

SISTEM MONITORING ARUS TIDAK SEIMBANG 3 FASA BERBASIS ARDUINO UNO

Lucky Aggazi Subagyo

Program Studi S1 Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya, ketintang 60231, Indonesia
e-mail: luckyaggazi@gmail.com

Bambang Suprianto

Profesor Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya, ketintang 60231, Indonesia
e-mail: bambangsuprianto@unesa.ac.id

Abstrak

Beban 3 fasa arus tidak seimbang ini adalah gangguan yang dapat menyebabkan kerusakan pada transformator daya. Perbedaan beban pada setiap fasa dapat mengakibatkan penurunan kualitas daya pada sistem tenaga listrik (e.g., IEEE dan NEMA). Ketidakseimbangannya beban pada traformator daya menyebabkan *losses* atau rugi-rugi, panas berlebih pada salah satu fasa, berkurangnya *lifetime* dan *effisiensi* pada traformator daya. Penelitian skripsi ini bertujuan untuk merancang dan membuat prototype monitoring arus tidak seimbang 3 fasa. Mikrokontroler arduino sebagai pengendali utama berfungsi untuk membaca nilai arus yang akan ditampilkan di LCD (*Liquid Crystal Display*), mengaktifkan *buzzer* dan LED sebagai indikator bila terjadi persentase ketidakseimbangannya pada nilai arus yang sudah ditetapkan. Hasil percobaan menunjukkan bahwa alat prototipe bila dibandingkan dengan tang ampere dapat merespon ketidakseimbang arus 3 fasa dengan rata-rata kesalahan pengukuran atau akurasi *error* per arus fasa $R=3.92\%$, $S= 3.44\%$, dan $T= 3.11\%$.

Kata Kunci: Beban Tidak Seimbang 3 *Phasa*, Sensor Arus, Sistem Monitoring, Mikrokontroler Arduino Uno.

Abstract

3 Phase current load is unbalanced this is a disorder that can cause damage to the power transformer. The load on each phase difference may result in a decrease in the power quality of the power system (eg, IEEE and NEMA). Unbalanced load on the power transformer cause losses, overheating of one phase, reduced lifetime and efficiency on the power transformer. The research aims to design and create a prototype of unbalanced 3 phase currents. Microcontroller arduino as the main controller serves to read the current value will be displayed on the LCD (Liquid Crystal Display). Enable the buzzer and LED as an indicator when there is an unbalanced in the percentage of fixed current value. The experimental result show that the prototype device when compared with the ampere pliers can respond to the 3 phase unbalanced with the average measurement or error accuracy phase currents $R = 3.92\%$, $S = 3.44\%$, and $T = 3.11\%$.

Keywords: Load Unbalanced 3 Phase, Flow Sensors, Monitoring Systems, Microcontroller Arduino Uno.

PENDAHULUAN

Energi listrik merupakan sumber tenaga yang sangat dibutuhkan dalam kehidupan manusia pada saat ini. Hampir semua peralatan dengan teknologi yang semakin berkembang membutuhkan energi listrik, sehingga energi listrik menjadi kebutuhan primer atau pokok. Energi listrik merupakan kebutuhan yang sangat penting, baik untuk kehidupan sehari-hari maupun untuk kebutuhan industri. Hal ini disebabkan karena energi listrik mudah dikonversikan ke dalam bentuk energi maupun tenaga lain. Oleh karena itu, stabilitas sistem pendistribusian energi listrik harus terjaga supaya dapat digunakan oleh konsumen.

Dalam menjaga stabilitas sistem pendistribusian listrik 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. Untuk memenuhi kebutuhan tenaga

listrik tersebut, terjadi pembagian beban-beban yang pada awalnya merata tetapi karena ketidakserempakan waktu penyalan beban-beban tersebut maka menimbulkan ketidakseimbangan beban yang terdapat pada penyediaan tenaga listrik. Ketidakseimbangannya beban antara tiap-tiap *phasa* (*phasa R*, *Phasa S*, *phasa T*) inilah yang menyebabkan mangalirnya arus di netral trafo.

Perbedaan beban pada setiap *phasa* dapat mengakibatkan penurunan kualitas daya pada sitem tenaga listrik (e.g., IEEE dan NEMA), Salah satu cara meningkatkan keandalan sistem tenaga listrik yaitu dengan menjaga kontinyuitas penyaluran tenaga listrik. Akibat ketidakseimbangan beban pada transformator daya antara lain, dapat menyebabkan *losses* atau rugi-rugi pada tranformator daya, panas yang berlebihan pada salah satu *phasa* pada transformator daya, berkurangnya *lifetime*, *effisiensi* tranformator daya dan mengakibatkan rusaknya peralatan seperti *fuse* pada kapasitor bank, berkurangnya torsi pada motor induksi dan pemanasan lebih pada motor induksi (PUIL,2000). Maka dari itu perlu adanya sistem monitoring arus yang digunakan

untuk memberitahukan informasi kepada operator sebagai bahan analisa dan mencegah adanya tidak menahunya operator saat terjadinya ketidakseimbangannya beban.

Tranformator daya di gardu induk (GI) berfungsi mendistribusikan energi listrik ke konsumen dengan level tegangan yang lebih rendah. Transformator daya berfungsi menurunkan tegangan 150 kV dikatakan tegangan primer ke 20 kV sebagai tegangan sekunder, untuk pendistribusian penyulang 20 kV diturunkan lagi menjadi 6 kV, 380 V. Pada umumnya tegangan yang di terima oleh masyarakat rata-rata 380V (3 *phasa*) untuk skala menengah dan 220 V (1 *phasa*) untuk skala rendah.

