

Simulasi Sistem Kontrol Otomatis Rugi-Rugi Daya Listrik Beban Tidak Seimbang

Fanny J. Doringin¹, Ali A. S. Ramschie²

^{1,2} Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Manado, 0431-811568, 95252, Indonesia

Email: ¹ fannydoringin67@gmail.com, ² ali.a.s.ramschie@gmail.com

No. Hp: ¹ 0811432537

Abstrak

Konsumen listrik daya besar atau konsumen yang memiliki gardu distribusi sendiri seperti Hotel, Perkantoran, Pusat perbelanjaan, Industri, dll, penginstalasiannya tersambung dengan listrik 3 fasa yang meliputi fasa R, fasa S dan fasa T. Dalam perencanaan dan pemasangan instalasi listrik yang dilakukan oleh instalatir (Ahli kelistrikan), selalu mengacu pada rancangan beban yang tersambung di fasa R, S dan T yang diusahakan seimbang (sama besar). Akan tetapi pada pengoperasiannya (ON/OFF), beban listrik tidak dapat diatur keseimbangan bebannya pada setiap fasa, karena pengoperasian (ON/OFF) disesuaikan dengan kebutuhan dari peralatan listrik yang terpasang pada masing-masing fasa, sehingga terjadi beban tidak seimbang. Akibat beban tidak seimbang di setiap fasa dapat menyebabkan terjadinya rugi-rugi daya listrik. Rugi-rugi daya listrik akan semakin besar jika penambahan beban atau pengembangan instalasi listrik dilakukan tanpa memperhatikan rancangan awal pemasangan instalasi. Dalam penelitian ini dibuat suatu simulasi sistem kontrol yang secara otomatis akan meminimalisir terjadinya ketidakseimbangan beban antar fasa. Sistem kontrol akan bekerja secara otomatis untuk menyesuaikan beban antar fasa, dengan cara memindahkan beban yang terdeteksi besar di salah satu fasa ke fasa yang terdeteksi bebannya kecil, sampai terdeteksi bahwa beban pada fasa R, S dan T relative seimbang. Disamping itu sistem kontrol ini juga dapat mendeteksi apabila terjadi satu atau dua fasa yang hilang (OFF), dimana sistem akan memberikan informasi kepada pengguna berupa alarm, yang menunjukkan bahwa telah terjadi kehilangan fasa, agar supaya pengguna dapat melakukan tindakan pemadaman listrik secara keseluruhan untuk menghindari terjadinya rugi-rugi daya yang besar. Metode yang digunakan dalam pembuatan sistem adalah metode riset dan pengembangan, dengan tahapan-tahapan mencakup studi literatur, studi lapangan, untuk memperoleh data-data sehubungan dengan pembuatan sistem. Tahapan selanjutnya adalah perancangan perangkat keras dan perangkat lunak yang disimulasikan melalui program proteus. Tahap selanjutnya adalah melakukan uji coba kerja dari sistem kontrol berdasarkan algoritma sistem yang dibuat lewat simulasi program. Dari hasil pengujian yang dilakukan, saat terjadi ketidakseimbangan beban, sebagai contoh beban yang terdeteksi pada fasa R sebesar 2 ampere, pada fasa S sebesar 1.5 ampere dan pada fasa T sebesar 1 ampere, maka sistem secara otomatis akan memindahkan salah satu jalur kelistrikan dari fasa R ke salah satu jalur dari fasa T, sehingga kelebihan beban yang ada pada fasa R ditanggulangi oleh fasa T. Disamping itu saat terindikasi ada salah satu fasa yang hilang, maka sistem akan menginformasikan lewat indikator alarm dan tampilan di monitor LCD, bahwa ada fasa yang hilang.

Kata kunci—Simulasi, sistem kontrol, algoritma, Proteus.

Simulation of Automatic Control System for Electric Power Losses in Unbalanced Loads

Abstract

Large power consumers or consumers who have their own distribution substations such as hotels, offices, shopping centers, industries, etc. has the installation connected to 3 phase electricity which includes the R phase, S phase and T phase. The planning and installation of electrical installations carried out by the installer (electrical experts), always refers to the design of the load connected in the R, S and T phase which try to be balanced. However, in its operation (ON / OFF), the electrical load cannot be adjusted the balance to each phase, because its operation (ON / OFF) is adjusted to the needs of the electrical equipment installed in each phase, resulting in an unbalanced load. This unbalanced loads in each phase can cause electrical power losses. Electricity power losses will increase if additional loads or electrical installation development are carried out without referring to the initial design. This study is aim to simulate the control system which automatically minimizes the occurrences of imbalance in phase load. The control system will work automatically to adjust the load between phases, by moving the load that is detected to be larger in one phase to phase which detected to have small amount of load, until it is relatively balanced in the R, S and T phase. In addition, this control system can also detect if there is one or two phases that are lost (OFF), where the system will provide information to the user in the form of an alarm, which indicates that there has been a phase loss, so that the user can perform an overall off to the power deliberately, to avoid large power losses. The method used in making the system is a method of research and development, which hase stages including literature studies, field studies, to obtain data relating to the making of the system. The next stage is the design of simulated hardware and software through the Proteus program. The next step is to test the work of the control system based on the system algorithm made through program simulation. From the results of the tests carried out, when there is a load imbalance; for example the load detected in Phase R is 2 Amperes, in Phase S it is 1.5 Ampere and in Phase T is 1 Ampere, the system will automatically move one of the electrical lines from Phase R to one of the paths of Phase T, so that the overload occur in Phase R handled by Phase T. Other than that, in the insidence where there is an indication of a missing phase, the system will provide information on the alarm indicator and display it on the LCD monitor about the case.

