

PERANCANGAN SISTEM *AUTOMATIC TRANSFER SWITCH* PADA INVERTER DENGAN MONITORING BATERAI BERBASIS MIKROKONTROLER

Muhammad Athuf Basil^{*)}, Hermawan dan Hadha Afrisal

Program Studi Sarjana Departemen Teknik Elektro, Universitas Diponegoro
Jl. Prof. Sudharto, SH, Kampus UNDIP Tembalang, Semarang 50275, Indonesia

^{*)}E-mail: muhammadathufbasil@students.undip.ac.id

Abstrak

Listrik merupakan salah satu energi pokok. Pendistribusian listrik dilakukan oleh PLN, ada kalanya pendistribusian di suatu tempat di putuskan, bisa karena terjadi gangguan atau perbaikan. Penggunaan beban di setiap rumah berbeda-beda, adakalanya beban di rumah harus terus dialiri listrik misal Kamera CCTV, Lemari pendingin, server pribadi dll. Untuk menyuplai daya listrik ketika terjadi pemadaman maka di perlukan sumber daya listrik lain, dapat berupa genset atau dari daya baterai. Supaya bisa berjalan secara otomatis dan beban bisa berjalan tanpa adanya gangguan maka diperlukan *Automatic Transfer Switch* (ATS). Pada tugas akhir ini berfokus pada perancangan *Automatic Transfer Switch* (ATS) dengan monitoring tegangan baterai berbasis mikrokontroler yang bisa memberikan pengendalian secara kontinu. Dalam tugas akhir ini dilakukan pengujian berupa waktu jeda perpindahan antara sumber cadangan dan sumber utama. Untuk perpindahan dari sumber utama ke sumber cadangan membutuhkan waktu 12,10 ms, dan perpindahan antara sumber cadangan ke sumber utama membutuhkan waktu 3,080 s. pengujian pengukuran suhu pada MCB didapatkan bahwa kenaikan suhu berbanding lurus dengan kenaikan arus. Berdasarkan pengujian pada tugas akhir ini pembacaan LCD memiliki error yaitu 0,18 %. Berdasarkan pengujian baterai melakukan pengisian pada tegangan di bawah 13,8 V.

Kata kunci: ATS, Listrik, beban, transfer beban, otomatis

Abstract

Electricity is one of the main energies. The distribution of electricity is carried out by PLN, it could be disruption or repair. The use of loads in each house is different, sometimes the load at home must be continuously supplied with electricity, for example CCTV cameras, refrigerators, private servers, etc. To supply electrical power when there is a blackout, another source of electricity is needed, which can be a generator or from battery power. In order for it to run automatically and the load to run without interruption, an Automatic Transfer Switch (ATS) is needed. This final project focuses on designing an Automatic Transfer Switch (ATS) with voltage battery monitor based on a microcontroller that can provide continuous control. In this final project, a test is carried out in the form of a lag time between the backup source and the main source. To move from the main source to the backup source it takes 12.10 ms, and the transfer from the backup source to the main source takes 3.080 s. Based on the test in this final project, the LCD reading has an error of 0,18%. Based on testing the battery is charging at a voltage below 13.8 V.

Keywords ATS, Electricity, load, load transfer, automatic..

1. Pendahuluan

Persediaan energi listrik adalah salah satu faktor pada perkembangan teknologi yang sangat dinamis. keberlangsungan aktivitas manusia akan sangat terganggu jika tidak adanya energi listrik.. Untuk mengontrol peralihan dari suplai utama ke suplai cadangan secara otomatis yang tidak perlu adanya operator, maka dari itu perlu adanya sakelar otomatis atau ATS (*Automatic Transfer Switch*) [1]. *Automatic transfer switch* (ATS) menggambarkan kumpulan peralatan yang digunakan untuk mengalihkan listrik ke sumber daya listrik yang

berbeda jika terjadi pemadaman karena kerusakan pada catu daya listrik [2].

Pada penelitian yang dilakukan oleh Paul, dibahas *Automatic Transfer Switch* menggunakan Atmega 16 sebagai mikrokontroler parameter yang digunakan parameter transisi tegangan dan frekuensi [3]. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pengujian sistem yang diperoleh tidak sesuai target. Hasil perancangan yang diharapkan adalah 12 detik, namun pada penelitian ini membutuhkan waktu 15 detik agar sistem sakelar otomatis memindahkan suplai ke genset.