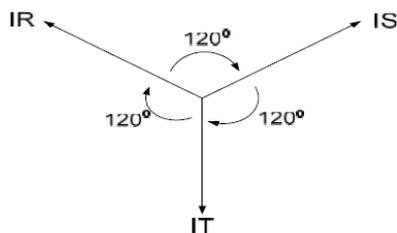
Pada skripsi ini di lakukan penelitian untuk memonitoring arus tidak seimbang 3 *phasa* dengan menggunakan arduino uno. Monitoring akan memberikan informasi melalui LCD (*Liquid Crystal Display*), LED (*Light-Emitting Diode*) sebagai Indikator dan tanda *Buzzer* (Alarm) bila ditemukannya kondisi tidak seimbang pada salah satu *phasa* (R,S,T) melebihi nilai yang sudah diset diprogram arduino uno, serta pada gangguan di berikan yaitu menggunakan Rheostat.

KAJIAN TEORI

Ketidakseimbangan beban 3 phasa

Pengertian tentang beban seimbang adalah :

- 1) Ketiga vektor arus/tegangan adalah sama besar.
- 2) Ketiga vektor saling membentuk sudut 120⁰ satu sama lain, dapat dilihat pada Gambar 2.2.

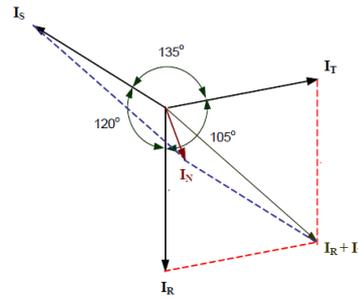


Gambar 1. Vektor diagram arus keadaan seimbang
(Julius santosa,jurnal 2006)

Dari Gambar 1 menunjukkan vektor diagram arus dalam keadaan seimbang. Dapat dilihat bahwa penjumlahan dari ketiga vektor arusnya (Ir+Is+It) adalah sama dengan nol, sehingga tidak menimbulkan arus netral. Sedangkan yang dimaksud dengan keadaan tidak seimbang adalah dimana keadaan salah satu atau kedua syarat keadaan tidak seimbang tidak terpenuhi.

Kemungkinan keadaan tidak seimbang ada tiga yaitu :

Ketiga vektor sama besar tapi tidak membentuk sudut 120⁰ satu sama lain , Ketiga vektor tidak sama besar tetapi membentuk sudut 120⁰ satu sama lain. Ketiga vektor tidak sama besar dan tidak memnbentuk sudut 120⁰ satu sama lain.



Gambar 2 Vektor diagram arus keadaan tidakseimbang
(Julius santosa,jurnal 2006)

Dari Gambar 2 menunjukan vektor diagram arus dalam keadaan tidak seimbang terlihat bahwa penjumlahan ketiga vektor arusnya (Ir + Is + It) adalah tidak sama dengan nol sehingga muncul suatu besaran yaitu arus pada sisi netral (IN) yang besarnya bergantung pada seberapa besar factor ketidakseimbangannya.

Arus Netral

Arus netral dalam sistem distribusi tenaga listrik dikenal sebagai arus yang mengalir pada kawat netral di sistem distribusi tegangan rendah tiga fasa empat kawat. Arus netral ini muncul jika : Kondisi beban tidak seimbang dan Karena adanya arus harmonisa akibat beban non-linear. Arus yang mengalir pada kawat netral yang merupakan arus bolak-balik.

Untuk sistem distribusi tiga fasa empat kawat adalah penjumlahan vektor dari ketiga arus fasa dalam komponen simetris. Jika [I] adalah besaran arus fasa dalam penyaluran daya sebesar P pada keadaan seimbang, maka pada penyaluran daya yang sama tetapi tidak seimbang besarnya arus-arus fasa dapat dinyatakan dengan koefisien a, b, dan c adalah :

$$[I_a]=a[I] \tag{1}$$

$$[I_b]=b[I] \tag{2}$$

$$[I_c]=c[I] \tag{3}$$

Dimana :

- Ia = Arus pada A kondisi awal atau arus (IR)
- Ib = Arus pada B kondisi awal atau arus (Is)
- Ic = Arus pada C kondisi awalatau arus (IT)

Dengan Ia, Ib, dan Ic berturut adalah arus *phasa* R, S dan T. Bila faktor daya dari ketiga *phasa* dianggap sama meskipun besaran arusnya berbeda, besaraan daya yang disalurkan dapat dinyatakan :

$$P = (a + b + c) . [V] . [I] . \cos \varphi \tag{4}$$

$$P = 3. [V]. [I]. \cos \varphi \tag{5}$$

Dimana :

P = Daya (Watt)

V = Tegangan (Volt)
 I = Arus (A)
 R = Hambatan (Ohm)
 Cos φ = Faktor Daya (Pf)

Apabila persamaan (4) dan persamaan (5) menyatakan daya yang besarnya sama, maka dari kedua persamaan itu dapat diperoleh persyaratan untuk koefisien a, b, c yaitu:

$$a + b + c = 3 \quad (6)$$

dimana dalam keadaan seimbang nilai a = b = c = 1.

Analisis Pembebanan Tidak Seimbang

Menentukan Besaran ketidakseimbangan beban pada setiap Fasa (analisis pembebanan) Pada keadaan seimbang besarnya koefisien a, b, c adalah 1. Dengan demikian rata-rata ketidakseimbangan beban (dalam %) dapat di rumuskan pada :

$$I_{rata-rata} = \frac{I_R + I_S + I_T}{3} \quad (7)$$

$$I_R = a \cdot I_{rata-rata} \text{ maka : } a = \frac{I_R}{I_{rata-rata}} \quad (8)$$

$$I_S = b \cdot I_{rata-rata} \text{ maka : } b = \frac{I_S}{I_{rata-rata}} \quad (9)$$

$$I_T = c \cdot I_{rata-rata} \text{ maka : } c = \frac{I_T}{I_{rata-rata}} \quad (10)$$

$$[\text{ketidakseimbangan}] = \frac{\{|a-1|+|b-1|+|c-1|\}}{3} \times 100\% \quad (11)$$

Dimana :

I_R = Arus Fasa R

I_S = Arus Fasa S

I_T = Arus Fasa T

Jika sistem lebih dari 25% maka sistem tersebut dinyatakan tidak seimbang (Julius santosa, jurnal 2006) dan (PUIL, 2000).

