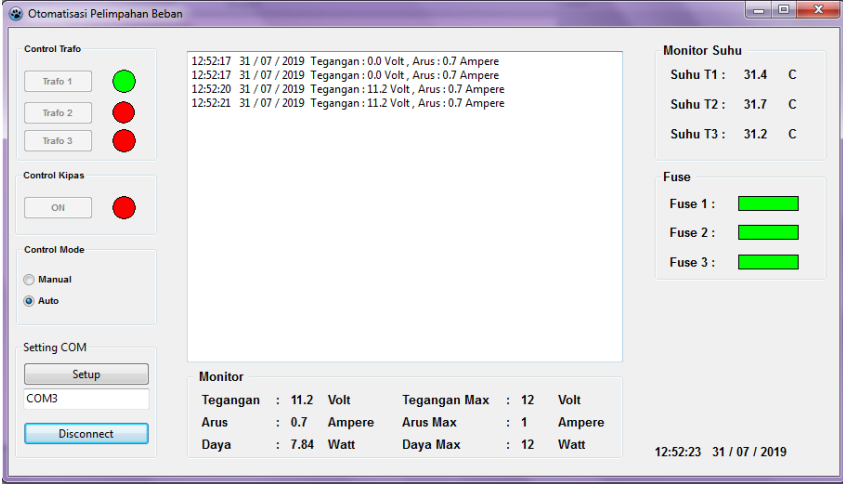
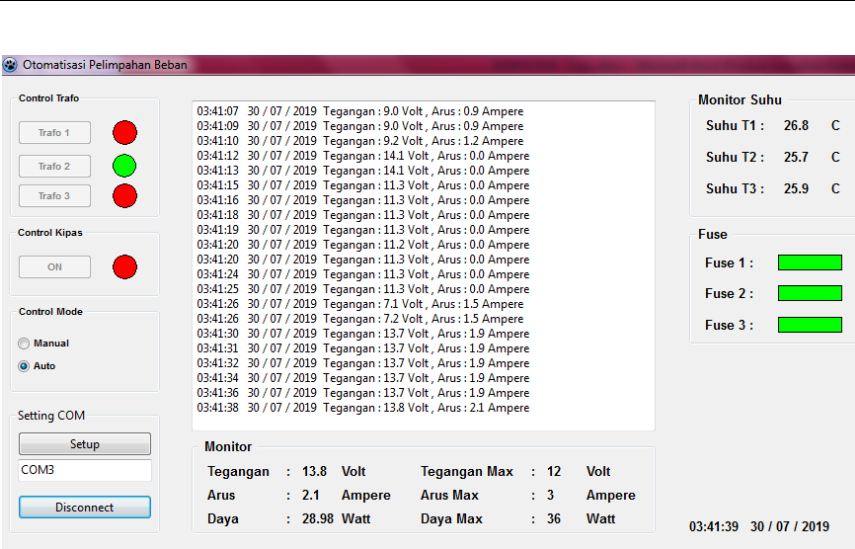
  if (digitalRead(pin_fuse1)==LOW){
    fuse1 = true;}
  else {fuse1=false;}
  //delay_ms(5);fuse1 = ~PIND.2;
  if (digitalRead(pin_fuse3)==LOW){
    fuse2 = true;}
  else {fuse2=false;}
  if (digitalRead(pin_fuse5)==LOW){
    fuse3 = true;}
  else {fuse3=false;}
  tampil_lcd();
  if (Serial.available()> 0){
    terima_data(Serial.read());
  }

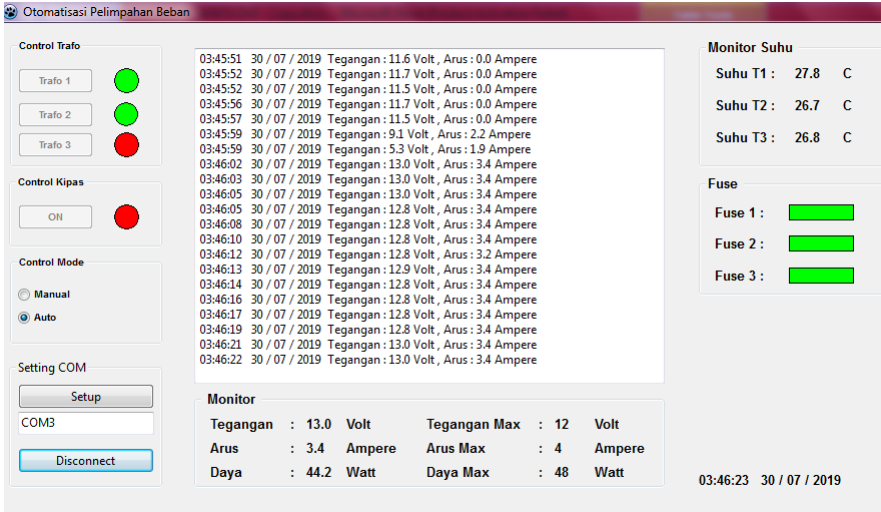
}

```

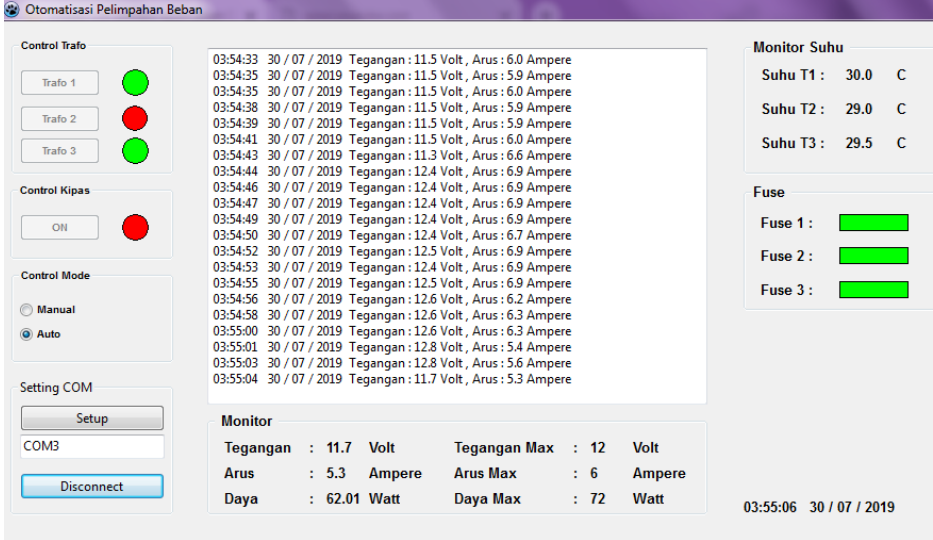
Lampiran 5. Hasil Uji *Black Box*Hasil Uji *Task Testing*

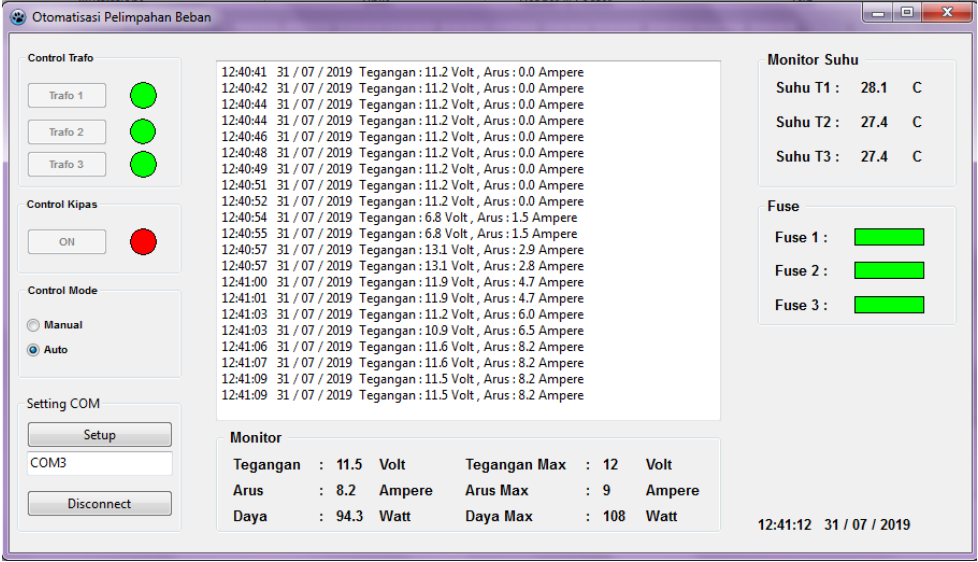
No	Skenario Pengujian	Hasil Yang Diharapkan	Hasil Pengujian	Kesimpulan
1	Menyambungkan alat dengan sistem	Sistem akan melanjutkan proses menampilkan data besaran tegangan, arus, suhu di LCD dan PC		Valid
2	Menyalakan beban lampu	Besaran arus pada tiap lampu adalah 0,8 A dan posisi yang		Valid

No	Skenario Pengujian	Hasil Yang Diharapkan	Hasil Pengujian	Kesimpulan
