

RANCANG BANGUN *AUTOMATIC TRANSFER SWITCH* DENGAN PARAMETER TEGANGAN MENGGUNAKAN MIKOKONTROLER ARDUINO

Ade Rizki Dwiputro^{1*}, Susatyo Handoko², dan Nugroho Agus Darmanto³

¹²³Program Studi Sarjana Departemen Teknik Elektro, Universitas Diponegoro
Jl. Prof. Sudharto, SH, Kampus UNDIP Tembalang, Semarang 50275, Indonesia

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

Abstrak

Manusia membutuhkan listrik untuk melakukan produktivitas pada bidang pekerjaan. Ketersediaan listrik PLN ada kalanya mengalami gangguan sehingga pekerjaan menjadi terhambat. Maka dari itu, penulis melakukan penelitian dengan merancang bangun ATS berdasarkan parameter tegangan PLN dan UPS menggunakan mikrokontroler arduino untuk mengatur relai berdasarkan kondisi yang terjadi. Dari hasil pengujian, saat ATS dalam mode otomatis dan tegangan PLN mengalami pemadaman, ATS membutuhkan waktu sebesar 6,889 detik hingga beban disuplai oleh sumber UPS. Saat PLN menyala kembali, ATS membutuhkan waktu 6,133 detik hingga beban disuplai kembali oleh PLN. Saat PLN terjadi *undervoltage* (tegangan PLN 197,8 V), ATS membutuhkan waktu 4,841 detik hingga beban disuplai oleh UPS. Saat PLN terjadi *overvoltage* (tegangan PLN 231,6 V), ATS membutuhkan waktu 6,933 detik hingga beban disuplai oleh UPS. Kemudian, saat ATS dalam mode manual dan sumber dipindah dari PLN ke UPS menggunakan *push button*, ATS membutuhkan waktu 4 milidetik hingga beban disuplai oleh UPS. Saat ATS dipindah dari UPS ke PLN menggunakan *push button*, ATS membutuhkan waktu 4,2 milidetik hingga beban disuplai oleh UPS.

Kata kunci : Automatic Transfer Switch, Tegangan, Arduino

Abstract

Humans require electricity to perform nearly all types of labor productively. Work is occasionally delayed by disruptions in the PLN electricity supply. As the results, for the final project, the writer designed an ATS build based on PLN and UPS voltage characteristics and used an Arduino microcontroller to adjust the relay in response to the conditions that exist. According to the test results, it takes 6,889 seconds for the UPS source to re-energize the ATS when it is operating in automatic mode and the PLN voltage fails. When PLN is restarted, ATS must wait 6,133 seconds before PLN can once more supply the load. When there is a PLN undervoltage (197.8 V for the PLN voltage), it takes 4,841 seconds for the ATS to supply the load with power from the UPS. ATS requires 6,933 seconds when PLN overvoltage (PLN voltage 231.6 V) occurs before the UPS can supply the load. It then takes 4 milliseconds for the ATS to wait for the load to be delivered by the UPS when the ATS is in manual mode and the source is switched from the PLN to the UPS using the button. By pushing a button, the ATS supplied by the UPS is transferred from the UPS to the PLN, and it loads in 4.2 milliseconds.

Keywords : Automatic Transfer Switch, Voltage, Arduino

1. Pendahuluan

Penyediaan energi listrik merupakan faktor perkembangan teknologi yang dinamis. Kelangsungan aktivitas manusia akan terganggu jika tidak ada pasokan energi listrik. Listrik yang sangat kompleks dapat menyebabkan pemadaman listrik. Beberapa konsumen tertentu seperti industri yang melakukan proses produksi memerlukan energi listrik yang tidak boleh terputus dalam waktu yang lama. Ketika aliran daya dari jaringan listrik utama (PLN) terputus, maka diperlukan suplai pengganti cadangan, misalnya *Generator Set* atau UPS (*Uninterruptible Power Supply*). Untuk

mengontrol perpindahan dari sumber listrik utama ke sumber listrik cadangan, maka diperlukan *Automatic Transfer Switch* (ATS), karena mempunyai fungsi untuk melakukan *switching* dari sumber listrik utama (PLN) ke sumber listrik cadangan secara otomatis tanpa adanya operator [1]. Hal ini jauh lebih efisien dibandingkan dengan menggunakan jasa operator, karena dapat terhindar dari kesalahan dalam pengoperasian dan terhindar dari kecelakaan yang bersumber dari PLN. Namun, dalam beberapa penelitian ATS yang pernah dilakukan, modul yang dibuat tidak dilengkapi dengan proteksi terhadap *drop* tegangan, sehingga ATS hanya akan melakukan

switching ketika sumber PLN kehilangan tegangan untuk menyuplai beban. Berdasarkan SPLN No.1:1978, batas nilai toleransi tegangan pelayanan tegangan nominal 220 VAC berada pada batas +5% dan - 10% [2]. Hal ini berarti ketika terjadi *overvoltage* dan *undervoltage* sumber PLN batas aman tegangan berada pada kisaran 198 V hingga 231 V.

Pada penelitian yang dilakukan oleh Galande dkk [3] yang berjudul “An Embedded 1/3 Phase Automatic Transfer Switch With Intelligent Energy Management” mengatakan, jika tegangan beban melebihi dari batas standar yang ditentukan, maka suplai daya ke beban dapat segera diputus dan digantikan dengan suplai daya yang mempunyai tegangan lebih stabil.