Mikrokontroler Arduino Uno

Arduino adalah mikrokontroler *singleboard* yang dirancang untuk memudahkan penggunaanya karena sifatnya yang *open-source*. Piranti ini dapat dimanfaatkan untuk membuat rangkaian elektronik dari yang sederhana hingga yang kompleks. Arduino Uno dilengkapi dengan osilator 16 MHz, regulator 5 volt. Pada Arduino Uno terdapat sejumlah pin yaitu 0-13 yang merupakan input digital dan pin A0-A5 yang merupakan input analog. Arduino Uno dilengkapi dengan konektor

USB, konektor catu daya, header ICSP, dan tombol reset, SRAM berukuran 2 KB, flash memory berukuran 32 KB dan EPROM untuk menyimpan data. Pada Gambar 3 merupakan bentuk dari mikrokontroler Arduino Uno.



Gambar 3. Mikrokontroler Arduino Uno (Arduino.cc, 2017)

Sensor Arus

Transformer arus (CT) merupakan sensor yang digunakan untuk mengukur arus AC. Dapat digunakan untuk mengukur seluruh arus listrik di sebuah bangunan. Sensor ini bentuknya non-invasive sehingga dapat digunakan tanpa perlu mengubah *wiring existing* (kabel yang ada) terlebih dahulu.



Gambar 4 Sensor Arus SCT-013-20A (www.epanorama.net/stc-013-20-CT, 2017)

Jenis trafo arus SCT013-20A pada Gambar 4 dengan batas maksimum arus yang dapat diukur sebesar 20 ampere. Transformator arus ini menggunakan magnet permanen sebagai cincin *ferromagnetic* (YHDC, 2011). Cara kerjanya yaitu koil induksi yang mendeteksi perubahan medan magnet yang terjadi di sekeliling konduktor pembawa arus. Dengan mengukur jumlah arus yang dibangkitkan oleh koil kita dapat menghitung jumlah arus yang melewati konduktor tersebut

LCD (Liquid Crystal Display)

Penampil (*display*) elektronik adalah salah satu komponen elektronika yang berfungsi untuk menampilkan angka, huruf atau simbol-simbol lainnya. LCD (*Liquid Crystal Display*) adalah salah satu *display* elektronika yang umum digunakan. LCD dibuat dengan CMOS *logic* yang bekerja dengan tidak menghasilkan cahaya melainkan memantulkan cahaya yang ada di sekitarnya terhadap *front-lit* atau mentransmisikan cahaya dari *back-lit*. Jumlah karakter yang dapat ditampilkan oleh sebuah

LCD tergantung dari spesifikasi yang dimiliki (*Revolution Education Ltd*, 2016). Bentuk LCD pada Gambar 5.



Gambar 5 LCD 16x2 Display (arduino.cc,2017)

Buzzer

Buzzer adalah sebuah komponen elektronika yang berfungsi untuk mengubah getaran listrik menjadi getaran suara. Pada dasarnya prinsip kerja buzzer hampir sama dengan loud speaker, jadi buzzer juga terdiri dari kumparan yang terpasang pada diafragma dan kemudian kumparan tersebut dialiri arus sehingga menjadi elektromagnet, kumparan tadi akan tertarik ke dalam atau keluar, tergantung dari arah arus dan polaritas magnetnya, karena kumparan dipasang pada diafragma maka setiap gerakan kumparan akan menggerakkan diafragma secara bolak-balik sehingga membuat udara bergetar yang akan menghasilkan suara. Buzzer biasa digunakan sebagai indikator bahwa proses telah selesai atau terjadi suatu kesalahan pada sebuah alat (alarm). Bentuk buzzer pada Gambar 6.



Gambar 6 Buzzer (Alarm) (Indraharja.wordpress.com,2017)

Relay

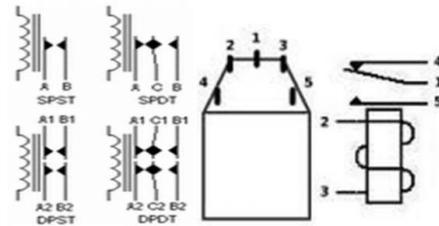
Relay merupakan komponen yang paling sering digunakan untuk memutuskan atau menghubungkan suatu rangkaian secara terkontrol. Relay adalah saklar elektronik yang bekerja dengan memanfaatkan medan magnet. Komponen ini terdiri dari lilitan dan lempengan yang berfungsi sebagai saklar. Saat lilitan dialiri arus listrik maka akan timbul medan magnet dan menarik lempengan. Adapun berbagai jenis relay berdasarkan kutubnya (Boylestad, 2007):

- 1) COMMON yaitu kutub acuan.
- 2) NC (*Normally Close*) adalah kutub yang posisi awalnya terhubung dengan COMMON.
- 3) NO (*Normally Open*) adalah kutub dengan posisi awal terbuka dan akan terhubung dengan COMMON jika kumparan relay diberi arus listrik.

Berdasarkan jumlah kutub pada relay, konfigurasi Gambar 7 maka relay dibedakan menjadi empat jenis yaitu :

- SPST = *Single Pole Single Throw*
- SPDT = *Single Pole Double Throw*
- DPST = *Double Pole Single Throw*
- DPDT = *Double Pole Double Throw*

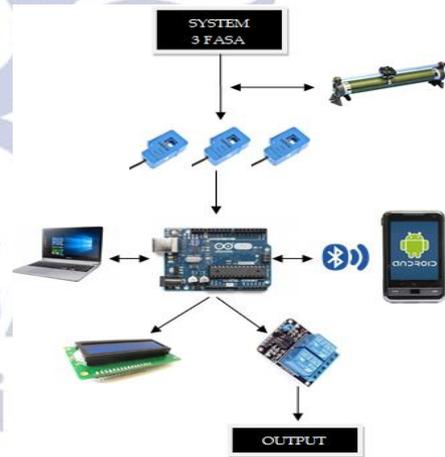
Pole adalah jumlah COMMON, sedangkan *Throw* adalah jumlah terminal *output* (NO dan NC).



