

TUGAS AKHIR

PERANCANGAN ALAT DETEKTOR KEGAGALAN FASA SEBAGAI PROTEKSI BEBAN 3 FASA

*Diajukan Untuk Memenuhi Persyaratan Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
Pada Fakultas Teknik Program Studi Teknik Elektro
Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara*

Disusun Oleh :

MUHAMMAD KHADAFI ALKINDI
1407220089



**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
MEDAN
2018**

LEMBAR PENGESAHAN

TUGAS AKHIR

**PERANCANGAN ALAT DETEKTOR KEGAGALAN FASA SEBAGAI
PROTEKSI BEBAN 3 FASA**

*Diajukan Untuk Memenuhi Persyaratan Memperoleh Gelar Sarjana Teknik (S.T)
Program Studi Teknik Elektro
Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara*

**Telah Diuji dan Disidangkan Pada Tanggal :
(28 September 2018)**

Oleh :

Muhammad Khadafi Alkindi

1407220089

Pembimbing I

(Noorly Evalina ST. MT)

Pembimbing II

(Solly Aryza Lubis ST. M. Eng)

Penguji I

(Faisal Irsan Pasaribu ST.MT)

Penguji II

(Indra Roza ST.MT)

**Diketahui dan Disahkan
Ketua Jurusan Teknik Elektro**



Faisal Irsan Pasaribu ST.MT)

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
MEDAN
2016**

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama Lengkap : Muhammad Khadafi Alkindi
NPM : 1407220089
Tempat / Tgl Lahir : Simalungun / 30 September 1995
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Elektro



Menyatakan dengan sesungguhnya dan sejujurnya, bahwa laporan tugas akhir (skripsi) saya ini yang berjudul :

“ PERANCANGAN ALAT DETEKTOR KEGAGALAN FASA SEBAGAI PROTEKSI BEBAN 3 FASA ”

Bukan merupakan plagiarisme, pencurian hasil karya milik orang lain, hasil kerja orang lain untuk kepentingan saya karena berhubungan material maupun non material, ataupun segala kemungkinan lain yang pada hakekatnya bukan merupakan karya tulis tugas akhir saya secara orisinal dan otentik.

Bila kemudian hari diduga kuat ada ketidaksesuaian antara fakta dengan kenyataan ini, saya bersedia di proses oleh tim fakultas yang dibentuk untuk melakukan verifikasi, dengan sanksi terberat berupa pembatalan kelulusan/kesarjanaan saya.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan kesadaran sendiri dan tidak atas tekanan ataupun paksaan dari pihak manapun demi menegakkan integritas Akademik di Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, 5 Oktober 2018

Saya yang menyatakan



MUHAMMAD KHADAFI ALKINDI

1407220089

ABSTRAK

Tenaga listrik merupakan sumber energi yang sangat dibutuhkan manusia saat ini, baik alat elektronik rumah maupun industri. Untuk mendapatkan energi listrik secara menyeluruh dibutuhkan jaringan distribusi untuk menyalurkan energi listrik tersebut. Akan tetapi dalam penyalurannya banyak masalah yang timbul pada listrik khususnya kegagalan fasa pada tegangan 3 fasa. Untuk menanggulangi permasalahan kegagalan fasa ini dibutuhkan keandalan sistem yang dapat mendeteksi kegagalan tiap fasa R-S-T. Mikrokontroler Arduino sebagai kendali digunakan untuk mendeteksi kegagalan fasa tegangan dibawah (Under Voltage) maupun tegangan lebih (Over Voltage). Dengan menyematkan sensor tegangan antar fasa, relay, LCD (liquid crystal Display) dan sim800L sebagai komponen pendukung, kegagalan fasa dapat dideteksi sekaligus diproteksi agar tidak merusak beban yang menggunakan tegangan 3 fasa. Jika alat ini mendeteksi salah satu, 2 atau 3 fasa dalam kondisi under voltage <180 VAC, maka alat akan memutus tegangan listrik dan memberi notifikasi oleh pengguna melalui SMS (Short Message Service). Pada saat alat mendeteksi Over Voltage >240 VAC maka alat akan memutus tegangan listrik dan memberi notifikasi oleh pengguna melalui SMS (Short Message Service). Alat ini juga bisa digunakan sebagai monitoring kondisi tegangan antar fasa, pengguna dapat memonitoring kondisi fasa dalam keadaan normal atau padam.

Kata Kunci: *Tegangan Tidak Seimbang, Sensor Tegangan, Arduino Uno, 3 Fasa*

KATA PENGANTAR



Puji syukur kehadiran ALLAH SWT atas rahmat dan karunianya yang telah menjadikan kita sebagai manusia yang beriman dan insya ALLAH berguna bagi alam semesta. Shalawat berangkaikan salam kita ucapkan kepada junjungan kita Nabi besar Muhammad.SAW karena beliau adalah suri tauladan bagi kita semua yang telah membawakan kita pesan ilahi untuk dijadikan pedoman hidup agar dapat selamat hidup di dunia hingga nanti kembali ke akhirat.

Tulisan ini dibuat sebagai tugas akhir untuk memenuhi syarat dalam meraih gelar kesarjanaan pada Fakultas Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara. Adapun judul tugas akhir ini adalah **“PERANCANGAN ALAT DETEKTOR KEGAGALAN FASA SEBAGAI PROTEKSI BEBAN 3 FASA.”**

Selesainya penulisan tugas akhir ini tidak terlepas dari bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, oleh karena itu penulis menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Allah SWT, karena atas berkah dan izin-Mu saya dapat menyelesaikan tugas akhir dan studi di Fakultas Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
2. Ayahanda Hermanto dan ibunda Suriati tercinta, yang dengan cinta kasih & sayang setulus jiwa mengasuh, mendidik, dan membimbing dengan segenap ketulusan hati tanpa mengenal kata lelah sehingga penulis bisa seperti saat ini.

3. Bapak Munawar Alfansury S.T, M.T, selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
4. Bapak Faisal Irsan Pasaribu S.T, M.T. selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
5. Bapak Partaonan Harahap S.T, M.T. selaku Sekretaris Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
6. Ibu Noorly Evalina S.T, M.T, selaku Dosen Pembimbing I Skripsi yang selalu sabar membimbing, memberikan arahan serta motivasi kepada penulis.
7. Bapak Solly Ariza Lubis, S.T, M.T selaku Dosen Pembimbing II Skripsi yang telah memberi ide-ide dan masukkan dalam penulisan laporan tugas akhir ini.
8. Segenap Bapak & Ibu dosen di Fakultas Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
9. Kepada teman seperjuangan Fakultas Teknik yang tidak bisa penulis sebutkan satu per satu serta Keluarga Besar Teknik Elektro 2014 yang selalu memberikan semangat, kebersamaan yang luar biasa.
10. Serta semua pihak yang telah mendukung dan tidak dapat penulis sebutkan satu per satu.

Penulis menyadari bahwa tulisan ini masih jauh dari kata sempurna, hal ini disebabkan keterbatasan kemampuan penulis, oleh karena itu penulis sangat mengharapkan kritik & saran yang membangun dari segenap pihak.

Akhir kata penulis mengharapkan semoga tulisan ini dapat menambah dan memperkaya lembar khazanah pengetahuan bagi para pembaca sekalian dan khususnya bagi penulis sendiri. Sebelum dan sesudahnya penulis mengucapkan terima kasih.

Medan, Oktober 2018

Penulis

Muhammad Khadafi Alkindi

1407220089

DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
KATA PENGANTAR	ii
DAFTAR ISI	v
DAFTAR TABEL	viii
DAFTAR GAMBAR	ix
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	2
1.4 Batasan Masalah.....	3
1.5 Manfaat Penelitian	3
1.6 Sistematika Penulisan	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Kajian Pustaka Relevan	5
2.2 Arduino Uno	14
2.2.1 Hardware Arduino Uno	14
2.2.2 Software Arduinu Uno	15
2.2.3 Bagian-Bagian Papan Arduino Uno	15
2.3 <i>Liquid Crystal Display</i> (LCD)	18
2.4 LM2596 DC <i>Converter</i>	20
2.5 <i>Relay</i>	22
2.5.1 Prinsip Kerja <i>Relay</i>	22

2.5.2 Fungsi-Fungsi dan Aplikasi <i>Relay</i>	24
2.6 Sim800L.....	24
2.7 Kontaktor	25
2.8 Sensor Tegangan	28
2.9 <i>Miniature Circuit Breaker</i> (MCB).....	29
2.9.1 Prinsip Kerja MCB	32
2.9.1.1 Thermal Tripping.....	32
2.9.1.2 Magnetik Tripping.....	33
2.9.2 Jenis-Jenis MCB.....	34
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	35
3.1 Lokasi Penelitian	35
3.2 Peralatan Penelitian dan Bahan Penelitian.....	35
3.2.1 Bahan-Bahan Penelitian	36
3.2.2 Peralatan Penelitian	36
3.3 Tahapan Perancangan Alat	36
3.3.1 Sensor Tegangan	36
3.3.2 Modul Sim800L	37
3.3.3 LCD (<i>Liquid Crystal Display</i>)	38
3.3.4 <i>Relay</i> Magnetik	39
3.3.5 MCB	40
3.3.6 Kontaktor	40
3.5 Diagram Alir Sistem	42
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN PENELITIAN	44
4.1 Analisa Waktu Pemutus Alat Kegagalan Fasa R-S-T	43

4.2 Pengujian Kinerja Alat Kegagalan Fasa R-S-T	46
4.3 Pengukuran Tegangan Komponen Alat	49
4.3.1 Tegangan Sumber Alat	49
4.3.2 Tegangan Ke <i>Relay</i>	50
4.3.3 Tegangan <i>Relay</i> Ke Kontaktor	51
4.3.4 Tegangan <i>Input</i> Beban	53
4.3.5 Tegangan <i>Output</i> Sensor Tegangan	54
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	60
5.1 Kesimpulan	60
5.2 Saran	60
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Energi listrik merupakan sumber tenaga yang sangat dibutuhkan manusia saat ini. Hampir semua peralatan dengan teknologi yang berkembang membutuhkan energi listrik, sehingga energi listrik sudah menjadi kebutuhan pokok. Energi listrik sangat berperan penting baik dalam kehidupan sehari-hari maupun industri. Hal ini disebabkan karena energi listrik mudah dikonversikan ke dalam bentuk energi lain[1].

Dalam penyaluran energi listrik sangat dibutuhkan stabilitas sistem agar pendistribusian energi listrik tetap terjaga ke konsumen. Untuk menjaga stabilitas sistem pendistribusian tersebut diperlukan kualitas daya dan pembebanan pada transformator distribusi. Namun dalam pendistribusian daya ke konsumen harus diperhatikan juga ketidak seimbangan beban yang digunakan oleh konsumen agar tidak terjadi kegagalan dan problem pada transformator daya. Karena ketidak seimbangan beban antara tiap *phase* (*phase R*, *phase S*, *phase T*) inilah yang menyebabkan mengalirnya arus netral ke transformator[2].

Adapun peralatan proteksi untuk kegagalan *phase* yang disebabkan ketidak seimbangan sangat diperlukan terutama pada sistem tegangan 3 *phase*, jika tidak ada sistem proteksi dapat mengakibatkan *losses* atau rugi-rugi pada transformator daya, panas berlebih pada salah satu *phase* pada transformator daya, berkurangnya *lifetime*, *efficiency* transformator daya dan mengakibatkan rusaknya *fuse* pada *capacitor bank*. Maka dari itu dibutuhkan keandalan sistem

untuk memonitoring, memberitahukan, memutus arus saat terjadi kegagalan *phase*[3].

Berdasarkan hal tersebut, penulis berkeinginan membuat tugas akhir tentang “*Perancangan Alat Detektor Kegagalan Fasa sebagai Proteksi Beban 3 Fasa*” dan melakukan perancangan mengenai prinsip kerja keandalan sistem proteksi beban 3 *phase* yang menggunakan *arduino uno* serta modul *Global System for Mobile* (GSM) sebagai notifikasi maupun monitoring.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah yang diangkat pada judul tugas ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimanakah menghubungkan perangkat *Arduino Uno* dengan sensor tegangan, modul GSM dan *Relay* terhubung dan bekerja dengan baik?
2. Bagaimanakah perangkat memutus tegangan dan memberikan notifikasi lewat *Short Message Service* (SMS) kepada operator?
3. Bagaimanakah karakteristik kerja dari perangkat tersebut?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan yang dapat diambil dari penulisan Tugas Akhir ini yaitu :

1. Menghubungkan perangkat *Arduino Uno* dengan sensor tegangan, modul GSM dan *Relay* terhubung agar bekerja dengan baik.
2. Memprogram *Arduino Uno* menggunakan *software arduino1.8.1* agar dapat mengirim dan menerima notifikasi melalui *Short Message Service* (SMS).
3. Mengetahui karakteristik kerja dari perangkat tersebut.

1.4 Batasan Masalah

Pada penulisan Tugas Akhir ini penulis menganalisa kegagalan *phase* dengan batasan masalah sebagai berikut:

1. Pengukuran tiap 1 *phase* RST terhadap netral 220V .
2. Membahas mengenai kegagalan pada *phase* RST.
3. Tidak membahas segala hal yang bersangkutan dengan daya, arus dan frekuensi.

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang dapat diambil dari penulisan Tugas Akhir ini adalah :

1. Bagi Mahasiswa, dapat mengetahui bagaimana proses perancangan dan sistem kerja alat detektor kegagalan fasa.
2. Bagi Universitas, dapat dijadikan sebagai referensi untuk mengetahui kinerja alat detektor kegagalan fasa dan cara kerja alat memberi maupun menerima notifikasi melalui SMS(*Short Message Service*).
3. Bagi masyarakat, dapat mengetahui efek yang terjadi dan pentingnya peran alat proteksi dalam instalasi kelistrikan.
4. Alat tidak bekerja saat listrik padam

1.6 Sistematika Penulisan

BAB I PENDAHULUAN

Pada bab ini akan mengawali penulisan dengan menguraikan latar belakang masalah, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, metodologi serta sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini memuat tentang kutipan dari penelitian terdahulu serta menguraikan tentang teori dasar - dasar umum tentang alat dan bahan perancangan alat detektor kegagalan fasa.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini berisikan tempat dan data riset serta langkah – langkah pemecahan masalah yang akan di bahas, meliputi langkah – langkah perancangan dan sistem kerja alat.

BAB IV ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

Bab ini akan menguraikan perhitungan kegagalan fasa pada tegangan 3 fasa.

BAB V PENUTUP

Bab ini berisikan kesimpulan dan saran yang dapat diambil setelah pembahasan seluruh masalah.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kajian Pustaka Relevan

Penggunaan listrik saat ini sudah menjadi standar kebutuhan masyarakat, seiring berkembangnya jaman banyak hal yang perlu diperhatikan mengenai jaringan tenaga listrik ini mengingat banyaknya komponen pendukung sehingga dibutuhkan sistem proteksi untuk melindungi alat-alat listrik maupun beban[2].

Walaupun saat ini sudah sangat banyak alat proteksi kelistrikan, penggunaannya masih sangat terbatas dan masih membutuhkan keandalan sistem tambahan, khususnya pada jaringan tegangan 3 *phase*, proteksi pada beban 3 *phase* sangat dibutuhkan agar tidak terjadi ketidakseimbangan beban atau tegangan tidak seimbang(*unbalance voltage*)[2].

Pada sistem tenaga listrik tiga fasa, daya yang dibangkitkan, disalurkan dan didistribusikan menggunakan sistem yang seimbang. Jumlah daya yang diserap oleh beban listrik tiga fasa diperoleh dengan menjumlahkan daya dari tiap – tiap fasanya. Pada sistem yang seimbang, daya total tersebut sama dengan tiga kali daya pada satu fasanya, dengan asumsi daya pada tiap fasa sama, tapi itu berdasarkan teori, secara kenyataan mesin – mesin listrik yang mengkonsumsi daya berbeda – beda tiap fasanya tergantung pada kondisi dari mesin listriknya. Semakin baik mesin listrik tersebut maka konsumsi daya tiap fasanya hampir sama sehingga mesin listrik tersebut dapat bekerja secara maksimal tiap fasanya. Sebagai contoh, mesin *Air Conditioning* tiga fasa menyerap arus pada fasa R = 20 A; S = 19,5 A; T = 20,25 A. Ini menandakan kondisi mesin masih baik, sehingga

menyerap energi listrik yang hampir seimbang, sehingga mesin bekerja secara optimal. Contoh lain, AC menyerap arus pada fasa $R = 23A$; $S = 17 A$; $T = 19 A$. Jelas terlihat bahwa selisih konsumsi arus sangat besar, sehingga ada fasa yang sudah bekerja maksimal, tapi ada fasa yang bekerja kurang optimal, apabila dibebani yang lebih besar lagi maka fasa yang mengkonsumsi arus yang lebih besar, dan dapat membahayakan mesin tersebut. Selain gangguan yang berasal dari mesin, terdapat pula gangguan – gangguan yang berasal dari luar yang menyebabkan sistem tenaga listrik tiga fasa menjadi terganggu. Gangguan – gangguan tersebut dapat diakibatkan oleh hubung singkat, penghantar – penghantar yang terbuka atau kegagalan fasa, perubahan suplai tegangan, dan perbedaan suplai tegangan tiap fasa. Dipandang dari sisi keselamatan kerja dan keandalan sistem pada peralatan yang menggunakan sistem tenaga listrik tiga fasa, maka sangat diperlukan pengamanan peralatan tiga fasa dari gangguan – gangguan tersebut[4].

Sistem tiga fasa yang terdiri dari tiga fasa yang sama besarnya, berbeda fasa satu dengan yang lain, hasil penjumlahannya adalah nol dan tidak ada arus netral. Pada kebanyakan sistem tiga fasa yang menyuplay beban satu fasa, akan terdapat ketidakseimbangan arus fasa dan arus netral. Terdapat suatu kondisi di mana suatu sistem yang seimbang secara sempurna memiliki arus netral yang signifikan. Kondisi ini diakibatkan karena perkembangan dari pemakaian beban non linear seperti lampu menggunakan *ballast* listrik, komputer, penyearah, maupun *power supply* yang memiliki arus fasa yang tidak sinusoidal[5].

Pada penjumlahan dari arus tiga fasa yang seimbang dan tidak sinusoidal ini tidak sama dengan nol. Sehingga terdapat arus netral yang tidak bisa diabaikan

keberadaannya. Arus netral yang besar dapat menyebabkan konduktor netral terbakar, distorsi tegangan dan gangguan pada transformator distribusi. Pada sistem tiga fasa hubungan Y, arus netral merupakan penjumlahan dari ketiga arus fasanya. Dalam keadaan seimbang, sistem tiga fasa yang terdiri dari tiga fasa yang sama besarnya, berbeda fasa satu dengan yang lain 120°. Namun bagaimana mengamankan jaringan tiga fasa ketika timbul arus yang besar pada jaringan netralnya dan komponen apa yang diimplementasikan agar dapat mendeteksi adanya arus pada jaringan netral, variabel apa yang dideteksi pada jaringan netral agar sistem yang akan mengamankan dapat mengetahui kapan waktu dalam pengamanannya pada pengendali cerdas kita dapat membuat sistem pemutus otomatis[3].

