

DESAIN DAN IMPLEMENTASI *AUTOMATIC TRANSFER SWITCH* 3 SUMBER LISTRIK DILENGKAPI DENGAN *AUTOMATIC MAIN FAILURE* BERBASIS PLC UNTUK SISTEM 1 FASA

Usman^{1,5}, Hamdani^{2,5}, Andi Ikhsan Habib³, Nabila Sri Rejeki Asis⁴

^{1,2,3,4}Teknik Listrik Politeknik Negeri Ujung Pandang

⁵Center Of Applied Electrical Energy System (CAESS)

Email: ¹usman.ose@poliupg.ac.id, ²hamdani@poliupg.ac.id, ³ikhsan8879@gmail.com,

⁴bilasrirejeki@gmail.com

Abstrak

Abstrak-- Memaksimalkan penggunaan energi listrik yang dihasilkan oleh PLTS tipe Of-Grid memiliki tantangan tersendiri untuk memenuhi kontinuitas penyaluran energi listrik, karena sifatnya yang intermiten. Guna memenuhi kontinuitas penyaluran energi listrik dalam memenuhi kebutuhan beban, maka dibutuhkan sumber energi listrik yang lebih dari 1 sumber. Peralihan sumber energi listrik tersebut membutuhkan suatu perangkat yang disebut dengan ATS dan AMF. Tujuan penelitian ini untuk merancang ATS yang dilengkapi dengan AMF untuk pengalihan 3 sumber listrik yaitu PLTS, PLN dan Genset untuk sistem 1 fasa, dengan perangkat kontrol utama PLC. Berdasarkan hasil pengujian diperoleh jeda perpindahan PLTS ke PLN adalah 39ms, sedangkan PLTS ke Genset atau PLN ke Genset waktu jeda perpindahannya adalah 5s. Waktu jeda ini merupakan proses *starting* dan pemanasan Genset. Sebaliknya perpindahan dari Genset ke PLN atau PLTS waktu jedanya adalah 39ms. Pada sistem ini *starting* Genset 3 batasi hingga 3 kali, jika Genset tidak berhasil on atau tidak terdeteksi, maka sistem akan membacanya sebagai gagal *starting* yang ditandai dengan aktifnya Buzzer.

Kata Kunci: ATS/AMF, PLC, sistem 1 fasa, gagal *starting*, waktu jeda

Abstract

To ensure the continuity of electrical energy distribution when using an Off-Grid PV system, overcoming the challenges posed by its intermittent nature is necessary. This requires the use of more than one source of electrical energy. This involves the use of more than one source of electrical energy. A device known as ATS and AMF facilitates switching between energy sources. This research aims to design an ATS equipped with AMF to transfer three electricity sources: Photovoltaic system, PLN, and Genset for a single-phase system, with the main control device being PLC. The test results found that the transfer time from the PV system to PLN is 39ms, while the transfer time from the PV system to the Genset or from PLN to the Genset is 5s. This transfer time includes the process of starting and warming up the generator. In this system, if the Genset is displaced to PLN or PLTS, the transfer time is 39ms. The starting of the generator set is limited to three attempts. If the generator set fails to start or is not voltage detected, the system will consider it a starting failure, indicated by the active Buzzer.

Keywords: ATS/AMF, PLC, single-phase system, failure starting, transfer time

I. PENDAHULUAN

Pemanfaatan energi terbarukan khususnya *photovoltaic* menjadi Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) saat ini telah berkembang pesat. Sumber energi ini merupakan salah satu sumber energi yang ramah lingkungan. Selain itu, Indonesia yang berada di daerah khatulistiwa, dengan sumber

radiasi matahari yang melimpah, maka sangat mendukung pemanfaatan sumber energi ini (Mulyani dkk., 2023; Nugraha, 2020; Nurjaman & Purnama, 2022). Akan tetapi keandalan PLTS ini dalam memenuhi kebutuhan beban belum dapat bekerja dengan baik secara mandiri, karena sifatnya yang *intermiten*.

Disisi lain kontinuitas penyaluran energi listrik sangat diperlukan, bahkan ada suatu kondisi beban listrik tidak diizinkan adanya interupsi penyaluran energi listrik tersebut. Berdasarkan hal tersebut, maka perlu adanya sebuah sistem yang dapat memindahkan sebuah sumber energi listrik, ke sumber energi listrik yang lainnya untuk menjaga kontinuitas penyaluran energi listrik. Sistem tersebut dikenal dengan *Automatic Transfer Switch* (ATS).