Gambar 7 Konfigurasi Relay (www.dien-elcom.com,2017)

METODE

Secara umum Implementasi prototype sistem monitoring arus tidak seimbang 3 fasa ini dimulai dengan mengambil keluaran dari sensor arus SCT-013-20A untuk kemudian diolah oleh arduino dan ditampilkan ke LCD 16x2 (Liquid Crystal Display) sebagai keluaran berupa Current RMS (A), serta pada mikrokontroler arduino mengeluarkan perintah berupa output Buzzer dan LED apabila terjadi ketidak seimbangan arus 3 fasa pada program yang nilainya sudah disetpoint. Arsitektur sistem yang akan dibuat pada penelitian ini secara keseluruhan dapat dilihat pada gambar 8.



Gambar 8 Diagram blok Hardware ([sumber primer](#),2017)

Sensor arus YHDC SCT-13-20A akan membaca kondisi arus pada titik pengamatan. Nilai yang dikeluarkan sensor belum bisa dibaca dengan baik oleh Arduino uno untuk itu diperlukan sebuah rangkaian prekondisi yang bisa membatasi tegangan keluaran sensor tersebut sekitar 1 Volt, sehingga tidak merusak pin Analog arduino (A0, A2, dan A3). Selanjutnya Arduino Uno akan mengolah dan melakukan perhitungan nilai pembacaan arus tersebut untuk ditampilkan di LCD. Sedangkan pada output

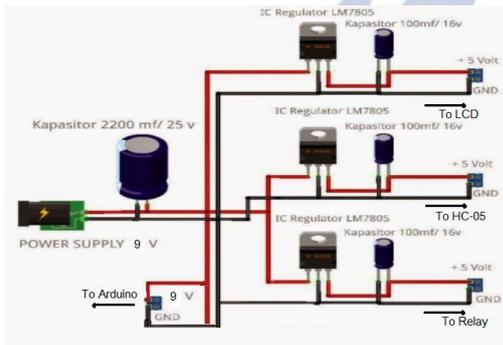
yaitu berupa Buzzer dan LED Indikator sebagai perintah keluaran arduino bila terjadi ketidakseimbangan beban 3 *phasa*, serta output juga memakai module Bluetooth HC-05 sebagai media tambahan monitoring arus yang akan di tampilkan di smartphone (android).

Perancangan Hardware

Berdasarkan gambar 8 peralatan yang digunakan yaitu :

Catu daya atau adaptor

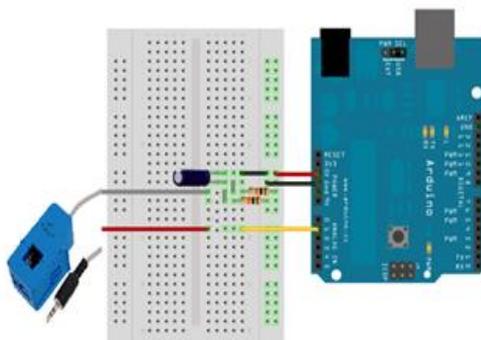
Merupakan perangkat komponen elektronika yang fungsinya digunakan sebagai pengubah tegangan AC yang di hasilkan oelh transformator menjadi tegangan DC 9 Vdc dan 5Vdc yang akan digunakan untuk menyuplay tegangan di mikrokontroller arduino maupun peralatan yang lainya dimana terdapat LCD 16x2, Modul Relay, dan Module Bluetooth HC-05.



Gambar 9 Rangkaian catu daya atau Adaptor

Sensor Arus SCT013-20A

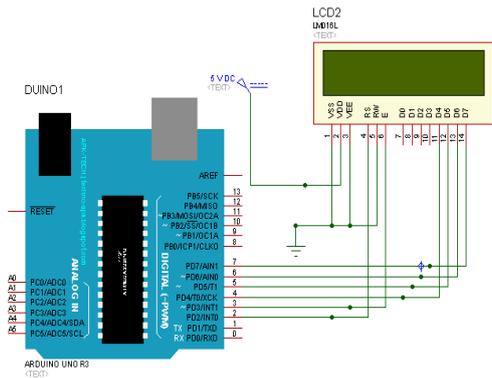
Sensor arus pada rancangan alat ini berfungsi sebagai tempat untuk input sensor arus, sehingga ketika sensor arus terpasang pada kabel sisitem 3 *phasa* maka sensor arus akan bekerja dan melalui mikrokontroller arduino. Rangkaian ini dibuat sebanyak 3 buah, karena untuk inputannya sendiri membutuhkan 3 rangkaian sebagai pembacaan nilai arus R,S, dan T. Pada penyulang sistem 3 *phasa* dalam pengerjaan rangkaian menggunakan software Proteus 7.9, adapun rangkaian Gambar pada 10 menunjukkan contoh rangkain sensor arus hanya 1 phasa :



Gambar 10 Rangkaian detector Sensor Arus

LCD (Liquid Crystal Display)

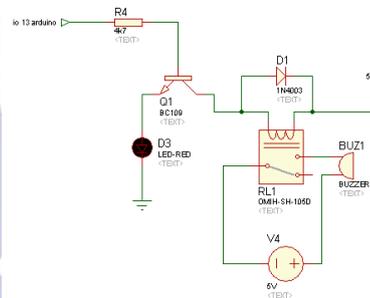
Rangkaian LCD dapat ditunjukkan pada gambar 11.



Gambar 11 Rangkaian LCD

Rangkaian Indikator LED dan Alarm

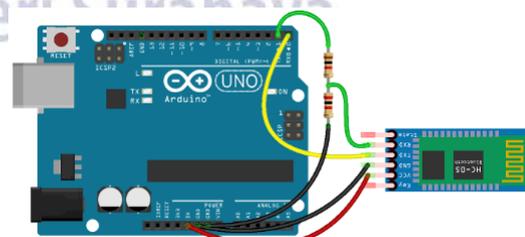
Rangkaian indikator LED dan alarm adalah rangkaian yang berfungsi untuk memberikan peringatan atau tanda terjadi ketidakseimbangan arus pada penyulang 3 *phasa*, rangkaian ini digunakan *relay* sebagai pengganti saklar atau *switch* untuk sistem indicator Alarm. Rangkaian Indikator alarm dapat dilihat seperti pada Gambar 12 berikut :



Gambar 12 Rangkaian LED dan Alarm

Rangkaian Bluetooth HC-05

Skema koneksi antara arduino dengan Modul HC-05 pada gambar 13. Pada modul tersebut untuk media tambahan monitoring yang di konksikan lewat smartphone melalui modul tersebut.

