PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT PROTEKSI TERHADAP GANGGUAN TEGANGAN LEBIH BERBASIS MIKROKONTROLER

Riza Agung Firmansyah[1)], Titiek Suheta[2)], Krisna Sutopo[3)]
Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri,Institut Teknologi Adhi Tama SurabayaJalan Arief Rachman Hakim, No.100 Surabaya 60117
rizaagungf@itats.ac.id [1)], ekohita@gmail.com [2)], cak_krisna@yahoo.co.id [3)]

ABSTRACT

Home 1300 VA electrical installation is a simple installation that use voltage 220 volt 1 phase. The voltage tolerance of PLN service from increase or decrease working voltage is +5% and -10%. But the actual voltage sometimes exceed or less than the limit of working voltage. That will cause directly damage to the costumer's equipment. There is no over voltage protection equipment for low voltage network costumer. So the purpose of this research is to design a equipment for overvoltage protection on the 1300 VA home installation. The equipment used to detect the over voltage on the 1 phase voltage system. Working voltage's read using non CT 1A transformer. Output from transformer processed using signal conditioning circiut to generate a digital output. The digital output used to microcontroller input. The microcontroller will decide whether normal voltage or over voltage. When over voltage detected, microcontroller cut the load contactor so the load equipment safe from over voltage interference. The result of this research is system capable to cut the load connection if detect the voltage over 242 volt more than 5 second.

Keywords : *over voltage protection, 1300 VA home installation, microcontroller.*

ABSTRAK

Pada instalasi kelistrikan rumah daya 1300 VA merupakan instalasi sederhana yang menggunakan tegangan 1 phasa 220 Volt. Toleransi tegangan pelayanan PLN terhadap kenaikkan dan penurunnan tegangan adalah +5% dan -10% dari tegangan kerja. Namun ada kalanya tegangan yang sampai di titik pemakaian pelanggan melebihi ataupun juga kurang dari batas tegangan pelayanan tersebut. Sehingga akan mengakibatkan kerusakan langsung pada peralatan yang dimiliki oleh pelanggan. Bagi pelanggan Jaringan Tegangan Rendah, belum ada alat proteksi untuk mengatasi gangguan tersebut. Sehingga tujuan penelitian ini adalah merancang alat proteksi untuk tegangan lebih pada instalasi rumah daya 1300 VA. Alat tersebut digunakan untuk mendeteksi tegangan lebih pada sistem tegangan 1 phasa. Tegangan kerja dibaca menggunakan transformator non CT 1A. Keluaran transformator diolah menggunakan pengkondisi sinyal untuk menghasilkan output digital. Output digital ini dijadikan masukan mikrokontroler. Mikrokontroler akan memutuskan apakah tegangan normal atau lebih. Saat tegangan lebih terdeteksi, mikrokontroler memutus kontaktor beban sehingga beban peralatan aman dari gangguan tegangan lebih. Hasil penelitian ini adalah sistem mampu memutus koneksi beban jika mendeteksi tegangan diatas 242 volt selama lebih dari 5 detik.

Kata kunci : Proteksi Tegangan Lebih, Instalasi Rumah Tangga Daya 1300 VA, Mikrokontroler.

PENDAHULUAN

Gangguan tegangan lebih (*over voltage*) adalah gangguan sistem yang sering kali terjadi pada sistem jaringan tegangan rendah. Gangguan tegangan lebih bisa diakibatkan oleh petir [1], putusnya kabel netral trafo tabung pada gardu distribusi, kesalahan wiring kabel sekunder trafo setelah pemeliharaan , kesalahan pengaturan pada tap trafo ataupun *short circuit* pada kabel fase dengan netral [2].

Ketika terjadi gangguan tegangan lebih maka tegangan yang mengalir pada jala – jala PLN sampai dengan titik pemakaian pelanggan menjadi naik. Kenaikkan tegangan tersebut dapat menyebabkan kerusakan isolasi pada konduktor, hal itu dapat memicu terjadinya kabel terbakar dan mengakibatkan gangguan sistem secara meluas. Selain itu gangguan tegangan lebih dapat mengakibatkan kerusakkan pada peralatan yang terpasang di pelanggan.