		menyala adalah trafo 1		
3	Menguji beban sampai mencapai diatas > 1A	Sistem akan memilih trafo 2 menyala		Valid

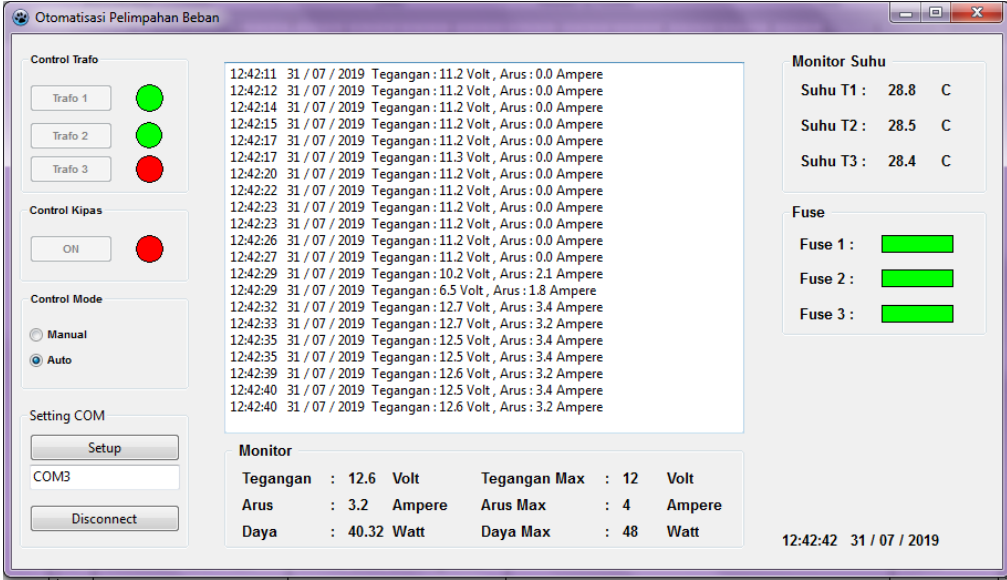
No	Skenario Pengujian	Hasil Yang Diharapkan	Hasil Pengujian	Kesimpulan
4	Menguji beban sampai diatas > 3A	Sistem akan memilih trafo 1 dan 2 menyala		Valid
5	Menguji beban sampai 5A	Sistem akan memilih trafo 3 menyala		Valid

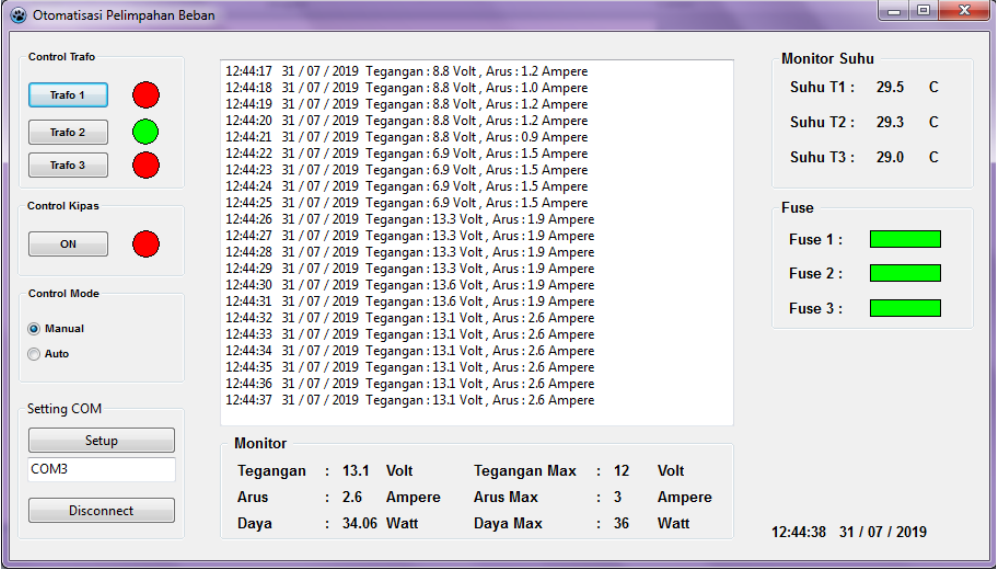
No	Skenario Pengujian	Hasil Yang Diharapkan	Hasil Pengujian	Kesimpulan

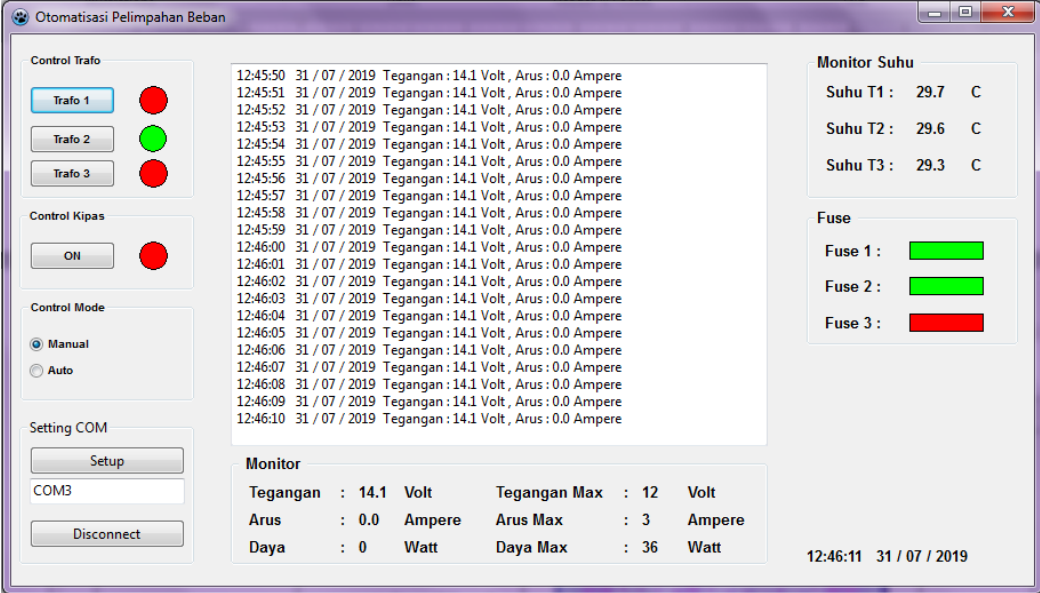
No	Skenario Pengujian	Hasil Yang Diharapkan	Hasil Pengujian	Kesimpulan
6	Menguji beban sampai > 5A	Sistem akan memilih trafo 1 dan 3 menyala	 <p>Otomatisasi Pelimpahan Beban</p> <p>Control Trafo</p> <p>Trafo 1 ●</p> <p>Trafo 2 ●</p> <p>Trafo 3 ●</p> <p>Control Kipas</p> <p>ON ●</p> <p>Control Mode</p> <p><input type="radio"/> Manual</p> <p><input checked="" type="radio"/> Auto</p> <p>Setting