Dalam penelitian ini digunakan 3 buah sumber energi listrik yaitu PLTS, PLN dan Genset untuk menyuplai beban. Untuk pengalihan sumber ke Genset, agar Genset dan melakukan *strating* dan *shutdown* secara mandiri, maka diperlukan perangkat yang disebut *Automatic Main Failure* (AMF).

Penelitian terdahulu yang membahas sistem ATS yang dilengkapi dengan AMF sebagai pengalih sumber energi listrik untuk menjaga kontinuitas energi listrik yaitu penelitian yang dilakukan oleh Indrawan dkk. (2021), Irfani M., Herlina dan Safrudin (2021), Hasanah, Soeprapto dan Adi (2018) dan Dikhyak Falakhul Akmal dkk. (2023) merancang ATS/AMF dengan kontrol utama mikrokontroler untuk 2 buah sumber listrik yaitu PLN dan Genset. Kemudian oleh Ariyanto, Astutik dan Perdana (2021) mengimplementasikan sistem ATS/AMF dengan kontrol utama Wemos untuk 2 buah sumber listrik yaitu PLN dan Genset. Berikutnya oleh Felycia, Safaah dan Anwar (2022), Harjono, Widodo dan Sugiarto (2020) mengimplementasikan ATS/AMF untuk 2 buah sumber listrik yaitu PLN dan Genset dengan perangkat kontrol berupa relai dan timer. Selanjutnya oleh Rifaldi dkk. (2023), Harjono, Satria dan Nurhaidah (2022), Hasanah, Soeprapto dan Adi (2018) dan Ahammed dkk (2022) mengimplementasikan ATS/AMF untuk transfer daya listrik 1 fasa PLN-Genset dengan kontrol utama PLC. Penelitian lain mengenai ATS dilakukan oleh Darmanto dan Mahardika (2020) untuk sistem transfer 3 sumber listrik (*grid*, PV dan UPS). Berikutnya oleh Demeianto dkk. (2022) mengimplementasikan sistem ATS untuk sumber listrik PLTS dan PLN.

Berdasarkan uraian penelitian-penelitian yang telah dilakukan sebelumnya, hal yang membedakan penelitian ini adalah ATS yang dilengkapi dengan AMF didesain untuk 3 sumber listrik untuk menyuplai beban, yaitu PLTS sebagai sumber utama, kemudian di-*backup* oleh sumber PLN dan Genset dan mode kerjanya ada 2 yaitu mode manual dan mode otomatis dengan menggunakan kontroler utama yaitu PLC. PLC terdiri dari unit pemrosesan pusat (CPU), memori, dan modul I/O. PLC juga dapat digunakan untuk mengatur waktu

serta mengatur sebuah urutan kerja (Hartawan & Galina, 2022). Pemilihan PLC sebagai perangkat kontrol didasarkan pada perangkat kontrol yang digunakan di industri karena relatif mudah diprogram, tahan lama dan dapat diintegrasikan dengan perangkat lainnya (Supriyanto dkk., 2022).

Tujuan penelitian ini adalah merancang ATS yang dilengkapi dengan AMF untuk pengalihan 3 sumber listrik yaitu PLTS, PLN dan Genset untuk sistem 1 fasa, dengan perangkat kontrol utama PLC. Waktu pengalihan dari 1 sumber ke sumber lainnya dengan jeda di bawah 1 detik. Dengan demikian penggunaan energi listrik yang dihasilkan pada PLTS dapat dimaksimalkan dan kontinuitas penyaluran energi listrik dapat dipenuhi.

II. METODE

Komponen Utama

Komponen utama yang digunakan untuk mengimplementasikan sistem ATS dan AMF dengan 3 sumber listrik untuk 1 fasa disajikan pada Tabel 1.

Desain Hardware dan Software

Gambar 1 merupakan alur kerja dari sistem ATS/AMF. Pada sistem ini yang menjadi suplai utama adalah PLTS dengan *back-up* jala-jala PLN dan genset berturut-turut. Alur kerja sistem ini disajikan dalam bentuk *flowchart*.

