
PERANCANGAN SISTEM KONTROL DAN PENGAMAN MOTOR POMPA AIR TERHADAP GANGGUAN TEGANGAN DAN ARUS BERBASIS ARDUINO

Budi Yanto Husodo¹, Ridwan Effendi²

^{1,2}Jurusan Elektro, Universitas Mercu Buana

Jl. Meruya Selatan, Kebun Jeruk - Jakarta Barat.

Telepon: 021-5857722 (hunting), 5840816 ext.2600 Fax: 021-5857733

Email: husodo2008@gmail.com

Abstrak - Sistem kontrol dan pengaman motor pompa air berbasis arduino Uno adalah sebuah sistem kontrol yang dirancang untuk mengontrol motor pompa hidup dan matinya pompa secara otomatis, selain itu juga berfungsi sebagai pengaman motor induksi tiga fasa terhadap gangguan tegangan lebih, tegangan kurang, tegangan fasa hilang dan arus lebih. Apabila gangguan tegangan dan arus lebih pada motor induksi tiga fasa ini tidak segera diatasi maka akan menyebabkan motor induksi akan terbakar, sehingga dapat menyebabkan pompa menjadi berhenti.

Pada sistem ini menggunakan mikrokontroler Arduino uno sebagai perangkat utama kendali sistem. Arduino uno memperoleh informasi

dari hasil pembacaan sensor level air yang terhubung dengan media air, sensor tegangan yang terhubung dengan sumber 3 fasa dan sensor Arus lebih yang terhubung dengan motor pompa.

Setelah dilakukannya proses pengujian, sistem kontrol dan pengaman pompa motor terhadap gangguan tegangan dan arus lebih, khususnya yang dibuat pada penelitian ini. Ketika kondisi air telah mencapai batas yang ditetapkan, maka pompa akan hidup dan mati secara otomatis, serta pada saat terjadinya gangguan tegangan kurang atau lebih, fasa hilang dan terjadinya arus lebih sesuai dengan batas yang ditentukan maka pompa motor secara otomatis akan *trip*.

Kata kunci : *Sensor Tegangan , Sensor Arus, Arduino, Uno, LM324, C#.Net, Motor Induksi 3 Fasa, Pompa*

PENDAHULUAN

Dalam skala besar, proses pemindahan air tidak mungkin dilakukan secara manual oleh manusia, perlu adanya sistem kontrol untuk proses tersebut. Peran serta teknologi dalam otomasi industri tidak hanya sebagai alat bantu manusia untuk melakukan proses produksi, melainkan dapat memperingan kerja manusia dengan kualitas hasil produksi yang efisien. Motor listrik merupakan perangkat elektromagnetis yang menghasilkan energi mekanik. Energi mekanik digunakan untuk memutar impeller pompa dan lain-lain. Dengan tidak adanya gangguan selama proses produksi maka hasil yang diperoleh akan menghasilkan produk yang berkualitas baik. Motor induksi tiga fasa sering mengalami gangguan ketika pompa impeller macet, yang berdampak pada arus lebih yang di sebabkan oleh sumber tegangan maupun dari pompa motor itu sendiri.

Gangguan pada pompa air dengan motor induksi tiga fasa ini mempunyai dampak yang sangat berbahaya bila dibiarkan secara terus menerus. Gangguan ini bisa

menimbulkan panas pada motor induksi tiga fasa sehingga menyebabkan motor induksi tiga fasa akan terbakar. Selain itu gangguan arus lebih ini juga dapat merusak pada jaringan dan sisi sumbernya apabila tidak diamankan. Selama ini, jenis pengaman pompa motor induksi tiga fasa telah banyak diproduksi atau dijual di pasaran, akan tetapi pengaman yang dijual di pasaran lebih spesifik pada jenis gangguan tertentu saja. Misalnya untuk pengaman arus *overload*. Selain jenis pengaman yang terpisah-pisah pengaman motor induksi tiga fasa di pasaran sulit dalam proses instalasinya.