Operasi motor induksi tiga fasa membutuhkan tegangan input tiga fasa yang seimbang dan standar agar dicapai operasi yang optimal. Tegangan input tiga fasa yang tidak seimbang dapat mempengaruhi unjuk kerja motor induksi tiga fasa yang berdampak pada torsi elektromagnetik, daya mekanik, efisiensi dan temperatur. Penelitian ini membahas tentang pemodelan unjuk kerja motor induksi tiga fasa pada kondisi *under voltage* tidak seimbang dengan menggunakan MATLAB/SIMULINK. Motor induksi tiga fasa yang digunakan mempunyai spesifikasi 50 HP, 400 V, 50 Hz, 1480 Rpm dengan input fungsi step. Hasil penelitian menunjukkan bahwa tegangan input tiga fasa tidak seimbang berpengaruh terhadap unjuk kerja motor induksi tiga fasa, hal ini diperlihatkan dengan terjadinya penurunan nilai torsi elektromagnetik, daya mekanik, efisiensi dan meningkatnya nilai faktor perkalian temperatur[6].

Ketidakstabilan tegangan sangat berpengaruh pada efisiensi motor induksi, terlihat dari hasil efisiensi pada saat *under voltage* dan *over voltage* lebih kecil dibanding pada saat tegangan nominal. Kondisi *under voltage* dan *over voltage* mempengaruhi nilai arus dan putaran yang membuat nilai rugi-rugi semakin besar, sehingga membuat efisiensi motor induksi turun[1].

Efisiensi motor induksi dapat diketahui dengan menghitung setiap rugi-rugi yang terjadi pada motor induksi. Rugi-rugi yang dihasilkan pada kondisi *under voltage* dan *over voltage* lebih besar dibanding pada saat tegangan nominal. Rugi-rugi terbesar terdapat pada rugi inti stator yang dipengaruhi oleh tegangan motor induksi, rugi arus kumparan stator dipengaruhi oleh arus stator, sedangkan rugi arus kumparan rotor dipengaruhi oleh slip yang terjadi pada rotor[7].

Unbalance voltage adalah fenomena ketidakseimbangan tegangan terjadi sebagai akibat ketidaksamaan *magnitude* dan/atau sudut fasa pada setiap tegangan. *Undervoltage* adalah peristiwa penurunan tegangan yang terjadi secara berkepanjangan. Harmonisa adalah deretan gelombang arus atau tegangan yang frekuensinya merupakan kelipatan bilangan bulat dari frekuensi dasar tegangan atau arus itu sendiri. Pengujian transformator dan motor induksi 3 fasa pada kondisi gangguan *power quality* bertujuan untuk menguji performa transformator dan motor induksi 3 fasa antara lain efisiensi transformator dan besar rugi – rugi transformator[8].

Untuk menunjang pembelajaran maka dibuat studi analisis pengaruh *power quality* pada transformator dan motor induksi 3 fasa. Dalam pengujian *power quality* pada transformator dan motor induksi 3 fasa menggunakan modul yang merekayasa bentuk gelombang arus dan tegangan listrik, termasuk

didalamnya besar dan bentuk gelombang serta kandungan harmonisnya. Untuk rekayasa *unbalance* dan *under voltage* digunakan regulator untuk mengatur tegangan[9].

Pada motor induksi 3 fasa, akibat kurang perawatan dan lingkungan yang buruk, dapat menyebabkan salah satu fasa statornya menjadi rusak dan tidak berfungsi. Hal ini menimbulkan gangguan *single-phasing* yang menyebabkan ketidakseimbangan tegangan dan kenaikan suhu pada motor. Tulisan ini menganalisis ketidakseimbangan tegangan dan kenaikan suhu yang terjadi pada motor induksi 3 fasa ketika terjadi gangguan *single-phasing* dalam kondisi beban nol dan berbeban dengan menggunakan pembebanan *prony brake*. Oleh karena itu perlu dianalisa pengaruh gangguan *single-phasing* terhadap ketidakseimbangan tegangan dan kenaikan suhu dari kondisi normalnya . Dari hasil penelitian didapatkan akibat terjadinya *single-phasing* menimbulkan ketidaksetimbangan tegangan sebesar 3,64% pada kondisi beban nol hingga 6,30% pada kondisi beban penuh. Nilai daya keluaran pada kondisi *single-phasing* lebih besar dibandingkan dengan kondisi normalnya pada variasi yang sama, dimana daya keluaran saat *single-phasing* bernilai 36,46 W hingga 573,62 W, sedangkan pada kondisi normal bernilai 34,06 W hingga 417,04 W. Efisiensi saat *single-phasing* bernilai 21% hingga 70%, sedangkan pada kondisi normal bernilai 30% hingga 76%. Kenaikan suhu pada motor ketika kondisi beban nol sebesar 35,40oC, dan pada kondisi berbeban sebesar 57,74oC (83,819% beban penuh) dengan suhu pada kondisi normalnya bernilai 28oC[10].

Ada beberapa efek tegangan tidak seimbang pada kinerja energi motor induksi tiga fasa. Kontribusi utama dari makalah ini adalah yang menyajikan studi

tentang pengaruh tegangan urutan positif pada beberapa karakteristik: arus garis, kerugian, efisiensi dan faktor daya di bawah kondisi tegangan tidak seimbang yang berbeda. Motor induksi tiga fase dari 3 HP digunakan dalam penelitian ini. Makalah ini menunjukkan bahwa tegangan urutan positif harus dipertimbangkan bersama-sama dengan *Voltage Unbalance Factor* VUF (atau Persen *Voltage Unbalance* PVU) indeks untuk mengevaluasi kinerja motor induksi[11].

Pergeseran tiga fase antara arus line dan tegangan fase motor induksi dapat digunakan sebagai indikator kesalahan yang efisien untuk mendeteksi dan menemukan kesalahan *inter-turn stator short-circuit* (ITSC). Namun, tegangan suplai tidak seimbang adalah salah satu faktor yang berkontribusi yang pasti mempengaruhi arus stator dan karena itu pergeseran tiga fase. Dengan demikian, perlu untuk mengusulkan metode yang mampu mengidentifikasi apakah ketidakseimbangan tiga arus disebabkan oleh ITSC atau kesalahan pasokan tegangan. Makalah ini menyajikan *feedforward multilayer-perceptron Neural Network* (NN) yang dilatih dengan propagasi balik, berdasarkan pemantauan tegangan urutan negatif dan pergeseran tiga fase. Data yang diperlukan untuk pelatihan dan uji NN dihasilkan menggunakan model simulasi stator. Hasil eksperimen disajikan untuk memverifikasi keakuratan superior dari metode yang diusulkan[12].

Tingkat penetrasi yang tinggi dari elektronika daya sistem *Generated Distributed Generation* (DG) menciptakan potensi layanan pendukung yang besar melalui konverter antarmuka DJ seperti kompensasi tegangan tidak seimbang grid. Namun, kompensasi tegangan yang tidak seimbang dapat menyebabkan efek yang merugikan pada operasi DGs seperti output osilasi daya aktif dan variasi

tegangan tautan DC. Selain itu, karena kompensasi tersebut direalisasikan melalui peringkat yang tersedia dari konverter *interfacing* DGs, itu sama pentingnya untuk mempertimbangkan efektivitas strategi kontrol untuk kompensasi tegangan tidak seimbang. Mempertimbangkan isu-isu yang menantang ini, dua jaringan strategi kompensasi tegangan tidak seimbang untuk tiga fase daya elektronik dihubungkan sistem DG diusulkan dalam makalah ini. Khususnya, strategi kontrol pertama bertujuan untuk meminimalkan osilasi daya aktif DG dan mengurangi efek merugikan dari kompensasi tegangan tidak seimbang pada operasi DG. Strategi kontrol kedua berfokus pada efektivitas kompensasi tegangan yang tidak seimbang dengan mengendalikan arus urutan negatif DG yang akan di-fase dengan arus urutan negatif grid. Pertunjukan dari dua strategi pengendalian yang diusulkan di bawah kondisi grid yang berbeda dan kondisi operasi DG dipelajari, dan rekomendasi untuk penggunaan strategi pengendalian yang tepat dalam berbagai kondisi disediakan. Akhirnya, validitas strategi yang diusulkan diverifikasi oleh simulasi dan hasil eksperimen[13].

Parallel interfacing converters (IFCs) dengan yang sama Tautan DC biasanya digunakan untuk menangani daya dan arus yang lebih tinggi. Dalam mikro hibrid AC / DC, mereka digunakan untuk menghubungkan AC dan subsistem DC, yang disebut sebagai interlinking interfacing konverter. Namun, penelitian pada IFC paralel di bawah tegangan yang tidak seimbang sangat terbatas. Mempertimbangkan efek merugikan dari tegangan tidak seimbang pada operasi IFC tunggal (seperti osilasi daya output, riak tautan DC, dan peningkatan arus keluaran) dan kemungkinan agregasi efek ini untuk IFC paralel dengan tautan DC umum, strategi kontrol baru untuk IFC paralel dengan berbagai faktor daya

diusulkan dalam makalah ini. Strategi kontrol yang diusulkan membatalkan osilasi daya aktif dari IFC paralel, yang menghasilkan tegangan DC link / subsistem osilasi bebas. Dalam makalah ini, studi menyeluruh pada arus puncak IFC individu dan paralel dilakukan, dan hubungan mereka dengan mitigasi osilasi daya aktif dianalisis. Berdasarkan analisis, terbukti bahwa di bawah nol osilasi daya aktif, arus puncak kolektif IFC paralel adalah konstan di bawah rata-rata tetap aktif dan kekuatan reaktif. Strategi pengendalian yang diusulkan mempertahankan arus puncak IFC individu dalam fase yang sama dengan arus puncak kolektif IFC paralel, dan dengan demikian memastikan berkurangnya arus puncak untuk IFC yang berlebihan[14].

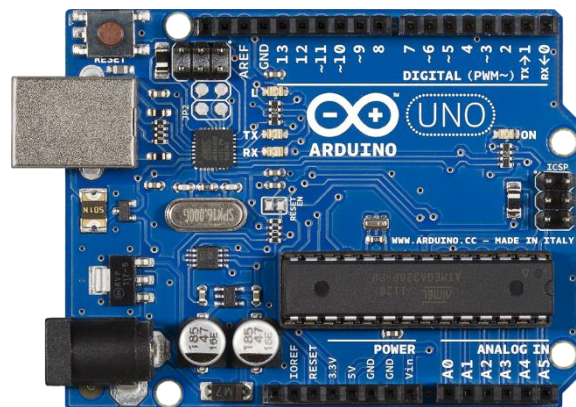
Ketidakseimbangan tegangan dan distorsi menjadi salah satu masalah kualitas daya yang paling umum di utilitas industri, yang menyebabkan peningkatan signifikan dari kerugian elektromagnetik di motor induksi. Untuk penghematan energi dari sistem motor induksi, ada kebutuhan untuk penelitian rinci tentang karakteristik kerugian motor induksi di bawah tegangan suplai yang tidak seimbang dan terdistorsi. Untuk prediksi yang akurat dan cepat dari kerugian motor induksi, penelitian ini mengusulkan suatu metode untuk mengidentifikasi harmonik rotor menggunakan data dari satu siklus pasokan. Harmonik rotor slip-frekuensi ditentukan dengan menggunakan karakteristik simetris ruang-waktu dari motor induksi. Dan berdasarkan metode numerik, harmonisa orde tinggi dari kerapatan fluks rotor atau kerapatan arus ditentukan dari data dalam satu siklus suplai. Kerugian elektromagnetik kemudian dihitung dari harmonik tersebut. Dengan metode ini, kerugian elektromagnetik dari motor induksi 5.5 kW di bawah tegangan pasokan yang tidak seimbang dan terdistorsi dihitung dan dianalisis.

Metode yang diusulkan dan hasil analisis divalidasi dengan membandingkan kerugian motor yang diprediksi dan terukur dari motor induksi 5,5 kW di bawah kondisi pasokan yang berbeda[15].

Dalam industri, motor listrik menyumbang sebagian besar beban listrik, dan dengan implikasi, sebagian besar energi listrik yang dihasilkan dikonsumsi oleh motor listrik, dan oleh karena itu penting untuk memastikan bahwa motor ini beroperasi dengan kehilangan energi yang dapat diabaikan. Dalam lingkungan operasional, banyak faktor yang dapat bertanggung jawab atas penurunan kinerja motorik. Salah satu faktor utama adalah rezim ketidakseimbangan tegangan yang mempengaruhi motor, beban dan jaringan suplai. Studi motor induksi tiga fase dapat dilakukan dengan menggunakan metode seperti uji beban nyata, analisis elemen hingga, hubungan fluks hubungan saat ini, dan lain-lain. Sebuah model baru berdasarkan analisis fase frame telah dikembangkan untuk perhitungan komponen urutan yang mudah. Makalah ini berusaha untuk mengeksplorasi kinerja motor induksi 3-fase yang beroperasi di bawah kondisi tegangan ketidakseimbangan menggunakan analisis fase frame. Hasil penelitian ini membuktikan bahwa ada dampak negatif ketidakseimbangan pasokan terhadap kinerja motor tiga fasa[16].

2.2 *Arduino uno*

Arduino dirilis oleh Massimo Banzi dan David Cuartielles pada tahun 2005. *Arduino* merupakan sistem mikrokontroler yang relative mudah dan cepat dalam membuat aplikasi maupun robotika. *Arduino* terdiri dari perangkat elektronik atau papan rangkaian elektronik *open source* yang didalamnya terdapat sebuah chip mikrokontroler jenir AVR dari perusahaan Atmel. *Arduino Uno* memiliki *hardware* dan *software*[17].



Gambar 2.2 Arduino Uno

2.2.1 *Hardware Arduino Uno*

Arduino saat ini telah menggunakan chip AVR, khususnya ATmega8, ATmega168, ATmega328, ATmega1280, ATmega2560. Kebanyakan papan *Arduino* memiliki regulator linier 5 Volt dan 16 MHz isolator Kristal[18].

2.2.3 Software Arduino

Arduino diciptakan untuk para pemulabahkan yang tidak memiliki dasar ilmu bahasa pemrograman sama sekali karena menggunakan bahasa C yang telah dipermudah oleh *library*. *Arduino* menggunakan *software processing* yang digunakan untuk menulis program kedalam *Arduino*. *Processing* sendiri merupakan penggabungan antara bahasa C dan java. *Software Arduino* ini dapan di-*install* diberbagai *operating system(OS)* seperti: *Windows, Linux, MAC OS, Software IDE Arduino* terdiri dari 3 bagian, yaitu:

1. *Editor* program, untuk menulis dan mengedit program dalam bahasa *Processing*. *Listing* program pada *Arduino* disebut *sketch*.
2. *Compiler*, modul yang berfungsi mengubah bahasa *Processing* ke dalam kode biner karena kode biner adalah satu-satunya program yang dipahami mikrokontroler.
3. *Uploader*, modul yang berfungsi memasukan kode biner kedalam mikrokontroler. Struktur perintah pada *Arduino* secara garis besar terdiri dari dua bagian yaitu *void setup* dan *void loop*. *Void setup* berisi perintah yang dieksekusi hanya satu kali sejak *Arduino* dihidupkan, sedangkan *loop setup* berisi perintah yang akan diisi berulang-ulang selama *Arduino* menyala[18].

2.2.4 Bagian-Bagian Papan Arduino Uno

Bagian-Bagian Papan *Arduino Uno*, yaitu:

1. Terdapat 14 pin *input/output* digital(0-13)

Berfungsi sebagai *input* atau *output*, dapat diatur oleh program. Khusus untuk 6 buah pin 3, 5, 6, 9, 10 dan 11, dapat juga berfungsi sebagai pin analog *output* dimana tegangan *output*-nya dapat diatur. Nilai sebuah pin output analog dapat diprogram antara 0 – 255, dimana hal itu mewakili nilai tegangan 0 – 5V.

2. USB

Berfungsi untuk memuat program dari komputer kedalam *Arduino*, komunikasi serial antara *Arduino* dan komputer serta memberi daya listrik ke *Arduino*.

3. Sambungan SV1

Sambungan atau jumper untuk memilih sumber daya papan, apakah dari sumber eksternal atau menggunakan USB. Sambungan ini tidak diperlukan lagi pada papan *Arduino* versi terakhir karena pemilihan sumber daya eksternal atau USB dilakukan secara otomatis.

4. Q1 – Kristal (*quartz crystal oscillator*)

Jika microcontroller dianggap sebagai sebuah otak, maka kristal adalah jantung-nya karena komponen ini menghasilkan detak-detak yang dikirim kepada microcontroller agar melakukan sebuah operasi untuk setiap detak-nya. Kristal ini dipilih yang berdetak 16 juta kali per detik (16MHz).

5. Tombol Reset S1

Untuk me-reset papan sehingga program akan mulai lagi dari awal. Perhatikan bahwa tombol reset ini bukan untuk menghapus program atau mengosongkan microcontroller.

6. *In-Circuit Serial Programming*(ICSP)

Port ICSP memungkinkan pengguna untuk memprogram microcontroller secara langsung, tanpa melalui *bootloader*. Umumnya pengguna Arduino tidak melakukan ini sehingga ICSP tidak terlalu dipakai walaupun disediakan.

7. IC 1 – Microcontroller Atmega

Komponen utama dari papan Arduino, di dalamnya terdapat CPU, ROM dan RAM.

8. X1 sumber daya eksternal

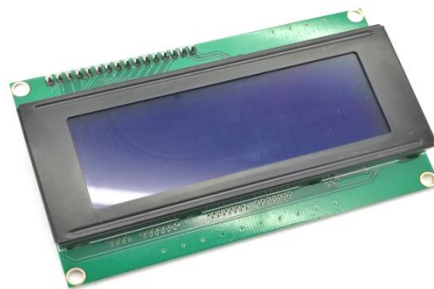
Jika hendak disuplai dengan sumber daya eksternal, papan *Arduino* dapat diberikan tegangan DC antara 9-12V.

9. 6 pin input analog

Pin ini sangat berguna untuk membaca tegangan yang dihasilkan oleh sensor analog, seperti sensor suhu. Program dapat membaca nilai sebuah pin input antara 0 – 1023, dimana hal itu mewakili nilai tegangan 0 – 5V[18].

2.3 *Liquid Crystal Display (LCD)*

Liquid Crystal Display(LCD) adalah lapisan dari campuran organik antara lapisan kaca bening dengan elektroda transparan indium oksida dalam bentuk tampilan seven-segment dan lapisan elektroda pada kaca belakang. Ketika elektroda diaktifkan dengan medan listrik (tegangan), molekul organik yang panjang dan silindris menyesuaikan diri dengan elektroda dari segmen. Lapisan *sandwich* memiliki *polarizer* cahaya vertikal depan dan *polarizer* cahaya horisontal belakang yang diikuti dengan lapisan reflektor. Cahaya yang dipantulkan tidak dapat melewati molekul-molekul yang telah menyesuaikan diri dan segmen yang diaktifkan terlihat menjadi gelap dan membentuk karakter data yang ingin ditampilkan[19].



Gambar 2.3 Liquid Crystal Display

Dalam modul LCD (*Liquid Cristal Display*) terdapat microcontroller yang berfungsi sebagai pengendali tampilan karakter LCD (*Liquid Cristal Display*). Microntroller pada suatu LCD (*Liquid Cristal Display*) dilengkapi dengan memori dan register. Memori yang digunakan microcontroler internal LCD adalah :

1. DDRAM (*Display Data Random Access Memory*) merupakan memori tempat karakter yang akan ditampilkan berada.
2. CGRAM (*Character Generator Random Access Memory*) merupakan memori untuk menggambarkan pola sebuah karakter dimana bentuk dari karakter dapat diubah-ubah sesuai dengan keinginan.
3. CGROM (*Character Generator Read Only Memory*) merupakan memori untuk menggambarkan pola sebuah karakter dimana pola tersebut merupakan karakter dasar yang sudah ditentukan secara permanen oleh pabrikan pembuat LCD (*Liquid Cristal Display*) tersebut sehingga pengguna tinggal mengambilnya sesuai alamat memorinya dan tidak dapat merubah karakter dasar yang ada dalam CGROM.