Berdasarkan Gambar 1 tersebut kemudian dibuat desain *hardware* seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 2. *Port* input PLC digunakan untuk selektor, relai, *push button on/off* sumber dan *push button on/of buzzer*. Sedangkan *port output* PLC digunakan untuk kontaktor, relai start/stop genset, lampu indikator sumber yang menyuplai beban dan *Buzzer*.

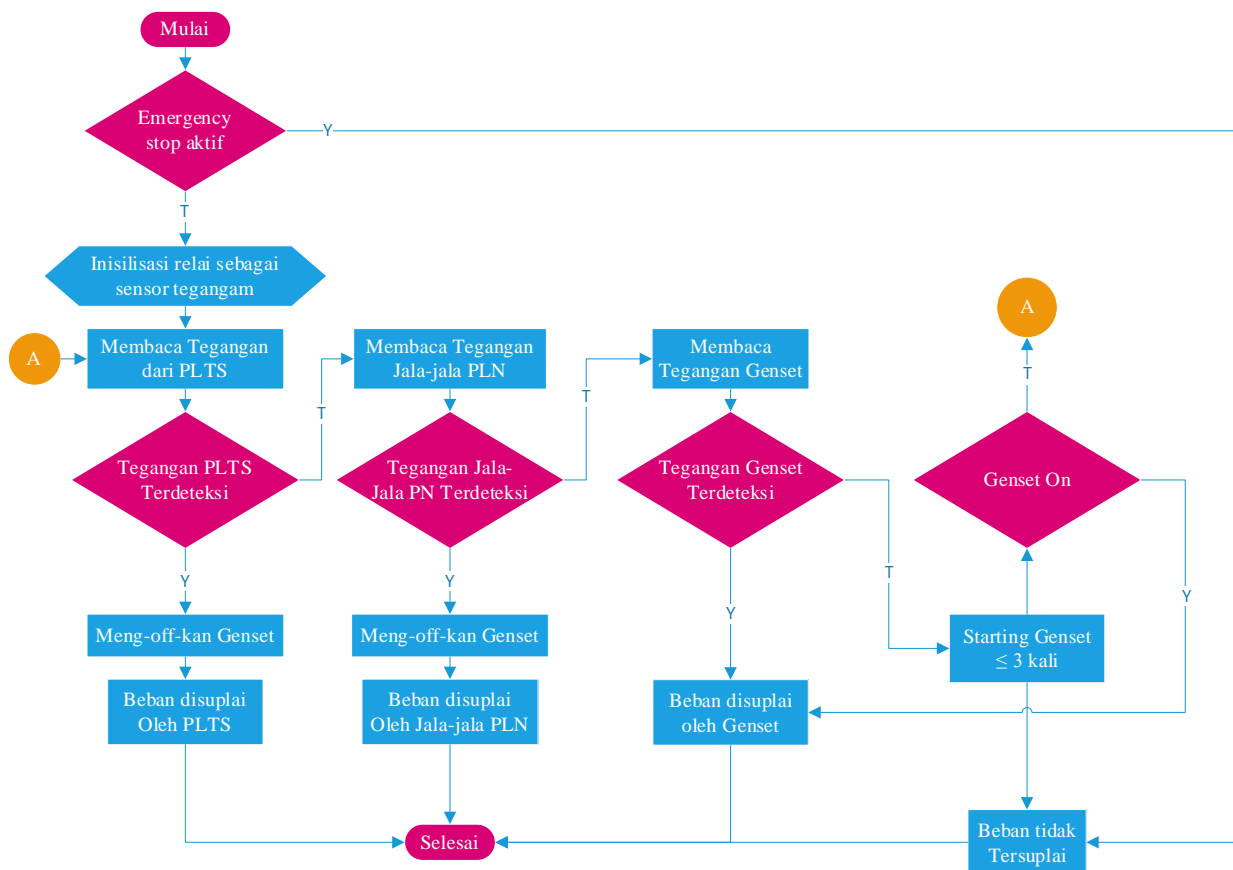
Sebelum melakukan implementasi langsung pada *hardware*, guna memastikan bahwa *leader* yang dibuat sudah bekerja dengan baik, sesuai dengan diagram alir kerja dari sistem ATS/AMF (Gambar 1), maka terlebih dahulu dibuat simulasinya. Simulasi *software* menggunakan kombinasi dari CX designer dan CX programmer. *Ladder* diagram pada CX Programmer disimulasikan secara online kemudian melakukan tes pada komponen yang telah dibuat melalui CX Designer, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3. Pada bagian atas terdapat kotak dengan tulisan tegangan PLTS, tegangan PLN dan tegangan GENSET. Kotak tersebut mewakili tegangan yang terdeteksi oleh *relay* dan memberikan masukan pada alamat input pada PLC. *Push button* ON dan OFF mewakili *push button* manual dari ketiga sumber.