Permasalahan tersebut dapat diatasi dengan membuat rangkaian system kontrol dan pengaman motor pompa air menggunakan mikrokontroler arduino uno. Sistem ini bekerja dengan mendeteksi tinggi level air dan membandingkan nilai setpoint dan parameter tegangan serta arus yang disensor dari pompa motor induksi 3 fasa sebagai beban. Berdasarkan uraian di atas maka dalam Penelitian ini akan dirancang "*Sistem Kontrol Dan Pengaman Motor Pompa Air Terhadap*

Gangguan Tegangan dan Arus lebih Berbasis Arduino”.

Tujuan

Tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah untuk merancang dan membangun suatu sistem kontrol pompa secara otomatis yang didalamnya terdapat pengaman motor yang memiliki kemampuan untuk mendeteksi gangguan tegangan dan arus lebih agar motor tidak mudah terbakar.

LANDASAN TEORI

Motor Induksi 3 phasa

Motor induksi adalah motor listrik arus bolak-balik (ac) yang putaran rotornya tidak sama dengan putaran medan putar pada stator, dengan kata lain putaran rotor dengan putaran medan pada stator terdapat selisih putaran yang disebut slip. Motor induksi, merupakan motor yang memiliki konstruksi yang baik, harganya lebih murah dan mudah dalam pengaturan kecepatannya, stabil ketika berbeban dan mempunyai efisiensi tinggi. Hampir semua motor ac yang digunakan adalah motor induksi, terutama motor induksi tiga fasa yang paling banyak dipakai di perindustrian. Motor induksi tiga

fasa sangat banyak dipakai sebagai penggerak di perindustrian karena banyak memiliki keuntungan, tetapi ada juga kelemahannya.

Keuntungan motor induksi tiga fasa:

1. Motor induksi tiga fasa sangat sederhana dan kuat.
2. Biayanya murah dan dapat diandalkan.
3. Motor induksi tiga fasa memiliki efisiensi yang tinggi pada kondisi kerja normal
4. Perawatannya mudah.

Kerugiannya:

1. Kecepatannya tidak bisa bervariasi tanpa merubah efisiensi.
2. Kecepatannya tergantung beban.

Pompa

Pompa adalah salah satu peralatan yang dipakai untuk mengubah energi mekanik (dari mesin penggerak pompa) menjadi energi tekan pada cairan yang dipompa. Pada umumnya pompa digunakan untuk memindahkan air dari suatu tempat ke tempat yang lain yang lebih tinggi tempatnya, ataupun tekananya.

Pengubah energi mekanik menjadi energi tekan fluida tersebut

di atas dapat dicapai dengan beberapa cara, antara lain :

1. Mengubah energi mekanis dengan menggunakan alat semacam sudut atau impeler dengan bentuk tertentu.
2. Dengan menggunakan gerak bolak –balik piston atau alat semacamnya.
3. Dengan penukaran energi menggunakan fluida perantara, baik gas atau cair. Fluida perantara ini diberi kecepatan tinggi dan dicampur dengan fluida yang dipompa yang berkecepatan rendah. Cara ini biasa digunakan pada pompa jet (*jet pump*)
4. Dengan menggunakan udara atau gas bertekanan tinggi yang diinjeksikan ke dalam suatu saluran yang berisi fluida yang dipompa. Cara ini digunakan pada *air/gas lift pump*.

Peralatan Pengaman.

Tujuan tindakan pengamanan pada instalasi listrik adalah untuk melindungi manusia atau peralatan yang tersambung dengan instalasi itu jika terjadi arus gangguan akibat dari keadaan yang tidak normal. Untuk itu perlu dipakai pengaman seperti

sekring, MCB dll. Yang menjadi dasar pertimbangan pengaturan pengaman adalah arus dan waktu kerja suatu pengaman pada instalasi listrik.

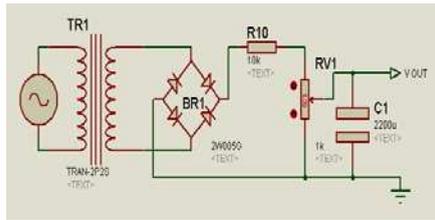
Sensor arus merupakan peralatan pengaman motor listrik terhadap arus beban lebih dan biasa digunakan untuk mengukur kuat arus listrik. Sensor arus ini menggunakan metode *Hall Effect Sensor*. *Hall Effect Sensor* merupakan sensor yang digunakan untuk mendeteksi medan magnet. Hall Effect Sensor akan menghasilkan sebuah tegangan yang proporsional dengan kekuatan medan magnet yang diterima oleh sensor tersebut.



