

PERANCANGAN *AUTOMATIC TRANSFER SWITCH* (ATS) PARAMETER TRANSISI BERUPA TEGANGAN DAN FREKUENSI DENGAN MIKROKONTROLER ATMEGA 16

Paul Hendry Ginting, Enda Wista Sinuraya

Abstrak

Kontinuitas Penyaluran energi listrik dari pusat pembangkit sampai ke konsumen tidak bisa dijamin tersedia setiap saat. Hal ini disebabkan adanya kemungkinan gangguan yang terjadi pada pusat pembangkit, saluran transmisi maupun saluran distribusi. Sehingga untuk konsumen yang membutuhkan jaminan ketersediaan energi listrik setiap saat, dibutuhkan suplai cadangan (genset) yang mempunyai kapasitas yang cukup untuk menanggung semua beban di tempat tersebut apabila suplai dari jaringan listrik terputus. Penelitian ini menghasilkan Automatic Transfer Switch (ATS) yang mampu mengakuisisi data berupa tegangan dengan galat rata-rata sebesar 3,624 & Frekuensi dengan galat rata-rata sebesar 0,407. ATS akan memerintahkan Genset untuk starting ketika suplai utama (PLN) terputus atau mengalami gangguan yang dapat diamati dari nilai Tegangan maupun Frekuensi yang tidak memenuhi standard yang ditetapkan oleh PLN dan suplai beban diambil alih oleh Genset. Dan ketika suplai utama (PLN) kembali normal maka suplai beban kembali diambil alih oleh PLN. Dari hasil uji coba didapatkan bahwa terdapat jeda waktu antara Suplai PLN terputus sampai Genset menyala dan siap dibebani yaitu sebesar 15 detik. Dan didapatkan jeda waktu antara suplai PLN kembali normal sampai Suplai Genset diputus dan suplai beban kembali diambil alih PLN yaitu sebesar 10 detik.

Kata kunci : Automatic Transfer Switch, Tegangan, Frekuensi, Genset

Abstract

Continuity distribution of electric energy from the plant to the consumer cannot be guaranteed to be available at all times. This is due to the presence of possible disturbances which occurred in the center of the plant, transmission line and distribution channels. So for consumers who need the assurance of the availability of electric energy supply is required at all times, need emergency supply (Genset) that have enough capacity to bear all the burden at the venue when the supply was cut off from the network's. This research resulted in Automatic Transfer Switch (ATS) capable of acquiring data in the form of a voltage with an average error of 3,624V and The frequencies with an average error of 0,407Hz. ATS will be ordered for the starting of Genset When the main Supply (PLN) is disconnected or disrupted, which can be observed from the value of the voltage and frequency that does not meet the standard set by PLN and load supply is taken over by the Genset. And when the main supply (PLN) back to normal then back to load supplies were taken over by PLN. The trial got that there are a pause the time between supply pln disconnected until generator flared and ready burdened as that of ± 15 seconds. And obtained a pause the time between supply pln back normally up to supply generator terminated and supplies burden back taken over PLN as that of 10 seconds.

Keywords: Automatic Transfer Switch, Voltage, Frekuensi

1. Pendahuluan

Ketersediaan energi listrik merupakan merupakan salah satu faktor penting ditengah perkembangan teknologi yang sangat pesat. Namun karena sistem kelistrikan yang sangat kompleks, mulai dari pusat pembangkitan hingga sampai ke konsumen, maka besar kemungkinan akan terjadi gangguan yang bisa menyebabkan aliran daya ke konsumen terputus. Namun pada konsumen tertentu seperti pabrik, aliran daya listrik tidak boleh terputus dalam waktu yang lama karena dapat menghambat proses produksi. Sehingga dibutuhkan suplai tambahan untuk mengantisipasi ketika aliran daya dari jaringan listrik utama (PLN) terputus. Biasanya dipasang Genset (*Generator Set*) dengan kapasitas daya yang besar.