Keywords—Simulation, control system, algorithms, proteus.

1. PENDAHULUAN

Beban tidak seimbang di fasa R, S dan T akan membuat adanya arus yang mengalir dititik netral. Semakin besar ketidakseimbangan beban antar fasa, akan menyebabkan semakin besarnya arus yang mengalir pada titik netral. Hal ini membuat ada daya listrik yang terbuang sia-sia atau terjadi rugi-rugi daya. Selain rugi-rugi daya, beban tidak seimbang ini juga akan menyebabkan penyaluran daya oleh transformator menjadi kurang maksimal.

Untuk meminimalisir terjadinya rugi-rugi daya listrik yang diakibatkan oleh ketidakseimbangan beban pada fasa R, S dan T, maka perlu dibuat suatu sistem kontrol yang dapat menyeimbangkan beban secara otomatis. Dimana proses penyeimbangan beban dilakukan dengan cara mendeteksi besarnya

konsumsi arus listrik yang ada pada fasa R, S dan T melalui sensor arus. Jika terdeteksi bahwa terjadi ketidakseimbangan beban, maka sistem secara otomatis akan menyeimbangkannya dengan cara memindahkan sebagian beban dari fasa yang terdeteksi konsumsi arusnya besar ke bagian fasa yang terdeteksi konsumsi arusnya kecil.

Sistem yang terpadu dalam pembuatan sistem kontrol rugi-rugi daya beban tidak seimbang menggunakan kontroler *Arduino Uno* yang berfungsi sebagai pengatur kerja keseluruhan sistem [1][2], sensor arus yang berfungsi sebagai pendeteksi perubahan arus beban [3], sensor tegangan yang berfungsi untuk mendeteksi kehilangan fasa [4], Algoritma program (*flowchart*) yang berfungsi untuk langkah-langkah yang akan dilakukan dalam pembuatan program dan pemodelan sistem [5][6].

Untuk menjalankan sistem, dibutuhkan program yang ditanamkan kedalam mikrokontroler *Arduino Uno*, dimana perangkat lunak yang digunakan untuk pembuatan program adalah *Arduino IDE*, dengan mengacu pada diagram alir (*flowchart*) yang dibuat [7].

2. METODE PENELITIAN

Dalam menghasilkan suatu model sistem otomatis rugi-rugi daya tidak seimbang, maka dilakukan proses perancangan sistem yang meliputi perancangan model sistem sebagai gambaran dari sistem yang akan dibuat, perancangan perangkat keras berupa blok diagram sistem yang bertujuan untuk mendeskripsikan hubungan antar komponen kontrol yang saling terintegrasi sehingga membentuk suatu kesatuan sistem, perancangan perangkat lunak dalam bentuk diagram alir yang bertujuan untuk mendeskripsikan alur kerja program yang dibutuhkan sistem kontrol dalam proses penyeimbangan beban, dan pembuatan sistem melalui program simulasi *proteus* berdasarkan hasil perancangan perangkat keras, serta pembuatan perangkat lunak berdasarkan algoritma program yang dihasilkan pada bagian perancangan perangkat lunak.

2.1. Perancangan Model Sistem

Perancangan model sistem bertujuan untuk menggambarkan serta menentukan komponen-komponen yang mendukung kerja dari sistem kontrol otomatis rugi-rugi daya listrik beban tidak seimbang di fasa R, S, T.

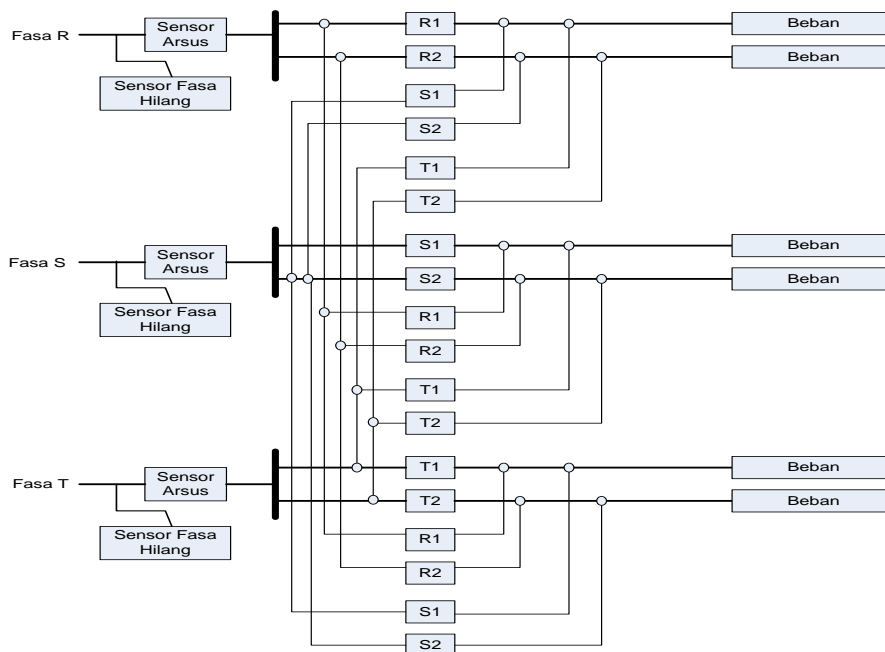
Model sistem diperlihatkan pada Gambar 1, dengan deskripsi kerja sebagai berikut:

1. Sensor arus, berfungsi sebagai pendeteksi perubahan arus beban pada jaringan 3 fasa
2. Sensor pendeteksi fasa hilang, berfungsi untuk mendeteksi kehilangan fasa dari sistem 3 fasa.
3. Kontroler *arduino uno*, yang berfungsi sebagai media pengontrol dalam proses penyeimbangan beban, menggunakan 2 buah kontroler yang berfungsi sebagai *master slave*.

4. *Relay*, berfungsi sebagai pemutus dan penyambung catu daya kelistrikan ke beban.

Adapun prinsip kerja dari Gambar 1 adalah sebagai berikut:

Sensor arus akan mendeteksi perubahan arus antar fasa (Fasa R, S dan T). Jika terdeteksi bahwa terjadi ketidakseimbangan beban, maka sistem akan melakukan proses penyeimbangan beban secara otomatis, dengan cara memutuskan salah satu beban dari fasa yang terdeteksi bebannya besar, dan menggantikannya dengan salah satu jalur dari fasa yang terdeteksi bebannya kecil. Proses penyeimbangan beban akan berlangsung sampai terdeteksi bahwa beban antar fasa telah seimbang



Gambar 1. Model sistem

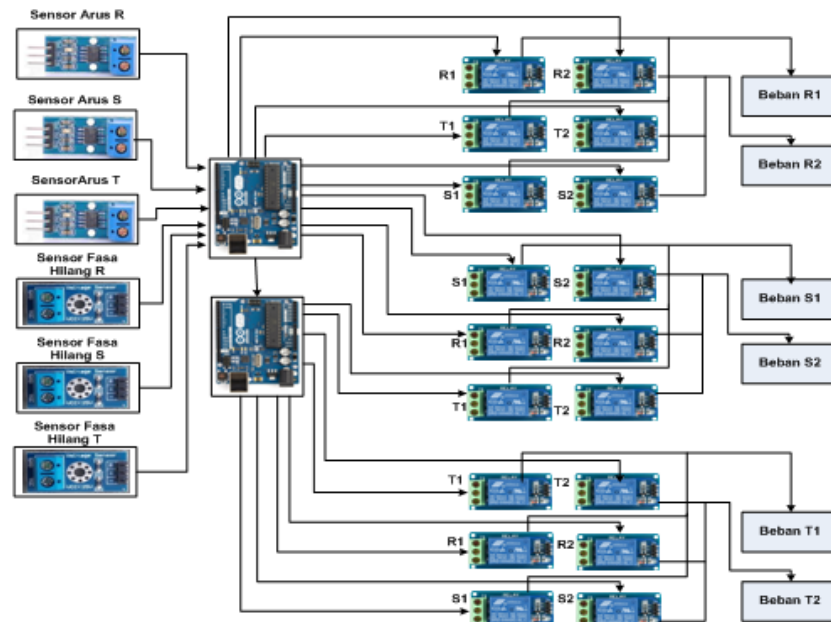
2.2. Perancangan Perangkat keras

Perancangan perangkat keras dibuat dalam bentuk blok diagram yang menggambarkan hubungan antara *input/output* dengan kontroler *arduino uno* guna proses penyeimbangan beban antar fasa. Perancangan perangkat keras berupa blok diagram diperlihatkan pada Gambar 2, dengan deskripsi sebagai berikut:

1. Kontroler, berfungsi sebagai pengontrol kerja dari keseluruhan sistem, dengan menggunakan 2 buah kontroler *arduino uno* yang difungsikan sebagai *master* dan *slave*.
2. Sensor arus *acs712*, berfungsi untuk mendeteksi perubahan arus dari masing-masing fasa dari ketiga fasa R, S dan fasa T, dimana data dari ketiga sensor arus tersebut diinputkan ke kontroler untuk diolah datanya.
3. Sensor fasa hilang, berfungsi sebagai pendeteksi jika terjadi kehilangan fasa dari salah satu fasa R, S dan fasa T. Keluaran dari sensor fasa hilang dihubungkan ke mikrokontroler, kemudian

mikrokontroler akan mengolah datanya untuk mengeksekusi jika terjadi kehilangan fasa.

4. *Relay*, berfungsi sebagai saklar, dimana prinsip kerja *relay* pada sistem ini adalah sebagai pemutus dan penghubung *supply* kelistrikan ke beban, dimana bila terjadi ketidakseimbangan beban, maka secara otomatis kontroler akan mengatur perpindahan *relay* untuk proses penyeimbangan beban.