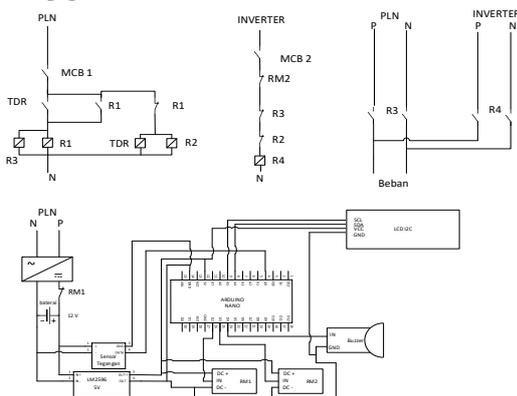
Pada penelitian oleh Adi Saputra, membuat ATS dan AMF dengan menggunakan mikrokontroler STM32 sebagai pengendali utama [4]. Pada penelitian ini indikator pengganti genset, didapatkan hasil tercepat ATS melakukan transisi dari PLN ke genset kurang lebih 12 detik. Pada saat pengujian transisi dari Genset ke PLN dihasilkan waktu kurang lebih 4 detik untuk memindahkan dari sumber genset ke PLN. Pada penelitian yang dilakukan oleh dina, mikrokontroler Atmega328 sebagai pengendali ATS *Non-interrupted*. Waktu jeda peralihan dari sumber utama ke sumber cadangan yaitu 5 detik [5].

Dari beberapa penelitian atau tugas akhir ATS telah banyak dibahas. Sebagian besar tugas akhir tentang perancangan ATS menggunakan PLC maupun Arduino. Maka dari itu, pada Tugas akhir ini akan dilakukan Perancangan sistem *Automatic Transfer Switch* pada inverter dengan monitoring baterai berbasis mikrokontroler. Mikrokontroler Arduino Nano yang merupakan pengendalian utama pada tugas akhir ini. Pada saat sumber listrik PLN tidak mendeteksi tegangan maka ATS akan memindahkan posisi suplai utama ke suplai cadangan inverter begitu pun sebaliknya. ATS juga berperan memonitor level tegangan pada baterai.

2. Metodologi

2.1. Perancangan Perangkat Keras (*Hardware*)

Perancangan perangkat keras *prototype Automatic Transfer Switch* dan dengan monitoring baterai Listrik menggunakan Mikrokontroler arduino nano. Pengendali utama sistem monitoring baterai pada tugas akhir ini adalah Mikrokontroler Arduino Nano. Gambar 1 merupakan wiring sistem kereluruhan. Proses transfer ATS ini adalah *Open-Transition Re-Transfer*, maka, tidak ada beban yang dapat tersuplai selama selang waktu peralihan tersebut [6].

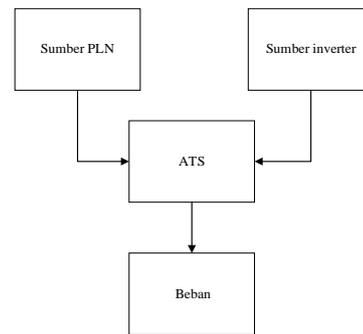


Gambar 1. Wiring sistem keseluruhan

2.1.1. Perancangan Automatic Transfer Switch

Diagram blok pada Gambar 2 menunjukkan keseluruhan sistem perancangan pada ATS. Terdapat ATS yang

merupakan pemindah aliran daya otomatis ketika sumber utama mengalami gangguan.



Gambar 2. Diagram Blok Sistem Perancangan Automatic Transfer Switch



Gambar 3. Realisasi Board Automatic Transfer Switch

Berdasarkan Gambar 3 komponen utama pada papan *Automatic Transfer Switch* adalah relay, TDR dan MCB Pemilihan MCB untuk pengaman ATS pada Inverter dan PLN mengacu pada SPLN 108:1993 [11]. Sumber listrik 220 v dari kedua sumber PLN dan inverter dikendalikan oleh *Automatic Transfer Switch*. Relay merupakan sakelar yang di kendalikan oleh arus [7].