Hingga saat ini belum ada peralatan proteksi yang terpasang di rumah – rumah pelanggan yang bisa mencegah kerusakan peralatan saat terjadi gangguan tegangan lebih. mengakibatkan

kerusakan langsung pada peralatan yang dimiliki oleh pelanggan. Bagi pelanggan jaringan tegangan rendah, belum ada alat proteksi untuk mengatasi gangguan tersebut. Sehingga dirancang alat proteksi untuk tegangan lebih pada instalasi rumah daya 1300 VA.

Sebagai evaluasi dari permasalahan di atas, maka dalam penelitian ini dirancanglah peralatan proteksi berbasis mikrokontroler yang dapat mendeteksi dan mengamankan peralatan dari gangguan tegangan lebih (*over voltage*). Saat mikrokontroler mendeteksi tegangan melebihi tegangan normal dan melebihi batas waktu yang ditentukan, maka akan memerintahkan rangkaian pemutus untuk memutus daya yang mengalir pada rangkaian beban.

DASAR TEORI

Sistem Distribusi Tenaga Listrik

Menurut [3], Sistem distribusi tenaga listrik adalah suatu sistem yang didesain dan dibangun untuk memasok daya listrik bagi sekelompok beban, dan hal tersebut merupakan suatu sistem yang cukup kompleks, dimulai dari instalasi sumber / *source* sampai instalasi beban/*load*) atau antara pusat pembangkit sampai dengan pusat pemakaian (kWh meter pelanggan). Dalam menyalurkan tenaga listrik ke pusat beban, suatu sistem distribusi harus disesuaikan dengan kondisi setempat dengan memperhatikan faktor beban, lokasi beban, perkembangan dimasa mendatang, keandalan serta nilai ekonomisnya.

Jaringan distribusi sekunder atau jaringan distribusi tegangan rendah merupakan jaringan tenaga listrik yang langsung berhubungan dengan konsumen. Oleh karena itu besarnya tegangan untuk jaringan distribusi sekunder ini adalah 220/380 V. Menurut Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia no 4 (2009), dalam Bab Aturan Penyambungan dijelaskan bahwa batasan titik sambung meliputi sambungan konsumen 400/230 V, 20 kV, tegangan tinggi, dan PSD. Semua titik sambung mengikuti persyaratan teknik sistem distribusi antara lain frekuensi nominal sistem adalah 50 Hz dan frekuensi normal mempunyai rentang antara 49,3 Hz sampaidengan 50,5 Hz. Tegangan sistem distribusi harus dijaga pada batas-batas kondisi normal yaitu maksimal +5% dan minimal -10%dari tegangan nominal [4].

Gangguan Tegangan Lebih

Over voltage atau tegangan lebih adalah suatu gejala peningkatan nilai tegangan rms bolak-balik sebesar lebih dari 110 persen pada frekuensi daya untuk waktu lebih dari 1 menit [1]. *Over voltage*s biasanya akibat operasi pensaklaran beban (misalnya, *switching* dari sebuah beban besar atau kapasitor bank). *Over voltage* dapat dihasilkan oleh terlalu lemahnya pengaturan tegangan yang dikehendaki terhadap sistem tenaga listrik tersebut atau kendali terhadap tegangan tidak memadai. Kesalahan pengaturan pada tap *transformer* juga dapat mengakibatkan tegangan lebih atau *over voltage* pada sistem tenaga listrik.