Register control yang terdapat dalam suatu LCD diantaranya adalah:

1. Register perintah yaitu register yang berisi perintah-perintah dari mikrokontroler ke panel LCD (*Liquid Cristal Display*) pada saat proses penulisan data atau tempat status dari panel LCD (*Liquid Cristal Display*) dapat dibaca pada saat pembacaan data.
2. Register data yaitu register untuk menuliskan atau membaca data dari atau keDDRAM. Penulisan data pada register akan menempatkan data tersebut keDDRAM sesuai dengan alamat yang telah diatur sebelumnya.

Pin, kaki atau jalur input dan kontrol dalam suatu LCD (*Liquid Cristal Display*) diantaranya adalah :

1. Pin data adalah jalur untuk memberikan data karakter yang ingin ditampilkan menggunakan LCD (*Liquid Cristal Display*) dapat

dihubungkan dengan bus data dari rangkaian lain seperti mikrokontroler dengan lebar data 8 bit.

2. Pin RS (*Register Select*) berfungsi sebagai indikator atau yang menentukan jenis data yang masuk, apakah data atau perintah. Logika low menunjukkan yang masuk adalah perintah, sedangkan logika high menunjukkan data.
3. Pin R/W (*Read Write*) berfungsi sebagai instruksi pada modul jika low tulis data, sedangkan high baca data.
4. Pin E (*Enable*) digunakan untuk memegang data baik masuk atau keluar.
5. Pin VLCD berfungsi mengatur kecerahan tampilan (kontras) dimana pin ini dihubungkan dengan trimpot 5 Kohm, jika tidak digunakan dihubungkan ke ground, sedangkan tegangan catu daya ke LCD sebesar 5 Volt[19].

2.4 LM2596 DC Converter

Catu daya adalah faktor pendukung yang sangat penting, karena mikrokontroler, modul-modul dan aktuator dapat kerja karena adanya tegangan. *Power Supply* yang dibutuhkan untuk mencatu mikrokontroler, modul GSM SIM 800L, yang membutuhkan tegangan 4V. Tegangan yang digunakan berasal dari *accumulator* 12V, karena mikrokontroler dan modul GSM SIM 800L hanya membutuhkan di bawah tegangan 12V. Maka diperlukan regulator tegangan untuk mendapatkan *power supply* dari masing-masing mikrokontroler dan GSM Sim 800L, dengan demikian digunakan LM2596 DC-DC[18].

LM2596 ini adalah modul yang sangat praktis digunakan untuk mengkonversi / menurunkan tegangan dari catu daya sumber menjadi tegangan

keluaran yang lebih rendah. Modul elektronika ini menggunakan *Integrated Circuit* / IC LM2596, 3A Step-Down Voltage Regulator[18].

Chip LM2596 bekerja pada *switching frequency* 150 kHz, memungkinkan komponen penyaring berukuran lebih kecil dibanding komponen penyaring yang biasa dibutuhkan oleh switching regulator berfrekuensi rendah. Produsen IC ini menjamin toleransi perbedaan tegangan keluaran hanya $\pm 4\%$ pada tegangan masukan dan kondisi beban keluaran sesuai spesifikasi, dan $\pm 15\%$ toleransi pada frekuensi osilator. IC ini dapat ditidurkan secara eksternal, dengan konsumsi daya hanya sebesar $80\mu\text{A}$ pada moda siaga. Fitur proteksi termasuk pembatas arus pengurang frekuensi dua tahap (*two stage frequency reducing current limit*) untuk *output switch* dan fitur mematikan chip secara otomatis pada kondisi kelebihan panas (*over temperature*)[18].



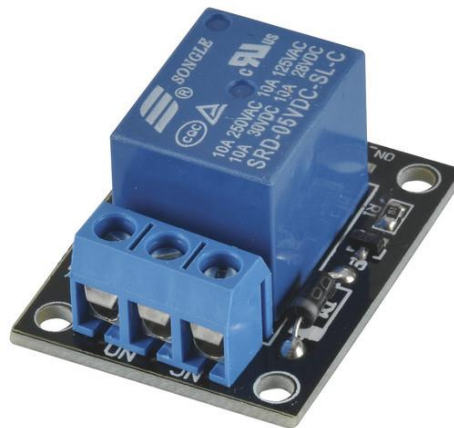
Gambar 2.4.1 LM2596



Gambar 2.4.2 LM2596 MINI

2.5 Relay

Relay adalah Saklar (*switch*) yang dioperasikan secara listrik dan merupakan komponen *Electromechanical* yang terdiri dari 2 bagian utama yakni elektromagnet (*Coil*) dan Mekanikal (seperangkat Kontak Saklar/*Switch*). Relay menggunakan prinsip elektromagnetik untuk menggerakkan kontak saklar sehingga dengan arus listrik yang kecil (*low power*) dapat menghantarkan listrik yang bertegangan lebih tinggi. Sebagai contoh, dengan *Relay* yang menggunakan elektromagnet 5V dan 50 mA mampu menggerakkan armature *Relay* (yang berfungsi sebagai saklarnya) untuk menghantarkan listrik 220V 2A[20].



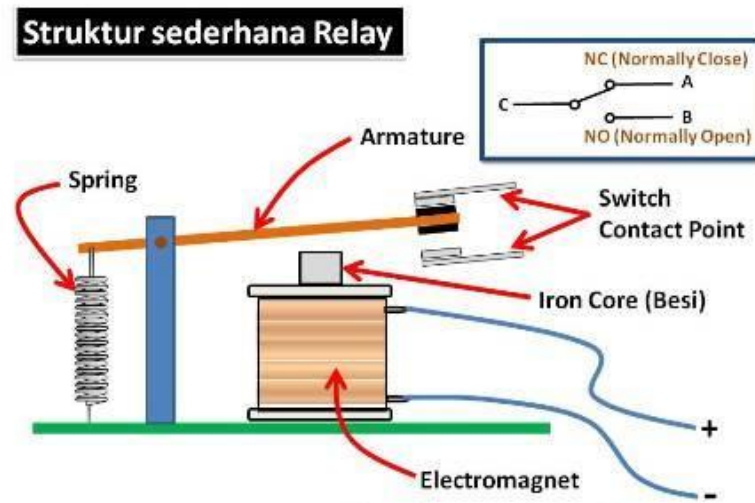
Gambar 2.5.1 *Relay* Magnetik

2.5.1 Prinsip Kerja *Relay*

Setelah mengetahui pengertian serta fungsi dari *relay*, anda juga harus mengetahui cara kerja atau prinsip kerja dari *relay*. Namun sebelumnya anda perlu mengetahui bahwa pada sebuah relay terdapat 4 bagian penting yaitu:

1. *electromagnet* (coil)
2. *Armature*

3. *Switch Contact Point* (saklar)
4. *spring*



Gambar 2.5.2 Prinsip Kerja Relay

Kontak *point relay* terdiri dari 2 jenis yaitu:

1. *Normally Close* (NC) yaitu kondisi awal sebelum diaktifkan akan selalu berada pada posisi *close* (tertutup).
2. *Normally Open* (NO) yaitu kondisi awal sebelum diaktifkan akan selalu berada pada posisi *open* (terbuka).

Berdasarkan gambar diatas, *iron core*(besi) yang dililitkan oleh kumparan *coil* berfungsi untuk mengendalikan *iron core* tersebut. Ketika kumparan *coil* di berikan arus listrik, maka akan timbul gaya elektromagnet sehingga akan menarik *Armature* berpindah posisi yang awalnya NC(tertutup) ke posisi NO(terbuka) sehingga menjadi saklar yang dapat menghantarkan arus listrik di posisi NO. Posisi *Armature* yang tadinya dalam kondisi *CLOSE* akan menjadi *OPEN* atau terhubung. *Armature* akan kembali keposisi *CLOSE* saat tidak dialiri listrik. *Coil*

yang digunakan untuk menarik *Contact Point* ke posisi *CLOSE* umumnya hanya membutuhkan arus listrik yang relatif kecil[20].

2.5.2 Fungsi-fungsi dan Aplikasi *Relay*

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

1. *Relay* digunakan untuk menjalankan fungsi logika (*logic function*).
2. *Relay* digunakan untuk memberikan fungsi penundaan waktu (*time delay function*).
3. *Relay* digunakan untuk mengendalikan sirkuit tegangan tinggi dengan bantuan dari signal tegangan rendah.
4. Ada juga *relay* yang berfungsi untuk melindungi motor ataupun komponen lainnya dari kelebihan tegangan ataupun hubung singkat (*short*)[20].

2.6 Sim800L

Kegunaan modul GSM SIM800L untuk SMS gate away dan server pulsa. Modul GSM merupakan perangkat yang dapat menggantikan fungsi dari handphone. Modul ini mendukung komunikasi *dualband* pada frekuensi 900/1800 MHz (GSM900 dan GSM1800) sehingga fleksibel untuk digunakan bersama kartu SIM dari berbagai operator telepon seluler di Indonesia[17].



Gambar 2.6 SIM800L

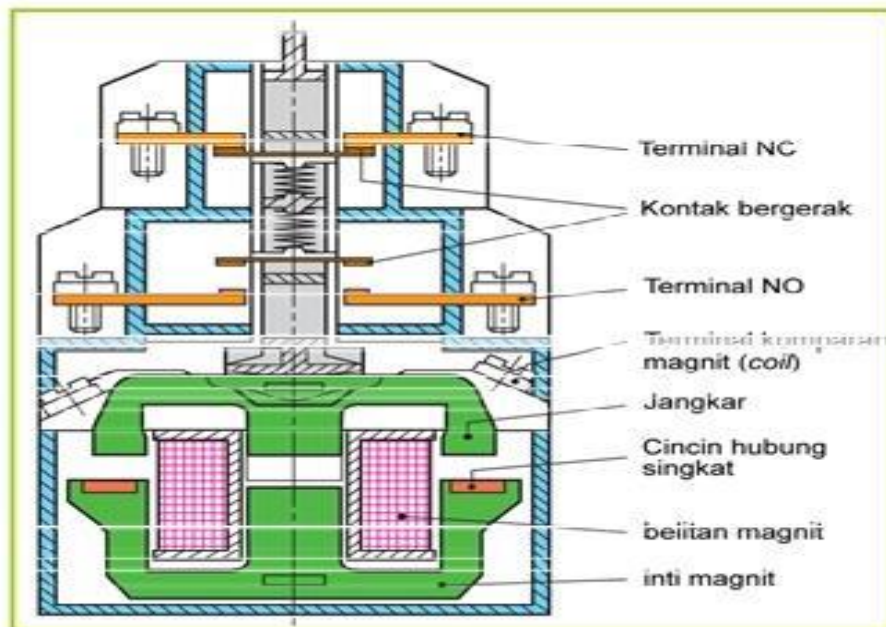
2.7 Kontaktor

Kontaktor merupakan komponen listrik yang berfungsi untuk menyambungkan atau memutuskan arus listrik AC. Kontaktor atau sering juga disebut dengan istilah *relay contactor* dapat kita temui pada panel kontrol listrik. Pada panel listrik *contactor* sering digunakan sebagai selektor atau saklar transfer dan interlock pada sistem ATS. Berikut adalah bentuk *contactor* yang dapat kita temui[3].



Gambar 2.7.1 Kontaktor

Prinsip kerja *contactor* sama seperti *relay*, dalam *contactor* terdapat beberapa saklar yang dikendalikan secara elektromagnetik. Pada suatu *contactor* terdapat beberapa saklar dengan jenis NO (*Normaly Open*) dan NC (*Normaly Close*) dan sebuah kumparan atau *coil* elektromagnetik untuk mengendalikan saklar tersebut. Apabila *coil* elektromagnetik *contactor* diberikan sumber tegangan listrik AC maka saklar pada *contactor* akan terhubung, atau berubah kondisinya, yang semula *OFF* menjadi *ON* dan sebaliknya yang awalnya *ON* menjadi *OFF*. Untuk prinsip kerja *contactor* dapat dilihat dari gambar skema *contactor* berikut.



Gambar 2.7.2 Bagian-Bagian Kontaktor

Jenis-Jenis *Contactor*

Contactor yang beredar dipasaran pada umumnya dibedakan berdasarkan kemampuannya dalam mengontrol tegangan listrik AC. Di pasaran *contactor* dibedakan menjadi 2 tipe yaitu :

1. *Contactor 1 Phase*
2. *Contactor 3 phase*

Contactor 1 phase digunakan untuk mengontrol arus listrik AC 1 *phase*, sedangkan *contactor 3 phase* digunakan untuk mengontrol aliran listrik AC 3 *phase*. Pada *contactor 1 phase* minimal terdapat 2 saklar utama, sedangkan pada *contactor 3 phase* minimal terdiri dari 3 saklar utama[3].

Dalam penggunaannya, pengaplikasian *contactor* dapat kita temui dalam beberapa aplikasi berikut:

1. Kontrol *Lighting*, pada sistem *lighting* daya besar seperti yang digunakan pada konser music atau sistem penerangan stadion olah raga dengan lampu daya besar selalu menggunakan *contactor* sebagai komponen penghubung atau pemutus arus listrik ke lampu *lighting* tersebut.
2. Kontrol motor listrik, motor listrik 3 *phase* daya besar seperti yang digunakan dalam dunia industri membutuhkan *contactor* sebagai komponen penghubung atau pemutus arus listrik ke motor tersebut. Fungsi *contactor* sebagai kontrol pada motor listrik ini sering disebut dengan istilah *magnetic starter*.
3. *Transfer switch*, *transfer switch* merupakan sistem pada ATS. Bagian ini selalu menggunakan *contactor* karena diperlukan kapasitas kontrol daya besar dan kecepatan transfer yang cepat yang dimiliki *contactor*.
4. Pada penanganan arus besar atau tegangan tinggi, sulit untuk membangun alat manual yang cocok. Lebih dari itu, alat seperti itu besar dan sulit mengoperasikannya. Sebaliknya, akan relatif sederhana untuk membangun *contactor* magnetis yang akan menangani arus yang besar atau tegangan yang tinggi, dan alat manual harus mengontrol hanya kumparan dari *contactor*.

5. Kontaktor memungkinkan operasi majemuk dilaksanakan dari satu operator (satu lokasi) dan *diinterlocked* untuk mencegah kesalahan dan bahaya operasi.
6. Pengoperasian yang harus diulang beberapa kali dalam satu jam, dapat digunakan kontaktor untuk menghemat usaha. Operator secara sederhana harus menekan tombol dan kontaktor akan memulai urutan *event* yang benar secara otomatis.
7. Kontaktor dapat dikontrol secara otomatis dengan alat pilot atau sensor yang sangat peka.
8. Tegangan yang tinggi dapat diatasi oleh kontaktor dan menjauhkan seluruhnya dari operator, sehingga meningkatkan keselamatan / keamanan instalasi.
9. Dengan menggunakan kontaktor peralatan kontrol dapat dipasangkan pada titik-titik yang jauh. Satu-satunya ruang yang diperlukan dekat mesin adalah ruangan untuk tombol tekan.
10. Dengan kontaktor, kontrol otomatis dan semi otomatis mungkin dilakukan dengan peralatan seperti kontrol logika yang dapat diprogram seperti *Programmable Logic Controller (PLC)*[3].

2.8 Sensor Tegangan

Sensor tegangan berfungsi membaca nilai tegangan suatu rangkaian. Arduino dapat membaca nilai tegangan dengan memanfaatkan pin analog. Jika range tegangan yang dibaca diantara 0-5 V bisa langsung menggunakan pin analog, sedangkan jika range tegangan yang dibaca >5V harus menggunakan

rangkaian tambahan yakni pembagi tegangan karena pin arduino bekerja pada max 5 v[19].



Gambar 2.8 Modul Sensor Tegangan ZMPT101B

Data yang diterima arduino berupa nilai ADC , untuk mengkonversi menjadi nilai tegangan menggunakan rumus:

$$\text{Tegangan} = \frac{ADC}{1023} 5V$$

ADC : Nilai ADC yang terbaca

1023 : Nilai ADC maksimal (10 bit)

5V : Tegangan referensi ADC arduino (default)[19]

2.9 Miniature Circuit Breaker (MCB)

MCB merupakan kependekan dari *Miniature Circuit Breaker* (bahasa Inggris). Biasanya MCB digunakan oleh pihak PLN untuk membatasi arus sekaligus sebagai pengaman dalam suatu instalasi listrik. MCB berfungsi sebagai pengaman hubung singkat (konsleting) dan juga berfungsi sebagai pengaman beban lebih. MCB akan secara otomatis dengan segera memutuskan arus apabila arus yang melewatinya melebihi dari arus nominal yang telah ditentukan pada

MCB tersebut. Arus nominal yang terdapat pada MCB adalah 1A, 2A, 4A, 6A, 10A, 16A, 20A, 25A, 32A dan lain sebagainya. Nominal MCB ditentukan dari besarnya arus yang dihantarkan, satuan dari arus adalah *ampere*. Jadi jika MCB dengan arus nominal 2 *ampere* maka hanya perlu ditulis dengan MCB 2A. Banyak perangkat yang saat ini menggunakan listrik, mulai dari AC, komputer/laptop, lampu dan masih banyak lagi. Kebanyakan pelanggan PLN di Indonesia saat ini masih menggunakan MCB 2 A, hal ini dikarenakan banyaknya pelanggan yang menggunakan daya 450VA (*Volt Ampere*). Pelanggan yang menggunakan daya 450VA akan menggunakan MCB dengan nominal 2A, dengan perhitungan tegangan di Indonesia adalah (standar rata-rata) 220 *Volt* jika daya yang terpasang di rumah yang perlu dilakukan hanyalah membagi 450 dengan 220, hasilnya akan 2,04 sehingga kita membutuhkan MCB dengan nominal 2 *Ampere*. Di bawah ini beberapa satuan listrik sebagai berikut:

1. Satuan dari tegangan listrik: *Volt*
2. Satuan dari arus listrik: *Ampere*
3. Satuan dari hambatan listrik: *Ohm*
4. Satuan dari daya listrik: *Watt* [10]

Setelah mengetahui satuan-satuan listrik diatas apa yang dimaksud dengan MCB dan apa sebenarnya fungsi dari MCB. Jelas sekali MCB memiliki fungsi yang sangat vital dalam suatu instalasi listrik, bila MCB memang tidak memiliki fungsi maka tidak akan mungkin jika dipasang dalam suatu instalasi. MCB sendiri terdiri dari MCB 1 fasa, 2 fasa dan 3 fasa. Pada dasarnya MCB 2 fasa adalah gabungan dari dua buah MCB 1 fasa, sedangkan MCB 3 fasa merupakan gabungan tiga buah dari MCB 1 fasa[10].

MCB (*Miniature Circuit Breaker*) atau Miniatur Pemutus Sirkuit adalah sebuah perangkat elektromekanikal yang berfungsi sebagai pelindung rangkaian listrik dari arus yang berlebihan. Dengan kata lain, MCB dapat memutuskan arus listrik secara otomatis ketika arus listrik yang melewati MCB tersebut melebihi nilai yang ditentukan. Namun saat arus dalam kondisi normal, MCB dapat berfungsi sebagai saklar yang bisa menghubungkan atau memutuskan arus listrik secara manual[10].