2.1.2. Perancangan Alokasi Pin Mikrokontroler Arduino Nano

Bagian pemrosesan data pada perancangan kontroler menggunakan mikrokontroler Arduino Nano. Alokasi pin-pin mikrokontroler Arduino Nano[12] berdasarkan nilai-nilai parameter yang telah disebutkan yang berfungsi sebagai pin input dan pin output. Mikrokontroler digunakan untuk suatu tugas dan menjalankan suatu program [8].

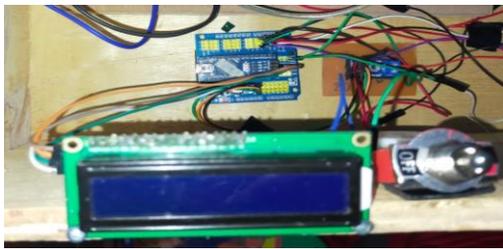


Gambar 4. Pin Pada Arduino Nano

Dari Gambar 4 pada pin input didapatkan dari rangkaian pendeteksi tegangan. Kode – kode program arduino

umumnya disebut dengan *sketch* dan dibuat menggunakan bahasa pemrograman C [9]. Pada output terdapat *relay* baterai dan *relay* inverter (Automatic Transfer Switch). Penggunaan pin pada arduino nano untuk input dan output tersebut adalah sebagai berikut :

1. A0 berfungsi sebagai *input* dari mikrokontroler untuk pembacaan gelombang keluaran dari rangkaian pendeteksi tegangan listrik pada sumber utama (PLN).
2. B2 berfungsi sebagai *output* dari mikrokontroler berfungsi untuk mengaktifkan dan menonaktifkan *relay* ATS dari sumber PLN.
3. B3 berfungsi sebagai *output* dari mikrokontroler berfungsi untuk mengaktifkan dan menonaktifkan *relay* ATS dari sumber Inverter.
4. B4 berfungsi sebagai *output* dari mikrokontroler berfungsi untuk mengaktifkan dan menonaktifkan *buzzer*.

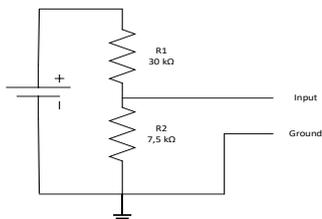


Gambar 5. Realisasi *board* arduino

Berdasarkan Gambar 5, komponen utama pada papan mikrokontroler adalah catu daya, bagian untuk RESET, pin input-output (I/O), pin jalur serial, dan pin programmer. Catu daya berasal dari baterai 12 V dan diregulasikan menjadi 5 V menggunakan modul step down DC to DC LM2596. Jalur tegangan 5V digunakan sebagai catu daya utama mikrokontroler, dan modul pengkondisi sinyal sensor arus.

2.1.3. Sensor Tegangan

Rangkaian Pembagi Tegangan dirancang dengan menggunakan dua resistor yang disusun secara seri [13]. Berikut merupakan rancangan dari rangkaian pembagi tegangan listrik :



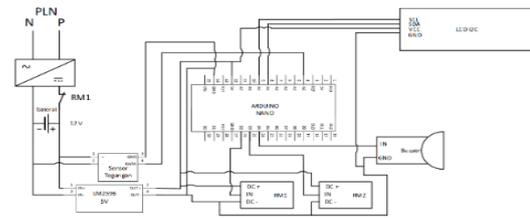
Gambar 6. Perancangan rangkaian pendeteksi tegangan listrik

Gambar 6 adalah pendeteksi tegangan listrik Rangkaian ini digunakan sebagai Sensor pendeteksi tegangan listrik DC.

Memiliki dua resistor yang disusun secara seri nilai dari R1 yaitu 30 kΩ dan 7,5 kΩ

2.1.4. Perancangan Sistem Monitoring Baterai

Pada sistem monitoring baterai terdapat relay yang menjadi pemutus otomatis ketika tegangan mencapai tegangan tertentu. Rangkaian ini terdiri dari *relay* 5 V arduino, *buzzer*, Sensor tegangan berfungsi sebagai pendeteksi tegangan [14] pada baterai dan layar LCD 16x2. Gambar 7 merupakan wiring gambar dari Sistem Monitoring Baterai :