Penelitian oleh Paul dkk [4] berjudul “Perancangan Automatic Transfer Switch (ATS) Parameter Transisi Berupa Tegangan dan Frekuensi dengan Mikrokontroler Atmega 16” dengan menggunakan genset. Pada hasil penelitian menunjukkan bahwa pengujian sistem tidak sesuai target. Hasil perancangan yang diharapkan adalah 12 detik, namun pada penelitian membutuhkan waktu tunda selama 15 detik

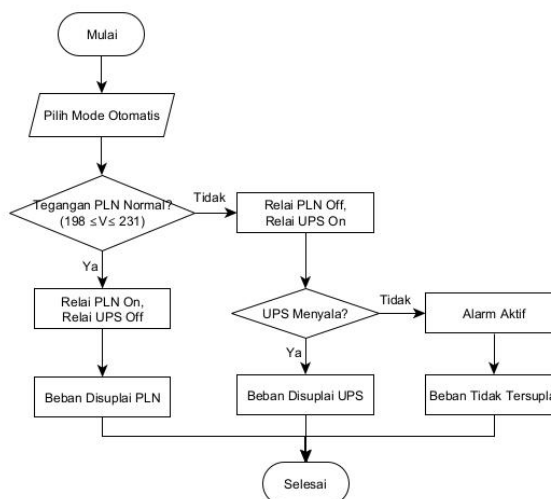
Maka dari itu, penulis melakukan rancang bangun ATS menggunakan parameter tegangan yang sudah ditetapkan oleh standar PLN menggunakan arduino. Dengan menggunakan sensor PZEM-004T yang dapat membaca tegangan, diharapkan beban yang disuplai oleh PLN dapat terhindar dari *drop* tegangan, karena dalam modul sensor ini tidak diperlukan rangkaian catu daya lain [5]

2. Metode

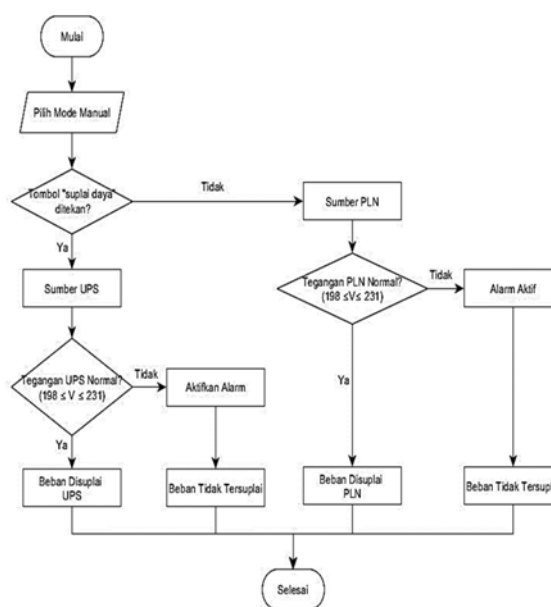
2.1. Perancangan Algoritma dan Flowchart Alat

Saat ATS diatur pada mode otomatis seperti pada Gambar 1, relai pada ATS akan bekerja secara *interlock*. Sistem *interlock* ini memungkinkan relai dapat mengunci atau menutup dari kondisi yang berbeda sehingga tidak saling bekerja pada saat yang bersamaan. Hal ini mempunyai tujuan agar beban tidak terjadi hubung singkat atau *short circuit* dari 2 sumber yang berbeda, yaitu sumber PLN dan sumber UPS. ATS dan UPS diprogram agar mempunyai proteksi berupa *undervoltage* dan *overvoltage* berdasarkan SPLN No.1:1978 dengan menggunakan setpoint tegangan nominal PLN, yaitu antara 198 hingga 231 V. Ketika tegangan PLN berada pada *setpoint* yang sudah ditentukan, maka beban akan tetap disuplai oleh sumber PLN sebagai daya utama, sehingga relai pada PLN berada pada posisi *close*, dan relai pada UPS berada pada posisi *open*. Kemudian, saat tegangan PLN padam ataupun berada diluar *setpoint* tegangan nominal PLN, maka relai PLN akan berada pada posisi *open*, dan relai UPS akan berada pada posisi *close*. Namun, ketika UPS juga mengalami gangguan seperti *undervoltage* dan *overvoltage*, maka

alarm pada ATS akan berbunyi untuk memberi peringatan bahwa beban tidak disuplai oleh kedua sumber listrik.



Gambar 1. Flowchart ATS mode otomatis



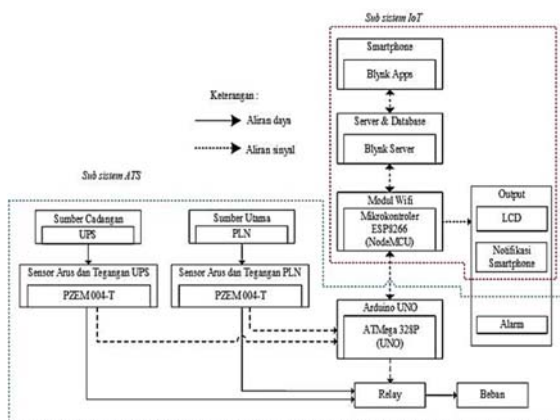
Gambar 2. Flowchart ATS mode manual

Gambar 2 merupakan *flowchart* saat ATS pada mode manual. Saat sumber UPS dipilih, sensor akan mendeteksi ada tidaknya tegangan untuk memastikan bahwa tegangan UPS dalam keadaan baik. Jika UPS dalam keadaan mati atau terjadi *undervoltage* atau *overvoltage*, ATS akan memerintahkan *buzzer* untuk menyala. Ketika ingin memilih sumber PLN untuk menyuplai beban, maka ATS akan memutus sumber UPS dan beban akan disuplai oleh PLN. Ketika sumber PLN terjadi pemadaman atau terjadi *undervoltage* dan *overvoltage*, maka beban tidak akan