MCB pada dasarnya memiliki fungsi yang hampir sama dengan Sekering (*FUSE*) yaitu memutuskan aliran arus listrik rangkaian ketika terjadi gangguan kelebihan arus. Terjadinya kelebihan arus listrik ini dapat dikarenakan adanya hubung singkat (*Short Circuit*) ataupun adanya beban lebih (*Overload*). Namun MCB dapat di-*ON*-kan kembali ketika rangkaian listrik sudah normal, sedangkan *Fuse*/Sekering yang terputus akibat gangguan kelebihan arus tersebut tidak dapat digunakan lagi[10].



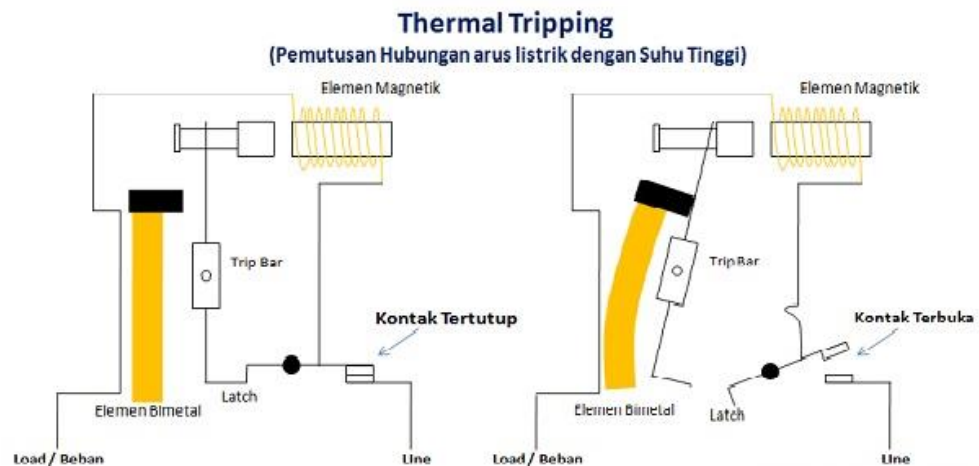
Gambar 2.9.1 Miniature Circuit Breaker

2.9.1 Prinsip kerja MCB (Miniature Circuit Breaker)

Pada kondisi Normal, MCB berfungsi sebagai sakelar manual yang dapat menghubungkan (*ON*) dan memutuskan (*OFF*) arus listrik. Pada saat terjadi Kelebihan Beban (*Overload*) ataupun Hubung Singkat Rangkaian (*Short Circuit*), MCB akan beroperasi secara otomatis dengan memutuskan arus listrik yang melewatinya. Secara visual, kita dapat melihat perpindahan Knob atau tombol dari kondisi *ON* menjadi kondisi *OFF*. Pengoperasian otomatis ini dilakukan dengan dua cara seperti yang terlihat pada gambar dibawah ini yaitu dengan cara *Magnetic Tripping* (Pemutusan hubungan arus listrik secara Magnetik) dan *Thermal Tripping* (Pemutusan hubungan arus listrik secara Thermal/Suhu)[21].

2.9.1.1 Thermal Tripping (Pemutusan Hubungan arus listrik dengan Suhu Tinggi)

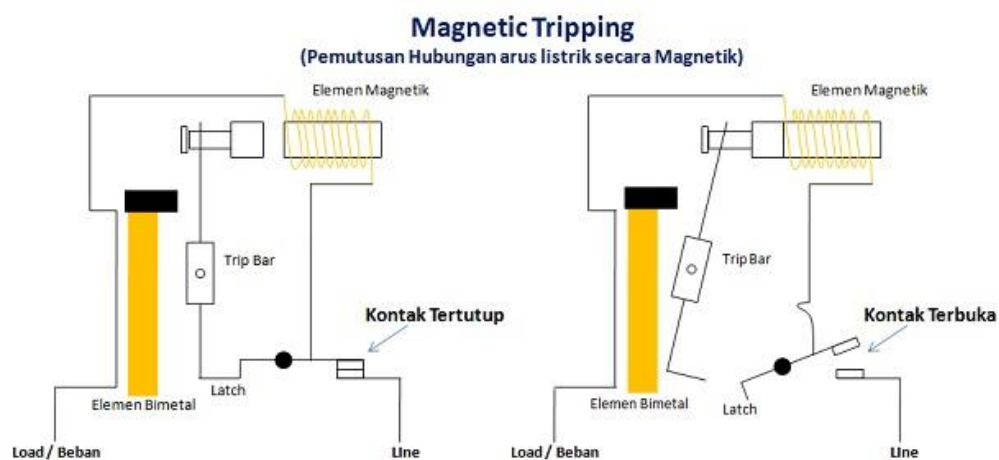
Pada saat kondisi *Overload* (Kelebihan Beban), Arus yang mengalir melalui Bimetal menyebabkan suhu Bimetal itu sendiri menjadi tinggi. Suhu panas tersebut mengakibatkan Bimetal melengkung sehingga memutuskan kontak MCB (Trip)[21].



Gambar 2.9.2 MCB Thermal Tripping

2.9.1.2 Magnetic Tripping (Pemutusan Hubungan arus listrik secara Magnetik)

Ketika terjadi Hubung Singkat Rangkaian (*Short Circuit*) secara mendadak ataupun Kelebihan Beban yang sangat tinggi (*Heavy Overload*), *Magnetic Tripping* atau pemutusan hubungan arus listrik secara Magnetik akan diberlakukan. Pada saat terjadi hubungan singkat ataupun kelebihan beban berat, Medan magnet pada *Solenoid* MCB akan menarik *Latch* (palang) sehingga memutuskan kontak MCB (*Trip*)[21].



Gambar 2.9.3 MCB Magnetik Tripping

2.9.2 Jenis-jenis MCB (Miniature Circuit Breaker)

MCB atau Miniatur Pemutus Sirkuit ini dapat diklasifikasikan menjadi tiga jenis utama berdasarkan karakteristik pemutusan sirkuitnya. Tiga jenis utama tersebut adalah MCB Tipe B, MCB Tipe C dan MCB Tipe D.

1. MCB Tipe B adalah tipe MCB yang akan trip jika arus beban lebih besar 3 sampai 5 kali dari arus maksimum yang tertulis pada MCB (arus nominal MCB). MCB Tipe B ini umumnya digunakan pada instalasi listrik di perumahan ataupun di industri ringan.
2. MCB Tipe C adalah tipe MCB yang akan trip jika arus beban lebih besar 5 sampai 10 kali dari arus maksimum yang tertulis pada MCB (arus nominal MCB). MCB Tipe C ini biasanya digunakan pada Industri yang memerlukan arus yang lebih tinggi seperti pada lampu penerangan gedung dan motor-motor kecil.
3. MCB Tipe D adalah tipe MCB yang akan trip jika arus beban lebih besar dari 10 hingga 25 kali dari arus maksimum yang tertulis pada MCB (arus nominal MCB). MCB Tipe D ini biasanya digunakan pada peralatan listrik yang menghasilkan lonjakan arus tinggi seperti Mesin Sinar X (*X-Ray*), Mesin Las, Motor-motor Besar dan Mesin-mesin produksi lainnya[21].

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Lokasi Penelitian

Penelitian di laksanakan di Laboratorium Sistem Kontrol Kampus III Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, jalan Kapten Mukhtar Basri No. 3 Glugur Darat II Medan. Waktu Penelitian di rencanakan berlangsung selama lebih kurang 4 (empat) bulan, dimulai dari perencanaan bahan, perancangan bahan, pemrograman alat, pengujian, dan pengambilan data pengujian.

3.2 Peralatan dan Bahan Penelitian

Adapun bahan dan alat yang digunakan pada penelitian ini sebagai berikut :

3.2.1 Bahan-Bahan Penelitian

Bahan-bahan yang digunakan untuk perancangan alat detector kegagalan fasa ini yaitu :

1. *Arduino Uno* sebagai otak kendali alat.
2. LM2596 DC to DC regulator sebagai *power supply* untuk tegangan ke seluruh modul.
3. Sim800L sebagai pemberi dan penerima informasi melalui SMS(*Short Message Service*).
4. LM2596 Mini DC to DC regulator sebagai *power supply* 4,2V ke sim 800L.
5. Sensor Tegangan sebagai modul pembaca tegangan input.
6. LCD (*Liquid Crystal Display*) 20x4 sebagai monitoring kondisi dan informasi tegangan input.

7. *Relay* magnetik sebagai pengendali *Arduino Uno* untuk mematikan atau menghidupkan kontaktor.
8. MCB(*Miniature Circuit Breaker*) sebagai saklar alat.
9. Kontaktor sebagai pemutus atau penghubung tegangan.
10. Papan PCB sebagai media penghubung komponen elektronik.
11. Kabel sebagai penghubung bahan.
12. Papan *Acrylic* sebagai media alat.
13. Papan Triplek untuk pelapis media alat

3.2.2 Peralatan Penelitian

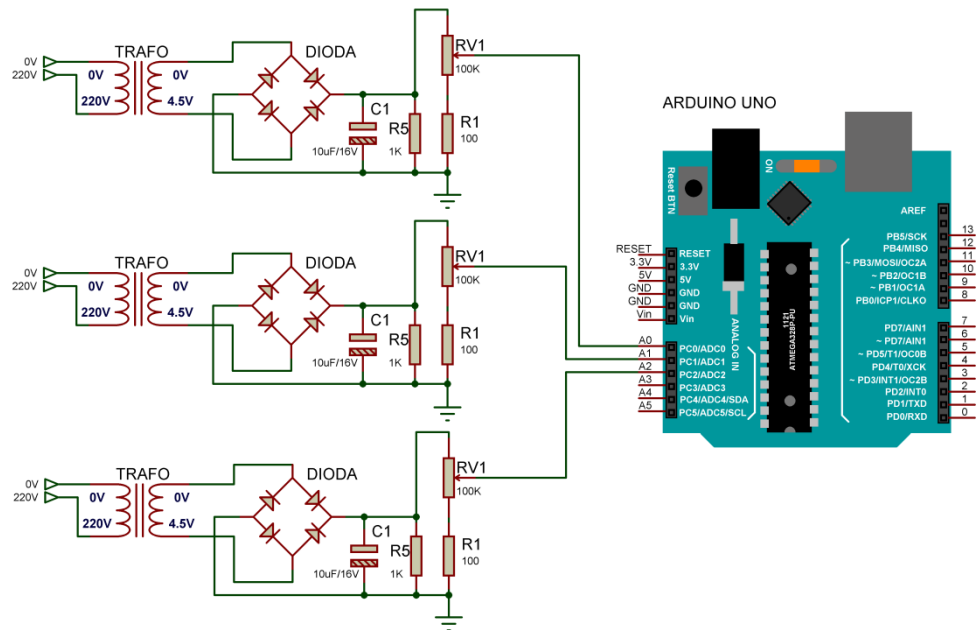
peralatan penunjang yang di gunakan untuk membuat alat detektor kegagalan fasa sebagai berikut:

1. Solder digunakan untuk memanaskan timah.
2. Bor digunakan untuk membuat lubang pada papan PCB.
3. Lem *Acrylic* digunakan untuk perekat bahan ke media.
4. Tang digunakan untuk memotong maupun mengelupas kabel.

3.3 Tahapan Perancangan Alat

3.3.1 Sensor Tegangan

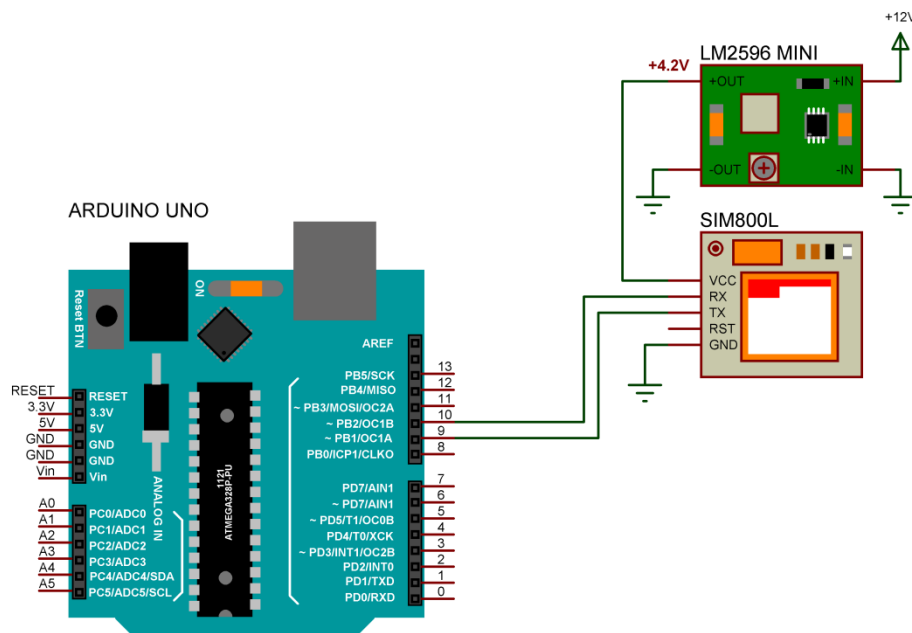
Sensor tegangan digunakan sebagai pembaca tegangan input, pada alat ini menggunakan 3 sensor untuk fasa RST. Sensor tegangan R dihubungkan ke pin *analog* A0, sensor tegangan S dihubungkan ke pin analog A1, dan sensor tegangan T dihubungkan ke pin *analog* A2.



Gambar 3.3.1 Rangkaian Sensor Tegangan

3.3.2 Modul Sim800L

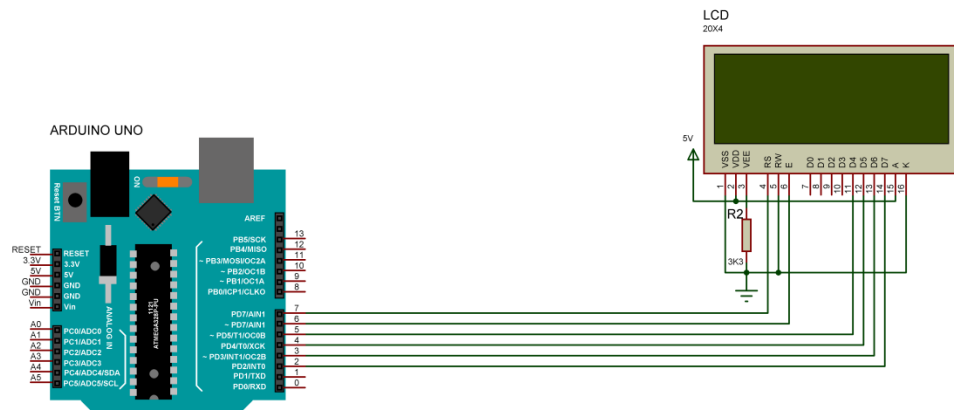
Modul sms digunakan untuk memberi notifikasi ke pengguna sebagai informasi jarak jauh. Modul sms dihubungkan ke *Arduino Uno* melalui pin digital. Pin digital 9 ke pin TX Sim800L, lalu pin digital 10 ke pin RX sim800L, Pin GND sim800L ke pin GND *Arduino Uno*. Karena sim800L hanya membutuhkan daya 4,2V DC maka kita wajib menggunakan regulator LM2596 Mini untuk menurunkan tegangan dari *Arduino Uno* dengan menghubungkan pin tegangan 5V DC dari *Arduini Uno* ke LM2596 Mini terlebih dahulu, setelah itu keluaran pin *out* LM2596 Mini ke pin VCC sim800L, pin GND LM2596 ke Pin GND *Arduino Uno*.



Gambar 3.3.2 Rangkaian Sim800L

3.3.3 LCD (*Liquid Crystal Display*)

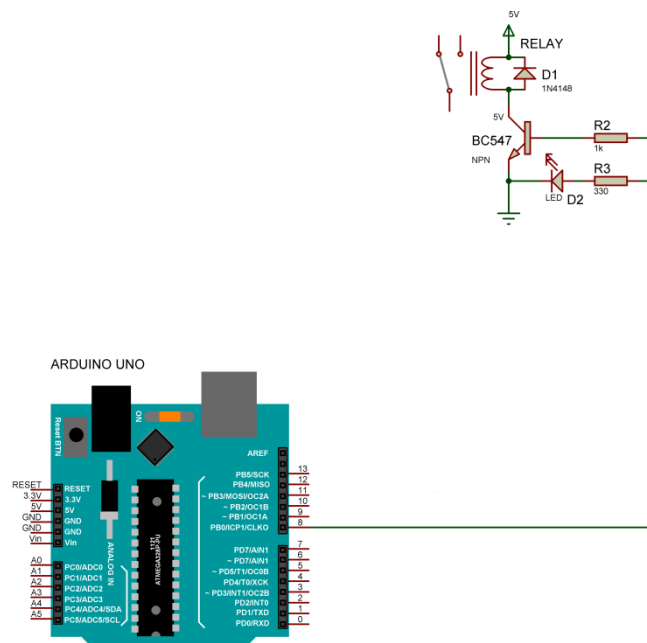
Modul ini di gunakan untuk menampilkan kondisi nilai tegangan dalam keadaan normal atau tidak dalam bentuk teks. Untuk menghubungkan *Arduino Uno* ke LCD melalui pin digital dari *Arduino Uno*, pin 7 ke pin RS LCD, Pin 6 ke pin E LCD, pin 5 ke pin D4 LCD, pin 4 ke pin D5 LCD, pin 3 ke pin D6 LCD, pin 2 ke pin D7 LCD, setelah itu pin VDD dan pin A LCD ke pin 5V DC *Arduino Uno*, pin VEE pada LCD dihubungkan ke resistor 3k Ω terlebih dahulu lalu keluaran resistor ke pin GND *Arduino Uno*, yang terakhir pin VSS, pin RW dan pin K pada LCD dihubungkan ke pin GND *Arduino Uno*.



Gambar 3.3.3 Rangkaian LCD 20x4

3.3.4 Relay Magnetik

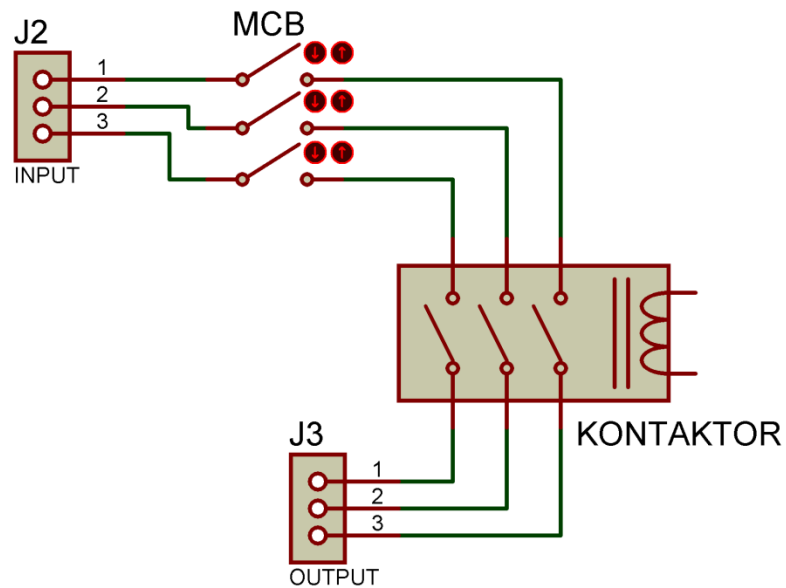
Relay magnetik berfungsi sebagai pengendali *Arduino Uno* untuk mengendalikan Kontaktor baik *ON/OFF* sesuai penyetingan dari *Arduino Uno*. Untuk merangkai *relay* magnetik dengan menghubungkan pin TX pada relay magnetik ke pin digital 8 *Arduino Uno* dan pin GND *relay* magnetik ke pin GND *Arduino Uno*.