COM</p> <p>Setup</p> <p>COM3</p> <p>Disconnect</p> <p>03:54:33 30 / 07 / 2019 Tegangan : 11.5 Volt , Arus : 6.0 Ampere 03:54:35 30 / 07 / 2019 Tegangan : 11.5 Volt , Arus : 5.9 Ampere 03:54:38 30 / 07 / 2019 Tegangan : 11.5 Volt , Arus : 6.0 Ampere 03:54:39 30 / 07 / 2019 Tegangan : 11.5 Volt , Arus : 5.9 Ampere 03:54:41 30 / 07 / 2019 Tegangan : 11.5 Volt , Arus : 6.0 Ampere 03:54:43 30 / 07 / 2019 Tegangan : 11.3 Volt , Arus : 6.6 Ampere 03:54:44 30 / 07 / 2019 Tegangan : 12.4 Volt , Arus : 6.9 Ampere 03:54:46 30 / 07 / 2019 Tegangan : 12.4 Volt , Arus : 6.9 Ampere 03:54:47 30 / 07 / 2019 Tegangan : 12.4 Volt , Arus : 6.9 Ampere 03:54:49 30 / 07 / 2019 Tegangan : 12.4 Volt , Arus : 6.9 Ampere 03:54:50 30 / 07 / 2019 Tegangan : 12.4 Volt , Arus : 6.7 Ampere 03:54:52 30 / 07 / 2019 Tegangan : 12.5 Volt , Arus : 6.9 Ampere 03:54:53 30 / 07 / 2019 Tegangan : 12.4 Volt , Arus : 6.9 Ampere 03:54:55 30 / 07 / 2019 Tegangan : 12.5 Volt , Arus : 6.9 Ampere 03:54:56 30 / 07 / 2019 Tegangan : 12.6 Volt , Arus : 6.2 Ampere 03:54:58 30 / 07 / 2019 Tegangan : 12.6 Volt , Arus : 6.3 Ampere 03:55:00 30 / 07 / 2019 Tegangan : 12.6 Volt , Arus : 6.3 Ampere 03:55:01 30 / 07 / 2019 Tegangan : 12.8 Volt , Arus : 5.4 Ampere 03:55:03 30 / 07 / 2019 Tegangan : 12.8 Volt , Arus : 5.6 Ampere 03:55:04 30 / 07 / 2019 Tegangan : 11.7 Volt , Arus : 5.3 Ampere</p> <p>Monitor Suhu</p> <p>Suhu T1 : 30.0 C</p> <p>Suhu T2 : 29.0 C</p> <p>Suhu T3 : 29.5 C</p> <p>Fuse</p> <p>Fuse 1 : </p> <p>Fuse 2 : </p> <p>Fuse 3 : </p> <p>Monitor</p> <p>Tegangan : 11.7 Volt Tegangan Max : 12 Volt</p> <p>Arus : 5.3 Ampere Arus Max : 6 Ampere</p> <p>Daya : 62.01 Watt Daya Max : 72 Watt</p> <p>03:55:06 30 / 07 / 2019</p>	Valid

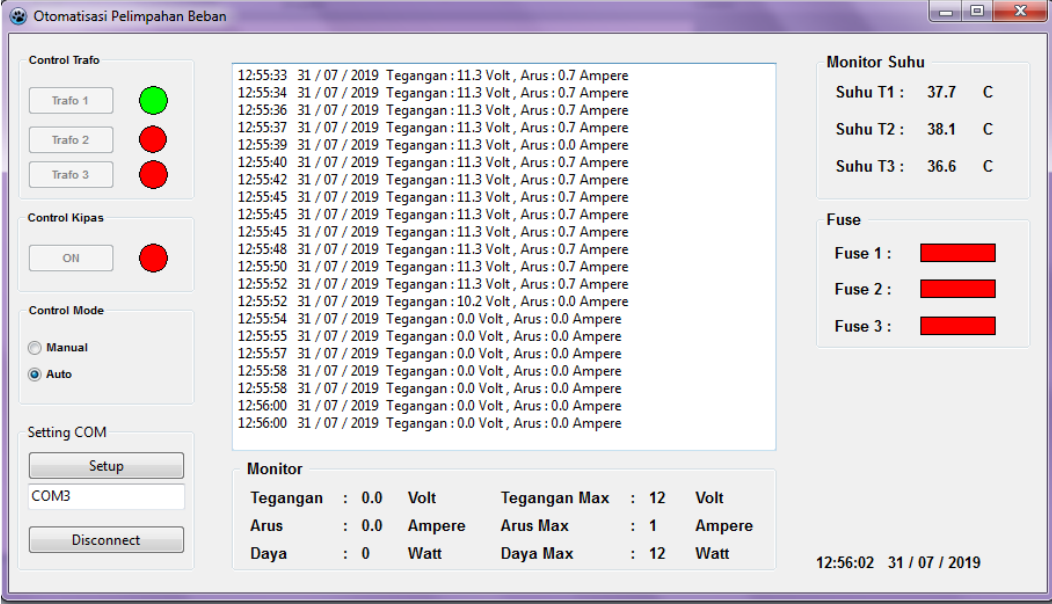
No	Skenario Pengujian	Hasil Yang Diharapkan	Hasil Pengujian	Kesimpulan
7	Menguji beban sampai diatas >8A	Sistem akan menyalakan semua trafo		Valid