kemudian terdapat selektor yang memiliki huruf A dan M yang mewakili selektor untuk pilihan operasi otomatis atau manual. Selanjutnya, terdapat kotak yang bertuliskan PLTS, PLN, dan Genset yang mewakili output yang terhubung ke kontaktor. Kotak tersebut akan memperlihatkan sumber yang terhubung ke beban. Pada bagian bawah terdapat

komponen bulat dengan tulisan *start* dan *stop*. Komponen tersebut mewakili *relay start* dan *stop* untuk genset. Selain itu, terdapat juga *buzzer* dan *push button stop buzzer*. Seluruh komponen *CX designer* pada Gambar 3 diberikan alamat sesuai dengan alamat *input* dan *output* yang terdapat pada ladder diagram.

Tabel 1. Komponen utama, spesifikasi dan fungsi yang digunakan.

No.	Nama Komponen	Spesifikasi	Fungsi
1	PLC	OMRON CP1E E30DR-A	Kontrol utama ATS/AMF
2	Box panel	40x60x20mm	Tempat pemasangan Komponen
3	<i>Selector switch</i>	<i>Selector switch</i> 22mm kunci 2 posisi	Memilih mode/sistem kerja ATS/AMF
4	<i>Double push button</i>	<i>Push button</i> oval NO dan NC	Tombol manual sumber
5	<i>Pilot lamp</i> kecil	<i>Pilot lamp</i> 220VAC lubang 10mm	Indikator fasa setiap sumber
6	<i>Pilot lamp</i> besar	<i>Pilot lamp</i> 220VAC lubang 22mm	Indikator fasa pada beban
7	<i>Emergency stop</i>	<i>Emergency stop</i> NO dan NC 2 posisi	Memutus aliran listrik ke PLC saat kondisi darurat
8	Multimeter	3 in 1 AC Volt, Ampere, Hertz meter LED	Mengukur besaran tegangan, arus, dan frekuensi yang disalurkan ke beban
9	MCB	Schneider C10	Pengaman arus hubung singkat dan beban lebih
10	<i>Relay</i>	OMRON MY4N 220VAC 8 pin	Sebagai sensor tegangan setiap suplai
11	Kontaktor	Schneider LC1D09M7 3P 220VAC	memutus dan menyalurkan listrik dari suplai ke beban
12	<i>Buzzer</i>	EWIG AD16-22SM 220VAC	Sebagai <i>alarm</i> ketika genset gagal <i>starting</i>
13	<i>Push button</i>	<i>Push button</i> NC	Menghentikan <i>buzzer</i>