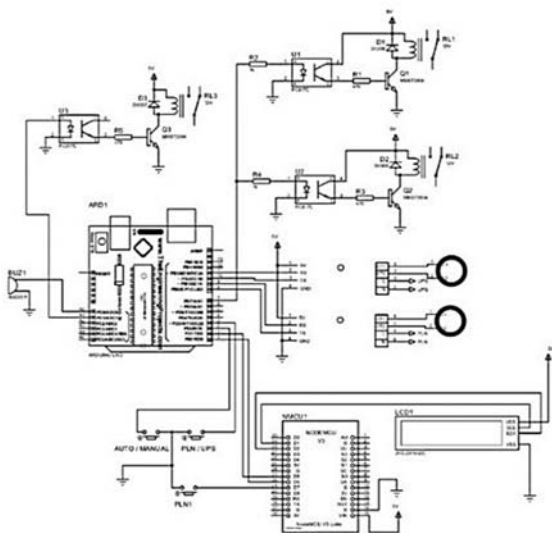
disuplai oleh sumber PLN untuk sistem proteksi pada beban dengan ditandai bunyi alarm.

2.2. Perancangan Perangkat Keras (Hardware)

Gambar 3 merupakan blok diagram sistem keseluruhan dalam perancangan ATS ini. Perancangan ini menggunakan 2 buah sensor yaitu sensor PZEM-004T yang dapat membaca tegangan, arus, dan daya aktif yang masing – masing dipasang pada input sumber PLN dan sumber cadangan UPS.



Gambar 3. Blok diagram sistem keseluruhan



Gambar 4. Desain Hardware Keseluruhan Modul ATS

Gambar 4 merupakan perancangan wiring diagram ATS dimana terdapat komponen seperti modul mikrokontroler Arduino Uno (ATMega328), ESP8266 (NodeMCU), relay 10A 2 channel, relai 10A 1 channel, 2 sensor PZEM-004T,

buzzer 5V, beserta 3 push button untuk tombol mode, tombol suplai daya, dan tombol kontrol LCD.



Gambar 5. Realisasi ATS

Pada Gambar 5 merupakan realisasi ATS dengan box berukuran 25 cm x 25 cm x 14,5 cm berbahan akrilik. Komponen pengontrolan maupun sensor berada di sisi dasar kotak, terdapat 3 tombol push button yang ditempatkan di sisi kanan, kiri dan atas LCD.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Pengujian ATS

Pada pengujian ATS ini dilakukan dengan berbagai percobaan tanpa suplai PLN dan menggunakan suplai PLN.



Gambar 6. Kondisi ATS mode otomatis saat PLN normal (suplai PLN)

Pada Gambar 6, saat tegangan PLN dalam kondisi normal, dimana beban disuplai PLN dengan ditandai indikator “otomatis” pada LCD. Saat beban disuplai PLN, terdapat indikator “PLN” pada LCD dengan ditandai nyala lampu pada beban.



Gambar 7. Kondisi ATS mode otomatis saat PLN padam (suplai UPS)

Pada Gambar 7, saat tegangan PLN padam, dimana beban disuplai UPS dengan ditandai indikator “otomatis” pada

LCD. Saat beban disuplai UPS, terdapat indikator “UPS” pada LCD dengan ditandai nyala lampu pada beban.



Gambar 8. Kondisi ATS mode otomatis saat PLN kembali menyala (suplai PLN)

Pada Gambar 8, saat tegangan PLN mengalami *undervoltage* yaitu sebesar 197,8 V, dimana beban disuplai UPS dengan ditandai indikator “otomatis” pada LCD. Saat beban disuplai UPS, terdapat indikator “UPS” pada LCD dengan ditandai nyala lampu pada beban.



Gambar 9. Kondisi ATS mode otomatis saat PLN undervoltage (suplai UPS)

Pada Gambar 9, saat tegangan PLN mengalami *undervoltage* yaitu sebesar 197,8 V, dimana beban disuplai UPS dengan ditandai indikator “otomatis” pada LCD. Saat beban disuplai UPS, terdapat indikator “UPS” pada LCD dengan ditandai nyala lampu pada beban.



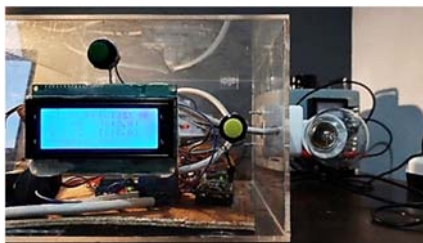
Gambar 10. Kondisi ATS mode otomatis saat PLN overvoltage (suplai UPS)

Pada Gambar 10, saat tegangan PLN mengalami *overvoltage* yaitu sebesar 231,6 V dimana beban disuplai UPS dengan ditandai indikator “otomatis” pada LCD. Saat beban disuplai UPS, terdapat indikator “UPS” pada LCD dengan ditandai nyala lampu pada beban.