Hasil Uji *Error Trapping*

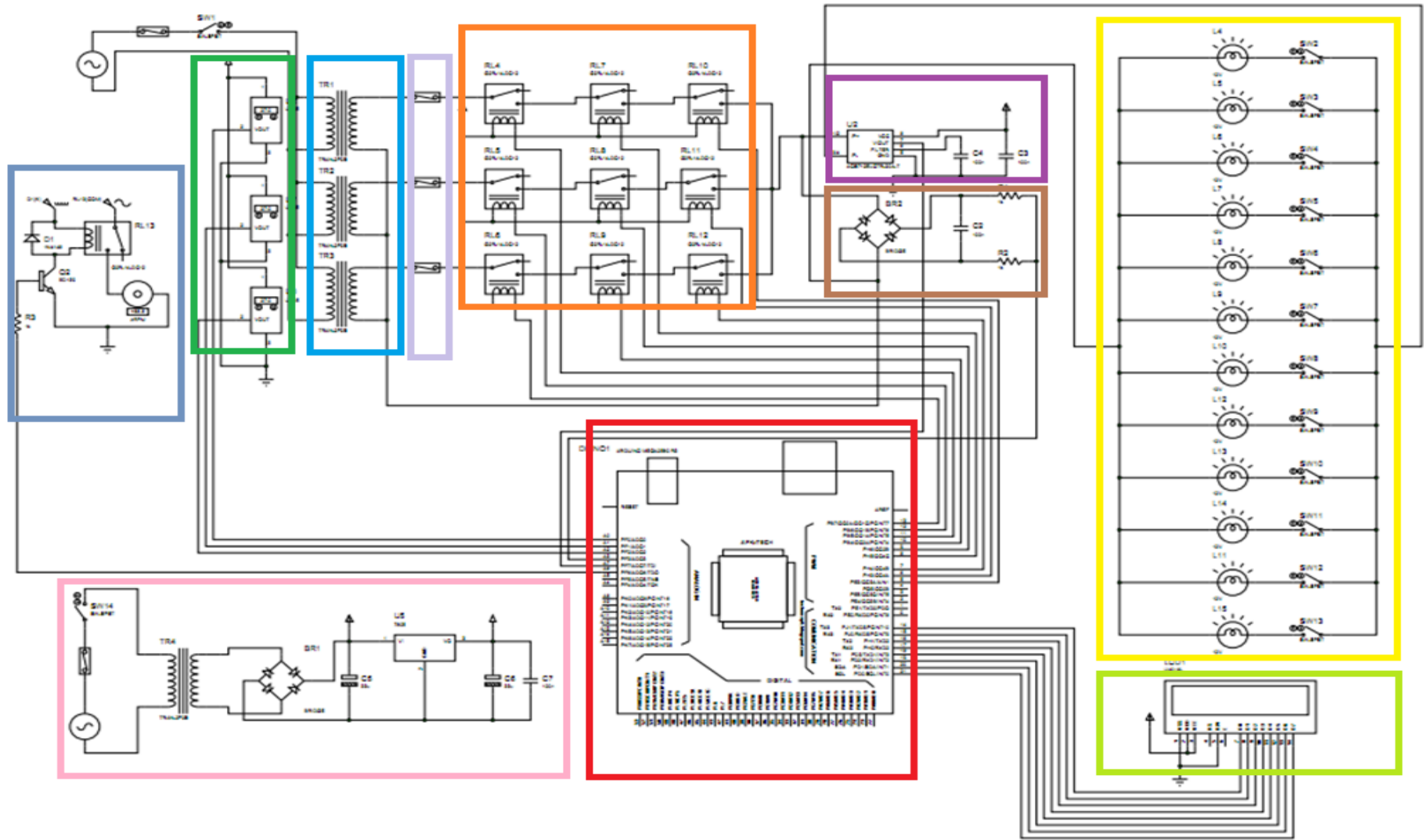
No	Skenario Pengujian	Hasil Yang Diharapkan	Hasil Pengujian	Kesimpulan
1	Memilih mode auto	Sistem akan berjalan secara otomatis		Valid
2	Memilih mode manual	Sistem akan membatasi jumlah beban yang di perbolehkan		Valid

No	Skenario Pengujian	Hasil Yang Diharapkan	Hasil Pengujian	Kesimpulan
		pada masing-masing trafo		

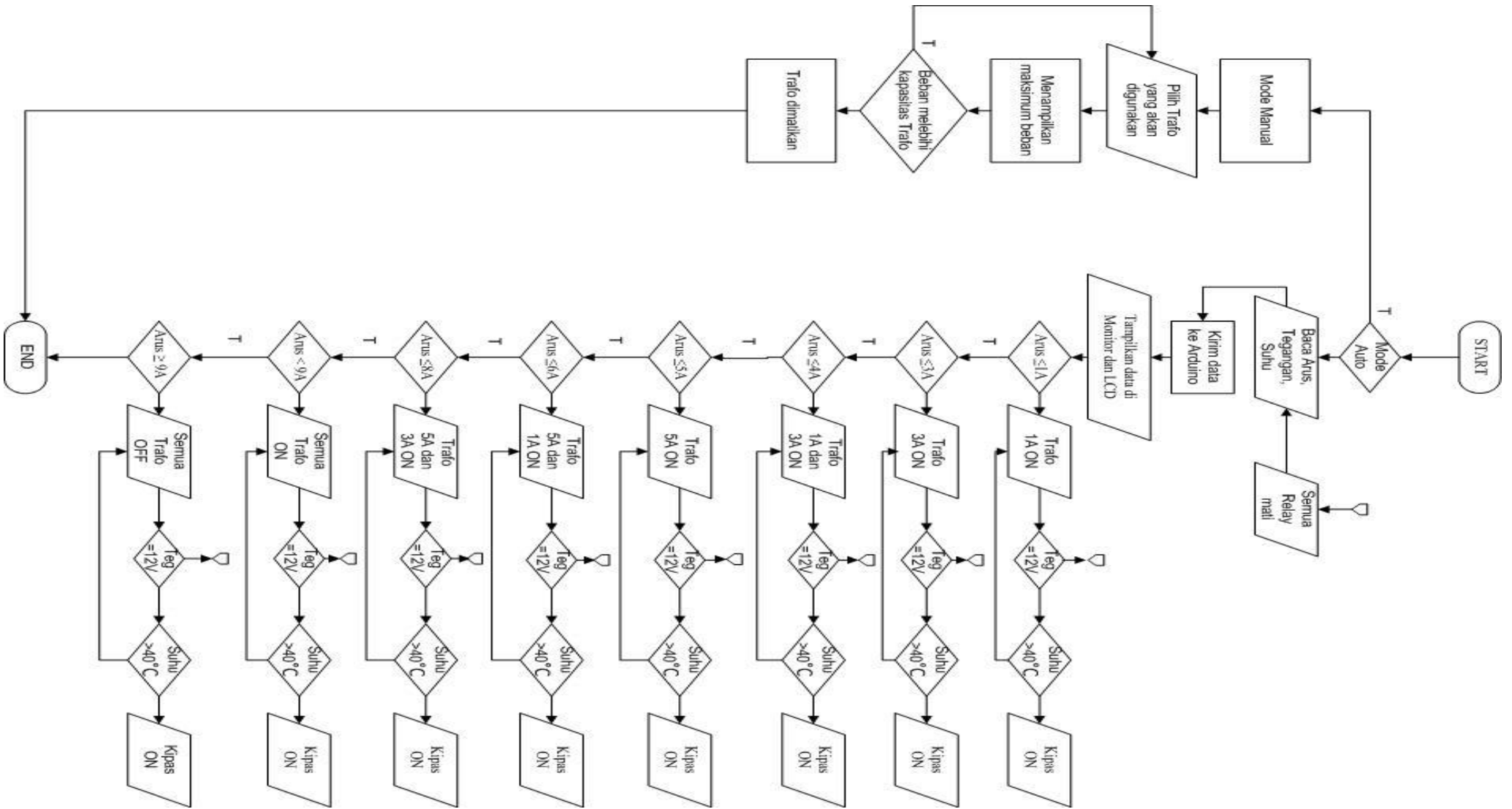
No	Skenario Pengujian	Hasil Yang Diharapkan	Hasil Pengujian	Kesimpulan
3	Memutus Fuse, Fuse akan terputus saat tegangan tidak sesuai.	Sistem akan menampilkan Fuse yang terputus		Valid
4	Menguji beban diatas >9A	Sistem akan mem- <i>blockout</i> sesaat dan nyala kembali saat arus terbaca		Valid

No	Skenario Pengujian	Hasil Yang Diharapkan	Hasil Pengujian	Kesimpulan
		di bawah >9A	 <p>The screenshot shows a software interface for load shedding automation. It includes control panels for three transformers (Trafo 1, 2, 