Untuk mengontrol peralihan dari suplai utama ke suplai cadangan diperlukan suatu peralatan yang disebut dengan ATS (*Automatic Transfer Switch*). Hal ini jauh lebih menguntungkan dibanding dengan menggunakan jasa operator. Karena dapat menghindari kesalahan dalam pengoperasian dan dapat menghindari adanya kejutan listrik terhadap operator^[10].

Beberapa penelitian mengenai ATS (*Automatic Transfer Switch*) telah dilakukan, seperti penelitian oleh saudara Budhi Anto dengan judul "Saklar Pindah Otomatis Untuk Genset Portabel Berbasis Mikrokontroler ATTINY2313" dan Jagra Bagus Haryanto dengan Judul Perancangan "*Automatic Main Failure Dan Automatic Transfer Switch* Dilengkapi Dengan 10 Kondisi Display Dan 4 Kondisi *Backlighting* Menggunakan Zelio Logic

Smart Relay (SR)”. Namun masih perlu dilakukan penelitian yang lebih lanjut agar ATS yang dihasilkan dapat digunakan untuk aplikasi yang lebih luas .

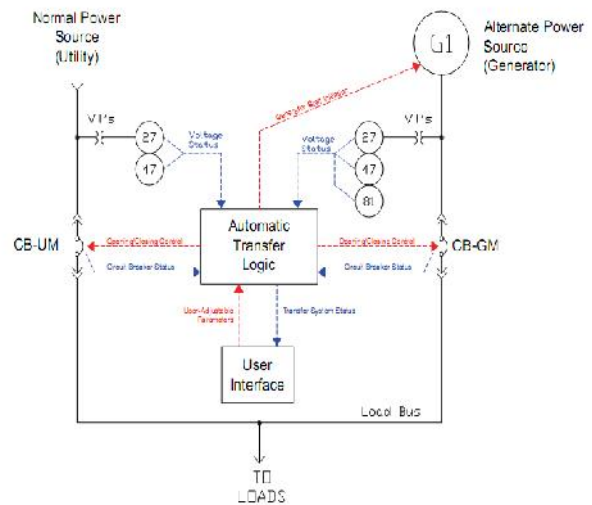
Untuk daerah yang memiliki jaringan listrik yang lemah dan sering terjadi gangguan berupa kenaikan maupun penurunan tegangan dan frekuensi^[1], membutuhkan ATS (*Automatic Transfer Switch*) yang dapat mendeteksi perubahan tersebut^[1]. Sehingga ketika terdapat nilai tegangan maupun frekuensi yang diluar batas yang diijinkan maka suplai daya ke beban dapat segera diputus, sehingga tidak sampai merusak beban maupun peralatan suplai.

Berdasarkan hal tersebut maka pada Tugas Akhir ini akan dilakukan perancangan ATS (*Automatic Transfer Switch*) yang mampu mengakuisisi parameter Tegangan dan Frekuensi. Ketika terdapat salah satu atau kedua parameter yang berada diluar standard yang diijinkan^[1], maka ATS akan melakukan manuver dengan memindahkan posisi suplai ke suplai cadangan, dalam hal ini Genset (*Generator Set*).

2. Metode

Secara umum fungsi dari ATS (*Automatic Transfer Switch*) adalah untuk menghubungkan beban dengan dua sumber tenaga (sumber utama & sumber cadangan) atau lebih yang terpisah yang bertujuan untuk menjaga ketersediaan dan keandalan aliran daya menuju beban. Secara sederhana fungsi ATS adalah untuk melakukan transfer daya secara otomatis ke beban, dari sebuah sumber utama (jaringan listrik) ke sumber cadangan (Genset) ketika terjadi gangguan pada sumber utama^[3]. Secara luas ATS (*Automatic Transfer Switch*) telah diaplikasikan di industri maupun perkantoran yang membutuhkan sistem kelistrikan dengan tingkat keandalan yang tinggi.