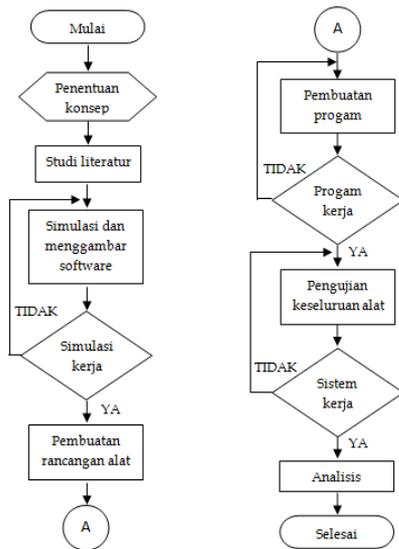


Gambar 13 Skema arduino ke HC-05

Perancangan rangkaian keseluruhan

Perancangan rangkaian secara keseluruhan meliputi rangkaian catu daya atau adaptor, rangkaian sensor arus SCT-013, rangkaian LCD, rangkaian LED dan Alarm serta rangkaian Bluetooth HC-05.

Thapan untuk kesuluran dimulai dengan diagram alir yang di tunjukan pada gambar 14.



Gambar 14 Diagram alir pengerjaan skripsi

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil dan pembahasan dari skripsi yang dilakukan ini adalah sebagai berikut.

Pengujian Catu daya atau adaptor

Pengujian dan pengukuran dilakukan pada bagian input dan output catu daya. Hal ini bertujuan untuk mengetahui besarnya tegangan kerja yang masuk sebelum ke IC ATmega 328, karena board arduino hanya dapat beroperasi dengan tegangan masukan 5 – 12 VDC agar tegangan pada arduino dan modul lainnya stabil untuk alat ini menggunakan tegangan 9 Vdc untuk board arduino dan regulator 5 Vdc untuk module relay dan modul Bluetooth HC-05. Berikut adalah hasil Tabel 1 dari pengukuran :

Tabel 1 Pengukuran catu daya

| No. | Pengukuran | Vin (Vdc) | Vout (Vdc) | Tegangan Input |
|-----|------------|-----------|------------|----------------|
| 1 | I | 9.17 | 9.17 | Arduino |
| 2 | II | 9.17 | 5.07 | Module Relay |
| 3 | III | 9.17 | 5.07 | Module HC-05 |
| 4 | IV | 9.17 | 5.07 | LCD 16x2 |

Pengujian Sensor arus SCT-013-20A

Pada pengujian sensor arus ini alat yang digunakan yaitu 3 *phasa* di masing-masing *phasa* R, S, dan T. Pengujian Sensor Arus SCT-13-20A di uji dengan cara memberikan Beban pada rheostat 11 Ω dengan tegangan 20 Vac dan Arus Max 5 Ampere. Arus keluaran langsung dari SCT-13-20A diamati dengan tampilan LCD. dari pengujian keluaran sensor arus didapatkan data sebagai Tabel 2 berikut :

Tabel 2 Hasil pengujian sensor arus SCT -013-20A

| No. | Beban (Ω) | Vout Sensor R (Volt) | Vout Sensor S (Volt) | Vout Sensor T (Volt) |
|-----|-----------|----------------------|----------------------|----------------------|
| 1 | 11 Ω | 0.07 | 0.06 | 0.07 |
| 2 | 10.5 Ω | 0.07 | 0.07 | 0.08 |
| 3 | 10 Ω | 0.08 | 0.08 | 0.09 |
| 4 | 9.5 Ω | 0.09 | 0.08 | 0.09 |
| 5 | 9 Ω | 0.09 | 0.09 | 0.10 |
| 6 | 8.5 Ω | 0.10 | 0.09 | 0.10 |
| 7 | 8 Ω | 0.11 | 0.10 | 0.11 |
| 8 | 7.5 Ω | 0.12 | 0.10 | 0.12 |
| 9 | 7 Ω | 0.13 | 0.11 | 0.13 |
| 10 | 6.5 Ω | 0.14 | 0.12 | 0.13 |
| 11 | 6.1 Ω | 0.15 | 0.13 | 0.14 |

Pengujian LCD (Liquid Crystal Display) 16x2

Pengujian dilakukan untuk mengetahui apakah LCD 16 x 2 dapat bekerja dengan baik, pengujian dilakukan dengan memberikan input tegangan 5 VDC dan menghubungkan pin LCD pada board arduino, dan pada Program IDE memprogram menampilkan data kata “Elektro Unesa” Berikut adalah Gambar 15 pengujian lcd 16x 2 :



Gambar 15 Pengujian LCD 16x2

Pengujian Rangkaian Driver Relay dan Buzzer

Pengujian rangkaian relay untuk LED dan Buzzer, dilakukan untuk memastikan LED dan Buzzer berfungsi dengan baik atau tidak, pengujian dilakukan dengan memberikan logika HIGH (1) atau LOW (0) pada input rangkaian, hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3 Hasil pengujian driver relay

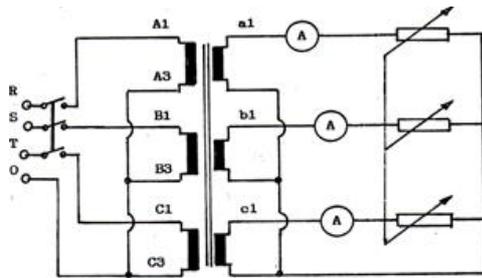
| Input | Vout (VDC) | Relay |
|-------|------------|----------------|
| Hight | 4.95 | NC “ON” Relay |
| Low | 0.00 | NO “OFF” Relay |

Rangkain sistem gangguan pada rhesotart

Sistem gangguan tersebut menggunakan Rheostat yang kapasistasnya 11 Ω, 5 Ampere dilihat pada Gambar 16 dan rangkaiannya dibuat rangkaian star (Y) dilihat pada gambar 17.