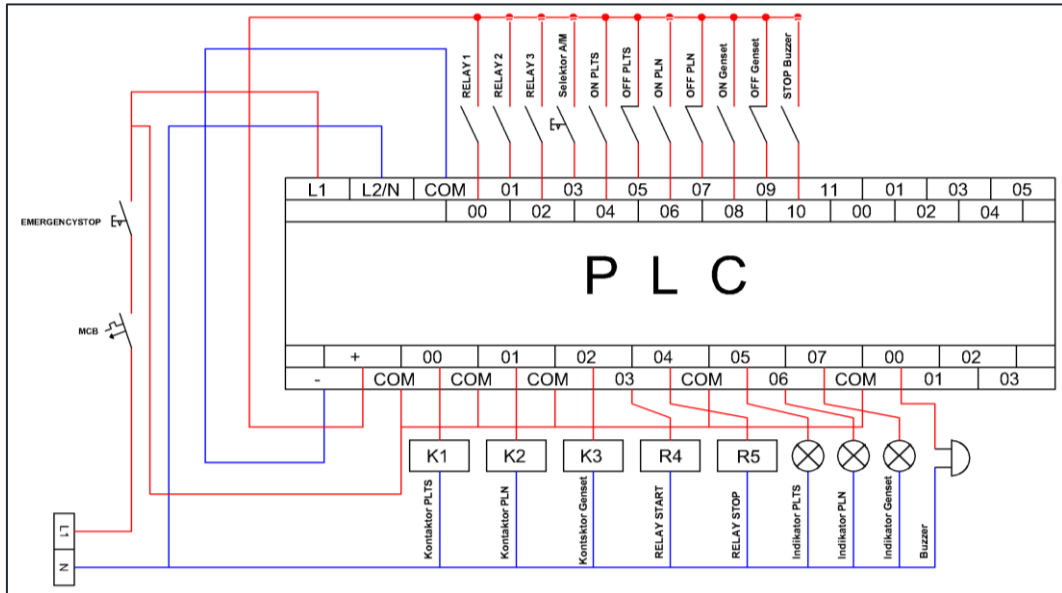


Gambar 1. Diagram Sistem Kerja ATS/AMS 3 Sumber.

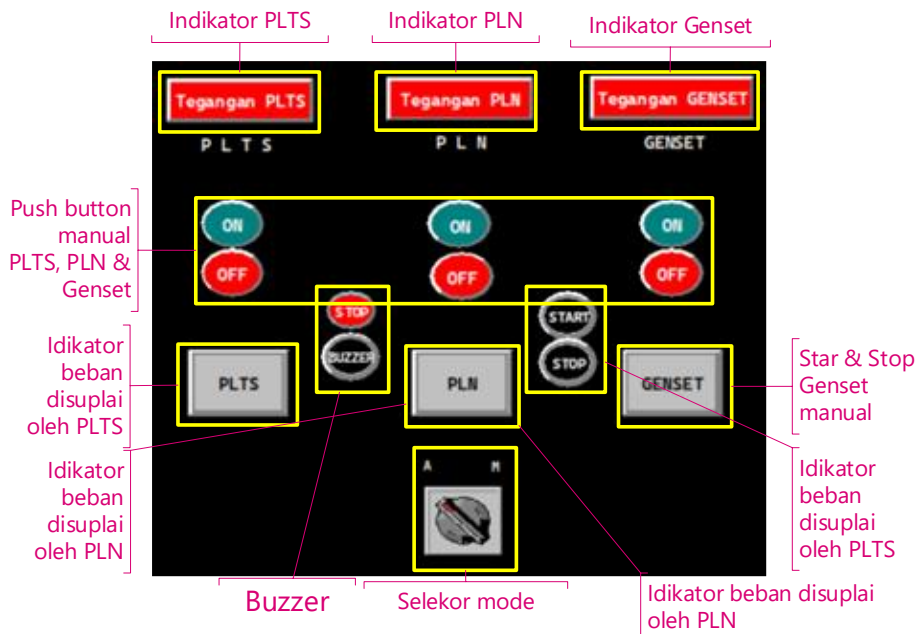
Sebelum melakukan implementasi langsung pada *hardware*, guna memastikan bahwa *leader* yang dibuat sudah bekerja dengan baik, sesuai dengan diagram alir kerja dari sistem ATS/AMF (Gambar 1), maka terlebih dahulu dibuat simulasinya. Simulasi *software* menggunakan kombinasi dari CX designer dan CX programmer.

Ladder diagram pada CX Programmer disimulasikan secara online kemudian melakukan tes pada komponen yang telah dibuat melalui CX Designer, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.

Pada CX programmer berisikan program *ladder*. Berdasarkan Gambar 1, program *ladder* dibuat menjadi 7 rung (rung 0 – rung 6. Rung dan deskripsinya disajikan pada Tabel 2.



Gambar 2. Diagram Kontrol ATS/AMF.



Gambar 3. Desain simulasi CX Designer.

Pada bagian atas terdapat kotak dengan tulisan tegangan PLTS, tegangan PLN dan tegangan Genset. Kotak tersebut mewakili tegangan yang terdeteksi oleh *relay* dan memberikan masukan pada alamat input pada PLC. *Push button* On dan Off