Logika peralihan daya otomatis menentukan operasi apa yang akan dilakukan dan kapan operasi itu dilakukan. Logika ini mengatur operasi peralihan dari dua pemutus tenaga (CB) yaitu CB-UM (saklar pemutus untuk sumber utama) dan CB-GM (saklar pemutus untuk sumber cadangan). Logika peralihan daya ini dapat diterapkan dengan menggunakan Microcontroller. Relay tegangan kurang (27) dan Relay tegangan urutan negatif (47) pada setiap sumber memberikan logika yang mengindikasikan kondisi tegangan pada setiap sumber. Masing –masing parameter seperti tegangan dan frekuensi memiliki nilai standard^[11]. Sehingga ketika nilai tegangan maupun frekuensi dari sumber diluar standard maka tidak dapat dibebani.



Gambar 1 Skema kerja ATS (*Automatic Transfer Switch*)^[3]

Mode Operasi

Sebagai persyaratan penting untuk sebuah ATS (*Automatic Transfer Switch*) adalah memiliki kemampuan untuk bekerja dalam beberapa mode operasi. Untuk mode operasi yang berbeda ATS (*Automatic Transfer Switch*) akan memberikan respon yang berbeda terhadap sistem. Dua mode dasar yang umumnya dimiliki oleh ATS (*Automatic Transfer Switch*) adalah :

1. Manual mode
2. Automatic mode

Pada manual mode ATS (*Automatic Transfer Switch*) tidak memberikan respon otomatis terhadap perubahan apapun, semuanya harus dilakukan secara manual. Sebaliknya, pada automatic mode, ATS (*Automatic Transfer Switch*) akan memberi respon secara otomatis terhadap perubahan pada sistem^[3].

Proses Transfer Catu Daya Inisiasi Transfer

Dalam mode otomatis, ATS harus mampu merespon terhadap kegagalan sumber utama dengan menginisiasi /mengaktifkan sumber cadangan. Dalam hal ini ATS harus mampu untuk mendeteksi tegangan. Untuk mendeteksi ada atau tidaknya tegangan bisa dilakukan dengan menggunakan Undervoltage Relay seperti pada gambar 2.1 maupun dengan menggunakan sensor tegangan^[3]. Dalam penelitian ini akan digunakan pengkondisi sinyal untuk tegangan (sensor tegangan) untuk mendeteksi kondisi tegangan. Hal ini dapat dicapai dengan menurunkan tegangan dari sumber hingga mencapai tegangan dengan nilai tertentu yang masih dapat terbaca oleh ADC pada mikrokontroler.

Starting Generator Set^{[1][3]}

Pada kasus sistem yang memiliki beban induktif seperti motor, maka setelah ATS mendeteksi adanya gangguan pada sumber utama sehingga dilepaskan dari beban, maka dibutuhkan delay yang disebut dengan dead-bus delay selama 2-5 s agar tegangan sisa pada terminal sumber utama menjadi benar-benar hilang^[3]. Hal ini dilakukan untuk mencegah adanya perbedaan fasa antara sisa tegangan sumber utama dengan sumber cadangan yang dapat menimbulkan arus yang cukup tinggi yang dapat mengaktifkan sistem proteksi^[3].

Seperti pada gambar 1, maka ATS akan memberikan sinyal untuk menginisiasi Genset sebagai sumber cadangan. ATS harus sudah terhubung dengan Genset dalam waktu 10 detik atau lebih cepat^[1].

Peralihan ke sumber utama

Pada umumnya ketika sumber utama telah kembali normal akan mengaktifkan timer pada ATS (*Automatic Transfer Switch*). Ini dilakukan untuk memastikan bahwa sumber utama telah kembali normal. Lamanya waktu tunda tersebut berkisar antara 5-15 s. Setelah waktu tunda berakhir maka akan terjadi transisi terbuka maupun tertutup. Baik secara manual maupun otomatis^[3].

Transfer Kembali transisi terbuka (*Open-Transition Re-Transfer*)

Pada transisi ini memerlukan waktu pengosongan (*dead-bus time*) sebelum ditransfer ke sumber utama. Kelemahan metode ini adalah menyebabkan adanya waktu tunda sampai beberapa detik hingga dapat ditransfer ke sumber utama. Sehingga selama selang waktu tersebut beban tidak tersuplai^[3].