Gambar 7. Perancangan sistem monitoring baterai

2.2. Perancangan Algoritma Sistem

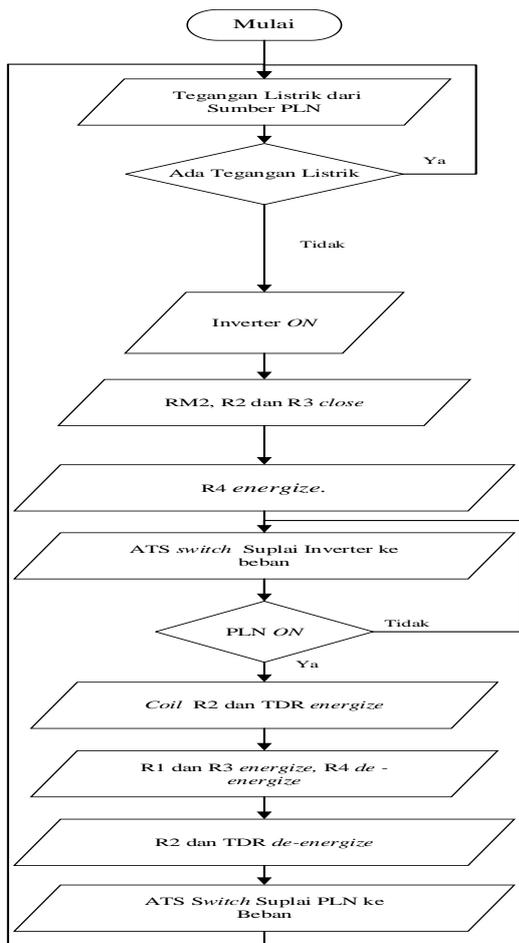
Algoritma dan diagram alir dibuat untuk memudahkan dalam memahami perancangan dan cara kerja pada sistem ATS ini.

2.2.1. Perancangan Algoritma ATS

Pada bagian ini terdiri dari algoritma dan diagram alir sistem keseluruhan. Ketika sumber PLN padam, ATS akan memindahkan sumber listrik dari PLN ke sumber cadangan [15]. Diagram alir kerja sistem keseluruhan ditunjukkan pada Gambar 8.

Gambar 8 merupakan diagram alir untuk algoritma kerja sistem keseluruhan. *Relay* pada ATS (*Automatic Transfer Switch*) berfungsi sebagai pengamanan dan pemindah aliran sumber listrik antara sumber utama dan cadangan [10]. Berikut adalah tahapan-tahapan pada diagram alir tersebut dapat diuraikan sebagai berikut :

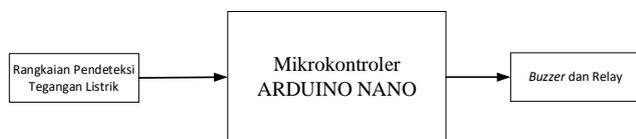
1. *Relay* mendapat tegangan dari sumber PLN, jika sumber utama padam maka *relay* R3 *close*.
2. Inverter *ON*, maka RM2, R2 dan R3 *close*.
3. R4 *energize*.
4. ATS memindahkan suplai beban kepada sumber Inverter.
5. PLN *ON*, koil R2 dan TDR *energize*.
6. Kemudian R1 dan R3 *energize*, R4 *de – energize*.
7. R2 dan TDR *de – energize*.
8. ATS *switch* suplai beban dari sumber inverter ke sumber PLN. Kembali ke tahapan 1.



Gambar 8. Diagram Alir Sistem ATS Keseluruhan

2.2.2. Perancangan Algoritma dan Diagram Alir Sistem Monitoring Baterai

Pada bagian ini terdiri dari algoritma dan diagram alir sistem monitoring baterai.



Gambar 9. Diagram Blok Mikrokontroler Arduino Nano

Gambar 9 merupakan diagram blok kerja sistem dari mikrokontroler Arduino Nano.

3. Hasil dan Analisis

3.1. Pengujian ATS

Pengujian dan analisis yang dilakukan pada BAB IV ini adalah pengukuran pada masing-masing blok rangkaian yang dibuat untuk *Automatic Transfer Switch*.