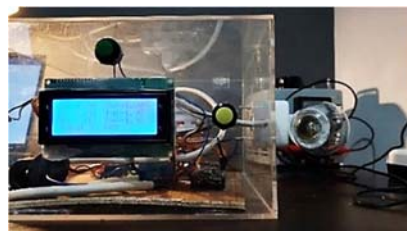
Gambar 11. Kondisi ATS mode otomatis saat PLN dan UPS undervoltage (beban tidak disuplai)

Pada Gambar 11, saat tegangan PLN dan UPS mengalami *undervoltage* yaitu sebesar 197,2 V pada PLN dan 196,1 V pada UPS dimana beban tidak disuplai oleh kedua sumber dengan ditandai indikator “otomatis” pada LCD. Saat beban tidak disuplai oleh kedua sumber, nilai daya dan arus pada sumber PLN maupun UPS bernilai 0 pada LCD dengan ditandai matinya lampu yang bertujuan untuk proteksi pada beban. Saat sumber PLN dan UPS terjadi *undervoltage*, *buzzer* akan menyala untuk memberikan alarm bahwa beban tidak tersuplai.



Gambar 12. Kondisi ATS mode otomatis saat PLN dan UPS overvoltage (beban tidak disuplai)

Pada Gambar 12, saat tegangan PLN dan UPS mengalami *overvoltage* yaitu sebesar 233,4 V pada PLN dan 233,9 V pada UPS dimana beban tidak disuplai oleh kedua sumber dengan ditandai indikator “otomatis” pada LCD. Saat beban tidak disuplai oleh kedua sumber, nilai daya dan arus pada sumber PLN maupun UPS bernilai 0 pada LCD dengan ditandai matinya lampu yang bertujuan untuk proteksi pada beban. Saat sumber PLN dan UPS terjadi *overvoltage*, *buzzer* akan menyala untuk memberikan alarm bahwa beban tidak tersuplai.



Gambar 13. Kondisi ATS mode otomatis saat PLN dan UPS mati (beban tidak disuplai)

Pada Gambar 13, saat sumber PLN dan UPS mati dimana beban tidak disuplai oleh kedua sumber dengan parameter

pada sumber PLN maupun UPS bernilai -1 pada LCD dengan ditandai matinya lampu pada beban. Saat sumber PLN dan UPS mati, *buzzer* akan menyala untuk memberikan alarm bahwa beban tidak tersuplai.



Gambar 14. Kondisi ATS mode manual PLN saat PLN normal (beban disuplai PLN)

Pada Gambar 14, saat tegangan PLN normal, dimana beban disuplai PLN dengan ditandai indikator “manual” pada LCD. Saat beban disuplai PLN, terdapat indikator “manual” pada LCD dengan ditandai nyala lampu pada beban.



Gambar 15. Kondisi ATS mode manual PLN saat PLN undervoltage (beban tidak disuplai)

Pada Gambar 15, saat tegangan PLN mengalami *undervoltage* yaitu sebesar 197,10 V dimana beban tidak disuplai oleh sumber PLN dengan ditandai indikator “manual” pada LCD. Saat beban tidak disuplai oleh sumber PLN, nilai daya dan arus pada sumber PLN bernilai 0 pada LCD dengan ditandai matinya lampu yang bertujuan untuk proteksi pada beban. Saat sumber PLN terjadi *undervoltage*, *buzzer* akan menyala untuk memberikan alarm bahwa beban tidak tersuplai.



Gambar 16. Kondisi ATS mode manual PLN saat PLN saat PLN undervoltage (beban tidak disuplai)

Pada Gambar 16, saat tegangan PLN mengalami *overvoltage* yaitu sebesar 233,5 V dimana beban tidak

disuplai oleh sumber PLN dengan ditandai indikator “manual” pada LCD. Saat beban tidak disuplai oleh sumber PLN, nilai daya dan arus pada sumber PLN bernilai 0 pada LCD dengan ditandai matinya lampu yang bertujuan untuk proteksi pada beban. Saat sumber PLN terjadi *overvoltage*, *buzzer* akan menyala untuk memberikan alarm bahwa beban tidak tersuplai.



Gambar 17. Kondisi ATS mode manual UPS saat UPS normal (beban disuplai UPS)

Pada Gambar 17, saat tegangan UPS normal, dimana beban disuplai UPS dengan ditandai indikator “manual” pada LCD. Saat beban disuplai UPS, terdapat indikator “UPS” pada LCD dengan ditandai nyala lampu pada beban.



Gambar 18. Kondisi ATS mode manual UPS saat UPS undervoltage (beban disuplai UPS)

Pada Gambar 18, saat tegangan UPS mengalami *undervoltage* yaitu sebesar 196,5 V dimana beban tidak disuplai oleh sumber UPS dengan ditandai indikator “manual” pada LCD. Saat beban tidak disuplai oleh sumber UPS, nilai daya dan arus pada sumber UPS bernilai 0 pada LCD dengan ditandai matinya lampu yang bertujuan untuk proteksi pada beban. Saat sumber UPS terjadi *undervoltage*, *buzzer* akan menyala untuk memberikan alarm bahwa beban tidak tersuplai.