Peralatan Proteksi Kelistrikan

Menurut [5], Sistem proteksi, merupakan salah satu hal yang paling vital di dunia ketenagalistrikan. Sistem proteksi diguanakan untuk menjaga kontinuitas penyaluran tenaga listrik serta mengamankan baik peralatan jaringan listrik maupun beban listrik atau konsumen akibat adanya gangguan. Sistem proteksi pembangkit ataupun transmisi harus bekerja sesuai syaratnya diantaranya cepat bereaksi jika terjadi gangguan, selektif, peka/sensitif terhadap gangguan, andal/reliability, stabilitas dan ekonomis [6]. Jika syarat tersebut tidak terpenuhi, maka akan mempengaruhi kinerja. Keandalan dan kemampuan suatu sistem tenaga listrik dalam melayani konsumen sangat tergantung pada sistem proteksi yang digunakan. Oleh sebab itu dalam perancangan suatu sistem tenaga listrik, perlu dipertimbangkan kondisi kondisi gangguan yang mungkin terjadi pada system tenaga tersebut [7].

Mikrokontroler ATMega 8

Mikrokontroler merupakan bentuk sederhana dari sebuah sistem komputer yang dikemas di dalam sebuah chip, di dalam mikrokontroler sudah terdapat beberapa sistem yang mendukung

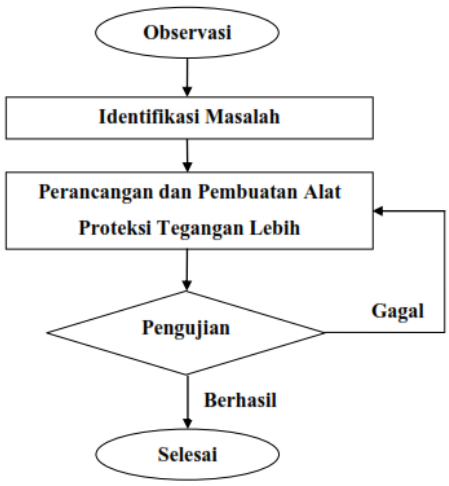
mikroprosessor dapat bekerja yang meliputi mikroprosesor itu sendiri, ROM, RAM, I/O dan clock seperti halnya yang dimiliki oleh sebuah komputer PC [8].

Transformator

Transformator adalah suatu alat listrik yang dapat memindahkan dan mengubah energi listrik dari satu atau lebih rangkaian listrik ke rangkaian listrik yang lain melalui suatu gandengan magnet dan berdasarkan prinsip induksi elektromagnet [9]. Jika transformator diberi energi tegangan tertentu dan mengubahnya menjadi tegangan yang lebih rendah, ia disebut transformator penurun (step down) dan sebaliknya. Berdasarkan prisnip tersebut maka transformator dapat digunakan sebagai sensor untuk mengukur tegangan jala-jala.

METODE

Untuk melakukan pemecahan masalah yang berkaitan dengan gangguan tegangan lebih (*over voltage*) dilakukan langkah – langkah yang terlihat seperti pada Gambar 1. Langkah pertama adalah melakukan pengamatan langsung ke lapangan (observasi). Pengamatan dilakukan di area PT.PLN (Persero) Rayon Dukuh Kupang. Proses ini dilakukan untuk melihat, mengetahui dan mendapatkan informai tentang gangguan lebih. Selain itu juga mempelajari faktor-faktor penyebab tegangan lebih dan dampak yang ditimbulkan. Pengamatan secara tidak langsung juga dilakukan dengan cara mempelajari data-data atau laporan internal perusahaan.