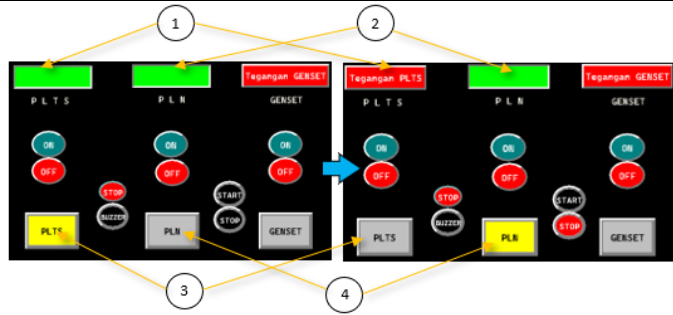
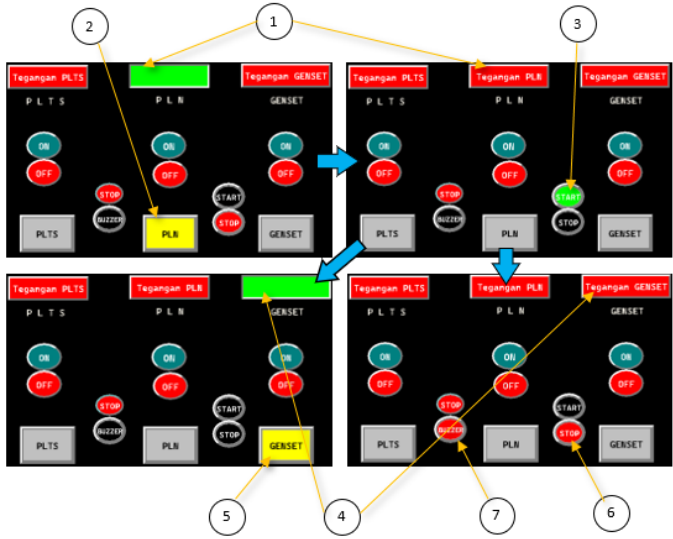
mewakili *push button* manual dari ketiga sumber. Kemudian terdapat selektor yang ditandai huruf A dan M yang mewakili selektor untuk pilihan operasi otomatis atau manual. Selanjutnya, terdapat kotak yang bertuliskan PLTS, PLN, dan Genset yang

mewakili output yang terhubung ke kontaktor. Kotak tersebut memperlihatkan sumber yang terhubung ke beban. Pada bagian bawah terdapat komponen bulat dengan tulisan *start* dan *stop*. Komponen tersebut mewakili *relay start* dan *stop* untuk genset. Selain itu, terdapat juga *buzzer* dan *push button stop buzzer*. Hasil simulasinya ditunjukkan oleh Tabel 3. Simulasi ini memberikan ilustrasi perpindahan sumber listrik untuk menyuplai beban.

Tabel 2. Kode Rung dan Deskripsiya.

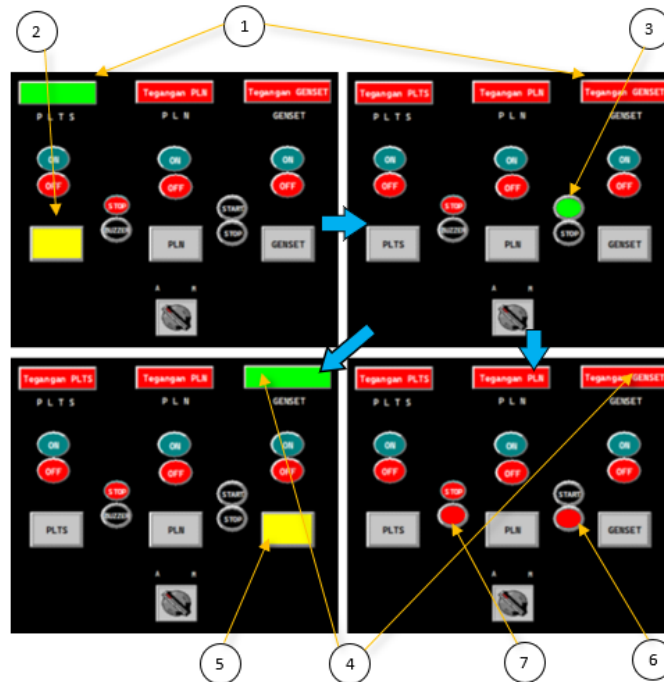
No.	Kode Rung	Deskripsi
1	0	Program untuk menjalankan fungsi sistem otomatis dan manual.
2	1	program untuk menjalankan fungsi deteksi tegangan pada suplai (PLTS, PLN dan Genset)
3	2	Program untuk menjalankan fungsi start dan stop genset secara otomatis. Starting dibatasi sebanyak 3 kali dengan. 1 kali starting dengan waktu 3 detik dan jeda starting 7 detik. Setelah 3 kali starting dan genset tidak berhasil, maka proses startingnya akan dihentikan
4	3	Program untuk menjalankan fungsi start dan stop genset secara manual.
5	4	Program yang berfungsi untuk start dan stop genset
6	5	Program yang berfungsi sebagai switching suplai ke beban
7	6	Program yang berfungsi untuk mengaktifkan indikator sumber yang terhubung ke beban dan mengaktifkan buzzer ketika genset gagal starting atau gagal terhubung ke beban

Tabel 3. Hasil Simulasi CX Designer.