Gambar 19. Kondisi ATS mode manual UPS saat UPS overvoltage (beban disuplai UPS)

Pada Gambar 19, saat tegangan UPS mengalami *overvoltage* yaitu sebesar 232,3 V dimana beban tidak disuplai oleh sumber UPS. Saat beban tidak disuplai oleh sumber UPS, nilai daya dan arus pada sumber UPS bernilai 0 pada LCD dengan ditandai matinya lampu yang bertujuan untuk proteksi pada beban ditandai *buzzer* akan menyala.

3.2. Pengujian Waktu Transisi ATS

3.2.1 Mode Otomatis PLN Padam (Beban Disuplai UPS)

diperoleh waktu transisi pada *software* dimulai ketika PLN padam saat waktu menunjukkan 18:39:56.328 yang ditandai dengan parameter saat PLN padam. Kemudian saat waktu menunjukkan 18:40:03.821, semua parameter telah terganti menjadi parameter saat kondisi UPS menyuplai beban. Dapat dilihat pada Gambar 20.

```

COM15
18:39:52.188 ->
18:39:53.765 -> Tegangan PLN : 218.20
18:39:53.765 -> Arus PLN : 0.43
18:39:53.812 -> Daya PLN : 93.60
18:39:53.937 -> Frek PLN : 50.00
18:39:53.937 -> Faktor PLN : 1.00
18:39:53.937 -> Tegangan UPS : 218.50
18:39:53.937 -> Arus UPS : 0.00
18:39:53.937 -> Daya UPS : 0.00
18:39:53.937 -> Frek UPS : 50.00
18:39:53.999 -> Faktor UPS : 0.00
18:39:53.999 ->
18:39:56.282 -> Tegangan PLN : -1.00
18:39:56.282 -> Arus PLN : -1.00
18:39:56.328 -> Daya PLN : -1.00
18:39:56.375 -> Frek PLN : -1.00
18:39:56.375 -> Faktor PLN : -1.00
18:39:56.375 -> Tegangan UPS : 218.30
18:40:01.243 ->
18:40:03.674 -> Tegangan PLN : -1.00
18:40:03.674 -> Arus PLN : -1.00
18:40:03.727 -> Daya PLN : -1.00
18:40:03.727 -> Frek PLN : -1.00
18:40:03.727 -> Faktor PLN : -1.00
18:40:03.774 -> Tegangan UPS : 217.70
18:40:03.821 -> Arus UPS : 0.43
18:40:03.821 -> Daya UPS : 93.50
18:40:03.821 -> Frek UPS : 50.00
18:40:03.993 -> Faktor UPS : 1.00
    
```

Gambar 20. Hasil pengujian waktu transisi pada *software* mode otomatis PLN padam (beban disuplai UPS)

Terdapat jeda waktu transisi yang terbaca pada *software* sebesar 7,493 detik.

Tabel 1. Hasil pengujian waktu transisi *hardware* mode otomatis PLN padam (suplai UPS)

Pengujian ke -	Waktu Transisi (detik)	Pengujian ke -	Waktu Transisi (detik)
1	6,39	6	7,31
2	7,12	7	6,80
3	6,45	8	7,24
4	6,76	9	7,52
5	6,40	10	6,90

Berdasarkan hasil pada Tabel 1, dilakukan perhitungan rata – rata waktu transisi menggunakan *hardware* saat ATS

dalam mode otomatis dengan kondisi PLN padam (beban disuplai UPS). Waktu rata – rata yang diperoleh yakni 6,889 detik. Hal ini berarti diperlukan waktu 6,889 detik agar beban tersuplai oleh UPS ketika PLN padam.

Perbandingan hasil waktu transisi antara Gambar 20 dan Tabel 1 terdapat selisih sebesar 0,604 detik. Selisih dari perbandingan kedua waktu tersebut cukup kecil, sehingga dapat dikatakan alat yang dibuat sudah sesuai rancangan. Waktu transisi yang diperoleh bergantung pada keakuratan alat ukur dan juga kecepatan pembacaan sensor yang dikirimkan ke mikrokontroler.

3.2.2 Mode Otomatis PLN Kembali Menyala (Beban Disuplai PLN)

Hasil pengujian diperoleh waktu transisi pada *software* dimulai ketika PLN kembali menyala saat waktu menunjukkan 18:57:43.484 yang ditandai dengan beberapa parameter yang ditampilkan masih berada pada saat kondisi UPS masih menyuplai beban. Kemudian saat waktu menunjukkan 18:57:49.179, semua parameter telah terganti menjadi parameter saat kondisi PLN menyuplai beban. Dapat dilihat pada Gambar 20.

```

COM15
18:57:39.550 ->
18:57:41.686 -> Tegangan PLN : -1.00
18:57:41.686 -> Arus PLN : -1.00
18:57:41.686 -> Daya PLN : -1.00
18:57:41.733 -> Frek PLN : -1.00
18:57:41.733 -> Faktor PLN : -1.00
18:57:41.780 -> Tegangan UPS : 219.80
18:57:41.780 -> Arus UPS : 0.43
18:57:41.780 -> Daya UPS : 94.40
18:57:41.826 -> Frek UPS : 50.00
18:57:41.874 -> Faktor UPS : 1.00
18:57:41.874 ->
18:57:43.484 -> Tegangan PLN : 220.80
18:57:43.484 -> Arus PLN : 0.00
18:57:43.484 -> Daya PLN : 0.00
18:57:43.530 -> Frek PLN : 50.00
18:57:43.530 -> Faktor PLN : 0.00
18:57:43.577 -> Tegangan UPS : 219.50
18:57:43.577 -> Arus UPS : 0.43
18:57:43.577 -> Daya UPS : 94.30
18:57:43.624 -> Frek UPS : 50.00
18:57:43.624 -> Faktor UPS : 1.00
18:57:43.671 -> Faktor UPS : 1.00
18:57:47.423 ->
18:57:49.132 -> Tegangan PLN : 220.30
18:57:49.132 -> Arus PLN : 0.43
18:57:49.179 -> Daya PLN : 94.40
18:57:49.179 -> Frek PLN : 50.00
18:57:49.179 -> Faktor PLN : 1.00
18:57:49.226 -> Tegangan UPS : 220.20
18:57:49.273 -> Arus UPS : 0.19
18:57:49.273 -> Daya UPS : 44.00
18:57:49.273 -> Frek UPS : 50.00
18:57:49.367 -> Faktor UPS : 1.00
    
```