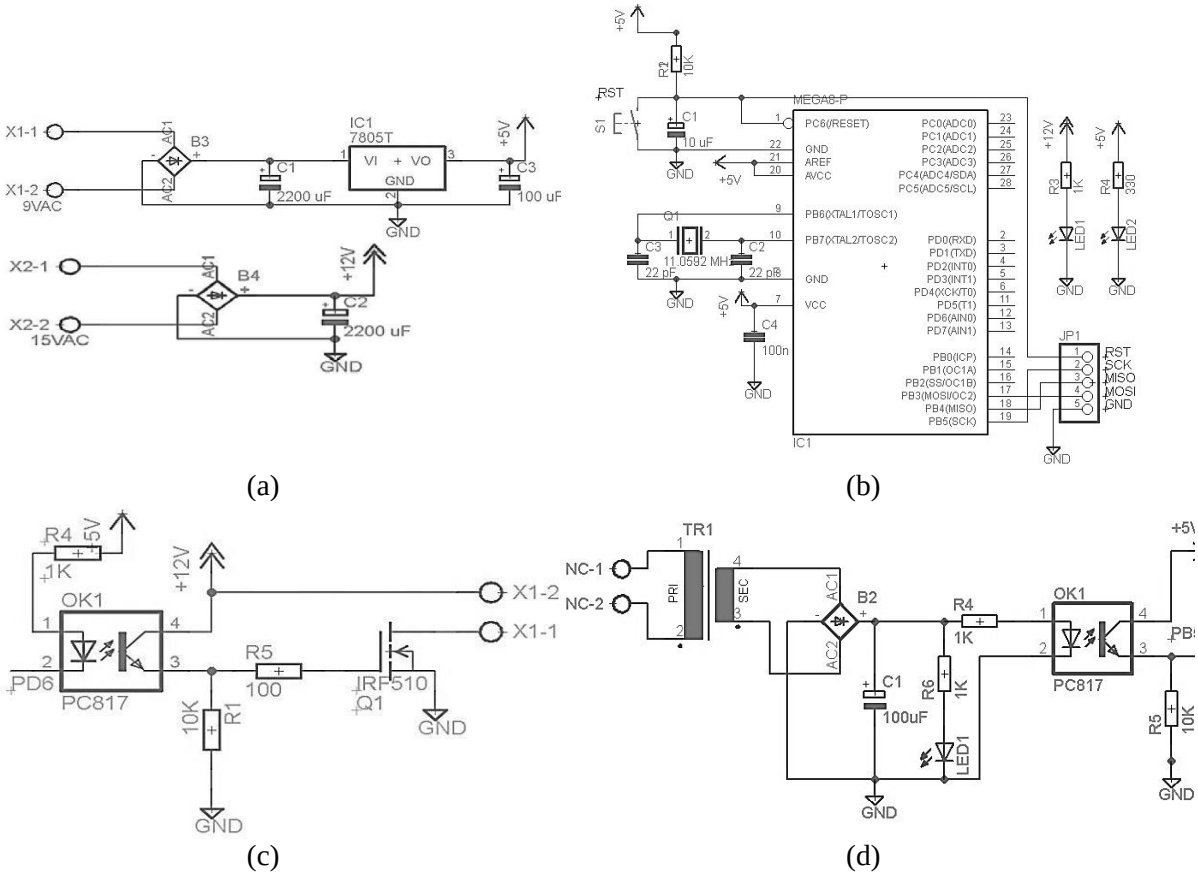
Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

Langkah berikutnya adalah identifikasi masalah. Agar dapat menghindari kerusakan peralatan akibat gangguan tegangan lebih (*over voltage*) pada instalasi rumah berdaya 1300 VA, maka haruslah dilakukan identifikasi dan menganalisa kondisi sistem proteksi yang terpasang saat ini. Permasalahan yang terjadi adalah belum adanya alat proteksi yang bisa melindungi masyarakat dari gangguan tegangan lebih. Alat proteksi yang selama ini terpasang di pelanggan adalah alat proteksi arus lebih yaitu sekering pelanggan. Pada saat kejadian diketahui tegangan pada jalur kabel yang terganggu mencapai 400 volt.

Setelah permasalahan telah teridentifikasi, maka langkah selanjutnya adalah mendesain alat yang mampu mendeteksi tegangan lebih dan mampu memutus beban. Desain meliputi desain *hardware* dan *software*. *Hardware* yang didesain terdiri dari beberapa komponen antara lain *power supply*, rangkaian mikrokontroler atmega8, rangkaian *solid state relay*, dan rangkaian sensor tegangan.