Gambar 3.3.4 Rangkaian Relay Magnetik

3.3.5 MCB(Miniature Circuit Breaker)

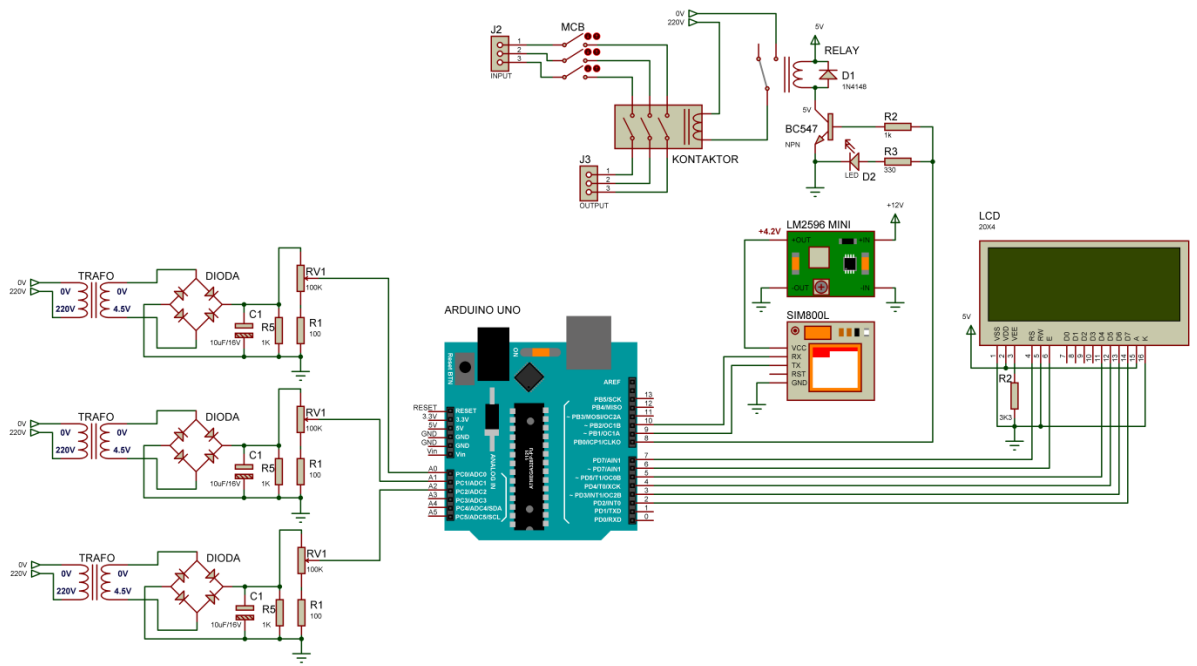
MCB(Miniature Circuit Breaker) digunakan sebagai saklar utama alat, *input* MCB dihubungkan dengan fasa RST lalu *output* MCB dihubungkan ke *input* kontaktor.



Gambar 3.3.5 Rangkaian MCB

3.3.6 Kontaktor

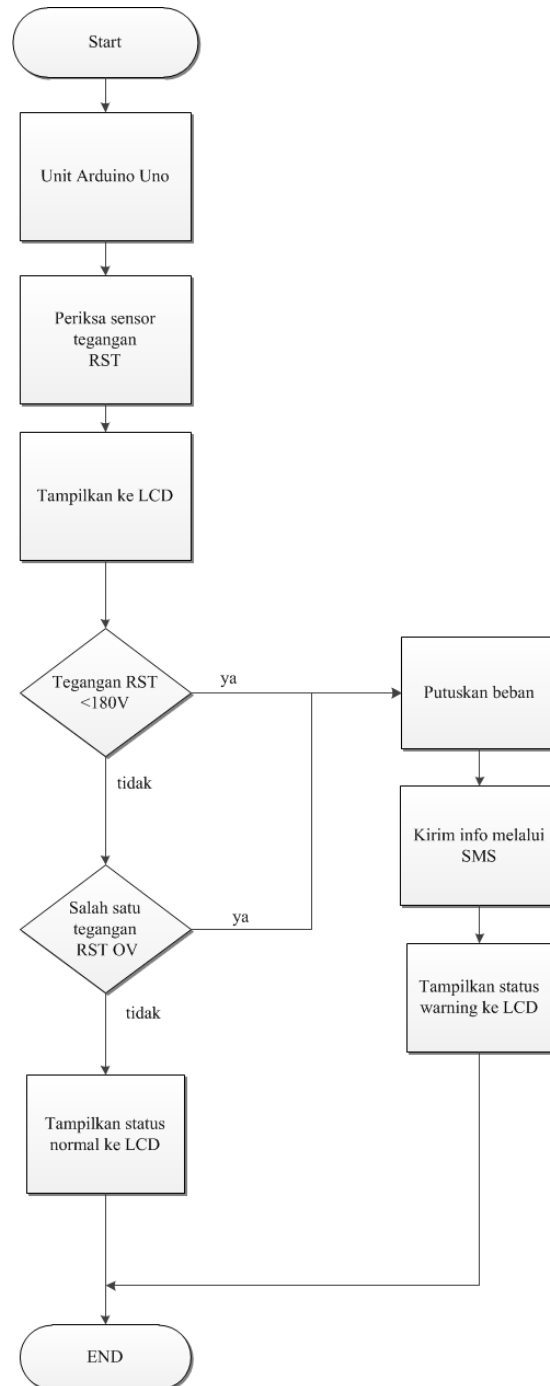
Kontaktor digunakan sebagai pemutus dan penghubung tegangan jika menerima kendali dari *relay* magnetik. *Output* RST pada MCB dihubungkan ke *input* Kontaktor setelah itu *output* kontaktor dapat langsung dihubungkan ke beban *3 Phase*.



Gambar 3.3 Wiring Diagram

3.4 Diagram Alir Sistem

Adapun diagram alir(*Flowchart Diagram*) untuk mempermudah memahami alat ini sebagai berikut:



Gambar 3.4 *Flowchart Diagram*

PENJELASAN DIAGRAM ALIR

Arduino Uno memeriksa sensor tegangan RST dan menampilkan kondisi tegangan pada LCD, jika tegangan dibawah 180V AC maka Arduino akan memutus beban lalu mengirim SMS ke pengguna telah terjadi kegagalan fasa dan menampilkan status warning di LCD. Namun jika salah 1 tegangan terbaca 0V AC atau salah satu fasa terputus maka Arduino Uno akan memutus beban dan mengirim sms kepengguna serta memberi status warning pada LCD. Jika tegangan yang terbaca diatas 180V AC dan salah satu fasa tidak ada yang terputus maka LCD akan menampilkan status normal.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN PENELITIAN

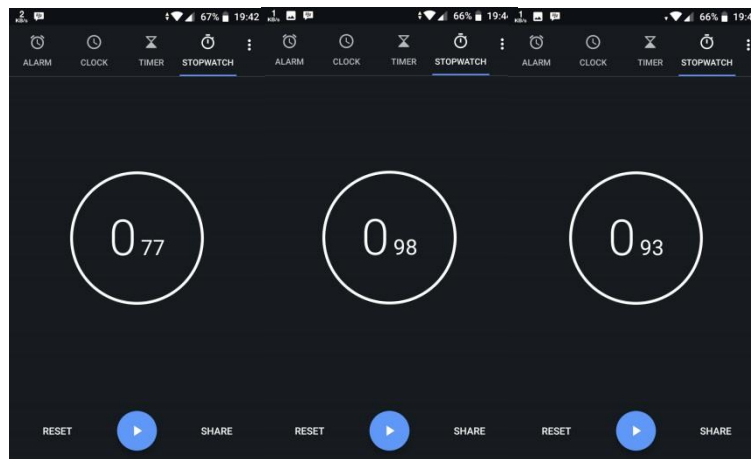
4.1 Analisa Waktu Pemutus Alat Kegagalan Fasa R-S-T

Pada penelitian ini akan membahas mengenai kinerja alat kegagalan fasa untuk mengetahui berapa lama waktu baik dari kondisi *ON* ke *OFF* atau *OFF* ke *ON*.

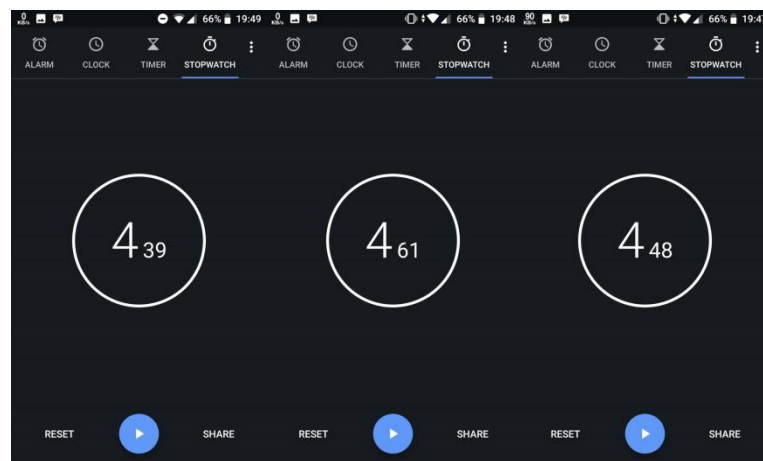
Tabel 4.1 Hasil Pengujian Waktu Pemutus R-S-T

Fasa	<i>ON</i> ke <i>OFF</i>	<i>OFF</i> Ke <i>ON</i>
R	0,77 Detik	4,39 Detik
S	0,98 Detik	4,61 Detik
T	0,93 Detik	4,48 Detik

Dari data diatas bisa kita lihat alat hanya membutuhkan waktu kurang dari 1 detik untuk memutus beban saat terdeteksi kegagalan fasa, sementara pada saat fasa sudah diperbaiki alat membutuhkan waktu lebih dari 4 detik untuk menghidupkan beban.



Gambar 4.1 ON ke OFF



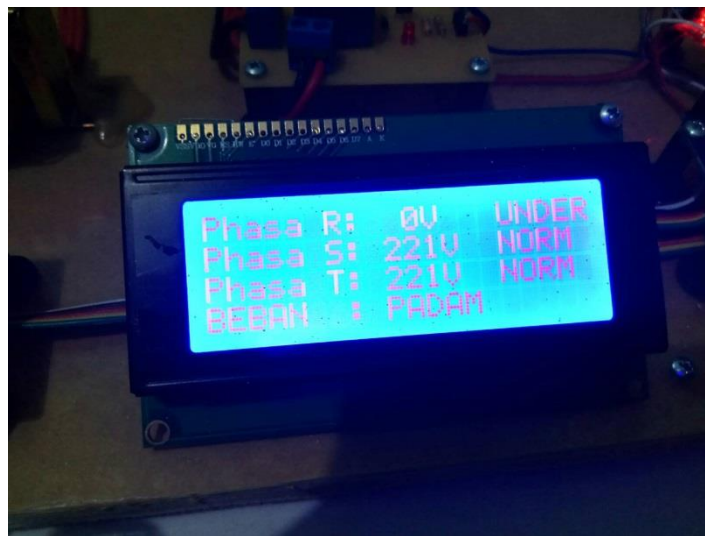
Gambar 4.2 OFF ke ON

4.2 Pengujian Kinerja Alat Kegagalan Fasa R-S-T

Adapun pengujian kinerja alat terhadap kegagalan fasa sebagai berikut:

Daftar Tabel 4.2 Hasil Pengujian Gagal fasa

NO	Phase R-S-T			Beban
	R	S	T	
1	0V	221V	221V	Padam
2	220V	0V	220V	Padam
3	221V	221V	0V	Padam
4	221V	0V	0V	Padam
5	0V	220V	0V	Padam
6	0V	0V	220V	Padam



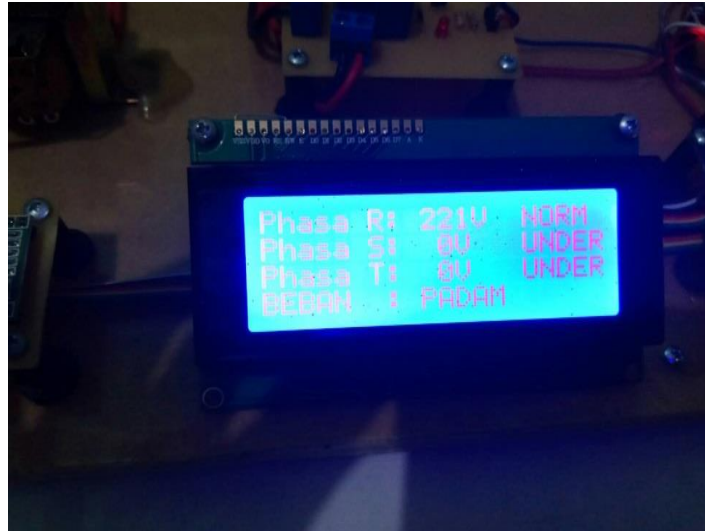
Gambar 4.3 Fasa R keadaan 0V



Gambar 4.4 Fasa S keadaan 0V



Gambar 4.5 Fasa T Keadaan 0V



Gambar 4.6 Fasa R Normal



Gambar 4.7 Fasa S Normal



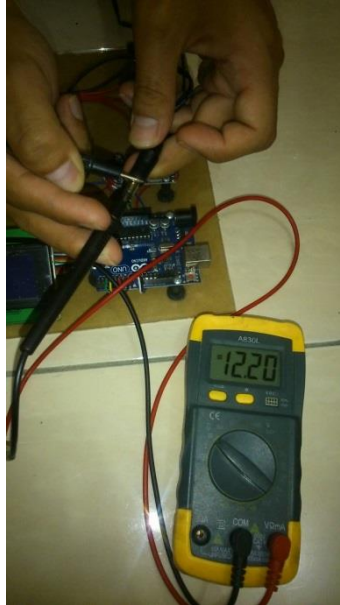
Gambar 4.8 Fasa T Normal

Disini dapat disimpulkan bahwa jika salah 1 atau 2 fasa terputus maka alat detektor kegagalan fasa akan memutus beban agar tidak terjadi kerusakan pada beban.

4.3 Pengukuran Tegangan Komponen Alat

4.3.1 Tegangan Sumber Alat

Pengukuran ini bertujuan untuk mengukur tegangan *output* adaptor, pada adaptor tertulis *output* 12 VDC, setelah dilakukan pengukuran dengan multimeter tegangan *output* yang didapat 12,20 VDC dibulatkan menjadi 12 VDC, atau sesuai dengan *output adaptor*.



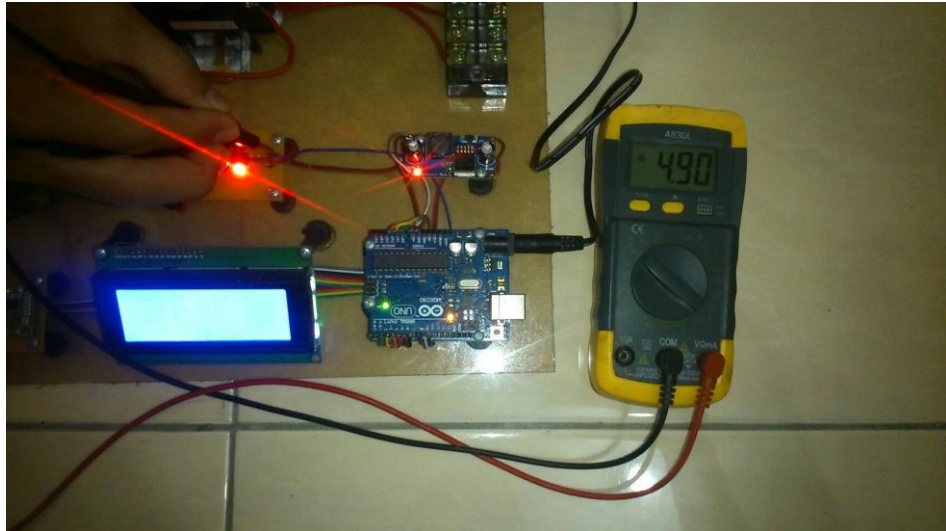
Gambar 4.9 Tegangan *Output* Adaptor

4.3.2 Tegangan ke *Relay*

Pengukuran ini bertujuan untuk menyesuaikan tegangan *input* dari *relay*, pada *Arduino Uno output* yang dikeluarkan ke komponen seharusnya 5VDC, maka dari itu penulis melakukan uji coba *input relay* kondisi *ON* dan *OFF*.

Tabel 4.3.2 Hasil Pengukuran Tegangan *Arduino Uno* ke *Relay*

Tegangan <i>Arduino Uno</i> ke <i>Relay</i>	
<i>ON</i>	4,90 VDC
<i>OFF</i>	0,00 VDC



Gambar 4.10 Tegangan *Input Relay* Kondisi *ON*



Gambar 4.11 Tegangan *Input Relay* Kondisi *OFF*

4.3.3 Tegangan *Relay* ke Kontaktor

Pengukuran ini bertujuan untuk mengukur tegangan *output relay* ke kontaktor, *relay* berfungsi untuk mengendalikan kontaktor sesuai dengan program yang telah di perintah dari *Arduino Uno*.

Tabel 4.3.3 Hasil Pengukuran Tegangan Relay ke Kontaktor

Tegangan <i>Relay</i> ke Kontaktor	
ON	209 VAC
OFF	0,00 VAC

Gambar 4.12 Pengukuran *Relay* ke Kontaktor ONGambar 4.13 Pengukuran *Relay* ke Kontaktor OFF

4.3.4 Tegangan *Input* Beban

Pengukuran ini bertujuan untuk mengetahui tegangan masuk dari PLN (Perusahaan Listrik Negara) ke beban, pengukuran dilakukan tiap fasa R-S-T.

Tabel 4.3.4 Hasil Pengukuran fasa R-S-T

Pengukuran Tiap Fasa Sumber R-S-T	
Fasa R	219 VAC
Fasa S	218 VAC
Fasa T	218 VAC



Gambar 4.14 Pengukuran Fasa R PLN



Gambar 4.15 Pengukuran Fasa S PLN



Gambar 4.16 Pengukuran Fasa T PLN

4.3.5 Tegangan Output Sensor Tegangan

Pengukuran sensor tegangan bertujuan untuk mengetahui nilai *Analog input* yang masuk ke *Arduino Uno*, untuk itu dilakukan pengukuran tiap pada setiap sensor R-S-T.

Tabel 4.3.5 Hasil Pengukuran Sensor Tegangan ke *Arduino Uno*

Pengukuran <i>Output</i> Sensor ke <i>Arduino Uno</i> R-S-T	
Fasa R	1,076 VDC
Fasa S	1,069 VDC
Fasa T	1,077 VDC



Gambar 4.17 Hasil Pengukuran *Output* Sensor Tegangan R



Gambar 4.18 Hasil Pengukuran *Output* Sensor Tegangan S



Gambar 4.19 Hasil Pengukuran *Output* Sensor Tegangan T



Gambar 4.20 Hasil Pengukuran *Phase R* pada LCD



Gambar 4.21 Hasil Pengukuran Phase S pada LCD



Gambar 4.21 Hasil Pengukuran Phase T pada LCD

Dari pengukuran diatas ada hal yang menarik mengenai pembacaan sensor tegangan ke *Arduino Uno*, pada *output* sensor tegangan terbaca 1,076 VDC, 1,069 VDC, dan 1,077 VDC sementara *Arduino Uno* membaca 220 VAC, 219 VAC, dan 220 VAC. Hal ini berkaitan dengan ADC (*Analog to Digital Converter*) pada *Arduino Uno*. Berdasarkan *Log Sheet Arduino Uno* menggunakan *Atmega 328* yang berarti memiliki *input Analog* 5 VDC dan resolusi 10 bit dengan nilai terbesar 1023.