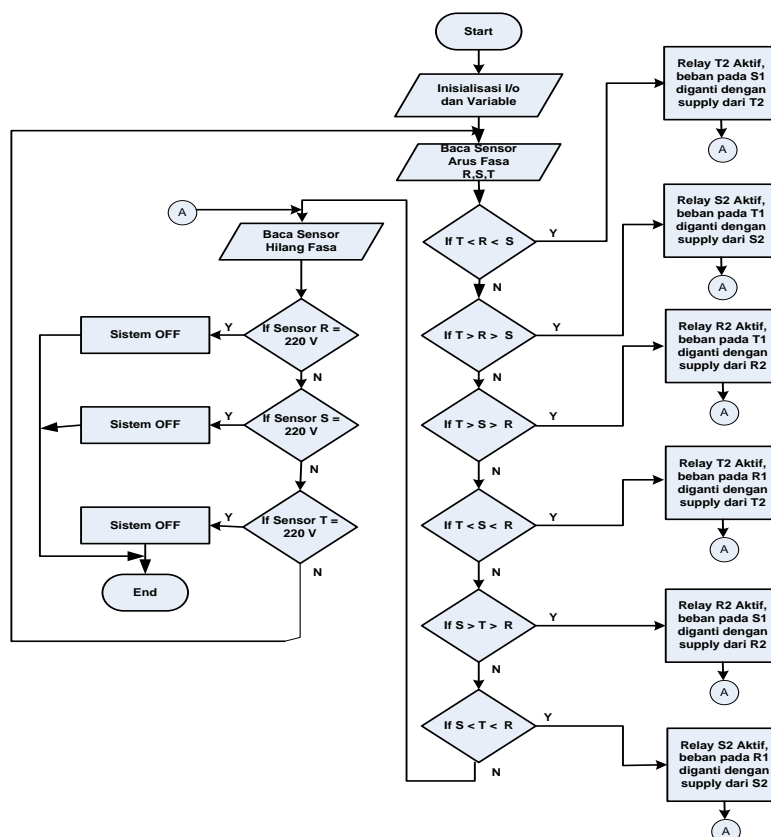
Gambar 2. Blok diagram sistem

2.3. Perancangan Perangkat Lunak

Perancangan perangkat lunak berupa algoritma program bertujuan untuk mendeskripsikan langkah-langkah atau alur kerja program yang akan dibuat untuk kebutuhan sistem kontrol. Algoritma program diperlihatkan pada Gambar 3, dengan alur kerja sebagai berikut:

1. Inisialisasi *I/O* dan variabel merupakan bagian program untuk mendeklarasikan variabel-variabel *input/output* dan variabel-variabel yang nantinya akan dipergunakan dalam program, baik sebagai penyimpan data ataupun untuk keperluan pengolahan data.
2. Membaca data sensor arus untuk fasa R, S dan Fasa T
3. Langkah selanjutnya adalah membandingkan besarnya arus untuk Fasa R, fasa S dan Fasa T. jika besarnya arus pada fasa R lebih besar dari besarnya arus pada fasa T, dan besarnya arus pada fasa R lebih kecil dari besarnya arus pada fasa S, maka *relay* T2 akan aktif untuk menggantikan beban pada jalur S1.
4. Jika besarnya arus pada fasa R lebih kecil dari besarnya arus pada fasa T, dan besarnya arus pada fasa R lebih besar dari besarnya arus pada fasa S, maka *relay* S2 akan aktif untuk menggantikan beban pada jalur T1.