Gambar 2.9 Sensor arus ACS712

Sensor Tegangan

Sensor tegangan berupa sebuah transformer step-down pada umumnya besar transformer ialah 1 Ampere. Keluaran dari sensor ini berupa tegangan berbentuk gelombang *sinusoidal*.

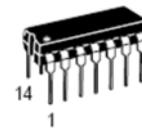


Gambar 2.10 Skematik Sensor Tegangan

Dari transformator tegangan yang dikonversi tegangan 220V menjadi 4,5V kemudian sinyal disearahkan dengan penyearah gelombang penuh. Kalibrasi tegangan dilakukan dengan menempatkan resistor variable 50k sehingga tegangan yang dihasilkan dapat diatur, pada ujung rangkaian dipasang sebuah filter kapasitor untuk menghasilkan tegangan DC murni yang kompatibel terhadap tegangan yang dibutuhkan oleh ADC.

Sensor Air (Level)

IC LM324 merupakan komponen elektronik yang berfungsi sebagai penguat tegangan atau penguat signal atau sebagai amplifier. IC LM324 umumnya dikenal dengan Op Amp (*Operational Amplifier*). Bentuk fisik dan simbol IC LM324 dapat dilihat pada gambar 2.11.



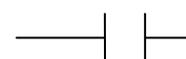
Gambar 2.11 Bentuk fisik dan simbol IC LM324

Push Button

Push Button adalah komponen listrik yang berfungsi untuk menyambung dan memutuskan arus listrik, *Push Button* ini merupakan kontak yang bekerja tanpa pengunci sehingga jika tekanan dilepaskan maka kontak akan kembali ke posisi semula atau bekerja menyambung dan memutuskan arus listrik hanya sesaat. Jenis kontak ini ada NO atau NC. Simbol sakelar tekan (*push button*) sebagai berikut:

- NO (*Normally Open*) Contact

NO (*Normally Open*) Contact adalah saklar yang pada kondisi normal kontaknya terbuka. Apabila saklar ditekan mengakibatkan kontaknya tersambung. Simbol *Normally Open* contact dapat dilihat pada gambar 2.12.



Gambar 2.12 Simbol Normaly Open Contact

- NC (*Normally Closed*) Contact

NC (*Normally closed*) Contact adalah saklar yang pada kondisi normal kontakannya tertutup. Apabila saklar ditekan mengakibatkan kontakannya terputus. Simbol *Normally Closed* contact dapat dilihat pada gambar 2.13.



Gambar 2.13 Simbol Normaly Closed Contact

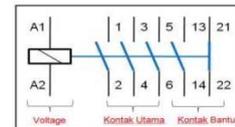
Miniatur Circuit Breaker (MCB)

MCB merupakan peralatan switching dan pemutus arus yang berfungsi untuk memutuskan tenaga listrik baik pada saat operasi normal maupun dalam keadaan tidak normal. MCB biasanya dilengkapi dengan pengaman thermis untuk beban lebih dan pengaman relay untuk hubung singkat. Pada operasi normal, MCB dipergunakan untuk membuka suatu rangkaian listrik, misalnya untuk keperluan perawatan. Pada keadaan operasi tidak normal, misalnya pada saat terjadi gangguan arus lebih maka pada keadaan ini MCB akan membuka kontakannya secara otomatis sehingga rangkaian yang terganggu akan segera dilokalisasi.

Peralatan Kontrol

Kontaktor

Kontaktor adalah salah satu jenis peralatan listrik yang digunakan untuk menghubungkan atau memutus rangkaian listrik (umumnya adalah motor listrik) yang bekerja berdasarkan prinsip elektromagnet.