Rangkaian *Power supply* berfungsi sebagai catu daya rangkaian mikrokontroler, dan rangkaian *solid state relay* sebesar +5 Volt, dan +7 Volt. Sebagai masukan tegangan AC dapat digunakan trafo 1A jenis non CT dengan tegangan maksimum keluaran 15-18 VAC. Sebagai regulator digunakan IC 7805 untuk menghasilkan tegangan *output* sebesar 5V dengan maksimum arus keluaran ± 1A. Sedangkan *power supply* untuk relay menggunakan trafo non CT dan dioda bridge

sebagai penyearah tanpa IC regulator. Hal ini dikarenakan tegangan *output* dari *power supply* antara 13-14 Volt, sedangkan range kerja relay antara 7-18 Volt.

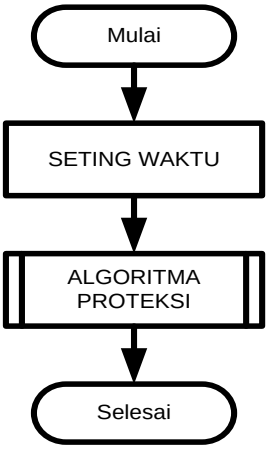


Gambar 2. Rangkaian sistem proteksi tegangan lebih
(a) Rangkaian *Power supply*, (b) Rangkaian Mikrokontroler ATMega 8,
(c) Rangkaian *Driver* SSR BTA 12, (d) Rangkaian Sensor Tegangan.

Rangkaian mikrokontroler ini dihubungkan dengan rangkaian lain untuk menjalankan fungsi tertentu. Rangkaian Mikrokontroler ini menggunakan AT-Mega8 yang terdiri dari rangkaian reset, rangkaian oscilator, dan rangkaian Port I/O mikrokontroler. Rangkaian mikrokontroler ini menggunakan XTAL sebesar 11,0592 MHz agar rerata kesalahan dari transmisi data dapat diminimalkan. Pada mikrokontroler ini nantinya akan ditanam sebuah algoritma dan fungsi-fungsi yang mendukung kinerja sistem.

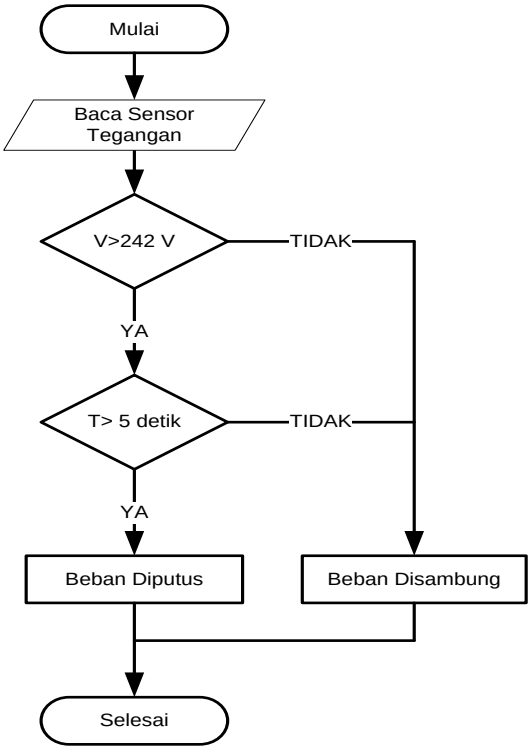
Dalam penelitian yang dilakukan, relay yang digunakan adalah *Solid state relay* tipe BTA12. Relay ini memiliki kemampuan hantar arus sampai dengan 10 Ampere. *Solid state relay* BTA12 digunakan untuk memutus aliran listrik yang masuk ke beban milik pelanggan. Rangkaian *driver* relai terdiri dari rangkaian *optocoupler* atau optoisolator. Rangkaian ini sebagai isolasi dari rangkaian kendali dan rangkaian tegangan tinggi (daya) untuk mencegah rusaknya rangkaian mikrokontroler. *Driver* relay ini digunakan untuk mengontrol relay yang mendapat perintah dari sistem mikrokontroler yang mengolah perintah memutus ataupun menyambungkan aliran listrik ke arah beban.

Sensor tegangan yang digunakan menggunakan trafo non CT 1 A yang proses penyearahannya menggunakan empat dioda (*diode bridge*). *Optocoupler* digunakan sebagai isolasi untuk mengurangi terjadinya resiko kerusakan pada mikrokontroler apabila terjadi *bouncing* (lonjakan tegangan). Dengan kata lain, tidak ada bagian yang konduktif antara kedua rangkaian tersebut.