Transfer kembali transisi tertutup (*Closed-Transition Re-Transfer*)

Pada transisi secara tertutup dibutuhkan hubungan paralel antara sumber utama dengan sumber cadangan. Ketika Genset masuk maka dibutuhkan sinkronisasi antara Genset dengan sumber utama. Sinkronisasi ini dapat dicapai dengan sinkronisasi secara pasif, yaitu dengan menunggu sampai Genset sinkron dengan sumber utama. Sinkronisasi secara pasif lebih ekonomis dan hanya memerlukan relay sinkronisasi yang sederhana. Namun tidak dapat menjamin Genset akan mencapai sinkron dengan sumber utama. Atau dapat dilakukan dengan sinkronisasi aktif, yaitu dengan mengoperasikan Genset hingga mencapai nilai sinkron dengan sumber utama. Sinkronisasi aktif lebih mahal karena membutuhkan *generator synchronizer* dan peralatan kontrol tambahan pada Genset^[3].

Waktu yang dibutuhkan untuk sinkronisasi relatif singkat yakni 2-3s untuk menjaga keandalan sistem. Keandalan sistem dapat dilihat dari tingkat arus kegagalan pada saat proses sinkronisasi dan waktu yang dibutuhkan sampai sumber cadangan dapat melayani beban ketika terjadi gangguan pada sumber cadangan. Kelebihan dari Transisi tertutup ialah beban tetap mendapat suplai selama proses transisi kembali^[3].

3. Hasil dan Analisa

Tabel 1 Perbandingan pengukuran Tegangan

Sanwa PC100	Tampilan LCD	Error
190.3 VAC	185.54 VAC	4.76 VAC
193.1 VAC	188.50 VAC	4.6 VAC
195.6 VAC	191.78VAC	3.82 VAC
199.7 VAC	195.14 VAC	4.56 VAC
209.6 VAC	206.20 VAC	3.4 VAC
225.2 VAC	222.6 VAC	2.6 VAC
230.0 VAC	226.86 VAC	3.14 VAC
231.7 VAC	229.07 VAC	2.63 VAC
231.8 VAC	229.07 VAC	2.73 VAC
236.5 VAC	223.50 VAC	4 VAC

Dari hasil pengujian didapat kan bahwa error rata-rata hasil pengukuran tegangan oleh ATS dibandingkan dengan hasil pengukuran menggunakan multimeter SANWA PC 100 ialah sebesar 3.624 VAC.

Tabel 2 Perbandingan pengukuran Frekuensi

Sanwa PC100	Tampilan LCD	Error
46.33 Hz	47 Hz	0.67 Hz
46.69 Hz	47 Hz	0.31 Hz
48.90 Hz	49 Hz	0.1 Hz
49.26 Hz	50 Hz	0.74 Hz
49.69 Hz	50 Hz	0.31 Hz
50.40 Hz	51 Hz	0.6 Hz
50.76 Hz	51 Hz	0.25 Hz
51.08 Hz	51 Hz	0.08 Hz
51.47 Hz	52 Hz	0.53 Hz
51.51 Hz	52 Hz	0.49 Hz

Dari hasil pengujian didapat kan bahwa error rata-rata hasil pengukuran frekuensi oleh ATS dibandingkan dengan hasil pengukuran menggunakan multimeter SANWA PC 100 ialah sebesar 0.407 Hz.

Pengujian Alat Secara Keseluruhan

1. Pengujian Mode Manual

Pengujian ini dilakukan dengan mengoperasikan ATS dalam mode manual dengan cara menekan pushbutton untuk mode manual. Kemudian akan muncul tampilan sebagai berikut.



Gambar 2 Tampilan awal pada saat mode manual

2. Pengujian Mode Manual dengan pilihan Suplai PLN

Pengujian ini dilakukan dengan menekan pushbutton untuk pilihan mode manual PLN. Berdasarkan pengamatan beban langsung tersuplai oleh PLN dengan waktu kurang dari 1 detik. Hal ini dapat diamati melalui nyala lampu pijar 5 Watt yang digunakan sebagai beban.