Gambar 2.14 Simbol Kontaktor

Keterangan :

- 1, 3, 5 = Nomor terminal yang digunakan ke supply (rangkaiannya daya)
- 2, 4, 6 = Nomor terminal yang digunakan ke beban

Relay.

Relay adalah suatu alat yang digunakan dalam suatu rangkaian control untuk melengkapi system pengontrolan yang otomatis. Relay berfungsi untuk memonitor besaran-besaran ukuran sesuai dengan batas-batas yang dikehendaki. Relay bekerja pada tegangan dan arus yang kecil jadi berbeda dengan kontaktor.

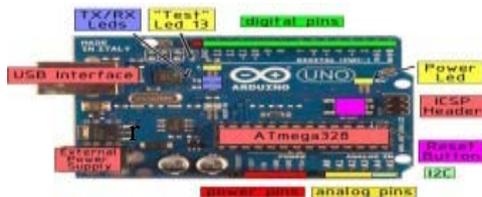
Lampu Indikator

Lampu indikator berfungsi untuk memberitahukan/menandakan suatu sistem dalam keadaan bekerja atau terjadi gangguan. Lampu tanda/indikator mempunyai beberapa warna dan warna pada lampu

indikator itu mempunyai makna dan maksud tertentu yaitu ; Lampu tanda warna merah menandakan bahwa sistem/komponen dalam keadaan terjadi gangguan/berhenti. Lampu tanda warna hijau menandakan bahwa sistem dalam keadaan siap kerja atau sedang bekerja dan lampu kuning menandakan level air sudah tercapai.

Arduino Uno

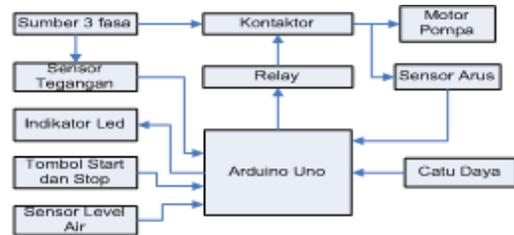
Uno Arduino adalah board berbasis mikrokontroler pada ATmega328. *Board* ini memiliki 14 digital input / output pin (dimana 6 pin dapat digunakan sebagai *output PWM*), 6 input *analog*, 16 MHz *osilator* kristal, koneksi USB, jack listrik tombol reset. Pin-pin ini berisi semua yang diperlukan untuk mendukung mikrokontroler, hanya terhubung ke komputer dengan kabel USB atau sumber tegangan bisa didapat dari adaptor AC-DC atau baterai untuk menggunakannya.



PERANCANGAN ALAT

Pada Gambar 2.1 diperlihatkan proses perancangan alat yang akan

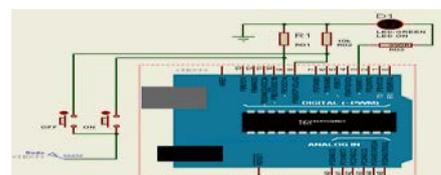
dibuat, dimana pada proses pembuatan alat ini, memiliki beberapa tahapan dalam proses perancangannya.



Gambar 3.1 Blok Diagram Perancangan Alat

Perancangan Tombol *Start* Dan *Stop*

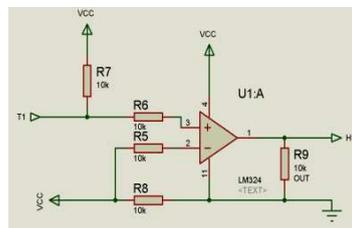
Tombol ini berfungsi sebagai kontrol kendali pompa, yang nantinya akan digunakan untuk menghidupkan atau mematikan motor pompa. Pada rangkaian ini ada tambahan komponen yaitu resistor, yang bisa berfungsi sebagai *pull-up* atau *pull-down*, tergantung penempatannya. Kenapa diperlukan resistor? Karena Arduino berbeda dengan kita yang tahu kapan tombol ditekan atau tidak. Arduino ‘merasakan’ bahwa tombol ditekan atau tidak dari arus yang melewatinya, apakah HIGH atau LOW.