Gambar 21. Hasil pengujian waktu transisi pada *software* mode otomatis PLN kembali menyala (beban disuplai PLN)

Terdapat jeda waktu transisi yang terbaca pada *software* sebesar 5,695 detik.

Tabel 2. Hasil pengujian waktu transisi *hardware* mode otomatis PLN kembali menyala (suplai PLN)

Pengujian ke -	Waktu Transisi (detik)	Pengujian ke -	Waktu Transisi (detik)
1	6,73	6	5,56
2	6,64	7	6,59
3	5,49	8	6,79
4	6,88	9	5,63
5	5,77	10	5,25

Berdasarkan hasil pada Tabel 2, dilakukan perhitungan rata – rata waktu transisi menggunakan *hardware* saat ATS dalam mode otomatis dengan kondisi PLN kembali menyala (beban disuplai PLN). Waktu rata – rata yang diperoleh yakni 6,133 detik. Hal ini berarti diperlukan waktu 6,133 detik agar beban tersuplai oleh PLN ketika PLN menyala kembali.

Perbandingan hasil waktu transisi antara Gambar 21 dan Tabel 2 terdapat selisih sebesar 0,438 detik. Selisih dari perbandingan kedua waktu tersebut cukup kecil, sehingga dapat dikatakan alat yang dibuat sudah sesuai rancangan. Waktu transisi yang diperoleh bergantung pada keakuratan alat ukur dan juga kecepatan pembacaan sensor yang dikirimkan ke mikrokontroler.

3.2.3 Mode Otomatis ketika PLN Undervoltage (Beban Disuplai UPS)

Hasil yang diperoleh waktu transisi pada *software* dimulai ketika tegangan PLN mengalami *undervoltage* saat waktu menunjukkan 20:02:44.471 yang ditandai dengan beberapa parameter yang ditampilkan masih berada pada saat kondisi PLN masih menyuplai beban. Kemudian saat waktu menunjukkan 20:02:48.181, semua parameter telah terganti menjadi parameter saat kondisi UPS mulai menyuplai beban. Terdapat jeda waktu transisi yang terbaca pada *software* sebesar 3,710 detik. Dapat dilihat pada Gambar 20

```

COM15
20:02:44.471 -> Tegangan PLN : 196.80
20:02:44.471 -> Arus PLN : 0.40
20:02:44.471 -> Daya PLN : 79.40
20:02:44.517 -> Frek PLN : 50.00
20:02:44.517 -> Faktor PLN : 1.00
20:02:44.564 -> Tegangan UPS : 223.20
20:02:44.611 -> Arus UPS : 0.00
20:02:44.611 -> Daya UPS : 0.00
20:02:44.611 -> Frek UPS : 50.00
20:02:44.658 -> Faktor UPS : 0.00
20:02:46.518 ->
20:02:48.181 -> Tegangan PLN : 196.90
20:02:48.227 -> Arus PLN : 0.40
20:02:48.275 -> Daya PLN : 79.60
20:02:48.321 -> Frek PLN : 50.00
20:02:48.321 -> Faktor PLN : 1.00
20:02:48.321 -> Tegangan UPS : 222.80
20:02:48.368 -> Arus UPS : 0.34
20:02:48.368 -> Daya UPS : 71.60
20:02:48.415 -> Frek UPS : 50.00
20:02:48.415 -> Faktor UPS : 0.96
    
```

Gambar 22. Hasil pengujian waktu transisi pada *software* mode otomatis PLN kembali menyala (beban disuplai PLN)

Tabel 3. Hasil pengujian waktu transisi *hardware* mode otomatis PLN *undervoltage* (suplai UPS)

Pengujian ke -	Waktu Transisi (detik)	Pengujian ke -	Waktu Transisi (detik)
1	5,56	6	4,37
2	5,75	7	4,12
3	4,71	8	5,03
4	5,53	9	4,59
5	4,44	10	4,31

Berdasarkan hasil pada Tabel 3, dilakukan perhitungan rata – rata waktu transisi menggunakan *hardware* saat ATS dalam mode otomatis dengan kondisi tegangan PLN mengalami *undervoltage* (beban disuplai UPS). Waktu rata – rata yang diperoleh yakni 4,841 detik. Hal ini berarti diperlukan waktu 4,841 detik agar beban tersuplai oleh UPS ketika tegangan PLN mengalami *undervoltage*.