<p>1. Mode Peralihan Visualisasi CX designer</p>	<p>PLTS ke PLN</p> 
<p>Deskripsi</p>	<p>ketika sumber PLTS dan PLN terdeteksi ditandai dengan komponen nomor 1 (suplai PLN) berwarna hijau, maka beban akan disuplai oleh PLTS ditandai dengan kotak nomor 2 berwarna kuning. Sedangkan, ketika sumber PLTS terputus ditandai dengan komponen nomor 1 yang berwarna hijau berubah menjadi warna merah, maka beban akan dialihkan ke sumber PLN ditandai dengan komponen nomor 4 berubah menjadi warna kuning.</p>
<p>2. Mode Peralihan Visualisasi CX designer</p>	<p>PLN ke Genset</p> 
<p>Deskripsi</p>	<p>Ketika suplai PLN terdeteksi oleh sistem ditandai dengan komponen nomor 1 berwarna hijau, maka beban akan disuplai oleh PLN ditandai dengan komponen nomor 2 berwarna kuning. Namun, ketika sumber PLN terputus ditandai dengan komponen nomor 1 yang berwarna hijau berubah menjadi warna merah, maka sistem akan melakukan starting pada genset ditandai dengan komponen nomor 3 berubah menjadi warna hijau. Ketika genset aktif dan tegangan genset terdeteksi oleh sistem ditandai dengan komponen nomor 4 berwarna hijau, maka beban akan disuplai oleh genset ditandai</p>

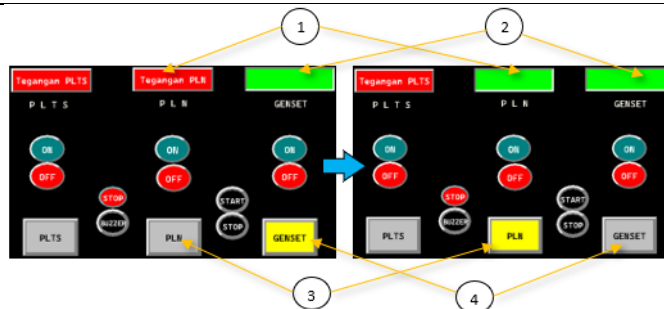
dengan komponen nomor 5 berubah menjadi warna kuning. Namun, ketika genset gagal starting ditandai dengan komponen nomor 4 tetap berwarna merah, maka buzzer akan aktif ditandai dengan komponen nomor 7 berubah menjadi warna merah dan genset dimatikan ditandai dengan komponen nomor 6 berubah menjadi warna merah.

3 **Mode Peralihan**
Visualisasi CX designer



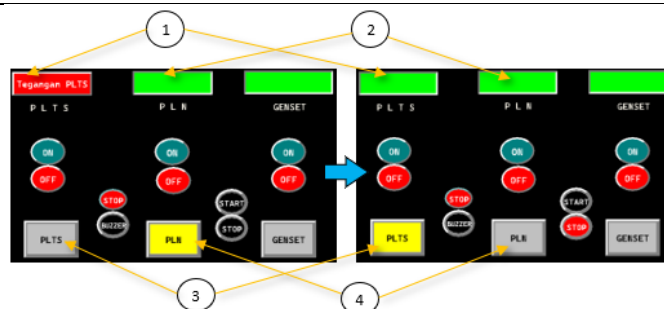
Deskripsi Ketika suplai PLTS terdeteksi oleh sistem ditandai dengan komponen nomor 1 berwarna hijau, maka beban akan disuplai oleh PLTS ditandai dengan komponen nomor 2 berwarna kuning. Namun, ketika sumber PLTS terputus ditandai dengan komponen nomor 1 yang berwarna hijau berubah menjadi warna merah dan PLN tidak terdeteksi, maka sistem akan melakukan starting pada genset ditandai dengan komponen nomor 3 berubah menjadi warna hijau. Ketika genset aktif dan tegangan genset terdeteksi oleh sistem ditandai dengan komponen nomor 4 berwarna hijau, maka beban akan disuplai oleh genset ditandai dengan komponen nomor 5 berubah menjadi warna kuning. Namun, ketika genset gagal starting ditandai dengan komponen nomor 4 tetap berwarna merah, maka buzzer akan aktif ditandai dengan komponen nomor 7 berubah menjadi warna merah dan genset dimatikan ditandai dengan komponen nomor 6 berubah menjadi warna merah.