3.1.1. Pengujian Relay ATS

A. ATS ketika PLN aktif (Kondisi Normal)



Gambar 10. Kondisi saat sistem dalam keadaan normal

Indikator pada Gambar 10 relay sumber PLN dalam keadaan nyala ketika sumber utama (PLN) memberikan tegangan listrik. Hal dikarenakan pemasangan relay dalam kondisi NC (*Normally Open*). dengan demikian relay pada Inverter tidak dalam keadaan *close* karena relay pada inverter dalam kondisi NC (*Normally Open*).

B. ATS ketika PLN mengalami gangguan



Gambar 11. Indikator LED pada relay ATS di sumber PLN menyala

Terlihat pada Gambar 11 bahwa indikator LED pada relay Inverter dalam keadaan menyala sedangkan yang lain dalam keadaan mati. Dalam keadaan ini sumber cadangan yang mensuplai beban.

C. ATS ketika PLN kembali normal

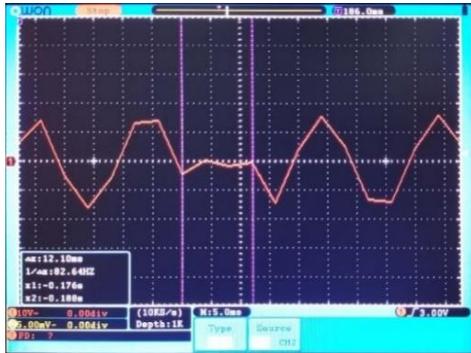


Gambar 12. Indikator LED pada relay ATS di sumber inverter mati

Terlihat dalam kondisi pada Gambar 12 bahwa tidak ada sumber yang memberikan daya listrik ke beban baik dari sumber PLN maupun inverter. Pada kondisi ini bertujuan untuk mengantisipasi adanya resiko terjadinya tegangan *short circuit* ketika dalam proses transisi dari sumber inverter ke PLN. Setelah 3 detik. Dalam keadaan ini sumber utama (PLN) yang mensupply beban.

3.1.2. Pengujian Waktu Transisi Sistem

A. Transisi dari PLN ke Inverter

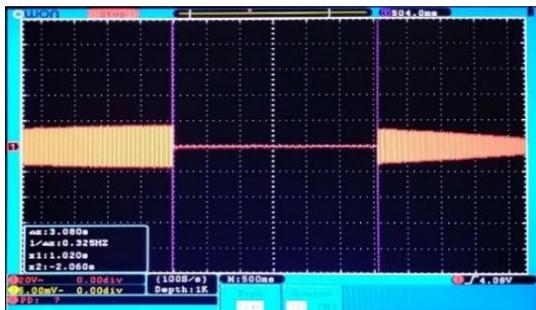


Gambar 13. Gelombang peralihan dari PLN ke Inverter

Dibuktikan pada Gambar 13 dengan pengujian menggunakan osiloskop. Monitor pada osiloskop menampilkan cuplikan gelombang. Pada cuplikan gelombang tersebut terdapat dua *cursor* yang ditempatkan pada dua titik terputusnya gelombang sebagai penanda bahwa pada dua titik tersebut terdapat delta x yang bernilai 12,10 ms. Yang artinya waktu yang dibutuhkan untuk *switch over* saat PLN mengalami gangguan lalu beban akan di supply oleh inverter yaitu 12,10 ms.

B. Transisi dari Inverter ke PLN

Dibuktikan pada Gambar 14 dengan pengujian menggunakan osiloskop. Monitor pada osiloskop menampilkan cuplikan gelombang. Pada cuplikan gelombang tersebut terdapat dua *cursor* yang ditempatkan pada dua titik terputusnya gelombang sebagai penanda bahwa pada dua titik tersebut terdapat delta x yang bernilai 3,080 s.



Gambar 14. Gelombang peralihan dari Inverter ke PLN

3.2. Pengujian Perbandingan Pengukuran Tegangan

Pengujian pada sistem monitoring tegangan baterai yaitu membandingkan antara alat ukur berupa multimeter dengan tampilan pada layar LCD 16x2. Pada mikrokontroler terjadi proses pembacaan data dari sensor

tegangan yang kemudian mikrokontroler menuliskan data yang terbaca oleh sensor pada LCD.