Gambar 16 Spesifikasi rheostart



Gambar 17 Rangkaian gangguan rheostart

voltage input masuk ke rheostart yaitu diset masing-masing 20 Volt AC hal ini dibuktikan dengan rumus:

$$V = I \cdot R \tag{12}$$

$$I = V / R \tag{13}$$

Pengujian keseluruhan alat dan analisis

Dari seluruh pengujian blok sistem yang sudah dijalankan ini dapat dilihat pada Gambar 18.



Gambar 18 Prototipe keseluruhan alat

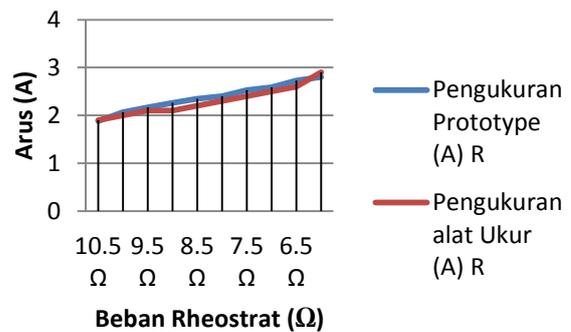
Prototipe tersebut bertujuan untuk mengetahui kemampuan alat dalam melakukan pembacaan arus pada sistem 3 fasa arus seimbang maupun tidak seimbang, dan dapat menampilkan nilai arus ke LCD, serta terdapat nilai indikasi berupa output buzzer dan Lampu LED bila terjadi keadaan tidak seimbang pada arus yang sudah di setpoint di program IDE arduino, dan hasil pengujian alat dilihat pada tabel 4.

Tabel 4 hasil pengujian sistem secara keseluruhan

| Beban (Ω) | Tegangan (Vac) | Pengukuran Prototype (A) | | | Pengukuran alat Ukur (A) | | |
|-----------|----------------|--------------------------|------|------|--------------------------|-----|-----|
| | | R | S | T | R | S | T |
| 10.5 Ω | 20 V | 1.88 | 1.80 | 1.85 | 1.9 | 1.8 | 1.8 |
| 10 Ω | 20 V | 2.00 | 1.85 | 2.06 | 2.0 | 1.8 | 2.0 |
| 9.5 Ω | 20 V | 2.17 | 2.01 | 2.10 | 2.1 | 1.9 | 2.1 |
| 9 Ω | 20 V | 2.26 | 2.04 | 2.15 | 2.1 | 1.9 | 2.0 |
| 8.5 Ω | 20 V | 2.35 | 2.22 | 2.22 | 2.2 | 2.1 | 2.1 |
| 8 Ω | 20 V | 2.40 | 2.32 | 2.29 | 2.3 | 2.3 | 2.2 |
| 7.5 Ω | 20 V | 2.53 | 2.42 | 2.39 | 2.4 | 2.5 | 2.4 |
| 7 Ω | 20 V | 2.59 | 2.45 | 2.55 | 2.5 | 2.5 | 2.7 |
| 6.5 Ω | 20 V | 2.73 | 2.47 | 2.73 | 2.6 | 2.6 | 2.8 |
| 6 Ω | 20 V | 2.80 | 2.73 | 2.69 | 2.9 | 2.8 | 2.7 |

Tabel 5 hasil pengujian akurasi arus *phasa R*

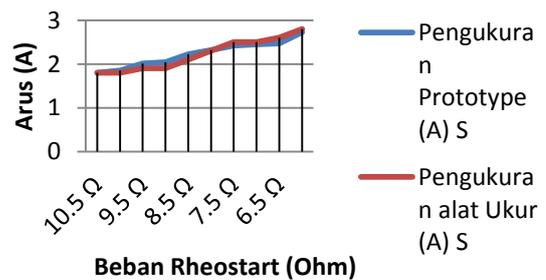
| Beban (Ω) | Pengukuran Prototype (A) | Pengukuran alat Ukur (A) | Error (%) |
|-------------|--------------------------|--------------------------|-----------|
| | R | R | |
| 10.5 Ω | 1.88 | 1.9 | 1.06% |
| 10 Ω | 2.00 | 2.0 | 0 % |
| 9.5 Ω | 2.17 | 2.1 | 3.22 % |
| 9 Ω | 2.26 | 2.1 | 7.07 % |
| 8.5 Ω | 2.35 | 2.2 | 6.81 % |
| 8 Ω | 2.40 | 2.3 | 4.16 % |
| 7.5 Ω | 2.53 | 2.4 | 5.13 % |
| 7 Ω | 2.59 | 2.5 | 3.47 % |
| 6.5 Ω | 2.73 | 2.6 | 4.76 % |
| 6 Ω | 2.80 | 2.9 | 3.57 % |
| Rata – rata | | | 3.92 % |