Gambar 3.2 Rangkaian Skematik Tombol Start dan Stop

Perancangan Sensor Level Air

Rangkaian yang di gunakan hanyalah sebuah pembagi tegangan dan sebuah komparator dengan keluaran logika TTL. Gambar di bawah adalah rangkaian pembanding sederhana menggunakan op-amp **LM324**.

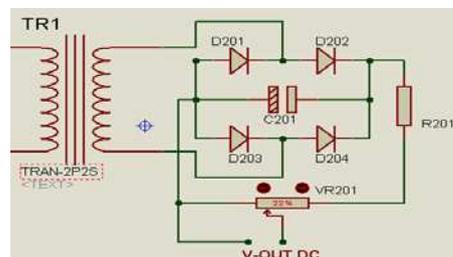


Gambar 3.3 Rangkaian Skematik Sensor Level Air

Perancangan Sensor Tegangan

Sensor tegangan disini digunakan untuk mengukur nilai tegangan generator yang masuk ke beban, yang nantinya akan digunakan untuk memonitoring pengaruh pemasangan beban terhadap nilai tegangannya. Pada perancangan sensor tegangan ini tegangan jala-jala pada generator yang akan diukur diturunkan terlebih dahulu dengan menggunakan trafo stepdown, karena trafo disini tidak digunakan sebagai trafo daya, sehingga tidak diperlukan kapasitas ampere yang besar. Lalu tegangan

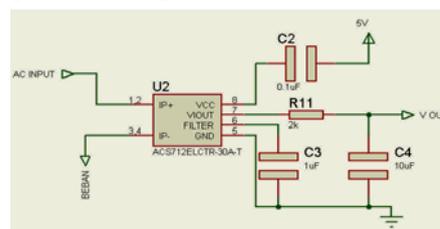
keluaran dari trafo stepdown disearahkan dengan menggunakan dioda jembatan, tegangan keluaran dioda kemudian dibagi dengan menggunakan rangkaian pembagi tegangan yang memiliki nilai hambatan kecil dan toleransi sebesar 1%, sehingga nilai yang didapat memiliki eror yang kecil.



Gambar 3.4 Rangkaian Skematik Sensor Tegangan

Perancangan Sensor Arus

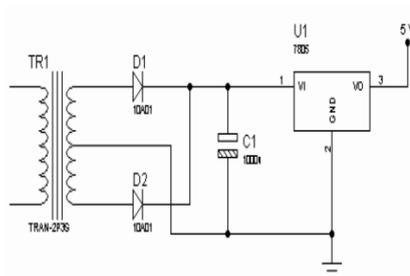
Pada bagian IC ini terdapat 2 bagian yang berbeda, bagian yang pertama adalah bagian tegangan tinggi 220 volt AC dan bagian yang kedua adalah bagian tegangan rendah 5 volt DC. Keluaran dari sensor arus ini adalah tegangan DC yang nantinya akan diolah oleh Mikrokontroler. Berikut ini adalah gambar rangkaian sensor arus.



Gambar 3.5 Rangkaian Skematik Sensor Arus

Perancangan Catu Daya

Catu daya yang digunakan adalah *trafo step down* yang berfungsi menurunkan tegangan 220 volt dari PLN menjadi 12 volt. Untuk gambar rangkaian bisa lihat dibawah ini.