Perbandingan hasil waktu transisi antara Gambar 22 dan Tabel 3 terdapat selisih sebesar 1,131 detik. Selisih dari perbandingan kedua waktu tersebut cukup kecil, sehingga dapat dikatakan alat yang dibuat sudah sesuai rancangan. Waktu transisi yang diperoleh bergantung pada keakuratan alat ukur dan juga kecepatan pembacaan sensor yang dikirimkan ke mikrokontroler.

3.2.4 Mode Otomatis ketika PLN Overvoltage (Beban Disuplai UPS)

Hasil yang diperoleh waktu transisi pada *software* dimulai ketika tegangan PLN mengalami *overvoltage* saat waktu menunjukkan 20:10:06.374 yang ditandai dengan beberapa parameter yang ditampilkan masih berada pada saat kondisi PLN menyuplai beban. Kemudian saat waktu menunjukkan 20:10:13.763, semua parameter telah terganti menjadi parameter saat kondisi UPS mulai menyuplai beban.

```

COM15
20:10:04.546 ->
20:10:06.374 -> Tegangan PLN : 232.40
20:10:06.374 -> Arus PLN : 0.44
20:10:06.421 -> Daya PLN : 102.80
20:10:06.421 -> Frek PLN : 50.00
20:10:06.421 -> Faktor PLN : 1.00
20:10:06.468 -> Tegangan UPS : 223.20
20:10:06.514 -> Arus UPS : 0.00
20:10:06.514 -> Daya UPS : 0.00
20:10:06.561 -> Frek UPS : 50.00
20:10:06.608 -> Faktor UPS : 0.00
20:10:13.623 -> Tegangan PLN : 233.40
20:10:13.623 -> Arus PLN : 0.00
20:10:13.623 -> Daya PLN : 0.00
20:10:13.669 -> Frek PLN : 50.00
20:10:13.669 -> Faktor PLN : 0.00
20:10:13.716 -> Tegangan UPS : 222.70
20:10:13.763 -> Arus UPS : 0.43
20:10:13.763 -> Daya UPS : 96.30
20:10:13.763 -> Frek UPS : 50.00
20:10:13.810 -> Faktor UPS : 1.00
    
```

Gambar 23. Hasil pengujian waktu transisi pada *software* mode otomatis saat PLN *overvoltage* (beban disuplai UPS)

Terdapat jeda waktu transisi yang terbaca pada *software* sebesar 7,389 detik.

Tabel 4. Hasil pengujian waktu transisi *hardware* mode otomatis PLN *overvoltage* (suplai UPS)

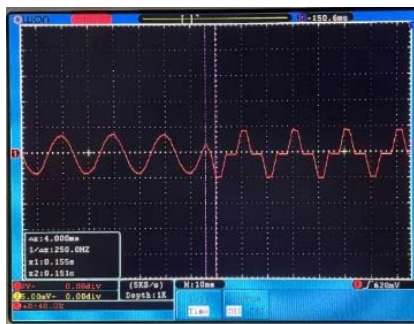
Pengujian ke -	Waktu Transisi (detik)	Pengujian ke -	Waktu Transisi (detik)
1	6,56	6	6,67
2	7,31	7	7,17
3	6,44	8	7,01
4	7,09	9	6,54
5	7,33	10	7,21

Berdasarkan hasil pada Tabel 4, dilakukan perhitungan rata – rata waktu transisi menggunakan *hardware* saat ATS dalam mode otomatis dengan kondisi tegangan PLN mengalami *overvoltage* (beban disuplai UPS). Waktu rata – rata yang diperoleh yakni 6,933 detik. Hal ini berarti diperlukan waktu 6,933 detik agar beban tersuplai oleh UPS ketika tegangan PLN mengalami *overvoltage*.

Perbandingan hasil waktu transisi antara Gambar 23 dan Tabel 4 terdapat selisih sebesar 0,456 detik. Selisih dari perbandingan kedua waktu tersebut cukup kecil, sehingga dapat dikatakan alat yang dibuat sudah sesuai rancangan. Waktu transisi yang diperoleh bergantung pada keakuratan alat ukur dan juga kecepatan pembacaan sensor yang dikirimkan ke mikrokontroler.

3.2.5 Mode Manual PLN ke UPS (Beban Disuplai UPS) dengan *Push Button*

Pada Gambar 24, ketika *push button* pada suplai beban ditekan ke sumber UPS, terdapat cuplikan gelombang pada osiloskop saat terjadi proses *switching* dari PLN ke sumber UPS.



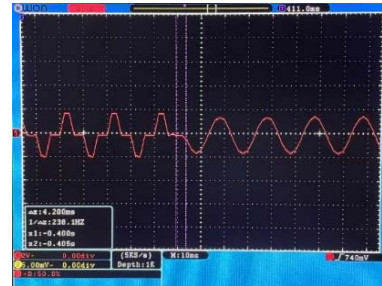
Gambar 24. Gelombang tegangan peralihan PLN ke UPS mode manual

Gelombang tersebut terdapat 2 kursor yang ditempatkan pada kedua titik terputusnya gelombang sebagai delta x yang bernilai 4 milidetik. Hal ini menjelaskan bahwa waktu yang dibutuhkan ATS untuk melakukan *switching* dari sumber PLN ke sumber UPS secara manual

menggunakan *push button* membutuhkan waktu 4 milidetik.

3.2.6 Mode Manual UPS ke PLN (Beban Disuplai PLN) dengan *Push Button*

Pada Gambar 25, ketika *push button* pada suplai beban ditekan ke sumber PLN, terdapat cuplikan gelombang pada osiloskop saat terjadi proses *switching* dari sumber UPS ke sumber PLN.