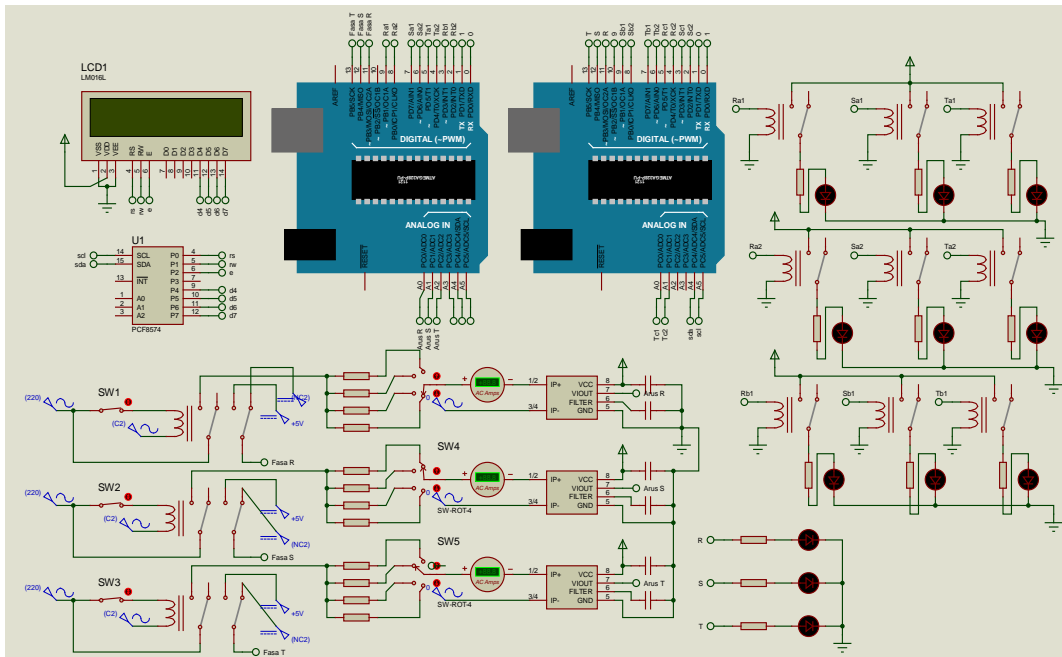
5. Jika besarnya arus pada fasa S lebih kecil dari besarnya arus pada fasa T, dan besarnya arus pada fasa S lebih besar dari besarnya arus pada fasa R, maka Relay R2 akan aktif untuk menggantikan beban pada jalur T1.
6. Jika besarnya arus pada fasa S lebih besar dari besarnya arus pada fasa T, dan besarnya arus pada fasa S lebih kecil dari besarnya arus pada fasa R, maka relay T2 akan aktif untuk menggantikan beban pada jalur R1.
7. Jika besarnya arus pada fasa T lebih kecil dari besarnya arus pada fasa S, dan besarnya arus pada fasa T lebih besar dari besarnya arus pada fasa R, maka relay R2 akan aktif untuk menggantikan beban pada jalur S1.
8. Jika besarnya arus pada fasa T lebih besar dari besarnya arus pada fasa S, dan besarnya arus pada fasa T lebih kecil dari besarnya arus pada fasa R, maka relay S2 akan aktif untuk menggantikan beban pada jalur R1.
9. Langkah selanjutnya adalah membaca kehilangan salah satu fasa dari ketiga fasa R, S dan fasa T melalui sensor pendeteksi fasa hilang. Jika tidak ditemukan kehilangan salah satu fasa, maka sistem akan beroperasi terus menerus untuk menyeimbangkan beban. Jika salah satu fasa terdeteksi terjadi kehilangan fasa (tidak ada tegangan, maka sistem secara otomatis akan menonaktifkan kerja dari keseluruhan sistem agar tidak terjadi kerusakan terhadap peralatan-peralatan listrik yang membutuhkan *supply* 3 fasa.



Gambar 3. Algoritma program

2.4. Pembuatan Simulasi Sistem

Simulasi sistem dibuat dengan menggunakan program simulasi *proteus*, dengan mengatur komponen-komponen penunjang sistem kontrol sesuai dengan fungsi dan kebutuhannya dalam sistem dan menghubungkannya dengan kontroler *arduino uno*, sehingga membentuk suatu kesatuan sistem kontrol yang terintegrasi. Pembuatan simulasi sistem kontrol diperlihatkan pada Gambar 4.



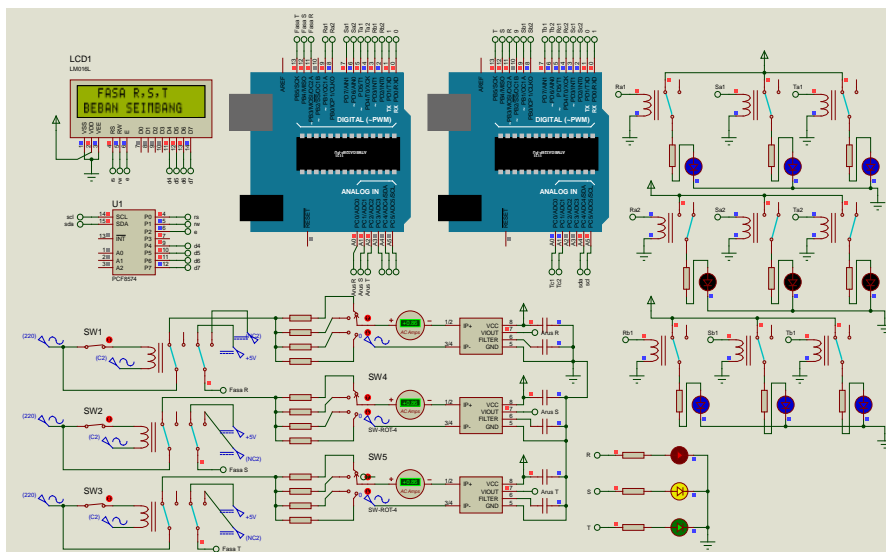
Gambar 4. Pembuatan simulasi sistem kontrol dengan *proteus*

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil yang dicapai berdasarkan pengujian simulasi sistem dengan tahapan-tahapan pengujian yang dilakukan sebagai berikut:

3.1. Pengujian Saat Fasa R, S dan T dalam keadaan seimbang

Saat beban terdeteksi dalam keadaan seimbang, dimana besarnya konsumsi arus listrik yang terdeteksi melalui sensor arus dari masing-masing fasa, baik fasa R, fasa S dan Fasa T sama besar ataupun ada selisih dalam batas toleransi, maka sistem akan menjaga atau mempertahankan operasi kerja dari *relay-relay* yang berfungsi sebagai *ON/OFF* dari tiap-tiap jalur ke beban. Informasi yang menunjukkan bahwa beban dalam keadaan seimbang ditampilkan melalui *LCD display*. Hasil pengujian saat sistem dalam keadaan seimbang diperlihatkan pada Gambar 5.