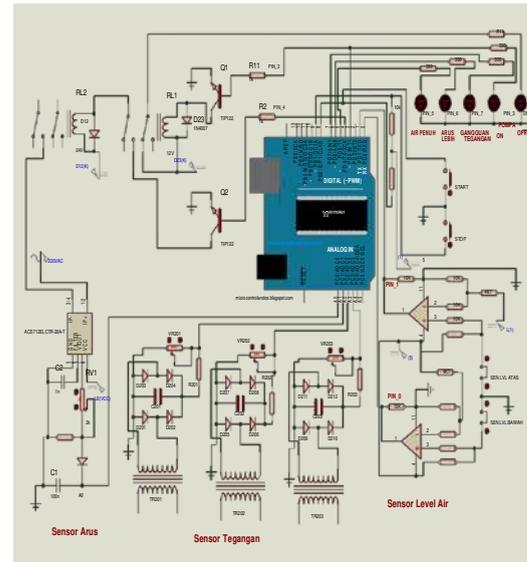


Gambar 3.6 Rangkaian Skematik Catu Daya

Perancangan Rangkaian Arduino dengan Sensor

Setelah merangkai rangkaian sensor level air, sensor sensor tegangan dan sensor arus lebih, pada sub bab ini akan membahas rangkaian yang terhubung dengan Arduino. Pin input dari arduino yang digunakan adalah pin A0,A1,A2,A3 yang mana merupakan analog pin . Pin A0 ini terhubung ke sensor Arus, pin A1,A2,A3 terhubung dengan sensor tegangan. Pin input lainnya yang mana merupakan digital pin adalah pin 0,1,2,3,4. Pin 0 dan 1 terhubung dengan sensor level air sedangkan pin 8,9 dan pin 10

terhubung dengan tombol. Adapun untuk pin outputnya yaitu pin 5,6,7, terhubung dengan lampu led indicator dan pin 3,pin 4 terhubung pada relay. Untuk rangkaiannya bisa lihat pada gambar 2.7.



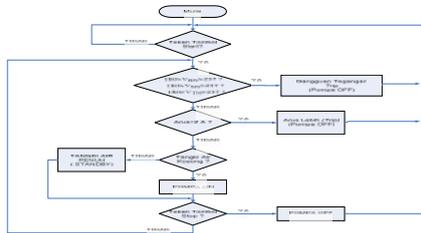
Gambar 2.7. Rangkaian skematik Sistem Kontrol dan Pengaman Motor Pompa

Perancangan Perangkat Lunak

Perancangan Program Perancangan software dibagi menjadi tiga bagian yaitu software untuk rangkaian pengolah data sensor tegangan, rangkaian pengolah data sensor arus, rangkaian pengolah data sensor dan rangkaian kontroler. Untuk memudahkan dalam pembuatan alur program peneliti membuat flowchart sebagai perencanaan awal. Flowchart yang

dibuat sesuai dari keseluruhan perancangan program.

Flowchart Perancangan Software



Gambar 3.8 Flowchart Perancangan Software

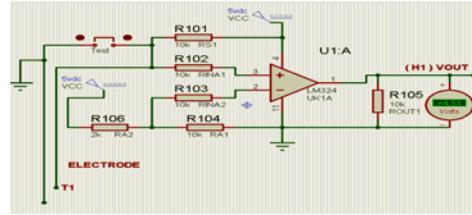
ANALISA DAN PENGUJIAN ALAT

Pengujian Sensor Level Air

Pendeteksian level ketinggian air dilakukan dengan membaca nilai tegangan yang dihasilkan oleh masing-masing rangkaian pembagi tegangan yang tersusun oleh resistor **R** dan **RAir**. (**RAir** adalah tahanan yang dibentuk oleh tangkai sensor dan tangkai common (**T1**)). Nilai **R** dalam hal ini adalah **10K ohm**.

Perbedaan tegangan yang cukup jauh inilah yang digunakan sebagai acuan pendeteksian dengan cara membandingkan nilai **Vout** dengan suatu tegangan referensi yang telah diset sebelumnya.

Untuk simulasi pengujian sensor ketinggian air dengan proteus bisa lihat gambar 3.1.



Gambar 4.1 Pengujian Sensor Level Air

Pada pengujian ini, akan ditampilkan nilai tegangan yang keluar akan diolah pada mikrokontroller pada tabel 4.1

Tabel 4.1 Pengujian Nilai Sensor level Air

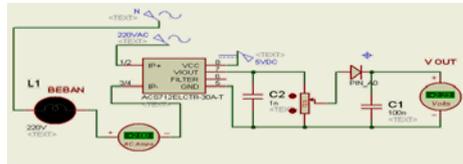
Posisi Electrode	V out
T1 Terhubung dengan ground	0 vdc
T1 Tidak terhubung dengan ground	4.5 vdc

Berdasarkan table pengujian diatas disimpulkan bahwa sensor ketinggian air dapat berfungsi dengan baik.