Gambar 3 Lampu pijar menyala saat mode manual PLN berhasil

3. Pengujian Mode manual dengan Pilihan Suplai Genset

Pengujian ini dilakukan dengan menekan pushbutton untuk pilihan mode manual Genset. Berdasarkan pengamatan relay genset aktif dalam waktu ± 1 detik. Hal ini dapat diamati dari nyala indikator LED pada relay Genset beban lampu pijar 5 watt yang menyala.



Gambar 4 Lampu pijar menyala saat mode manual Genset berhasil

4. Pengujian Mode Automatic

Pengujian ini dilakukan dengan menekan pushbutton untuk mode automatic. Maka pada LCD akan muncul tampilan sebagai berikut:



Gambar 5 Tampilan LCD pada saat pushbutton Automatic mode ditekan

5. Pengujian Pada Saat Kondisi Normal

Pengujian ini dilakukan pada saat kondisi suplai PLN normal. Hal ini bisa dilihat dari data tegangan dan frekuensi PLN pada LCD.



Gambar 6 Data tegangan dan Frekuensi PLN pada kondisi normal

Dari pengamatan dapat dilihat bahwa beban tersuplai dalam waktu ± 3 detik. Hal ini dapat dilihat dari nyala lampu pijar yang digunakan sebagai beban.



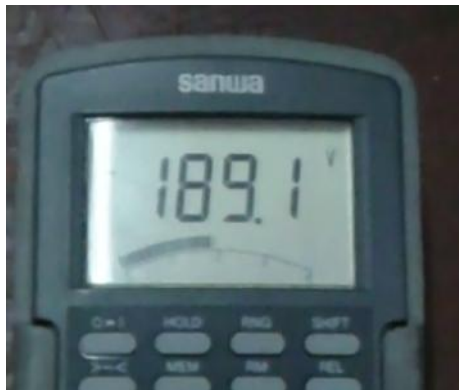
Gambar 7 Lampu pijar menyala saat mode Automatic dan kondisi PLN normal

6. Pengujian Pada saat Terjadi Gangguan

ATS ini dirancang untuk dapat mendeteksi penurunan atau kenaikan tegangan dan frekuensi. Sehingga jika

tegangan dan dan Frekuensi suplai tidak memenuhi standard maka ATS akan melakukan manuver. Pengujian ini dilakukan dengan menggunakan output generator sinkron sebagai suplai utama. Dimana tegangan dan frekuensi keluaran Generator sinkron dapat diatur.

Untuk pengujian pertama dilakukan dengan mengatur tegangan dan frekuensi generator sinkron sehingga diluar standard.



(a)



(b)

Gambar 8 (a) Tegangan keluaran Generator Sinkron (b) Frekuensi keluaran Generator Sinkron

Dari hasil pengukuran dapat dilihat bahwa tegangan dan frekuensi diluar standard. Sehingga ATS akan melakukan manuver dengan memerintahkan Genset Untuk starting.

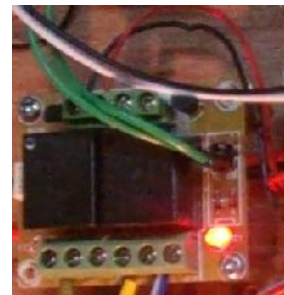


Gambar 9 Tampilan Pada LCD saat perintah starting Genset

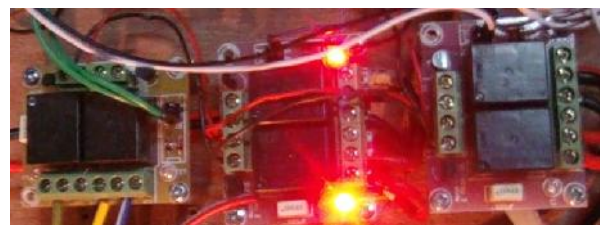
Pengujian kedua dilakukan dengan memutus aliran daya dari PLN. Maka ATS akan memberikan respon dengan memerintahkan Genset untuk starting. Dan dari hasil pengamatan ATS telah memberikan respon sesuai dengan perancangan. Dari hasil pengujian didapatkan bahwa jeda waktu antar suplai PLN terputus/padam sampai genset menyala pada starting pertama dan siap dibebani ialah selama 15 detik