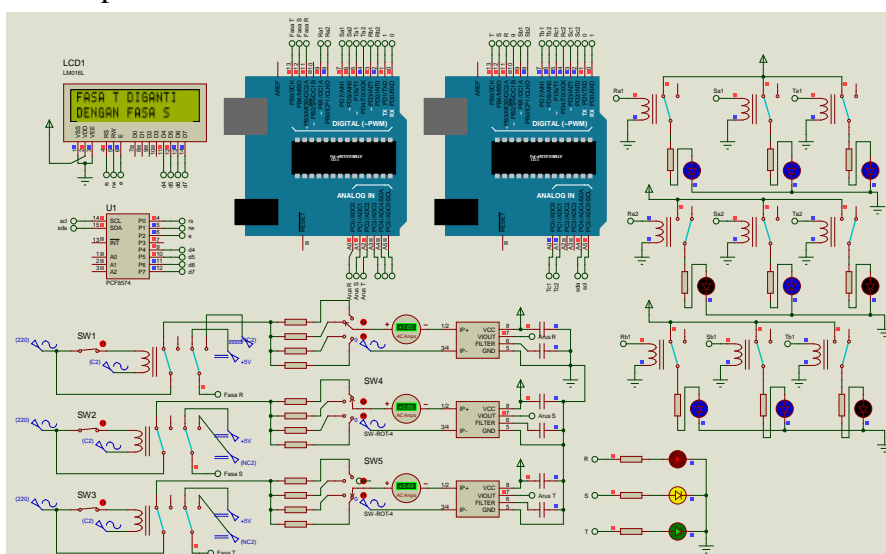


Gambar 5. Pengujian saat beban seimbang

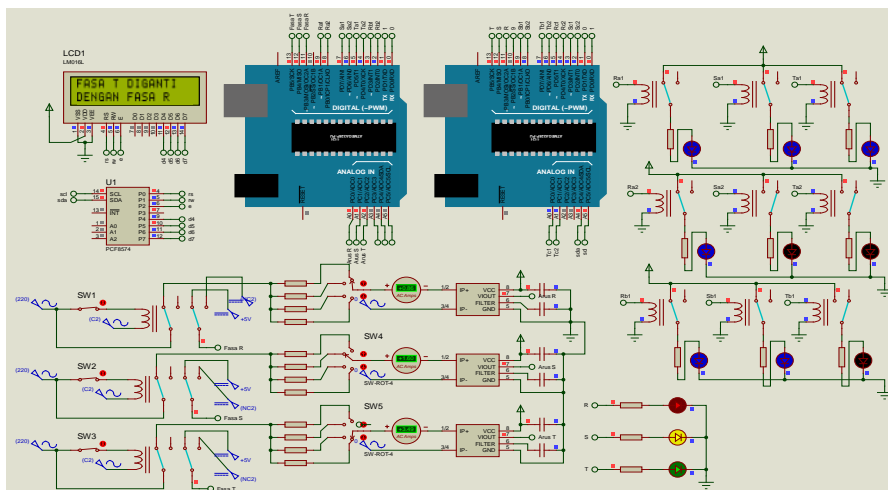
3.2. Pengujian Saat Terjadi Ketidakseimbangan Beban

Saat sistem mendeteksi bahwa terjadi ketidakseimbangan beban, maka sistem akan memutus salah satu jalur yang terhubung ke beban dari fasa yang terdeteksi bebannya paling besar, dan menggantikannya dengan jalur yang terhubung ke beban yang terdeteksi bebannya paling kecil.

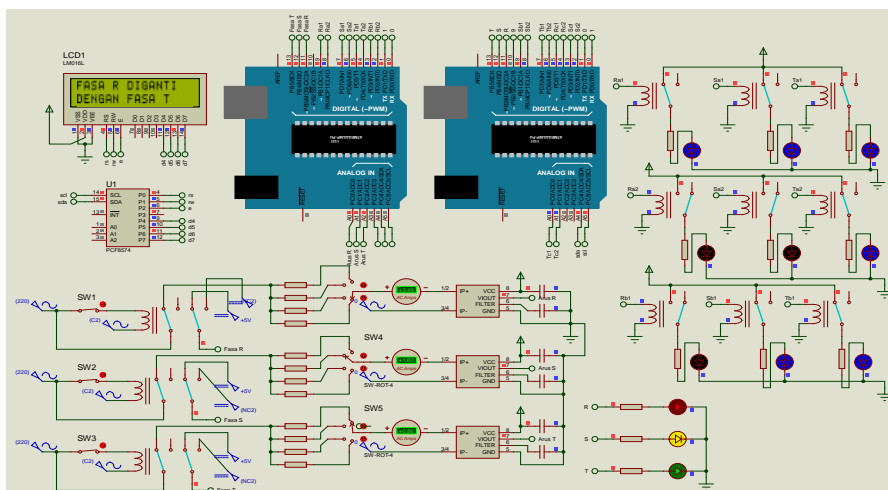
Jika terdeteksi bahwa fasa $T > R > S$, maka sistem secara otomatis akan memutus salah satu jalur ke beban dari fasa S dan menggantikannya dengan salah satu jalur ke beban dari fasa T, pengujianya seperti yang diperlihatkan pada Gambar 6. Untuk pengujian saat fasa $T > S > R$ diperlihatkan pada Gambar 7; pengujian untuk fasa $T < S < R$ diperlihatkan pada Gambar 8; pengujian untuk fasa $T < R < S$ diperlihatkan pada Gambar 9; pengujian untuk fasa $S > T > R$ diperlihatkan pada Gambar 10.