Untuk itu butuh perhitungan konversi ADC (*Analog to Digital Converter*) sebagai berikut:

Diketahui:

Tegangan *Analog Arduino Uno* maksimal = 5VDC

Resolusi = 10 *bit*

Nilai fasa :

R= 220 VAC

S=219 VAC

T= 220 VAC

Nilai *output* sensor tegangan R =1,076 VDC

Nilai *output* sensor tegangan S =1,069 VDC

Nilai *output* sensor tegangan T =1,077 VDC

Ditanya:

1. Nilai tegangan *phase* R
2. Nilai tegangan *phase* S
3. Nilai tegangan *phase* T

Jawab:

Menentukan range nilai ADC: $2^{10} = 1024$

$$\frac{\text{Tegangan input analog maksimum}}{\text{range ADC}} = X$$

$$\frac{5VDC}{1024} = 0,0048828125$$

Nilai X = 0,0048828125

Menentukan tegangan AC yang dibaca:

$$\frac{\text{output sensor}}{X} = \text{tegangan AC}$$

1. Nilai yang didapat

$$\frac{1,076}{0,0048828125} = 220,3648 \text{ (dibulatkan menjadi 220 VAC)}$$

2. Nilai yang didapat

$$\frac{1,069}{0,0048828125} = 218,9312 \text{ (dibulatkan menjadi 219 VAC)}$$

3. Nilai yang didapat

$$\frac{1,077}{0,0048828125} = 220,5696 \text{ (dibulatkan menjadi 221 VAC)}$$

Jadi Nilai *input analog* sesuai dengan perhitungan dalam pengukuran, pada ini masih merupakan toleransi dari alat pabrikan sebesar 5%, jadi kesalahan masih dalam batas wajar.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Adapun kesimpulan dari perancangan alat detektor ini, yaitu:

4. Perangkat *Arduino Uno* dengan sensor tegangan, modul GSM dan *Relay* dapat terhubung dan bekerja dengan baik.
5. *Arduino Uno* dapat mengirim dan menerima notifikasi melalui *Short Message Service (SMS)* ke pengguna dengan baik.
6. Karakteristik modul yang melengkapi alat juga sudah sesuai dengan pengukuran yang telah dilakukan pada penelitian. Adapun ADC (*Analog to Digital Converter*) pada sensor tegangan ke *Arduino Uno* yang harus menggunakan perhitungan untuk mendapatkan nilai yang sebenarnya.

5.2 Saran

Dalam perancangan dan penelitian alat ini penulis masih menemukan beberapa kekurangan dari alat., yaitu:

1. Masih ada Bouncing sekitar 2 detik pada layar ketika salah satu atau 2 fasa mendadak terputus.
2. Notifikasi SMS juga masih sangat bergantung pada pulsa dan jaringan operator, jika pulsa habis alat tidak mengirim sms, sementara gangguan jaringan juga membuat alat tidak dapat menerima informasi maupun mengirim notifikasi.
3. Perlu penambahan UPS agar alat tidak mati saat listrik padam.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. A. Makarim, T. Sukmadi, and B. Winardi, “Analisis Ketidakseimbangan Tegangan Dan Kenaikan Suhu Pada Motor Induksi 3 Fasa Akibat Gangguan Single-Phasing,” vol. 18, no. 4, 2016.
- [2] M. N. R. Zain, “Sistem Pengaman Pendingin Udara Tiga Fasa Otomatis dalam Mengantisipasi Gangguan Fasa,” vol. 6, no. 1, pp. 1–15, 2016.
- [3] A. Ridwan, R. Vivaldy, S. Setiawidayat, and M. Mukhsin, “Analisis Pengaruh Power Quality Pada Transformator Dan Motor Induksi 3 Fasa,” vol. 8, pp. 70–76, 2016.
- [4] S. Nasrullah, Muhamad Haddin, “Pemodelan Unjuk Kerja Motor Induksi Tiga Fasa pada Kondisi Under Voltage Tidak Seimbang dengan menggunakan MATLAB/SIMULINK,” pp. 53–58, 2015.
- [5] A. Sudiby, Samuel; Rosa, M Khairul Amrii; Herawati, “Analisis Efisiensi Motor Induksi Pada Kondisi Tegangan Non Rating Dengan Metode Segregated Loss,” *Teknosia*, vol. II, pp. 32–40, 2016.
- [6] L. Ruslan and N. M. Samsul, “Analisis Gangguan Tidak Seimbang pada Line Transmisi GI Sungguminasa-GI Tallasa,” vol. 3, no. 2, pp. 102–108, 2016.
- [7] B. S. Lucky Aggazi Subagyo, “Sistem Monitoring Arus Tidak Seimbang 3 Fasa Berbasis Arduino Uno,” vol. 06, no. 3, pp. 213–221, 2017.
- [8] E. Julianto, “Studi Pengaruh Ketidakseimbangan Pembebanan Transformato Distribusi 20 KV PT PLN (PERSERO) cabang pontianak,” pp. 1–4, 2015.
- [9] H. Muchtar and Y. Sopian, “Studi Verifikasi Sistem Ketidakseimbangan

Beban Pada Jaringan Tegangan Rendah Menggunakan Alat Phb – Sr (Peralatan Hubung Bagi Sambungan Rumah) Di Wilayah Pln Area Cempaka Putih,” vol. 14, no. 1, pp. 1–8, 2014.

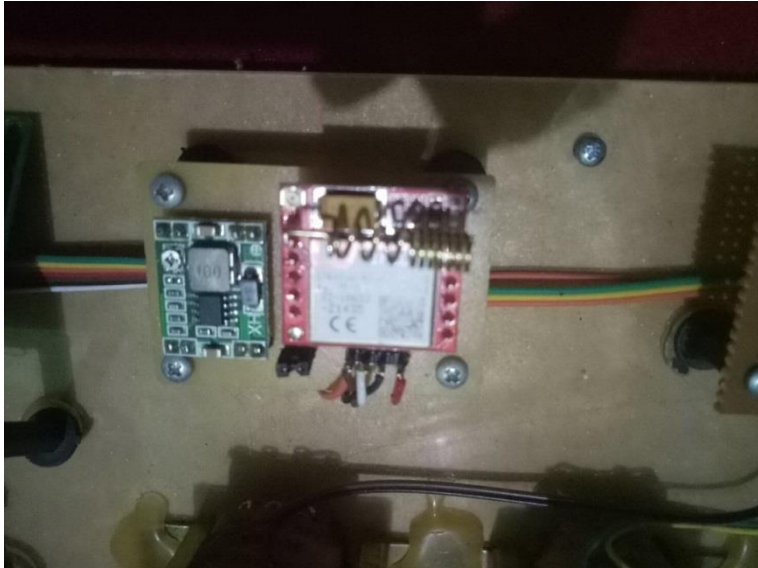
- [10] M. F. Siregar, “Sistem Pemutus Tiga Fasa Berdasarkan Pendeteksian Secara Otomatis,” vol. 3, no. 1, 2018.
- [11] E. C. Quispe and I. D. Lopez, “Effects of unbalanced voltages on the energy performance of three-phase induction motors,” *2015 IEEE Work. Power Electron. Power Qual. Appl. PEPQA 2015 - Proc.*, no. 2, 2015.
- [12] N. Lashkari, J. Poshtan, and H. F. Azgomi, “Simulative and experimental investigation on stator winding turn and unbalanced supply voltage fault diagnosis in induction motors using Artificial Neural Networks,” *ISA Trans.*, vol. 59, pp. 334–342, 2015.
- [13] F. Nejabatkhah, Y. Li, and B. Wu, “Control strategies of three-phase distributed generation inverters for grid unbalanced voltage compensation,” *2015 IEEE Energy Convers. Congr. Expo. ECCE 2015*, vol. 8993, no. c, pp. 6467–6474, 2015.
- [14] F. Nejabatkhah, Y. W. Li, and K. Sun, “Parallel three-phase interfacing converters operation under unbalanced voltage in hybrid AC/DC microgrid,” *IEEE Trans. Smart Grid*, vol. 9, no. 2, pp. 1310–1322, 2018.
- [15] D. Zhang, R. An, and T. Wu, “Effect of voltage unbalance and distortion on the loss characteristics of three-phase cage induction motor,” *IET Electr. Power Appl.*, vol. 12, no. 2, pp. 264–270, 2018.
- [16] A. Aderibigbe, A. Ogunjuyigbe, R. Ayodele, and I. Samuel, “The performance of a 3-phase induction machine under unbalance voltage

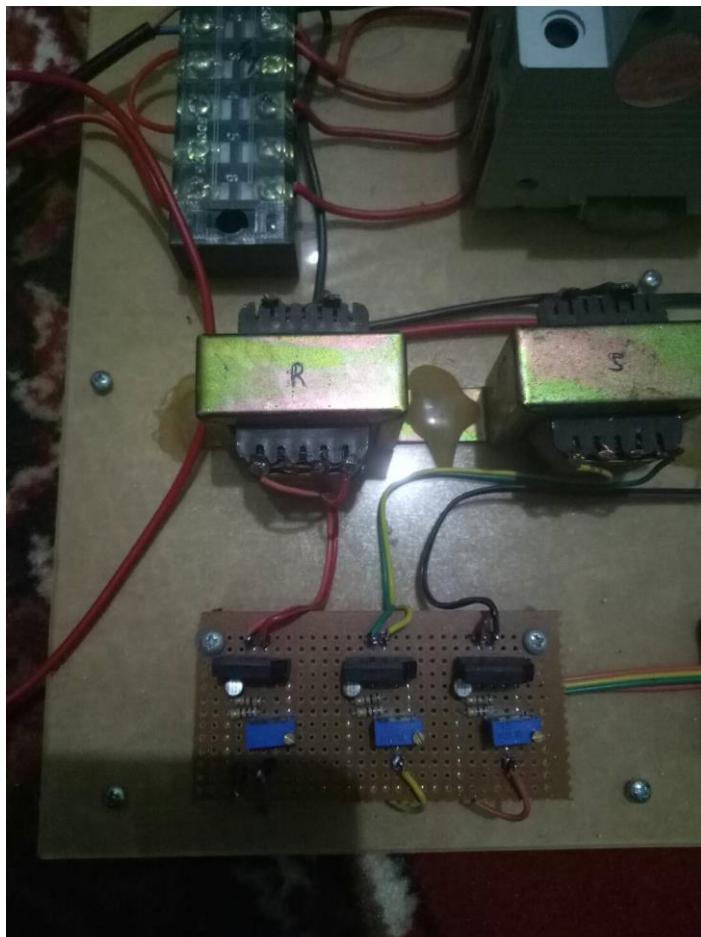
- regime,” *J. Eng. Sci. Technol. Rev.*, vol. 10, no. 5, pp. 136–143, 2017.
- [17] P. R. Christion *et al.*, “Rancang Bangun SS (home security sistem) berbasis sms gateway Menggunakan arduino uno,” vol. 2, no. 2, pp. 135–144, 2016.
- [18] R. H. Muhammad, R. S. Adi, and A. Kondisi, “Rancang Bangun Sistem Pengamanan Mobil Menggunakan ID Card Dengan Metode Radio Frequency Identification,” *J. Ilm. Manaj. Inform. dan Komput. Vol. 01, No. 01*, vol. 01, no. 01, pp. 39–44, 2017.
- [19] E. B. Prasetya, “aplikasi kontrol dan monitoring pembatas daya listrik berbasis mikrokontroler atmega328,” no. 10510, pp. 53–56, 2016.
- [20] F. P. Himawan, “Perancangan Alat Pendekteksi Asap Berbasis Mikrokontroller Modul GSM, Sensor Asap, dan Sensor Suhu,” vol. 3, no. 3, pp. 1963–1968, 2017.
- [21] I. G. S. Sudaryana, “Pemanfaatan Relai Tunda Waktu Dan Kontaktor Pada Panel Hubung Bagi (Phb) Untuk Praktek Penghasutan Starting Motor Star Delta,” *J. Pendidik. Teknol. dan Kejuru.*, vol. 12, no. 2, 2015.

LAMPIRAN









```
Proteksi_Gagal_Phasa_V03 | Arduino 1.8.5
File Edit Sketch Tools Help

Proteksi_Gagal_Phasa_V03
#include <SoftwareSerial.h>
#include <LiquidCrystal.h>
SoftwareSerial SIM900L(10, 9); // RX | TX

const int VOLT_UNDER = 180;
const int VOLT_OVER = 240;

const int pinRelay = 8;
const int rs = 2, en = 3, d4 = 4, d5 = 5, d6 = 6, d7 = 7;
LiquidCrystal lcd(rs, en, d4, d5, d6, d7);

int pinVoltR = A0;
int pinVoltS = A1;
int pinVoltT = A2;
String dtStrR;
String dtStrS;
String dtStrT;
String bebanStr;
int lcdInit;
bool sudahKirinSMS;
boolean stringComplete = false;
String inputString = "";
String panSMS;

float tmpVR;
float dtVoltR;
float tmpVS;
float dtVoltS;
float tmpVT;

Arduino/Genuine Uno on COM15
7:54 AM
9/27/2018
```

```
Proteksi_Gagal_Phasa_V03 | Arduino 1.8.5
File Edit Sketch Tools Help

Proteksi_Gagal_Phasa_V03
float dtVoltI;
int cnt;
int cntBebanAktif;
bool sendInfo;
String dtInfoSMS;
long dlySmaInfo;

void setup() {
  Serial.begin(9600);
  SIM900L.begin(9600);
  pinMode(pinRelay, OUTPUT);
  lcd.begin(20, 4);
  bebanStr = "PADAM";
  SIM900L.println("AT\r\n");
  delay(1000);
  SIM900L.println("AT+IPR=9600");
  delay(1000);
  SIM900L.write("AT+CMGF=1\r\n");
  delay(1000);
  SIM900L.write("AT+CHMI=3,2,0,0,0\r\n");
  delay(1000);
}

void kirimSMS(String pesan) {
  char dtSMS[100];
  pesan.toCharArray(dtSMS, 100);
  Serial.print("SEND SMS:");
  Serial.println(dtSMS);
}

//return;
```

```
Proteksi_Gagal_Phasa_V03 | Arduino 1.8.5
File Edit Sketch Tools Help

Proteksi_Gagal_Phasa_V03
SIM900L.write("AT+CMSS=\r\n");
delay(1000);
SIM900L.write(dtSMS);
delay(1000);
SIM900L.write((char)26);
delay(1000);
}

void loop() {
  inputSMS();
  getSensorVoltage();
  if(millis() > dlySmaInfo + 1000){
    dlySmaInfo = millis();
    if(sendInfo){
      sendInfo = false;
      kirimSMS(dtInfoSMS);
    }
  }
}

void getSensorVoltage() {
  tmpVR += analogRead(pinVoltR);
  tmpVS += analogRead(pinVoltS);
  tmpVT += analogRead(pinVoltT);

  cnt++;
  if(cnt > 1000){
    dtVoltR = tmpVR / cnt;
    dtVoltS = tmpVS / cnt;
  }
}
```

```
Proteksi_Gagal_Phasa_V03 | Arduino 1.8.5
File Edit Sketch Tools Help

Proteksi_Gagal_Phasa_V03
dtVoltI = tmpVI / cnt;
if(dtVoltR < 35) dtVoltR = 0;
if(dtVoltS < 35) dtVoltS = 0;
if(dtVoltI < 35) dtVoltI = 0;

cnt = 0;
tmpVR = 0;
tmpVS = 0;
tmpVI = 0;

if(dtVoltR == VOLT_UNDER) {
  dtStrR = "OFF ";
} else if(dtVoltR < VOLT_UNDER) {
  dtStrR = "UNDER";
} else if(dtVoltR > VOLT_OVER) {
  dtStrR = "OVER";
} else{
  dtStrR = "NORM ";
}

if(dtVoltS == VOLT_UNDER) {
  dtStrS = "OFF ";
} else if(dtVoltS < VOLT_UNDER) {
  dtStrS = "UNDER";
} else if(dtVoltS > VOLT_OVER) {
  dtStrS = "OVER";
} else{
  dtStrS = "NORM ";
}

Arduino/Genuine Uno on COM15
7:57 AM
9/27/2018
```

```
Proteksi_Gagal_Phasa_V03 | Arduino 1.8.5
File Edit Sketch Tools Help

Proteksi_Gagal_Phasa_V03
}

if(dtVoltI == VOLT_UNDER) {
  dtStrI = "OFF ";
} else if(dtVoltI < VOLT_UNDER) {
  dtStrI = "UNDER";
} else if(dtVoltI > VOLT_OVER) {
  dtStrI = "OVER";
} else{
  dtStrI = "NORM ";
}

if(dtStrR == "NORM " && dtStrS == "NORM " && dtStrI == "NORM ") {
  cntBebanAktif++;
  if(cntBebanAktif > 10) {
    bebanStr = "AKTIF";
    cntBebanAktif = 20;
    digitalWrite(pinRelay,HIGH);
    sudahKirinSMS = false;
  }
} else{
  bebanStr = "PADAM";
  cntBebanAktif = 0;
  digitalWrite(pinRelay,LOW);
  if(!sudahKirinSMS) {
    sudahKirinSMS = true;
    String dtSms = "WARNING!! BEBAN OFF (" ;
    dtSms += "R:" + String(dtVoltR,0) + "V , ";
    dtSms += "S:" + String(dtVoltS,0) + "V . ";
  }
}

Arduino/Genuine Uno on COM15
7:57 AM
9/27/2018
```


Proteksi_Gagal_Phasa_V03 | Arduino 1.8.5

```

File Edit Sketch Tools Help

Proteksi_Gagal_Phasa_V03

dtSms += "I:" + String(dtVoltI,0) + "V";

  kirimSMS(dtSms);
}

lcdInit++;
if(lcdInit > 10){
  lcd.begin(20, 4);
  lcdInit = 0;
}
//Serial.print("R:"); Serial.print(dtVoltR); Serial.print("\n");
//Serial.print("S:"); Serial.print(dtVoltS); Serial.print("\n");
//Serial.print("T:"); Serial.print(dtVoltT); Serial.print("\n");
  lcd.setCursor(0,0); lcd.print("Phasa R: "); lcd.print(String(dtVoltR,0)); lcd.print("V "); lcd.setCursor(15,0); lcd.print(dtStrR);
  lcd.setCursor(0,1); lcd.print("Phasa S: "); lcd.print(String(dtVoltS,0)); lcd.print("V "); lcd.setCursor(15,1); lcd.print(dtStrS);
  lcd.setCursor(0,2); lcd.print("Phasa T: "); lcd.print(String(dtVoltT,0)); lcd.print("V "); lcd.setCursor(15,2); lcd.print(dtStrT);
  lcd.setCursor(0,3); lcd.print("REBAN : "); lcd.print(bebanStr);
dtInfoSMS = "REBAN:" + bebanStr;
dtInfoSMS+= " Phasa R: " + String(dtVoltR,0) + "V";
dtInfoSMS+= " Phasa S: " + String(dtVoltS,0) + "V";
dtInfoSMS+= " Phasa T: " + String(dtVoltT,0) + "V";
Serial.println(dtInfoSMS);
}

}

void inputSMS () {
  while (SIM900L.available()) {
    char inChar = (char)SIM900L.read();
  }
}

Proteksi_Gagal_Phasa_V03

dtInfoSMS+= " Phasa I: " + String(dtVoltI,0) + "V";
Serial.println(dtInfoSMS);
}

}

void inputSMS () {
  while (SIM900L.available()) {
    char inChar = (char)SIM900L.read();
    Serial.write(inChar);
    if (inChar == '#') {
      inputString = "";
    }
    // else if (inChar == '\n') {
    //   inputString = "";
    // }
    else if (inChar == '#') {
      inputString.toUpperCase();
      Serial.println("In: " + inputString);
      if(inputString.indexOf("INFO") != -1){
        Serial.println("Send Info Sensor");
        sendInfo = true;
        diySmsInfo = millis();
      }
    }
    inputString = "";
  }
  else{
    inputString += inChar;
  }
}
}
}