Gambar 19 Grafik Hasil Pengukuran *Phasa R*

Tabel 6 hasil pengujian akurasi arus *phasa S*

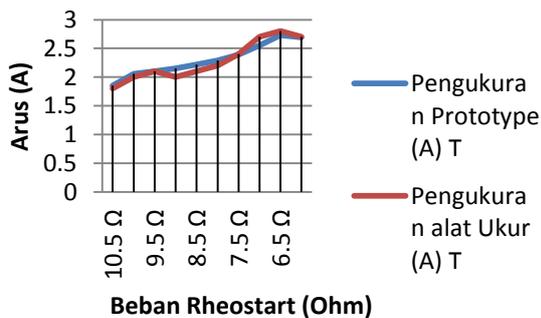
| Beban (Ω) | Pengukuran Prototype (A) | Pengukuran alat Ukur (A) | Error (%) |
|-------------|--------------------------|--------------------------|-----------|
| | S | S | |
| 10.5 Ω | 1.80 | 1.8 | 0 % |
| 10 Ω | 1.85 | 1.8 | 2.77 % |
| 9.5 Ω | 2.01 | 1.9 | 5.47 % |
| 9 Ω | 2.04 | 1.9 | 6.86 % |
| 8.5 Ω | 2.22 | 2.1 | 5.40 % |
| 8 Ω | 2.32 | 2.3 | 0.86 % |
| 7.5 Ω | 2.42 | 2.5 | 3.30 % |
| 7 Ω | 2.45 | 2.5 | 2.00 % |
| 6.5 Ω | 2.47 | 2.6 | 5.26 % |
| 6 Ω | 2.73 | 2.8 | 2.56 % |
| Rata – rata | | | 3.44 % |



Gambar 20 Grafik Hasil Pengukuran *Phasa S*

Tabel 7 Hasil Pengukuran akurasi arus *phasa* T

| Beban (Ω) | Pengukuran Prototype (A) | Pengukuran alat Ukur (A) | Error (%) |
|-------------|--------------------------|--------------------------|-----------|
| | T | T | |
| 10.5 Ω | 1.85 | 1.8 | 2.70% |
| 10 Ω | 2.06 | 2.0 | 2.91 % |
| 9.5 Ω | 2.10 | 2.1 | 0 % |
| 9 Ω | 2.15 | 2.0 | 6.97 % |
| 8.5 Ω | 2.22 | 2.1 | 5.40 % |
| 8 Ω | 2.29 | 2.2 | 3.93 % |
| 7.5 Ω | 2.39 | 2.4 | 0.41 % |
| 7 Ω | 2.55 | 2.7 | 5.88 % |
| 6.5 Ω | 2.73 | 2.8 | 2.56 % |
| 6 Ω | 2.69 | 2.7 | 0.37 % |
| Rata – rata | | | 3.11 % |



Gambar 21 Grafik Hasil Pengukuran *Phasa* T

Dari hasil pengukuran pada Tabel 4, 5, 6, dan 7 bahwa pada sensor arus ini sudah bekerja dengan baik. Hal tersebut dapat dibuktikan dengan menggunakan tang ampere pada beban yang terpasang. Misal pada beban 10 Ω di *phasa* R sensor arus SCT-013-20A arus yang terukur yaitu 2.07 Ampere sedangkan hasil pengukuran pada tang ampere adalah 2.0 Ampere. Adanya sedikit perbedaan hasil pengukuran antara sensor arus SCT-13-20A dengan tang ampere dipengaruhi oleh tingkat ketelitian dari sensor arus. Akan tetapi, perbedaan hasil pengukuran tersebut sudah dapat digunakan sebagai alat monitoring arus tidak seimbang. Error pengukuran pada sensor arus SCT-013-20A dibandingkan dengan tang ampere dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$\%Error = \frac{[Nilai\ terbaca - Nilai\ sebenarnya]}{Nilai\ terbaca} \times 100\% \quad (14)$$

Dari perhitungan di atas terdapat rata-rata error pada masing-masing *phasa* R = 3.92 %, *Phasa* S = 3.44 %, dan *Phasa* T = 3.11 %. Pengukuran sensor arus SCT-13-20A dibandingkan dengan tang ampere. Sedangkan analisis kerja prototype yang dianalisa yaitu sistem terjadi seimbang dan terjadi tidak seimbang pada rangkaian alat, sistem dapat melakukan deteksi arus pada masing-masing *phasa* R, S, dan T dan di tampilkan di LCD ketika rheostart digeser dari 6 Ω sampai 10 Ω yang terjadi yaitu arus pada sistem akan berubah mengikuti nilai rumus yang sudah ditentukan. Berikut percobaan pengujian sistem monitoring arus seimbang dan tidak seimbang :

Pada Tabel 8, 9, dan 10 yaitu pengujian menunjukkan bahwa sistem dalam keadaan seimbang

Tabel 8 Hasil pengujian beban 11 Ohm seimbang

| Phasa | Beban (Ω) | Alat monitoring (A) | Alat ukur (A) | Buzzer | Ket |
|-------|-----------|---------------------|---------------|--------|----------|
| R | 11.3 Ω | 1.70 | 1.7 | | Seimbang |
| S | 11.0 Ω | 1.75 | 1.8 | OFF | |
| T | 11.1 Ω | 1.79 | 1.8 | | |

Tabel 9 Hasil pengujian beban 8 Ohm seimbang

| Phasa | Beban (Ω) | Alat monitoring (A) | Alat ukur (A) | Buzzer | Ket |
|-------|-----------|---------------------|---------------|--------|----------|
| R | 8.1 Ω | 2.22 | 2.1 | | seimbang |
| S | 8.3 Ω | 2.39 | 2.3 | OFF | |
| T | 8.8 Ω | 2.00 | 2.0 | | |

Tabel 10 Hasil pengujian beban 6 Ohm seimbang

| Phasa | Beban (Ω) | Alat monitoring (A) | Alat ukur (A) | Buzzer | Ket |
|-------|-----------|---------------------|---------------|--------|----------|
| R | 6.2 Ω | 2.69 | 2.6 | | seimbang |
| S | 6.7 Ω | 2.73 | 2.6 | OFF | |
| T | 6.6 Ω | 2.45 | 2.4 | | |

Pada Tabel 11, 12, dan 13 yaitu pengujian menunjukkan bahwa sistem dalam keadaan tidak seimbang :

Tabel 11 Hasil pengujian beban tidak seimbang 1

| Phasa | Beban (Ω) | Alat monitoring (A) | Alat ukur (A) | Buzzer | Ket |
|-------|-----------|---------------------|---------------|--------|----------------|
| R | 10.1 Ω | 1.88 | 1.7 | | Tidak seimbang |
| S | 9.7 Ω | 1.85 | 1.7 | ON | |
| T | 6.6 Ω | 2.59 | 2.4 | | |