8. Pengujian Pada Saat PLN kembali Normal

Pengujian ini dilakukan saat ATS beroperasi pada mode automatic dan beban sedang disuplai oleh Genset. Pada saat suplai PLN sebagai sumber utama kembali normal maka sesuai perancangan maka ATS akan memberikan respon dengan dengan menstop genset dan memutus aliran daya dari Genset ke beban dengan menonaktifkan relay Genset.



Gambar 10 Relay untuk stop Genset aktif



Gambar 11 Relay PLN aktif

Setelah itu ATS memberikan perintah untuk mengaktifkan relay PLN sehingga beban kembali tersambung dengan suplai PLN. Dari hasil pengujian didapatkan bahwa jeda waktu antara suplai PLN kembali normal sampai suplai kembali diambil alih oleh PLN ialah selama 10 detik.

9. Pengujian Pada Saat Genset terjadi Gangguan

Pengujian ini dilakukan pada mode operasi automatic pada saat beban disuplai oleh Genset diputus . ATS dirancang ketika mode automatic dan suplai diputus maka ATS akan memberi respon dengan melepas beban dan menampilkan karakter "GENSET FAILURE" pada LCD diikuti dengan bunyi dari Buzzer. Dan ketika ATS mendeteksi suplai PLN kembali normal maka Relay

Genset akan diaktifkan kembali. Hasil pengujian menunjukkan hasil sesuai dengan perancangan.

10. Pengujian Pada Saat Gagal Starting

Pengujian ini dilakukan pada mode operasi automatic pada saat beban disuplai PLN sebagai sumber utama. Pengujian dilakukan dengan cara memutus aliran daya dari PLN. Sehingga ATS akan memerintahkan Genset untuk starting. ATS akan melakukan starting sebanyak tiga kali jika starting pertama dan kedua gagal. Jika starting ketiga juga mengalami kegagalan maka sistem akan menganggap adanya gagal starting yang ditunjukkan dengan munculnya karakter "FAILURE TO START" pada LCD diikuti dengan adanya bunyi alarm. Dan sistem akan kembali ke awal sampai tombol restart ditekan.



Gambar 12 Tampilan LCD saat starting ke-tiga



Gambar 13 Tampilan LCD saat gagal Starting

4. Kesimpulan

Berdasarkan Pengujian dan analisa yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan hal-hal sebagai berikut:

1. ATS yang dibuat mampu mengakuisisi data tegangan dengan galat rata-rata sebesar 3.629 dan data Frekuensi dengan galat rata-rata sebesar 0.407.
2. ATS tidak mampu mendeteksi perubahan frekuensi kurang dari 1 Hz.
3. ATS berhasil memerintahkan Genset untuk starting secara otomatis ketika Tegangan suplai utama sebesar 189,1 VAC dengan frekuensi sebesar 46,23 Hz. Dimana nilai referensi yang ditetapkan pada program ialah berdasarkan SPLN yaitu, 198 VAC -231 VAC untuk tegangan dan 49.5 Hz- 50.5 Hz untuk frekuensi.
4. ATS berhasil memerintahkan Genset untuk starting dan memindahkan posisi suplai ke Genset ketika suplai PLN diputus dengan jeda waktu selama 15 detik. Kemudian berhasil menstop genset secara otomatis dan kembali memindahkan posisi suplai ke PLN ketika tegangan PLN kembali dimasukkan. Dimana waktu jeda antara suplai PLN kembali

normal sampai dan suplai kembali diambil alih oleh PLN adalah selama 10 detik.