Tabel 1. Hasil Perbandingan Pengukuran Tegangan

No.	Pukul	Voltmeter (V)	Tampilan LCD (V)	Eror (V)
1	10.30	11,4	11,4	0,0
2	11.00	11,87	11,86	0,01
3	11.30	12,01	12,03	0,02
4	12.00	12,36	12,37	0,01
5	12.30	12,62	12,64	0,02
6	13.00	12,79	12,81	0,02
7	13.30	12,94	13,00	0,06
8	14.00	13,09	13,13	0,04
9	14.30	13,37	13,40	0,03
10	15.00	13,55	13,59	0,04
11	15.30	13,79	13,80	0,01

Dapat dilihat pada Tabel 1 hasil perbandingan pengukuran tegangan. Dari hasil pengujian didapatkan bahwa eror rata-rata hasil pengukuran tegangan oleh sensor dibandingkan dengan hasil pengukuran menggunakan voltmeter ialah sebesar 0,024 Vdc. Dapat disimpulkan bahwa kesalahan pengukuran sensor ialah 0,18 %.

3.3. Pengujian Program Monitoring Baterai

Pengujian program monitoring baterai ini digunakan untuk mengetahui bagaimana sistem bekerja saat kondisi baterai dalam beberapa keadaan. Pengujian yang dilakukan yaitu sebagai berikut :

1. Ketika Baterai Dalam Keadaan *Low* hingga *Standby*
2. Ketika Baterai Dalam Keadaan *Standby* hingga *Low*
3. Ketika Baterai Dalam Keadaan *Standby* hingga Terisi Penuh

3.3.1. Ketika Baterai Dalam Keadaan *Low* hingga *Standby*

Tabel 2. Data pengujian monitoring baterai Keadaan *Low* hingga *Standby*

Tegangan Baterai (V)	Kondisi relay		
	Relay Baterai	Relay Inverter	Buzzer
11,44	close	open	on
11,47	close	open	on
11,49	close	open	on
11,50	close	close	off
11,51	close	close	off

Terlihat pada Tabel 2 bahwa saat tegangan baterai 11,44 V hingga 11,49 V. Keadaan akan berubah ketika tegangan memasuki tegangan 11,50 V. *Relay* baterai close, *relay* inverter close dan *buzzer* off.

3.3.2. Ketika Baterai Dalam Keadaan *Standby* hingga *Low*

Terlihat pada Tabel 3 bahwa saat tegangan baterai 11,59 V hingga 11,51 V. Keadaan akan berubah ketika tegangan

memasuki tegangan 11,50V. Relay baterai close, relay inverter open dan buzzer on.

Tabel 3. Data pengujian monitoring baterai Keadaan Standby hingga Low

Tegangan Baterai (V)	Kondisi relay		Buzzer
	Relay Baterai	Relay Inverter	
11.59	close	close	off
11.51	close	close	off
11.50	close	open	on
11.49	close	open	on
11.48	close	open	on

3.3.3. Ketika Baterai Dalam Keadaan Standby hingga Terisi Penuh

Tabel 4. Data pengujian monitoring baterai Keadaan Standby hingga Terisi Penuh

Tegangan Baterai (V)	Kondisi relay		Buzzer
	Relay Baterai	Relay Inverter	
13.69	close	close	off
13.72	close	close	off
13.74	close	close	off
13.79	close	close	off
13.80	open	close	off

Terlihat pada Tabel 4 bahwa saat tegangan baterai 13,69 V hingga 13,79 V. Keadaan akan berubah ketika tegangan memasuki tegangan 13,80 V. Relay baterai open, relay inverter close dan buzzer off.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil Pada pengujian relay ATS ketika dalam kondisi normal. Inverter diharapkan selalu *standby*, agar di setiap saat jika PLN padam maka inverter akan bisa menggantikan peran sumber utama dalam mensuplai beban. Pada pengujian relay ATS ketika PLN padam, Relay ATS pada sumber PLN ketika padam akan *de-energize*. Dalam perpindahan supply terdapat *delay* selama kurang lebih 12,10 ms. Pada pengujian relay ATS ketika PLN kembali normal, pendeteksi tegangan listrik pada sumber PLN mendeteksi adanya tegangan listrik dari sumber. TDR dan relay 2 akan menyala, selang 3,080 detik berselang TDR dan relay 2 akan *de-energize*. Dari pengujian didapatkan hasil perbandingan pengukuran tegangan. Dari hasil pengujian didapatkan bahwa eror rata-rata hasil pengukuran tegangan oleh sensor dibandingkan dengan hasil pengukuran menggunakan voltmeter ialah sebesar 0,024 Vdc Untuk Pengembangan lebih lanjut dapat diterapkan pada diterapkan pada inverter yang dapat di pada back up daya yang lebih besar. dapat menggunakan sistem kendali yang lebih handal dengan spesifikasi diatas mikrokotoler Arduino Nano. Pengembangan lebih lanjut alat ini bisa digunakan untuk transfer daya pada panel surya.