3), a fan (Kipas), and mode selection (Manual/Auto). A central log displays real-time voltage and current data. A monitor section shows current readings (0.0) and maximum limits (12). Temperature monitoring (Suhu) shows T1 at 37.7°C, T2 at 38.1°C, and T3 at 36.6°C. Fuse indicators (Fuse 1, 2, 3) are shown as red bars. The interface is titled 'Otomatisasi Pelimpahan Beban' and the timestamp is 12:56:02 on 31/07/2019.</p>	

Lampiran 6. Skema Rangkaian

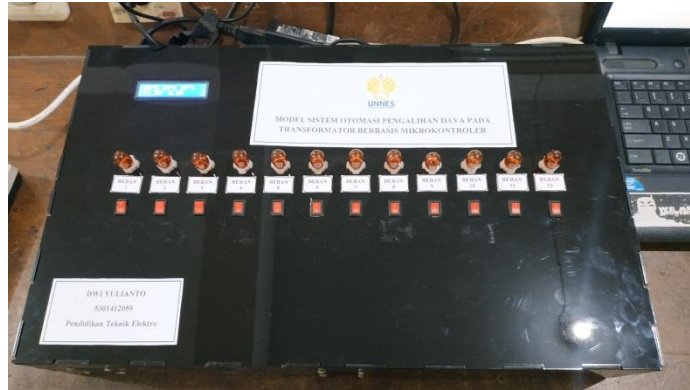


Lampiran 7. Flowchart



Lampiran 8. Dokumentasi penelitian

a. Dokumentasi uji *black box*



b. Dokumentasi uji pengguna



c. Dokumentasi Uji Ahli



Lampiran 9. Tabulasi hasil uji pengguna

Tabel

Tabulasi Hasil Uji Pengguna

Responden	Aspek Kelayakan														
	Tampilan Alat					Kemudahan pengoperasian					Fungsi Alat				
	Nomor Angket														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	2	3	2	4	3	3	4	3	4	4	3	4	4	3	4