Pengujian Sensor Arus

Sensor yang digunakan dalam rangkaian ini adalah menggunakan sensor arus ACS712. Pengujian dari sensor arus ini secara keseluruhan dilakukan setelah semua sistim minimum terpasang pada sensor ini. Pengujian dilakukan dengan memberikan masukan tegangan AC pada kaki input pada sensor ACS712.

Pengujian karakteristik dari sensor arus ACS712 dilakukan sesuai susunan pada gambar 4.2



Gambar 4.2 Pengujian sensor arus ACS712 – 30

Pada pin V-out kita berikan volt meter, dan pada saat tidak ada arus yang melewati sensor tersebut, volt meter menunjukkan nilai tegangan sebesar 2,14 volt. Kemudian sensor diberi beban satu buah unit komputer dan pada V-out tegangan bertambah menjadi 2,32 volt. Berdasarkan hasil dari pengujian tersebut maka data dari grafik pada gambar 4.1 diatas adalah valid.

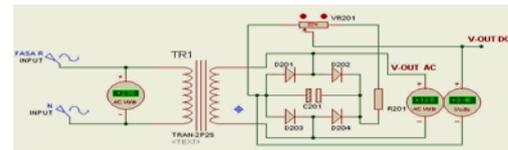
Tabel 4.2 Hasil Pengujian Sensor Arus

Arus (A)	V dc (IR) (Volt)
0	2.14
0.5	2.16
1	2.17
1.5	2.21
2	2.24
2.5	2.28
3	2.32

Berdasarkan table pengujian diatas disimpulkan bahwa sensor arus dapat berfungsi dengan baik.

Pengujian Sensor Tegangan

Dalam pengujian sensor tegangan ini yakni menggunakan trafo step-down 1 Ampere. Karakteristik dari trafo step-down adalah jika tegangan masukan menurun maka tegangan keluaran dari trafo step-down juga akan menurun sesuai dengan perbandingan tersebut.



Gambar 4.3 Pengujian Sensor Tegangan

Dalam pengujian sensor tegangan ini dilengkapi dengan volt meter. Tegangan yang terukur pada listrik AC dengan tegangan keluaran pada resistor variabel. Pada tabel 4.3 dan 4.4 di bawah ini merupakan hasil pengujian sensor tegangan. Pengujian ini dilakukan dengan cara pengukuran pada tegangan keluaran trafo dan tegangan keluaran pembagi tegangan.

Tabel 4.3 Hasil Pengujian Sensor Tegangan

V in Potensial Transformer (Volt)			V out (Pembagi Tegangan) Sensor Tegangan (Volt)		
V ac R-N	V ac S- N	V ac T-N	V dc R-N	V dc S- N	V dc T-N
179.9	179.9	179	10.21	10.2	10.21
190.2	190.2	190.	10.8	10.8	10.8
200	200	200	11.39	11.3	11.39
210	210	210	11.89	11.8	11.89
220	220	220	12.5	12.5	12.5
231	231	231	13	13	13
237	237	237	13.42	13.4	13.42

Tabel 4.4 Hasil Sensor Tegangan Pembagi Tegangan

V in Potensial Transformer (Volt)			V out (Pembagi Tegangan) Sensor Tegangan (Volt)		
V ac R-N	V ac S- N	V ac T-N	V dc R-N	V dc S- N	V dc T-N
10.21	10.21	10.21	2.58	2.58	2.58
10.8	10.8	10.8	2.77	2.77	2.77
11.39	11.39	11.39	2.92	2.92	2.92
11.89	11.89	11.89	3.06	3.06	3.06
12.5	12.5	12.5	3.22	3.22	3.22
13	13	13	3.37	3.37	3.37
13.42	13.42	13.42	3.49	3.49	3.49

Berdasarkan tabel pengujian diatas disimpulkan bahwa sensor Tegangan dapat berfungsi dengan baik.

4.6 Pengujian Arduino Uno

Pengujian Arduino ini dilakukan dengan pengujian software progam bahasa C. Pengujian ini dilakukan dengan melihat hasil perhitungan pada mikrokontroller melalui progam dan ditampilkan pada serial monitor .