Gambar 25. Gelombang tegangan peralihan UPS ke PLN mode manual

Gelombang tersebut terdapat 2 kursor yang ditempatkan pada kedua titik terputusnya gelombang sebagai delta x yang bernilai 4,2 milidetik. Hal ini menjelaskan bahwa waktu yang dibutuhkan ATS untuk melakukan *switching* dari sumber UPS ke sumber PLN secara manual menggunakan *push button* membutuhkan waktu 4,2 milidetik.

4. Kesimpulan

Berdasarkan pengujian yang dilakukan, saat ATS dalam mode otomatis, dimana tegangan PLN normal, maka beban akan disuplai oleh sumber PLN. Ketika PLN padam, maka beban akan disuplai oleh UPS. Ketika PLN kembali menyala, maka beban akan kembali disuplai PLN. Ketika PLN mengalami *undervoltage* (tegangan PLN 197,8 V), maka beban akan disuplai oleh UPS. Ketika PLN *overvoltage* (tegangan PLN 231,6 V), maka beban akan disuplai oleh UPS. Ketika PLN *undervoltage* (tegangan PLN 197,2 V) dan UPS juga mengalami *undervoltage* (tegangan UPS 196,1 V), maka beban tidak akan disuplai oleh kedua sumber dengan ditandai bunyi alarm. Ketika PLN *overvoltage* (tegangan PLN 233,4 V) dan UPS juga mengalami *overvoltage* (tegangan UPS 233,9 V), maka beban tidak akan disuplai oleh kedua sumber dengan ditandai bunyi alarm. Ketika PLN dan UPS padam, maka beban akan mati dengan ditandai bunyi alarm. Hal ini sudah sesuai dengan SPLN No.1:1978 dimana batas nilai toleransi tegangan nominal PLN yaitu +5% dan – 10% dari 220 V.

Saat ATS dalam mode manual menggunakan suplai PLN (tegangan PLN normal), maka beban akan disuplai oleh

PLN. Ketika menggunakan sumber PLN dan PLN *undervoltage* (tegangan PLN 197,1 V), maka beban tidak akan disuplai oleh sumber PLN dengan ditandai bunyi alarm. Ketika menggunakan sumber PLN dan PLN *overvoltage* (tegangan PLN 233,5 V), maka beban tidak akan disuplai oleh sumber PLN dengan ditandai bunyi alarm. Ketika menggunakan suplai UPS (tegangan UPS normal), maka beban akan disuplai oleh UPS. Ketika menggunakan sumber UPS dan UPS *undervoltage* (tegangan UPS 196,5 V), maka beban tidak akan disuplai oleh sumber UPS dengan ditandai bunyi alarm. Ketika menggunakan sumber UPS dan UPS *overvoltage* (tegangan UPS 232,3 V), maka beban tidak akan disuplai oleh sumber UPS dengan ditandai bunyi alarm. Hal ini sudah sesuai dengan SPLN No.1:1978 dimana batas nilai toleransi tegangan nominal PLN yaitu +5% dan – 10% dari 220 V.

Pada pengujian waktu transisi ATS, saat ATS dalam mode otomatis dan PLN padam hingga beban disuplai oleh UPS, diperoleh waktu 7,493 detik (*software*) dan 6,889 detik (*hardware*). Saat PLN kembali menyala hingga beban disuplai oleh PLN, diperoleh waktu 5,695 detik (*software*) dan 6,133 detik (*hardware*). Saat PLN *undervoltage* hingga beban disuplai oleh UPS, diperoleh waktu 3,710 detik (*software*) dan 4,841 detik (*hardware*). Saat PLN *overvoltage* hingga beban disuplai oleh UPS, diperoleh waktu 7,389 detik (*software*) dan 6,933 detik (*hardware*). Hal ini sudah sesuai dengan *National Electrical Code* dimana waktu maksimum suplai cadangan ke beban sebesar 10 detik.

Saat ATS dalam mode manual dan sumber dipindah dari PLN ke UPS, diperoleh waktu 4 milidetik. Saat sumber dipindah dari UPS ke PLN, diperoleh waktu 4,2 milidetik.

Referensi

- [1] R. Pakpahan, D. N. Ramadan, and S. Hadiyoso, "Rancang Bangun Dan Implementasi *Automatic Transfer Switch* (ATS) Menggunakan Arduino Uno dan Relai" *Jurnal Elektro Telekomunikasi Terapan*, Dec. 2016.
- [2] Standar Perusahaan Listrik Negara 1:1995.
- [3] Prof.S.G. Galande and P.P. Autade, "An *Embedded 1/3 Phase Automatic Transfer Switch With Intelligent Energy Management*," *International Journal of Computer Engineering and Applications*, vol. IX, 2015.
- [4] P. H. G. Ginting dan E. W. Sinuraya, "Perancangan *Automatic Transfer Switch* (ATS) Parameter Transisi Berupa Tegangan Dan Frekuensi dengan Mikrokontroler Atmega 16," *Transmisi*, vol. 6, 2014.
- [5] F. N. Habibi, Sabar Setiawidayat, dan Moh. Mukhsim, "Alat Monitoring Pemakaian Energi Listrik Berbasis Android Menggunakan Modul PZEM-004T," *Prosiding Seminar Nasional Teknologi Elektro Terapan*, vol. 01, 2017.