```

Arduino/Genuine Uno on COM15

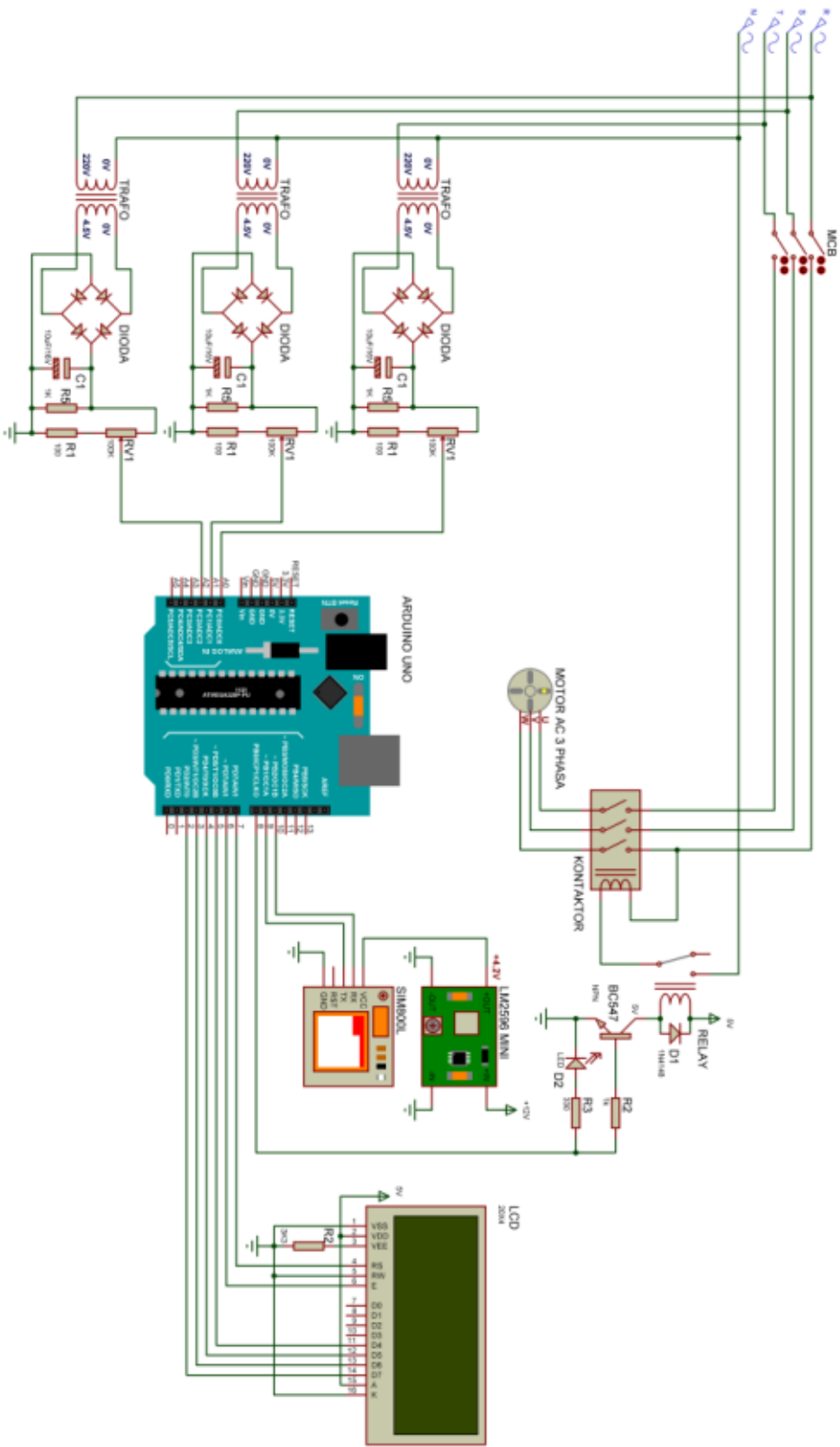
7:58 AM
9/27/2018

Proteksi_Gagal_Phasa_V03 | Arduino 1.8.5

File Edit Sketch Tools Help

Arduino/Genuine Uno on COM15

7:58 AM
9/27/2018



PERANCANGAN ALAT DETEKTOR KEGAGALAN FASA SEBAGAI PROTEKSI BEBAN 3 FASA

Muhammad Khadafi Alkindi¹⁾, Noorly Evalina²⁾, Solly Aryza Lubis³⁾

¹⁾ Mahasiswa Program Sarjana Teknik Elektro, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara

^{2,3)} Staf Pengajar dan Pembimbing Program Sarjana Teknik Elektro, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara

ABSTRAK - Tenaga listrik merupakan sumber energi yang sangat dibutuhkan manusia saat ini, baik alat elektronik rumah maupun industri. Untuk mendapatkan energi listrik secara menyeluruh dibutuhkan jaringan distribusi untuk menyalurkan energi listrik tersebut. Akan tetapi dalam penyalurannya banyak masalah yang timbul pada listrik khususnya kegagalan fasa pada tegangan 3 fasa. Untuk menanggulangi permasalahan kegagalan fasa ini dibutuhkan keandalan sistem yang dapat mendeteksi kegagalan tiap fasa R-S-T. Mikrokontroler Arduino sebagai kendali digunakan untuk mendeteksi kegagalan fasa tegangan dibawah (Under Voltage) maupun tegangan lebih (Over Voltage). Dengan menyematkan sensor tegangan antar fasa, relay, LCD (liquid crystal Display) dan sim800L sebagai komponen pendukung, kegagalan fasa dapat dideteksi sekaligus diproteksi agar tidak merusak beban yang menggunakan tegangan 3 fasa. Jika alat ini mendeteksi salah satu, 2 atau 3 fasa dalam kondisi under voltage <180 VAC, maka alat akan memutus tegangan listrik dan memberi notifikasi oleh pengguna melalui SMS (Short Message Service). Pada saat alat mendeteksi Over Voltage >240 VAC maka alat akan memutus tegangan listrik dan memberi notifikasi oleh pengguna melalui SMS (Short Message Service). Alat ini juga bisa digunakan sebagai monitoring kondisi tegangan antar fasa, pengguna dapat memonitoring kondisi fasa dalam keadaan normal atau padam.

Kata Kunci : Tegangan Tidak Seimbang, Sensor Tegangan, Arduino Uno, 3 Fasa

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Energi listrik merupakan sumber tenaga yang sangat dibutuhkan manusia saat ini. Hampir semua peralatan dengan teknologi yang berkembang membutuhkan energi listrik, sehingga energi listrik sudah menjadi kebutuhan pokok. Energi listrik sangat berperan penting baik dalam kehidupan sehari-hari maupun industri. Hal ini disebabkan karena energi listrik mudah dikonversikan ke dalam bentuk energi lain[1].

Dalam penyaluran energi listrik sangat dibutuhkan stabilitas sistem agar pendistribusian energi listrik tetap terjaga ke konsumen. Untuk menjaga stabilitas sistem pendistribusian tersebut diperlukan kualitas daya dan pembebanan pada transformator distribusi. Namun dalam pendistribusian daya ke konsumen harus diperhatikan juga ketidak

seimbangan beban yang digunakan oleh konsumen agar tidak terjadi kegagalan dan problem pada transformator daya. Karena ketidak seimbangan beban antara tiap *phase* (*phase R*, *phase S*, *phase T*) inilah yang menyebabkan mengalirnya arus netral ke transformator[2].

Adapun peralatan proteksi untuk kegagalan *phase* yang disebabkan ketidak seimbangan sangat diperlukan terutama pada sistem tegangan 3 *phase*, jika tidak ada sistem proteksi dapat mengakibatkan *losses* atau rugi-rugi pada transformator daya, panas berlebih pada salah satu *phase* pada transformator daya, berkurangnya *lifetime*, *efficiency* transformator daya dan mengakibatkan rusaknya *fuse* pada *capacitor bank*. Maka dari itu dibutuhkan keandalan sistem untuk memonitoring, memberitahukan, memutus arus saat terjadi kegagalan *phase*[3].

Berdasarkan hal tersebut, penulis berkeinginan membuat tugas akhir tentang “*Perancangan Alat Detektor Kegagalan Fasa sebagai Proteksi Beban 3 Fasa*” dan melakukan perancangan mengenai prinsip kerja keandalan sistem proteksi beban 3 *phase* yang menggunakan *arduino uno* serta modul *Global System for Mobile (GSM)* sebagai notifikasi maupun monitoring.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Pustaka Relevan

Penggunaan listrik saat ini sudah menjadi standar kebutuhan masyarakat, seiring berkembangnya jaman banyak hal yang perlu diperhatikan mengenai jaringan tenaga listrik ini mengingat banyaknya komponen pendukung sehingga dibutuhkan sistem proteksi untuk melindungi alat-alat listrik maupun beban[2].

Pada sistem tenaga listrik tiga fasa, daya yang dibangkitkan, disalurkan dan didistribusikan menggunakan sistem yang seimbang. Jumlah daya yang diserap oleh beban listrik tiga fasa diperoleh dengan menjumlahkan daya dari tiap – tiap fasanya. Pada sistem yang seimbang, daya total tersebut sama dengan tiga kali daya pada satu fasanya, dengan asumsi daya pada tiap fasa sama, tapi itu berdasarkan teori, secara kenyataan mesin – mesin listrik yang mengkonsumsi daya berbeda – beda tiap fasanya tergantung pada kondisi dari mesin listriknya. Semakin baik mesin listrik tersebut maka konsumsi daya tiap fasanya hampir sama sehingga mesin listrik tersebut dapat bekerja secara maksimal tiap fasanya. [4].

Sistem tiga fasa yang terdiri dari tiga fasa yang sama besarnya, berbeda fasa satu dengan yang lain, hasil penjumlahannya adalah nol dan tidak ada arus netral. Pada kebanyakan sistem tiga fasa yang menyuplay beban satu fasa, akan terdapat ketidakseimbangan arus fasa dan arus netral. Terdapat suatu kondisi di mana suatu sistem yang seimbang secara sempurna memiliki arus netral yang signifikan. Kondisi ini diakibatkan karena perkembangan dari pemakaian beban non linear seperti lampu menggunakan *ballast* listrik, komputer,

penyearah, maupun *power supply* yang memiliki arus fasa yang tidak sinusoidal[5].

Pada penjumlahan dari arus tiga fasa yang seimbang dan tidak sinusoidal ini tidak sama dengan nol. Sehingga terdapat arus netral yang tidak bisa diabaikan keberadaannya. Arus netral yang besar dapat menyebabkan konduktor netral terbakar, distorsi tegangan dan gangguan pada transformator distribusi. Pada sistem tiga fasa hubungan Y, arus netral merupakan penjumlahan dari ketiga arus fasanya. Namun bagaimana mengamankan jaringan tiga fasa ketika timbul arus yang besar pada jaringan netralnya dan komponen apa yang diimplementasikan agar dapat mendeteksi adanya arus pada jaringan netral, variabel apa yang dideteksi pada jaringan netral agar sistem yang akan mengamankan dapat mengetahui kapan waktu dalam pengamanannya pada pengendali cerdas kita dapat membuat sistem pemutus otomatis[3].

Operasi motor induksi tiga fasa membutuhkan tegangan input tiga fasa yang seimbang dan standar agar dicapai operasi yang optimal. Tegangan input tiga fasa yang tidak seimbang dapat mempengaruhi unjuk kerja motor induksi tiga fasa yang berdampak pada torsi elektromagnetik, daya mekanik, efisiensi dan temperatur. Penelitian ini membahas tentang pemodelan unjuk kerja motor induksi tiga fasa pada kondisi *under voltage* tidak seimbang dengan menggunakan MATLAB/SIMULINK[6].

Ketidakstabilan tegangan sangat berpengaruh pada efisiensi motor induksi, terlihat dari hasil efisiensi pada saat *under voltage* dan *over voltage* lebih kecil dibanding pada saat tegangan nominal. Kondisi *under voltage* dan *over voltage* mempengaruhi nilai arus dan putaran yang membuat nilai rugi-rugi semakin besar, sehingga membuat efisiensi motor induksi turun[1].

Efisiensi motor induksi dapat diketahui dengan menghitung setiap rugi-rugi yang terjadi pada motor induksi. Rugi-rugi yang dihasilkan pada kondisi *under voltage* dan *over voltage* lebih besar dibanding pada saat tegangan nominal. Rugi-rugi terbesar terdapat pada rugi inti stator yang dipengaruhi oleh

tegangan motor induksi, rugi arus kumparan stator dipengaruhi oleh arus stator, sedangkan rugi arus kumparan rotor dipengaruhi oleh slip yang terjadi pada rotor[7].

Unbalance voltage adalah fenomena ketidakseimbangan tegangan terjadi sebagai akibat ketidaksamaan *magnitude* dan/atau sudut fasa pada setiap tegangan. *Undervoltage* adalah peristiwa penurunan tegangan yang terjadi secara berkepanjangan. Harmonisa adalah deretan gelombang arus atau tegangan yang frekuensinya merupakan kelipatan bilangan bulat dari frekuensi dasar tegangan atau arus itu sendiri. Pengujian transformator dan motor induksi 3 fasa pada kondisi gangguan *power quality* bertujuan untuk menguji performa transformator dan motor induksi 3 fasa antara lain efisiensi transformator dan besar rugi – rugi transformator[8].

Untuk menunjang pembelajaran maka dibuat studi analisis pengaruh *power quality* pada transformator dan motor induksi 3 fasa. Dalam pengujian *power quality* pada transformator dan motor induksi 3 fasa menggunakan modul yang merekayasa bentuk gelombang arus dan tegangan listrik, termasuk didalamnya besar dan bentuk gelombang serta kandungan harmonisnya. Untuk rekayasa *unbalance* dan *under voltage* digunakan regulator untuk mengatur tegangan[9].

Pada motor induksi 3 fasa, akibat kurang perawatan dan lingkungan yang buruk, dapat menyebabkan salah satu fasa statornya menjadi rusak dan tidak berfungsi. Hal ini menimbulkan gangguan *single-phasing* yang menyebabkan ketidakseimbangan tegangan dan kenaikan suhu pada motor. Tulisan ini menganalisis ketidakseimbangan tegangan dan kenaikan suhu yang terjadi pada motor induksi 3 fasa ketika terjadi gangguan *single-phasing* dalam kondisi beban nol dan berbeban dengan menggunakan pembebanan *prony brake*. Oleh karena itu perlu dianalisa pengaruh gangguan *single-phasing* terhadap ketidakseimbangan tegangan dan kenaikan suhu dari kondisi normalnya [10].

Ada beberapa efek tegangan tidak seimbang pada kinerja energi motor induksi

tiga fasa. Kontribusi utama dari makalah ini adalah yang menyajikan studi tentang pengaruh tegangan urutan positif pada beberapa karakteristik: arus garis, kerugian, efisiensi dan faktor daya di bawah kondisi tegangan tidak seimbang yang berbeda. Motor induksi tiga fase dari 3 HP digunakan dalam penelitian ini. Makalah ini menunjukkan bahwa tegangan urutan positif harus dipertimbangkan bersama-sama dengan *Voltage Unbalance Factor* VUF (atau *Persen Voltage Unbalance* PVU) indeks untuk mengevaluasi kinerja motor induksi[11].

Pergeseran tiga fase antara arus line dan tegangan fase motor induksi dapat digunakan sebagai indikator kesalahan yang efisien untuk mendeteksi dan menemukan kesalahan *inter-turn stator short-circuit* (ITSC). Namun, tegangan suplai tidak seimbang adalah salah satu faktor yang berkontribusi yang pasti mempengaruhi arus stator dan karena itu pergeseran tiga fase[12].

Tingkat penetrasi yang tinggi dari elektronika daya sistem *Generated Distributed Generation* (DG) menciptakan potensi layanan pendukung yang besar melalui konverter antarmuka DJ seperti kompensasi tegangan tidak seimbang grid. Namun, kompensasi tegangan yang tidak seimbang dapat menyebabkan efek yang merugikan pada operasi DGs seperti output osilasi daya aktif dan variasi tegangan tautan DC[13].

Parallel interfacing converters (IFCs) dengan yang sama Tautan DC biasanya digunakan untuk menangani daya dan arus yang lebih tinggi. Dalam mikro hibrid AC / DC, mereka digunakan untuk menghubungkan AC dan subsistem DC, yang disebut sebagai *interlinking interfacing konverter*. Namun, penelitian pada IFC paralel di bawah tegangan yang tidak seimbang sangat terbatas[14].

Ketidakeimbangan tegangan dan distorsi menjadi salah satu masalah kualitas daya yang paling umum di utilitas industri, yang menyebabkan peningkatan signifikan dari kerugian elektromagnetik di motor induksi. Untuk penghematan energi dari sistem motor induksi, ada kebutuhan untuk penelitian rinci tentang karakteristik kerugian motor induksi di bawah tegangan suplai yang tidak seimbang dan terdistorsi. Untuk prediksi yang akurat dan cepat dari kerugian motor induksi, penelitian ini mengusulkan suatu metode untuk mengidentifikasi harmonik rotor menggunakan data dari satu siklus pasokan[15].

Dalam industri, motor listrik menyumbang sebagian besar beban listrik, dan dengan implikasi, sebagian besar energi listrik yang dihasilkan dikonsumsi oleh motor listrik, dan oleh karena itu penting untuk memastikan bahwa motor ini beroperasi dengan kehilangan energi yang dapat diabaikan. Dalam lingkungan operasional, banyak faktor yang dapat bertanggung jawab atas penurunan kinerja motorik. Salah satu faktor utama adalah rezim ketidakseimbangan tegangan yang mempengaruhi motor, beban dan jaringan suplai. Penelitian ini untuk mengeksplorasi kinerja motor induksi 3-fase yang beroperasi di bawah kondisi tegangan ketidakseimbangan menggunakan analisis fase frame. Hasil penelitian ini membuktikan bahwa ada dampak negatif ketidakseimbangan pasokan terhadap kinerja motor tiga fasa[16].

2.2 *Arduino uno*

Arduino dirilis oleh Massimo Banzi dan David Cuartielles pada tahun 2005. *Arduino* merupakan sistem mikrokontroler yang relative mudah dan cepat dalam membuat aplikasi maupun robotika. *Arduino* terdiri dari

perangkat elektronik atau papan rangkaian elektronik *open source* yang didalamnya terdapat sebuah chip mikrokontroler jenis AVR dari perusahaan Atmel. *Arduino Uno* memiliki *hardware* dan *software*[17].