Semua perhitungan parameter untuk menentukan gangguan tegangan dan overload dilakukan dengan pemrograman. Pada pengujian nilai ADC (10 bit) yang nantinya akan digunakan sebagai parameter pengolahan pada mikrokontroller. Pengujian ini dilakukan dengan cara memberikan arus 0 sampai dengan 6 Ampere dengan keluaran adc sebesar 511 sampai 611. Pada pengujian ini, akan ditampilkan nilai adc yang akan diolah pada mikrokontroller pada tabel 3.5

Tabel 4.5 Hasil Pengujian Nilai ADC Pada Mikrokontroller

Arus (A)	IR	
	ADC	Vdc
0	511	2.14
0.5	514	2.16
1	520	2.17
1.5	528	2.21
2	536	2.24
2.5	544	2.28
3	562	2.32

Berdasarkan tabel hasil pengujian diatas disimpulkan bahwa Arduino Uno dapat berfungsi dengan baik.

KESIMPULAN

Setelah dilakukan proses perencanaan, pembuatan dan pengujian alat serta dari data yang didapat dari perencanaan dan

pembuatan sistem kontrol dan pengaman motor pompa terhadap gangguan tegangan dan arus lebih didapat :

1. Dari pengujian sistem kontrol pompa dengan dicelupkannya salah satu atau dua electrode kedalam bak yang berisi air, secara otomatis pompa berhenti, begitupun sebaliknya pada saat elektroda tidak terkena air pompa secara otomatis berjalan maka sistem kontrol level air berfungsi dengan baik
2. Dari pengujian sistem pengaman arus lebih yang dilakukan dengan memberi arus antara 1.5 A sampai dengan 2 Ampere untuk setting arus 1 Ampere dan memberi arus antara 1.5 A sampai dengan 3 ampere untuk setting arus 2 Ampere, maka hasil pengujian didapatkan bahwa pada saat setting arus 1 Ampere dengan memberikan arus sebesar 2 Ampere didapatkan kontrol trip.
3. Dari pengujian sistem pengaman gangguan tegangan kurang yang dilakukan dengan memberikan tegangan kurang pada salah satu phasanya 180 volt maka

didapatkan tegangan kurang sehingga kontaktor trip. Sedangkan pada saat pengujian dengan tegangan lebih pada salah satu phasanya 237 volt maka didapatkan tegangan kurang sehingga kontaktor trip sedangkan padan phasa yang normal, $V_{RN} = 220$ V, $V_{SN} = 220$ V, $V_{TN} = 220$ V didapatkan kontaktor tidak trip karena tidak mengurangi atau melebihi dari setting poin yang ditentukan.

4. Dari pengujian tegangan fasa hilang diperoleh bahwa fasa yang hilang diindikasikan dari turunnya tegangan salah satu/dua fasa hingga kurang dari 10% $V_{nominal}$.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Banzi, Massimo. 2008. Getting Started with Arduino, First Edition. Sebastopol:
- [2] O'Reilly Instrument, Depok. *Sensor Arus ACS712*, From <http://depokinstruments.com/2012/03/29/sensor-arus-listrik-ac712/>, 15 juni 2014
- [3] McRoberts, Mike. 2009. Arduinio Starter Kit Manual – A Complete

Beginner Guide to the Arduino.

UK: Earthshine Design.

- [4]Bejo, A 2008, *C & AVR Rahasia Kemudahan Bahasa C dan Mikrokontroler ATMEGA8535*, Graha Ilmu, Yogyakarta.
- [5]Zuhal, 2004, Prinsip Dasar Elektroteknik. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta..
- [6]Prastio, Rizki Putra, 2013.Membaca Tegangan Analog dengan Arduino,From
- [7]<http://rpprastio.wordpress.com/2013/02/09/membaca-tegangan-analog-dengan-arduino> , 17 juli 2014
- [8]Arindy, Radita. 2013, Penggunaan dan Pengaturan Motor Listrik. Graha Ilmu. Yogyakarta 2013
- [9]Stevenson, William D., Jr. 1996.” Analisis Sistem Tenaga Listrik Edisi 6” Erlangga Jakarta