Gambar 3. Diagram Alir Algoritma yang diterapkan

Setelah *hardware* dibuat, langkah selanjutnya adalah membuat *software* yang ditanam pada mikrokontroler ATMega 8. Algoritma yang diterapkan sesuai dengan Gambar 3 dimana dijalankan saat mikrokontroler mulai aktif. Proses dimulai dengan setting waktu (tanggal, bulan, tahun, jam, dan menit) sesuai dengan yang diinginkan. Setelah proses setting waktu dilanjutkan pada program proteksi. Pada tahap ini mikrokontroler menerima *input* data dari sensor tegangan yang dibaca oleh ADC dan RTC. Kemudian mikrokontroler menghitung *input* data dari ADC dan RTC menggunakan persamaan yang sudah dimasukkan, selanjutnya data tegangan ditampilkan pada layar LCD. Jika tegangan normal maka beban akan menyala, tetapi jika tegangan gangguan maka beban akan padam.



Gambar 4. Diagram Alir Program Proteksi

Dasar penentuan setting nilai tegangan gangguan adalah berdasarkan dari Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia no 4 (2009), dalam Bab Aturan Penyambungan dijelaskan bahwa tegangan di titik sambung konsumen jaringan tegangan rendah adalah 400/230 volt. Batas – batas kondisi normal tegangan adalah maksimal +5% dan minimal -10% dari tegangan nominal. Dasar penentuan setting nilai durasi gangguan adalah berdasarkan

referensi dari [3], yang menjelaskan bahwa salah satu penyebab terjadinya perubahan variable baik tegangan, arus dan daya pada sistem operasi tenaga listrik adalah karena *transient* impuls yang disebabkan oleh surja petir dan *transient* osilasi yang disebabkan oleh proses membuka dan menutupnya saklar kapasitor daya. Lamanya kejadian tersebut tidak lebih dari 4 detik. Dari dasar tersebut maka program proteksi memiliki algoritma seperti pada Gambar 4 ditanam pada mikrokontroler.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Sebelum melakukan pengujian sistem proteksi tegangan lebih, sebelumnya harus ditentukan nilai *threshold* tegangan. Untuk menentukan *threshold* tegangan gangguan, pengujian ini mengacu pada Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia no 4 (2009), adalah 5% dari tegangan nominal 230 volt. Analisa penentuan *threshold* gangguan tegangan lebih adalah sebagai berikut :

$$Tegangan\ normal\ 1\ fasa = 230\ V$$
$$Theshold\ tegangan = tegangan\ normal + (5\% * tegangan\ normal)$$
$$Theshold\ tegangan = 230\ V + (5\% * 230\ V)$$
$$Theshold\ tegangan = 230\ V + 11.5\ V$$
$$Theshold\ tegangan = 241.5\ V\ dibulatkan\ menjadi\ \mathbf{242\ V}$$

Pengujian rangkaian alat proteksi terhadap gangguan tegangan lebih (over voltage) pada instalasi berbeban bertujuan untuk mengetahui alat proteksi yang dibuat berfungsi dengan baik atau tidak ketika diberi tegangan normal 220 volt dan ketika diberi gangguan tegangan lebih 380 volt dengan cara melihat indikator yang ada pada alat proteksi serta beban lampu LHE. Untuk menguji kinerja sistem, pengujian dibagi menjadi dua tahap yaitu saat proteksi belum terpasang dan setelah proteksi dipasang. Pengujian saat proteksi belum dipasang bertujuan untuk mengetahui waktu maksimal yang menyebabkan beban rusak. Pengujian saat proteksi dipasang bertujuan untuk mengetahui ketepatan sistem proteksi dalam memutus beban saat terjadi tegangan lebih. Seluruh pengujian ini menggunakan beban berupa lampu LHE 6W.