2	3	3	3	4	4	3	3	4	3	4	3	4	4	3	3
3	3	3	4	4	4	4	3	4	3	3	4	4	4	4	4
4	3	3	4	3	4	4	4	4	4	4	4	3	4	4	4
5	3	4	3	4	4	3	3	3	3	4	3	4	3	3	3
6	4	3	4	3	3	2	4	3	3	3	4	3	3	3	3
7	2	3	3	4	3	4	4	3	2	3	3	4	4	3	3
8	4	3	2	3	3	3	2	4	4	3	4	3	3	3	4
9	3	4	3	4	3	4	3	3	3	4	3	4	3	3	3
10	3	3	4	4	3	3	2	3	3	4	3	4	4	4	3
Jumlah	30	32	32	37	34	33	32	34	32	36	34	37	36	33	34
Jumlah Maksimal	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
Persentase	75	80	80	93	85	83	80	85	80	90	85	93	90	83	85
Jumlah Skor	165					167					174				
Persentase Skor	82,5%					83,5%					87%				
Total	506														
Total Persentase	84,33%														

Lampiran 10. Kuesioner uji ahli

INSTRUMEN PENILAIAN KELAYAKAN
MODEL SISTEM OTOMASI PENGALIHAN DAYA PADA TRANSFORMATOR BERBASIS
MIKROKONTROLER

NAMA :

NAMA INSTANSI :

Petunjuk Pengisian

Penilaian yang diberikan pada setiap komponen dengan cara membubuhkan tanda cek (\checkmark) pada rentangan jawaban huruf-huruf pada penilaian yang dianggap tepat.