5. Berdasarkan hasil pengujian dan perancangan didapatkan selisih Waktu tunda antara suplai PLN terputus sampai posisi suplai dipindah ke Genset. Dimana berdasarkan hasil perancangan diharapkan suplai diambil alih oleh Genset dalam waktu 12 detik, sementara dari hasil pengujian didapatkan jeda waktu 15 detik. Sehingga terdapat selisih waktu 3 detik.
6. Berdasarkan hasil pengujian dan perancangan didapatkan selisih Waktu tunda antara suplai PLN kembali normal sampai posisi suplai dipindah ke PLN. Dimana berdasarkan hasil perancangan diharapkan suplai kembali diambil alih oleh PLN dalam waktu 8 detik, sementara dari hasil pengujian didapatkan jeda waktu 10 detik. Sehingga terdapat selisih waktu 2 detik.

Referensi

- [1]. Autade Prerane,S.G .Galande,*An Embedded 1/3 Phase Automatic Transfer Switch Tranfer Switch Controller With Intelligent Energy Management*,IJCT,Volume 2,Issue 2,2013
- [2]. Bill Brown, P. E. , Jay guditis, *Critical-Power Automatic Transfer Systems Design and Application*,2006
- [3]. Budhi Anto, *Saklar Pemindah Otomatis Untuk Genset Portabel Berbasis Mikrokontroler Attiny 2313*, Jurnal Sains dan Teknologi 10 (2),2011
- [4]. I Made Joni, Budi Rahardjo, cara mudah mempelajari pemrograman C dan implementasinya, -----
- [5]. Irawan dwi utomo, Rancang bangun sistem akuisisi dan perekam data besaran listrik, Universitas Diponegoro,2012
- [6]. Jagra Bagus Haryanto, Perancangan Automatic Main Failure Dan Automatic Transfer Switch Dilengkapi Dengan 10 Kondisi Display Dan 4 Kondisi Backlighting Menggunakan Zelio Logic Smart Relay (SR), Universitas Diponegoro,2012
- [7]. Trias Andromeda,*Pemanfaatan mikrokontroler ATMEL Atmega 8515 Sebagai Penghitung Frekuensi Pada Generator Sinkron*,Universitas Diponegoro, -----
- [8]. Modul Training Mikrokontroler AVR,HME ITB, -----
- [9]. Muhammad Nur Shiha, *RANCANG BANGUN SISTEM Automatic Transfer Switch (ATS) dan Automatic Main Failure (AMF) PLN - Genset Berbasis PLC Dilengkapi Dengan Monitoring*, -----
- [10]. Robert Dowuona – Owoo, Design and Construction of Three Phase Automatic Transfer Switch, Regent University College Of Science And Technology,2010
- [11]. -----,SPLN I,1995
- [12]. <http://pln-jatim.co.id/red/?m=produk&p=prima> (diakses 19 des 2013 pukul 09.44)
- [13]. -----,Datashet AT mega 16 ,(online), <http://www.atmel.com/Images/doc2466.pdf>(diakses 24 januari 2013 pukul 11.00 WIB)
- [14]. -----,Datashet LM358 ,(online), <http://www.fairchildsemi.com/ds/LM/LM258.pdf>(diakses 24 januari 2013 pukul 11.00 WIB)
- [15]. -----,Datashet LM339 ,(online), <http://www.fairchildsemi.com/ds/LM/LM2901.pdf>(diakses 24 januari 2013 pukul 11.00 WIB)

- [16]. -----, Datasheet LM317, (online),
<http://www.fairchildsemi.com/ds/LM/LM317.pdf>
(diakses 24 januari 2013 pukul 11.00 WIB)
- [17]. -----, Datasheet LM7805, (online),
<http://www.fairchildsemi.com/ds/LM/LM7805.pdf>
(diakses 24 januari 2013 pukul 11.00 WIB)
- [18]. <http://id.scribd.com/doc/171366595/18302921-Bahasa-C>
(diakses 19 des 2013 pukul 11.59)
- [19]. <http://teundiksha.files.wordpress.com/2010/04/sekilas20co>
devisiavr.pdf (diakses 19 desember 2013 pukul 12.09)
- [20]. -----, <http://depokinstruments.com/2011/02/11/> produk-
baru-di-relay 2 / (diakses 5 february 2014 pukul 11.00
WIB)