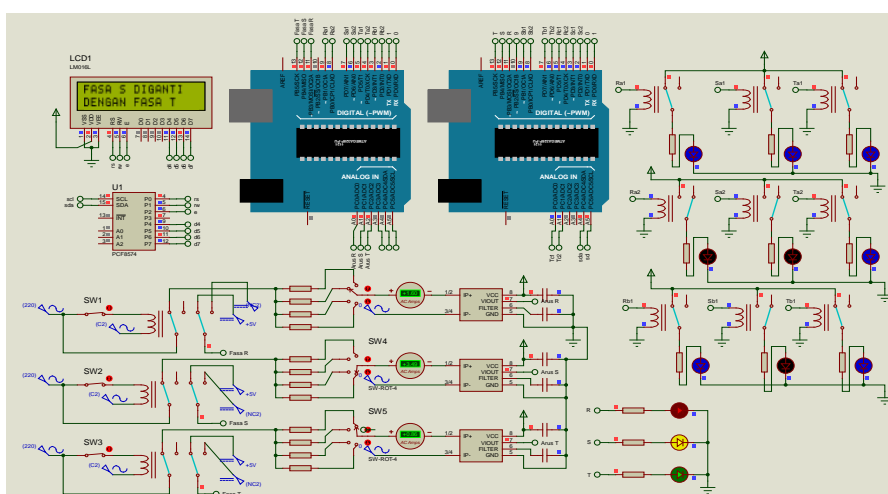
Gambar 6. Pengujian saat fasa $T > R > S$.



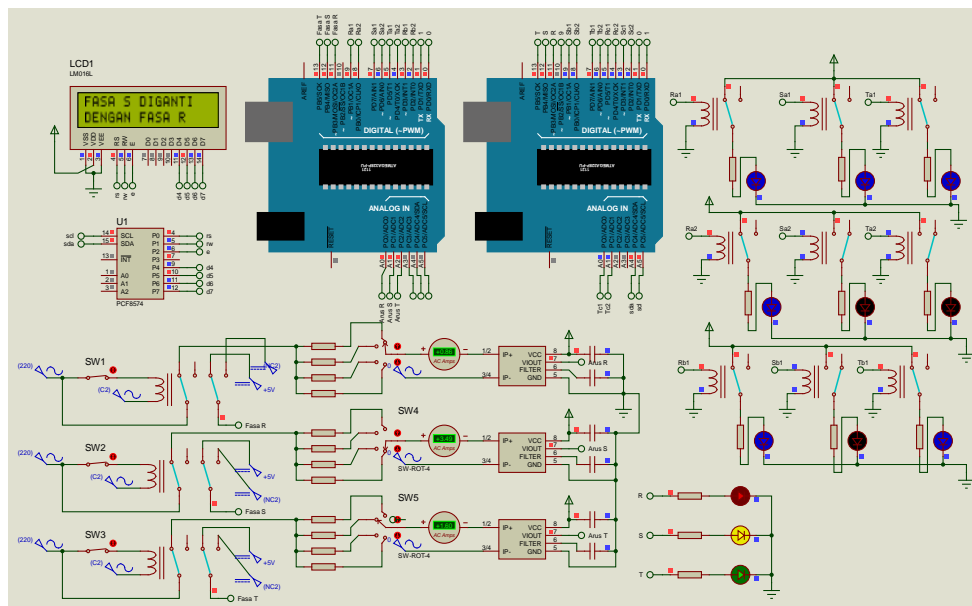
Gambar 7. Pengujian saat fasa T > S > R.



Gambar 8. Pengujian saat fasa T < S < R.