Maka penilaian itu adalah:

1 = Sangat Tidak Setuju / Sangat Tidak Baik / Sangat Tidak Cukup

2 = Tidak Setuju / Tidak Baik / Tidak Cukup

3 = Setuju / Baik / Cukup

4 = Sangat Setuju / Sangat Baik / Sangat Cukup

Aspek	KRITERIA	1	2	3	4
A. Kualitas desain sistem	1. Ukuran dimensi alat				
	2. Peletakan komponen alat				
	3. Tampilan dan desain alat				
B. Kualitas penggunaan sistem	4. Kemudahan <i>setup</i> awal sistem				
	5. Kemudahan fitur <i>auto</i>				
	6. Kemudahan fitur manual				
C. Aspek teknis	7. Tampilan data <i>realtime</i> pada PC				
	8. Kombinasi autentifikasi <i>relai</i> PMT dan PMS				
	9. Kecepatan sistem pengalihan <i>transformator</i>				
	10. Kinerja sistem pengalihan <i>transformator</i>				
	11. Akurasi data pada LCD dan PC				

D. Aspek keamanan	12. Penggunaan sistem <i>reset</i> saat kelebihan beban				
	13. Penggunaan pendingin saat <i>over head</i>				
	14. Penggunaan sensor pada <i>Fuse</i>				

Pertanyaan Pendukung

1. Menurut Bapak/Ibu apa saja kelebihan-kelebihan yang terdapat dalam sistem ini?

Jawab :

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

2. Menurut Bapak/Ibu kekurangan apa saja yang terdapat dalam sistem ini?

Jawab :

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

3. Bagaimana pendapat dan saran Bapak/Ibu tentang sistem ini?

Jawab :

.....

.....

.....

.....

.....
.....
.....
.....

4. Apakah program ini layak digunakan sebagai sistem otomasi pengalihan beban pada suatu industri?

Jawab :

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

Semarang,.....

Ahli Sistem,

.....

NIP.

Lampiran 11. Kuesioner uji pengguna

INSTRUMEN UJI PENGGUNA

**MODEL SISTEM OTOMASI PENGALIHAN DAYA PADA TRANSFORMATOR BERBASIS
MIKROKONTROLER**

NAMA :

JENIS KELAMIN :

UMUR :

Petunjuk Pengisian

Penilaian yang diberikan pada setiap komponen dengan cara membubuhkan tanda cek (\checkmark) pada rentangan jawaban huruf-huruf pada penilaian yang dianggap tepat.

Makna penilaian itu adalah:

1 = Sangat Tidak Setuju / Sangat Tidak Baik / Sangat Tidak Cukup

2 = Tidak Setuju / Tidak Baik / Tidak Cukup

3 = Setuju / Baik / Cukup

4 = Sangat Setuju / Sangat Baik / Sangat Cukup

Aspek	KRITERIA	1	2	3	4
E. Tampilan alat	15. Alat <i>sistem otomasi pengalihan daya</i> memiliki desain yang menarik				
	16. Dimensi alat ini mempunyai ukuran yang sesuai				
	17. Tata letak komponen rapi				
	18. Tampilan tulisan di LCD dan komputer terlihat jelas				
	19. Keterangan tombol menu terlihat jelas				
F. Kemudahan pengoperasian	20. Fungsi penggunaan mudah dipahami				
	21. Penyusunan alat mudah dilakukan				
	22. Pengoperasian mudah dilakukan				
	23. Penggantian data mudah dilakukan				

Aspek	KRITERIA	1	2	3	4
	24. Pengoperasian dari dalam memudahkan akses keluar				
G. Fungsi Alat	25. Alat <i>sistem otomasi pengalihan daya</i> efektif dalam pengoperasian				
	26. Sistem otomasi pengalihan daya beban berkerja dengan baik				
	27. Tampilan data <i>realtime</i> bekerja dengan baik				
	28. Sensor tegangan, arus, suhu dan pendinginan bekerja dengan baik				
	29. Sistem <i>auto</i> dan manual bekerja dengan baik				

Pertanyaan Pendukung

5. Menurut Bapak/Ibu apa saja kelebihan-kelebihan yang terdapat dalam sistem ini?

Jawab :

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

Menurut Bapak/Ibu kekurangan apa saja yang terdapat dalam sistem ini?

Jawab :

.....

.....

.....

.....

.....

.....
.....
.....

6. Bagaimana pendapat dan saran Bapak/Ibu tentang sistem ini?

Jawab :

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

7. Apakah program ini layak digunakan sebagai sistem otomasi pengalihan pada suatu industri?

Jawab :

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

Semarang,

Pengguna,

.....