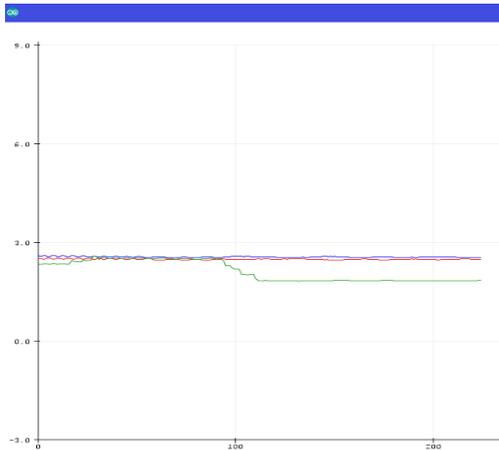
Tabel 12 Hasil pengujian beban tidak seimbang 2

| Phasa | Beban (Ω) | Alat monitoring (A) | Alat ukur (A) | Buzzer | Ket |
|-------|-----------|---------------------|---------------|--------|----------------|
| R | 8.3 Ω | 2.16 | 2.0 | | Tidak seimbang |
| S | 6.0 Ω | 3.11 | 3.0 | ON | |
| T | 8.2 Ω | 2.17 | 2.0 | | |

Tabel 13 Hasil pengujian beban tidak seimbang 3

| Phasa | Beban (Ω) | Alat monitoring (A) | Alat ukur (A) | Buzzer | Ket |
|-------|-----------|---------------------|---------------|--------|----------------|
| R | 9.6 Ω | 1.87 | 1.7 | | Tidak seimbang |
| S | 6.9 Ω | 3.06 | 3.0 | ON | |
| T | 6.1 Ω | 2.80 | 2.7 | | |

Berikut salah satu contoh grafik *serial plotter* dari program IDE :



Gambar 22 Grafik keadaan tidak seimbang

Pada Gambar 22 Menunjukkan salah satu hasil grafik yang tidak seimbang pada beban masing-masing *phasa* R= 8 Ω , S= 8 Ω , T= 10 Ω dan arus R= 2.57 A, S= 2.49, dan T= 1.83. Dalam analisis tidak seimbang maka *buzzer* akan berbunyi dan Indicator LED warna merah menyala “ON” yaitu dalam keadaan *Fault*. Diskripsinya yaitu Pada Nilai ampere yang akan terjadi tidak seimbang Nilai *setpoint* disetting 25 % diprogram IDE dari nilai arus pada masing-masing R, S, dan T (PUIL dan Jurnal Julios Santosa, 2009).

PENUTUP

Simpulan

Akurasi monitoring terhadap arus tidak seimbang 3 fasa memiliki rata-rata kesalahan hasil pengukuran yang relatife kecil dengan beban rhesotart maksimal 5 (A), yaitu pada arus rata- rata per phasa R = 3.92 %, phasa S = 3.44 %, dan Phasa T = 3.11 %, serta terjadi ketidakseimbangannya pada arus beban yaitu memberikan respon *Buzzer (Alarm)* dan LED akan menyala pada setiap fasa (R,S, dan T).

Saran

Sistem yang dibuat masih offline dan sistem juga hanya memakai sensor arus serta indikator arus saja. Selanjutnya alahkah baiknya sistem di buat online agar lebih efisien dan sedikit tambahan sensor tegangan, indikator tegangan dan juga indicator *cos q* sehingga data yang di hasilkan akan lebih akurat.

DAFTAR PUSTAKA

Bina, Tavakoli, 2011, “Three-Phase unbalanced of distribution systems: Complementary analysis and experimental case study”. Journal Faculty of Electrical Engineering, K.N Tossi University of Technologi. Vol.33 : hal. 817-826.

Hidson, Angga, 2016, “Monitoring Ketidakseimbangan Beban Tiga Fasa

Menggunakan Mikrokontroler dan SMS” Skripsi Teknik Elektro fakultas Teknik Universitas Lampung.

Jimenez, Alenjandra, 2012, “Unbalanced Three-Phase Power Flow Studies of Distribution System with Plug-in Electric Vehicles”. Journal Electrical Engineering Universidad Michocana de San Nicolas de Hidalgo Morelia, Mexico.

Julius Santosa, 2006, “Pengaruh Ketidakseimbangan Beban Terhadap Arus Netral dan Losses pada Trafo Distribusi”. Jurnal Ekuitas. Vol.6, No.1: hal. 68-73.

Kadir, Abdul, 2015. “Guide to learn about the various project based microntroller”. Yogyakarta, C.V Andi Offset.

Khakima, Nata, 2012, “Perancangan Prototipe Monitoring Parameter-parameter Transformator Daya Secara Online Berbasis Mikrokontoler”. Journal Teknik Elektro Fakultas Teknologi Industri Institut Teknologi Sepuluh November. Vol.1, No.1: hal. 1-6.

Persyaratan Umum Instalasi Listrik 2000 (PUIL 2000), Jakarta: Badan Standarisasi Nasional, 2000.

Suprianto, Sardjono, 2015, “Establishing the Treceability of DC Voltage Quantity in the Elektrical Metrology Laboratory of Research Center. KIM-LIPI. Journal of Metrology Society of India. DOI 10.1007/s12647-014-0125-x.

Suprianto, Ashari, 2008, “Unifrom Current Distribution Control Using Fuzzy Logic For Parrarel Connected Non Identic DC-DC Converters” Second International Convrence on Innofative Computing, Information and Control ICICIC 2007.

Suprianto, Ashari, 2011, “To Minimize Current Distribution Error (CDE) In Parallel of Non Identic DC-DC Converters Using Adaptive Neuro Fuzzy Inference System” Journal of Theoretical and Applied Information Technolog. ISSN : 1992-8545, E-ISSN : 1817-3195

Yusuf Yoekie, 2016, “Sistem Online Monitoring Besaran Listrik 3 fasa Berbasis Single Board Computer BCM 8235” Journal Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Lampung..