Tabel 1. Hasil pengujian tanpa sistem proteksi

No	Tegangan (V)	Beban (W)	Durasi (detik)	Hasil
1	215	6	180	Beban menyala normal
2	381	6	196	Beban rusak
3	215	6	87	Beban padam

Saat beban diberi tegangan 215 V, beban menyala normal saat di nyalakan selama 180 detik. Selanjutnya tegangan dinaikan pada level 381 V. Pada tegangan 381 V, beban mengalami kerusakan pada detik ke 196. Sehingga saat tegangan kembali diturunkan ke level 215 V, beban tidak mampu menyala lagi. Dari pengujian ini dapat diketahui bahwa tegangan lebih memang mampu mengakibatkan kerusakan beban.

Tabel 2. Hasil pengujian dengan sistem proteksi

No	Tegangan (V)	Beban (W)	Durasi (detik)	Hasil
1	215	6	125	Beban menyala normal
2	381	6	5	Beban dipadamkan
3	215	6	222	Beban menyala normal

Pengujian selanjutnya sistem proteksi dipasang untuk melindungi beban. Saat diberi tegangan 215 V, beban menyala normal selama 125 detik. Selanjutnya tegangan dinaikan ke level 318 V, karena sudah terpasang sistem proteksi maka beban berhasil diputus dalam waktu 5 detik. Sistem proteksi mendeteksi bahwa tegangan yang terjadi melebihi nilai tegangan *threshold*

sehingga koneksi beban diputus. Namun saat tegangan kembali diturunkan menjadi 215 V, sistem kembali menyambungkan koneksi beban sehingga beban menyala normal.

KESIMPULAN

Dari pengujian yang telah dilakukan, sistem proteksi tegangan lebih mampu memutus koneksi antara sumber tegangan dengan beban jika terjadi tegangan diatas 242 V selama lebih dari 4 detik. aat beban lampu LHE diuji dengan tegangan lebih 381 volt dan tanpa menggunakan alat proteksi, beban lampu LHE mengalami kerusakkan dalam waktu 196 detik. Saat diuji dengan tegangan lebih 381 volt dan menggunakan alat proteksi beban lampu LHE berhasil trip dalam waktu 5 detik dan nyala kembali saat tegangan normal.

DAFTAR PUSTAKA

[1]. Dugan, Roger C. 2012. *Electrical Power Sistems Quality*. :McGrawHill Professional.
[2]. Sholihin, Lutfi Riyadus. 2012. *Gangguan Pada Saluran Udara Tegangan Rendah*. Malang : Universitas Negeri Malang.
[3]. D Siregar. 2012. *Sistem Distribusi Tenaga Listrik*. Medan : Universitas Sumatera Utara.
[4]. Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia no 4 tahun 2009. *Aturan Penyambungan*. Jakarta.
[5]. Satria, Bagus Catur Febriantoro, Bambang Suprianto. 2014. *Sistem Proteksi Gangguan Arus Lebih Menggunakan Sensor ACS712ELC5A*. Surabaya : Universitas Negeri Surabaya.
[6]. Firman, Abidin dan Irwan Nimara. 2012. *Proteksi Petir Terhadap Sistem Tenaga Listrik Menggunakan Alat Bantu di PLN Kramat Jati*. Jakarta : Universitas Gunadharma.
[7]. Mery, Seksio Kardila, Yulisman, Budi Santosa. 2013. *Sistem Proteksi Pembangkit Jenis Relay Daya Balik (Reverse Power Relay /32)*. Malang : Universitas Brawijaya.
[8]. Naskan. 2013. *Dasar Pemrograman C Untuk Mikrokontroler*. Sleman Yogyakarta: STMIK AMIKOM Yogyakarta.
[9]. Siagian, A. 2011. *Studi Tentang Cara Pemisahan Rugi-Rugi Hysteresis Dan Eddy Current Pada Transformator Distribusi (Aplikasi pada PT. Morawa Electric Transbuana)*. Medan: Universitas Sumatera Utara.

ISBN 978-602-98569-1-0

- halaman ini sengaja dikosongkan -