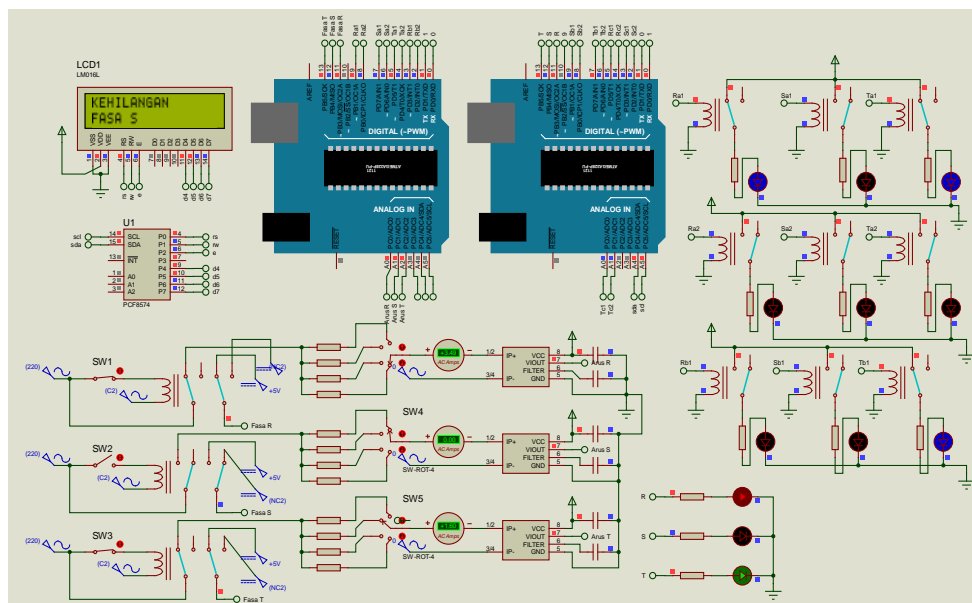
Gambar 9. Pengujian saat fasa T < R < S.



Gambar 10. Pengujian saat fasa S > T > R

3.3. Pengujian Saat Terjadi Kehilangan Fasa

Saat sistem mendeteksi bahwa telah terjadi kehilangan fasa, maka sistem akan menginformasikannya melalui *lcd display* dan indikator *led* yang padam pada jalur yang terdeteksi fasanya hilang. Seperti contoh saat sistem mendeteksi bahwa telah terjadi kehilangan fasa pada fasa S, maka sistem akan menginformasikan melalui *lcd display* bahwa telah terjadi kehilangan fasa pada fasa S dan indikator *led* yang terhubung dengan fasa S akan padam. Pengujian saat terjadi kehilangan fasa diperlihatkan pada Gambar 11.



Gambar 11. Pengujian saat terjadi kehilangan salah satu fasa

4. KESIMPULAN

Dari hasil pengujian yang dilakukan, maka didapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Algoritma sistem yang dihasilkan ternyata dapat diimplementasikan ke sistem kontrol otomatis rugi-rugi daya listrik beban tidak seimbang, sehingga dapat meminimalis terjadinya rugi-rugi yang diakibatkan karena ketidakseimbangan beban.
2. Model sistem yang dihasilkan ternyata dapat mendeteksi saat terjadi kehilangan fasa dari beban tiga fasa R, S dan T, dimana saat terjadi kehilangan salah satu fasa, misalkan terjadi kehilangan fasa R, maka sistem akan memberikan informasi melalui *alarm* yang diindikasikan melalui lampu *led*, dan informasi juga akan ditampilkan melalui monitor *lcd* perihal kehilangan fasa R tersebut.
3. Model sistem yang dihasilkan dapat mengatur keseimbangan beban tiga fasa, dengan cara mendeteksi besarnya konsumsi arus listrik dari tiap-tiap fasa dan membandingkannya. Seperti contoh saat terdeteksi bahwa besarnya konsumsi arus listrik dari fasa R lebih besar dari fasa S, dan besarnya arus fasa S lebih besar dari fasa T, maka sistem secara otomatis akan memutus jalur ke salah satu beban dari fasa R, kemudian menggantikannya dengan jalur dari fasa T.

5. SARAN

Untuk mendapatkan hasil yang optimal, maka pengembangan yang keberlanjutan dari penelitian ini sangat diharapkan agar dapat menghasilkan suatu sistem kontrol yang dapat diimplementasikan di lapangan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Politeknik Negeri Manado yang telah membiayai penelitian ini hingga dapat terlaksana dengan baik.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Smith, A.G., *Introduction to Arduino*. 2011.
- [2] Sujadi, M.T., *Teori dan Aplikasi Mikrokontroler*, ed. 1. Yogyakarta: Graha Ilmu, 2005.
- [3] Allegro MicroSystem Inc., Datasheet ACS712. 2017.
- [4] Fitriandi, A., Komalasari, E. dan Gusmedi, H., Rancang Bangun Alat Monitoring Arus dan Tegangan Berbasis Mikrokontroler dengan SMS Gateway, *Jurnal Rekayasa dan Teknologi Elektro*, vol. 10, no. 2, hal. 87–98, 2016.
- [5] Ramschie, A.A.S., Makal, J.F. dan Ponggawa, V.V., Method of Freon Leak Detection and Dirty Air Filter in Air Conditioning for Electrical Savings, *International Journal of Computer Applications*, vol. 172, no. 1, hal. 35–40, 2017.

- [6] Ramschie, A.A.S., Makal, J.F. dan Ponggawa, V.V., Algorithms Air Conditioning Air Filter Detection System for Electric Energy Savings, *International Journal of Computer Applications*, vol. 156, no. 8, hal. 29–34, 2016.
- [7] Syahwil, M., *Panduan Mudah Simulasi dan Praktek Mikrokontroler Arduino*. Andi, 2013.