Gambar 2.2 *Arduino Uno*

2.3 *Liquid Crystal Display (LCD)*

Liquid Crystal Display (LCD) adalah lapisan dari campuran organik antara lapisan kaca bening dengan elektroda transparan indium oksida dalam bentuk tampilan seven-segment dan lapisan elektroda pada kaca belakang. Ketika elektroda diaktifkan dengan medan listrik (tegangan), molekul organik yang panjang dan silindris menyesuaikan diri dengan elektroda dari segmen. Lapisan *sandwich* memiliki *polarizer* cahaya vertikal depan dan *polarizer* cahaya horisontal belakang yang diikuti dengan lapisan reflektor. Cahaya yang dipantulkan tidak dapat melewati molekul-molekul yang telah menyesuaikan diri dan segmen yang diaktifkan terlihat menjadi gelap dan membentuk karakter data yang ingin ditampilkan[19].



Gambar 2.3 *Liquid Crystal Display*

2.4 *LM2596 DC Converter*

Catu daya adalah faktor pendukung yang sangat penting, karena mikrokontroler, modul-modul dan aktuator dapat kerja karena adanya tegangan. *Power Supply* yang dibutuhkan

untuk mencatu mikrokontroler, modul GSM SIM 800L, yang membutuhkan tegangan 4V. Tegangan yang digunakan berasal dari *accumulator* 12V, karena mikrokontroler dan modul GSM SIM 800L hanya membutuhkan di bawah tegangan 12V. Maka diperlukan regulator tegangan untuk mendapatkan *power supply* dari masing-masing mikrokontroler dan GSM Sim 800L, dengan demikian digunakan LM2596 DC-DC[18].



Gambar 2.4.1 LM2596

2.5 Relay

Relay adalah Saklar (*switch*) yang dioperasikan secara listrik dan merupakan komponen *Electromechanical* yang terdiri dari 2 bagian utama yakni elektromagnet (*Coil*) dan Mekanikal (seperangkat Kontak Saklar/*Switch*). Relay menggunakan prinsip elektromagnetik untuk menggerakkan kontak saklar sehingga dengan arus listrik yang kecil (*low power*) dapat menghantarkan listrik yang bertegangan lebih tinggi. Sebagai contoh, dengan *Relay* yang menggunakan elektromagnet 5V dan 50 mA mampu menggerakkan armature *Relay* (yang berfungsi sebagai saklarnya) untuk menghantarkan listrik 220V 2A[20].

Gambar 2.5.1 Relay Magnetik

2.6 Sim800L

Kegunaan modul GSM SIM800L untuk SMS gate away dan server pulsa. Modul GSM merupakan perangkat yang dapat menggantikan fungsi dari handphone. Modul ini mendukung komunikasi *dualband* pada

frekuensi 900/1800 MHz (GSM900 dan GSM1800) sehingga fleksibel untuk digunakan bersama kartu SIM dari berbagai operator telepon seluler di Indonesia[17].



Gambar 2.6 SIM800L

2.7 Kontaktor

Kontaktor merupakan komponen listrik yang berfungsi untuk menyambungkan atau memutuskan arus listrik AC. Kontaktor atau sering juga disebut dengan istilah *relay contactor* dapat kita temui pada panel kontrol listrik. Pada panel listrik *contactor* sering digunakan sebagai selektor atau saklar transfer dan interlock pada sistem ATS. Berikut adalah



bentuk *contactor* yang dapat kita temui[3].

Gambar 2.7.1 Kontaktor

2.8 Sensor Tegangan

Sensor tegangan berfungsi membaca nilai tegangan suatu rangkaian. Arduino dapat membaca nilai tegangan dengan memanfaatkan pin analog. Jika range tegangan yang dibaca diantara 0-5 V bisa langsung menggunakan pin analog, sedangkan jika range tegangan yang dibaca >5V harus menggunakan rangkaian tambahan yakni pembagi tegangan karena pin arduino bekerja pada max 5 v[19].





Gambar 2.8 Modul Sensor Tegangan ZMPT101B

2.9 Miniature Circuit Breaker (MCB)

MCB merupakan kependekan dari *Miniature Circuit Breaker* (bahasa Inggris). Biasanya MCB digunakan oleh pihak PLN untuk membatasi arus sekaligus sebagai pengaman dalam suatu instalasi listrik. MCB berfungsi sebagai pengaman hubung singkat (konsleting) dan juga berfungsi sebagai pengaman beban lebih. MCB akan secara otomatis dengan segera memutuskan arus apabila arus yang melewatinya melebihi dari arus nominal yang telah ditentukan pada MCB tersebut [10].

Gambar 2.9.1 Miniature Circuit Breaker

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.5 Lokasi Penelitian

Penelitian di laksanakan di Laboratorium Sistem Kontrol Kampus III Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, jalan Kapten Mukhtar Basri No. 3 Glugur Darat II Medan. Waktu Penelitian di rencanakan berlangsung selama lebih kurang 4 (empat) bulan, dimulai dari perencanaan bahan, perancangan bahan, pemrograman alat, pengujian, dan pengambilan data pengujian.

3.6 Peralatan dan Bahan Penelitian

Adapun bahan dan alat yang digunakan pada penelitian ini sebagai berikut :

3.6.1 Bahan-Bahan Penelitian

Bahan-bahan yang digunakan untuk perancangan alat detector kegagalan fasa ini yaitu :

14. *Arduino Uno* sebagai otak kendali alat.
15. LM2596 DC to DC regulator sebagai *power supply* untuk tegangan ke seluruh modul.
16. Sim800L sebagai pemberi dan penerima informasi melalui SMS(*Short Message Service*).
17. LM2596 Mini DC to DC regulator sebagai *power supply* 4,2V ke sim 800L.
18. Sensor Tegangan sebagai modul pembaca tegangan input.
19. LCD (*Liquid Crystal Display*) 20x4 sebagai monitoring kondisi dan informasi tegangan input.
20. *Relay* magnetik sebagai pengendali *Arduino Uno* untuk mematikan atau menghidupkan kontaktor.
21. MCB(*Miniature Circuit Breaker*) sebagai saklar alat.
22. Kontaktor sebagai pemutus atau penghubung tegangan.
23. Papan PCB sebagai media penghubung komponen elektronik.
24. Kabel sebagai penghubung bahan.
25. Papan *Acrylic* sebagai media alat.
26. Papan Triplek untuk pelapis media alat

3.6.2 Peralatan Penelitian

peralatan penunjang yang di gunakan untuk membuat alat detektor kegagalan fasa sebagai berikut:

5. Solder digunakan untuk memanaskan timah.
6. Bor digunakan untuk membuat lubang pada papan PCB.
7. Lem *Acrylic* digunakan untuk perekat bahan ke media.

8. Tang digunakan untuk memotong maupun mengelupas kabel.

3.7 Tahapan Perancangan Alat

3.7.1 Sensor Tegangan

Sensor tegangan digunakan sebagai pembaca tegangan input, pada alat ini menggunakan 3 sensor untuk fasa RST. Sensor tegangan R dihubungkan ke pin *analog* A0, sensor tegangan S dihubungkan ke pin *analog* A1, dan sensor tegangan T dihubungkan ke pin *analog* A2.

3.7.2 Modul Sim800L

Modul sms digunakan untuk memberi notifikasi ke pengguna sebagai informasi jarak jauh. Modul sms dihubungkan ke *Arduino Uno* melalui pin digital. Pin digital 9 ke pin TX Sim800L, lalu pin digital 10 ke pin RX sim800L, Pin GND sim800L ke pin GND *Arduino Uno*. Karena sim800L hanya membutuhkan daya 4,2V DC maka kita wajib menggunakan regulator LM2596 Mini untuk menurunkan tegangan dari *Arduino Uno* dengan menghubungkan pin tegangan 5V DC dari *Arduini Uno* ke LM2596 Mini terlebih dahulu, setelah itu keluaran pin *out* LM2596 Mini ke pin VCC sim800L, pin GND LM2596 ke Pin GND *Arduino Uno*.

3.7.3 LCD (*Liquid Crystal Display*)

Modul ini di gunakan untuk menampilkan kondisi nilai tegangan dalam keadaan normal atau tidak dalam bentuk teks. Untuk menghubungkan *Arduino Uno* ke LCD melalui pin digital dari *Arduino Uno*, pin 7 ke pin RS LCD, Pin 6 ke pin E LCD, pin 5 ke pin

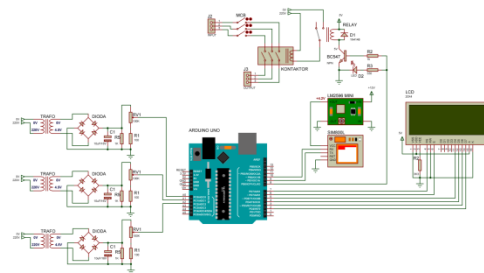
D4 LCD, pin 4 ke pin D5 LCD, pin 3 ke pin D6 LCD, pin 2 ke pin D7 LCD, setelah itu pin VDD dan pin A LCD ke pin 5V DC *Arduino Uno*, pin VEE pada LCD dihubungkan ke resistor 3k Ω terlebih dahulu lalu keluaran resistor ke pin GND *Arduino Uno*, yang terakhir pin VSS, pin RW dan pin K pada LCD dihubungkan ke pin GND *Arduino Uno*.

3.7.4 MCB (*Miniature Circuit Breaker*)

MCB (*Miniature Circuit Breaker*) digunakan sebagai saklar utama alat, *input* MCB dihubungkan dengan fasa RST lalu *output* MCB dihubungkan ke input kontaktor.

3.7.5 Kontaktor

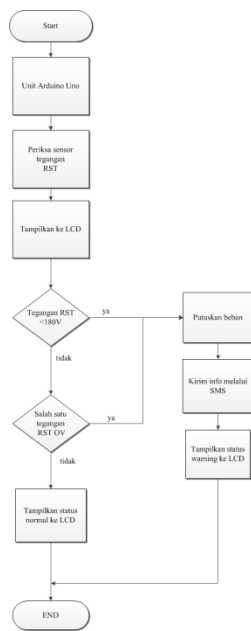
Kontaktor digunakan sebagai pemutus dan penghubung tegangan jika menerima kendali dari *relay* magnetik. *Output* RST pada MCB dihubungkan ke *input* Kontaktor setelah itu *output* kontaktor dapat langsung dihubungkan ke beban 3 *Phase*.



Gambar 3.3 Wiring Diagram

3.8 Diagram Alir Sistem

Adapun diagram alir (*Flowchart Diagram*) untuk mempermudah memahami alat ini sebagai berikut:



Gambar 3.4 Flowchart Diagram

PENJELASAN DIAGRAM ALIR

Arduino Uno memeriksa sensor tegangan RST dan menampilkan kondisi tegangan pada LCD, jika tegangan dibawah 180V AC maka Arduino akan memutus beban lalu mengirim SMS ke pengguna telah terjadi kegagalan fasa dan menampilkan status warning di LCD. Namun jika salah 1 tegangan terbaca 0V AC atau salah satu fasa terputus maka Arduino Uno akan memutus beban dan mengirim sms kepengguna serta memberi status warning pada LCD. Jika tegangan yang terbaca diatas 180V AC dan salah satu fasa tidak ada yang terputus maka LCD akan menampilkan status normal.

3.9 Analisa Waktu Pemutus Alat Kegagalan

Fasa R-S-T

Pada penelitian ini akan membahas mengenai kinerja alat kegagalan fasa untuk

mengetahui berapa lama waktu baik dari kondisi ON ke OFF atau OFF ke ON.

Tabel 4.1 Hasil Pengujian Waktu Pemutus R-S-T

Fasa	ON ke OFF	OFF Ke ON
R	0,77 Detik	4,39 Detik
S	0,98 Detik	4,61 Detik
T	0,93 Detik	4,48 Detik

Dari data diatas bisa kita lihat alat hanya membutuhkan waktu kurang dari 1 detik untuk memutus beban saat terdeteksi kegagalan fasa, sementara pada saat fasa sudah diperbaiki alat membutuhkan waktu lebih dari 4 detik untuk menghidupkan beban.

3.10 Pengujian Kinerja Alat Kegagalan Fasa R-S-T

Adapun pengujian kinerja alat terhadap kegagalan fasa sebagai berikut:

Daftar Tabel 4.2 Hasil Pengujian Gagal fasa

NO	Phase R-S-T			Beban
	R	S	T	
1	0V	221V	221V	Padam
2	220V	0V	220V	Padam
3	221V	221V	0V	Padam
4	221V	0V	0V	Padam
5	0V	220V	0V	Padam
6	0V	0V	220V	Padam

Disini dapat disimpulkan bahwa jika salah 1 atau 2 fasa terputus maka alat detektor kegagalan fasa akan memutus beban agar tidak terjadi kerusakan pada beban.

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

4.1 KESIMPULAN

Adapun kesimpulan dari perancangan alat detektor ini, yaitu:

1. Perangkat *Arduino Uno* dengan sensor tegangan, modul GSM dan *Relay* dapat terhubung dan bekerja dengan baik.
2. *Arduino Uno* dapat mengirim dan menerima notifikasi melalui *Short Message Service (SMS)* ke pengguna dengan baik.
3. Karakteristik modul yang melengkapi alat juga sudah sesuai dengan pengukuran yang telah dilakukan pada penelitian. Adapun ADC (*Analog to Digital Converter*) pada sensor tegangan ke *Arduino Uno* yang harus menggunakan perhitungan untuk mendapatkan nilai yang sebenarnya.

4.2 Saran

Dalam perancangan dan penelitian alat ini penulis masih menemukan beberapa kekurangan dari alat., yaitu:

4. Masih ada Bouncing sekitar 2 detik pada layar ketika salah satu atau 2 fasa mendadak terputus.
5. Notifikasi SMS juga masih sangat bergantung pada pulsa dan jaringan operator, jika pulsa habis alat tidak mengirim sms, sementara gangguan jaringan juga membuat alat tidak dapat menerima informasi maupun mengirim notifikasi.
6. Perlu penambahan UPS agar alat tidak mati saat listrik padam.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. A. Makarim, T. Sukmadi, and B. Winardi, "Analisis Ketidakseimbangan Tegangan Dan Kenaikan Suhu Pada Motor Induksi 3 Fasa Akibat Gangguan Single-Phasing," vol. 18, no. 4, 2016.
- [2] M. N. R. Zain, "Sistem Pengaman Pendingin Udara Tiga Fasa Otomatis dalam Mengantisipasi Gangguan Fasa," vol. 6, no. 1, pp. 1–15, 2016.
- [3] A. Ridwan, R. Vivaldy, S. Setiawidayat, and M. Mukhsin, "Analisis Pengaruh Power Quality Pada Transformator Dan Motor Induksi 3 Fasa," vol. 8, pp. 70–76, 2016.
- [4] S. Nasrullah, Muhamad Haddin, "Pemodelan Unjuk Kerja Motor Induksi Tiga Fasa pada Kondisi Under Voltage Tidak Seimbang dengan menggunakan MATLAB/SIMULINK," pp. 53–58, 2015.
- [5] A. Sudiby, Samuel; Rosa, M Khairul Amrii; Herawati, "Analisis Efisiensi Motor Induksi Pada Kondisi Tegangan Non Rating Dengan Metode Segregated Loss," *Teknosia*, vol. II, pp. 32–40, 2016.
- [6] L. Ruslan and N. M. Samsul, "Analisis Gangguan Tidak Seimbang pada Line Transmisi GI Sungguminasa-GI Tallasa," vol. 3, no. 2, pp. 102–108, 2016.
- [7] B. S. Lucky Aggazi Subagyo, "Sistem Monitoring Arus Tidak Seimbang 3 Fasa Berbasis Arduino Uno," vol. 06, no. 3, pp. 213–221, 2017.
- [8] E. Julianto, "Studi Pengaruh Ketidakseimbangan Pembebanan Transformator Distribusi 20 KV PT PLN (PERSERO) cabang pontianak," pp. 1–4, 2015.
- [9] H. Muchtar and Y. Sopian, "Studi Verifikasi Sistem Ketidakseimbangan Beban Pada Jaringan Tegangan Rendah Menggunakan Alat Phb – Sr (Peralatan Hubung Bagi Sambungan Rumah) Di Wilayah Pln Area Cempaka Putih," vol. 14, no. 1, pp. 1–8, 2014.
- [10] M. F. Siregar, "Sistem Pemutus Tiga Fasa Berdasarkan Pendeteksian Secara Otomatis," vol. 3, no. 1, 2018.
- [11] E. C. Quispe and I. D. Lopez, "Effects of unbalanced voltages on the energy

- performance of three-phase induction motors,” *2015 IEEE Work. Power Electron. Power Qual. Appl. PEPQA 2015 - Proc.*, no. 2, 2015.
- [12] N. Lashkari, J. Poshtan, and H. F. Azgomi, “Simulative and experimental investigation on stator winding turn and unbalanced supply voltage fault diagnosis in induction motors using Artificial Neural Networks,” *ISA Trans.*, vol. 59, pp. 334–342, 2015.
- [13] F. Nejabatkhah, Y. Li, and B. Wu, “Control strategies of three-phase distributed generation inverters for grid unbalanced voltage compensation,” *2015 IEEE Energy Convers. Congr. Expo. ECCE 2015*, vol. 8993, no. c, pp. 6467–6474, 2015.
- [14] F. Nejabatkhah, Y. W. Li, and K. Sun, “Parallel three-phase interfacing converters operation under unbalanced voltage in hybrid AC/DC microgrid,” *IEEE Trans. Smart Grid*, vol. 9, no. 2, pp. 1310–1322, 2018.
- [15] D. Zhang, R. An, and T. Wu, “Effect of voltage unbalance and distortion on the loss characteristics of three-phase cage induction motor,” *IET Electr. Power Appl.*, vol. 12, no. 2, pp. 264–270, 2018.
- [16] A. Aderibigbe, A. Ogunjuyigbe, R. Ayodele, and I. Samuel, “The performance of a 3-phase induction machine under unbalance voltage regime,” *J. Eng. Sci. Technol. Rev.*, vol. 10, no. 5, pp. 136–143, 2017.
- [17] P. R. Christion *et al.*, “Rancang Bangun SS (home security sistem) berbasis sms gateway Menggunakan arduino uno,” vol. 2, no. 2, pp. 135–144, 2016.
- [18] R. H. Muhammad, R. S. Adi, and A. Kondisi, “Rancang Bangun Sistem Pengamanan Mobil Menggunakan ID Card Dengan Metode Radio Frequency Identification,” *J. Ilm. Manaj. Inform. dan Komput. Vol. 01, No. 01*, vol. 01, no. 01, pp. 39–44, 2017.
- [19] E. B. Prasetya, “aplikasi kontrol dan monitoring pembatas daya listrik berbasis mikrokontroler atmega328,” no. 10510, pp. 53–56, 2016.
- [20] F. P. Himawan, “Perancangan Alat Pendekteksi Asap Berbasis Mikrokontroller Modul GSM, Sensor Asap, dan Sensor Suhu,” vol. 3, no. 3, pp. 1963–1968, 2017.
- [21] I. G. S. Sudaryana, “Pemanfaatan Relai Tunda Waktu Dan Kontaktor Pada Panel Hubung Bagi (Phb) Untuk Praktek Penghasutan Starting Motor Star Delta,” *J. Pendidik. Teknol. dan Kejuru.*, vol. 12, no. 2, 2015.

Biodata Penulis

Nama : Muhammad Khadafi Alkindi
 NPM : 1407220089
 TTL : Simalungun September 1995
 Alamat : Pematang Kerasaan Rejo Huta IV
 Email : khadafialkindi55@gmail.com

Riwayat Pendidikan :

2001 – 2002 : TK Swasta PT Kiani Kertas
 2002 – 2008 : SDS PT Kertas Nusantara
 2008 – 2011 : SMP S PT Kertas Nusantara
 2011 – 2014 : SMA N 5 Samarinda
 2014 – Sekarang : S1 Teknik Elektro-
 Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara



Medan, 5 Oktober 2018