Referensi

- [1]. S. Maman. Perakitan Dan Pengujian Panel Automatic Transfer Switch (ATS) - Automatic Main Failure (AMF) Produksi PT. Berkas Manunggal Jaya. Semarang. Universitas Diponegoro; 2012.
- [2]. C. G. Saracin, M. Saracin, dan D. Zdrentu, *Experimental study platform of the automatic transfer switch used to power supplies back-up. 8th Int. Symp. Adv. Top. Electr. Eng. ATEE*. 2013.
- [3]. H. G. Paul. Perancangan Automatic Transfer Switch (ATS) Parameter Transisi Berupa Tegangan dan Frekuensi dengan Mikrokontroler Atmega 16 . Semarang. Universitas Diponegoro; 2014.
- [4]. S. Adi. Perancangan Automatic Transfer Switch dan Automatic Main Failure dengan Parameter Transisi Berupa Tegangan Listrik Menggunakan Mikrokontroler STM32f103c8t6. Semarang. Universitas Diponegoro; 2019.
- [5]. Rasel, Md, Tahsan Al Amin, Md Shohag, dan Sanuar Hossan. Microcontroller Based Noninterrupted Automatic Transfer Switch. Thesis. Dhaka:Daffodil International University; 2018.
- [6]. A. Budhi. *Saklar Pemindah Otomatis Untuk Genset Portabel Berbasis Mikrokontroler Atiny2313*. Jurnal Sains dan Teknologi. 2011. vol. 10, no. 2, hal. 91-97.
- [7]. SPLN 108 : 1993. Pemutus Tenaga Mini untuk Pembatas dan Pengaman Arus Lebih Untuk Instalasi Gedung dan Rumah. Jakarta; 1993.
- [8]. B Owen. Dasar-Dasar Elektronika. Jakarta, Indonesia: Erlangga. 2004.
- [9]. A. D. B. Sadewo, E. R. Widasari, dan A. Muttaqin, *Perancangan Pengendali Rumah menggunakan Smartphone Android dengan Konektivitas Bluetooth*. J. Pengemb. Teknol. Inf. dan Ilmu Komput. 2017. vol. 1, no. 5, hal. 415-425.
- [10]. S Sutarsi. *Mikrokontroler dan Interface*. 2017. hal. 2-3.
- [11]. S M Andi. Programming Arduino Getting Started With Sketches. United States of America: McGraw-Hill. 2012.
- [12]. S Kazadi, M Thokozile, dan K A Ogudo. *Design and Monitoring of a Voltage battery sensor of an Uninterruptible Power Supply (UPS) by means of an Arduino*. IEEE PES/IAS PowerAfrica, PowerAfrica 2020, 2020. hal. 29-33.
- [13]. P. E. Sibarani, U. Sunarya, dan H. Putri. *Perancangan dan realisasi voltmeter dan amperemeter DC menggunakan mikrokotoler*. eProceedings Aplied Sci. 2017. vol. 3, no. 3, hal. 2152-2158.
- [14]. N. A. Darmanto dan B. W. A. Mahardika. *Design and Development of Automatic Transfer Switch System, Energy Saving Emergency Panel*. 7th Int. Conf. Inf. Technol. Comput. Electr. Eng. ICITACEE 2020 - Proc. 2020. hal. 300-303.
- [15]. M. Q. Azeem, Habib-Ur-Rehman, S. Ahmed, dan A. Khattak. *Design and analysis of switching in automatic transfer switch for load transfer*. ICOSST 2016 - 2016 Int. Conf. Open Source Syst. Technol. Proc. 2017. hal. 129-134.