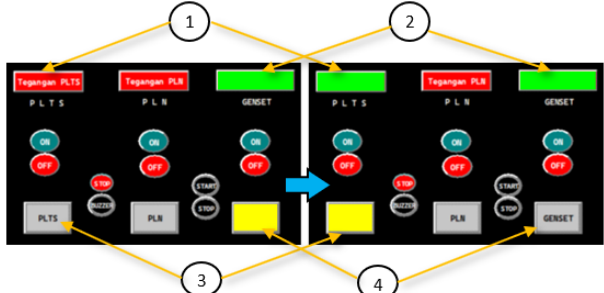
4 **Mode Peralihan**
Visualisasi CX designer



Deskripsi Ketika beban disuplai oleh genset ditandai dengan komponen nomor 4 berwarna kuning, kemudian sumber PLN terdeteksi oleh sistem ditandai dengan komponen nomor 1 berubah menjadi warna hijau, maka beban akan dialihkan ke suplai PLN ditandai dengan komponen nomor 3 berubah menjadi warna kuning meskipun genset masih dalam kondisi aktif ditandai dengan komponen nomor 2 berwarna hijau.

5 **Mode Peralihan**
Visualisasi CX designer



	<p>Deskripsi ketika beban disuplai oleh PLN ditandai dengan komponen nomor 4 berwarna kuning, kemudian sumber PLTS terdeteksi oleh sistem ditandai dengan komponen nomor 1 berubah menjadi warna hijau, maka beban akan dialihkan ke suplai PLTS ditandai dengan komponen nomor 3 berubah menjadi warna kuning meskipun PLN masih dalam kondisi aktif ditandai dengan komponen nomor 2 berwarna hijau.</p>
6	<p>Mode Peralihan Genset ke PLTS</p>
<p>Visualisasi CX designer</p>	
	<p>Deskripsi Ketika beban disuplai oleh Genset ditandai dengan komponen nomor 4 berwarna kuning, kemudian sumber PLTS terdeteksi oleh sistem ditandai dengan komponen nomor 1 berubah menjadi warna hijau, maka beban akan dialihkan ke suplai PLTS ditandai dengan komponen nomor 3 berubah menjadi warna kuning meskipun Genset masih dalam kondisi aktif ditandai dengan komponen nomor 2 berwarna hijau.</p>

Pengujian

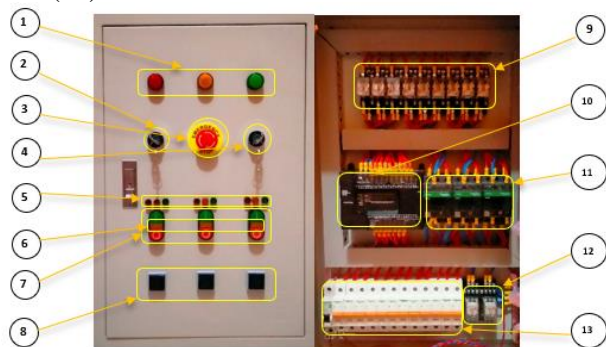
Pengujian sistem ATS/AMF yang dilakukan untuk mengetahui kinerja terdiri dari:

- Pengujian mode manual,
- Pengujian mode otomatis, dan
- Pengujian dengan beban yang sensitif terhadap interupsi tegangan.

Pengujian yang dilakukan berfokus pada *transfers time* untuk mengetahui waktu *transfers switch* dari satu sumber ke sumber lainnya. Dengan demikian parameter yang diuji adalah waktu. Parameter lainnya seperti tegangan dan atau frekuensi tidak dilakukan, karena parameter tersebut tidak dihasilkan oleh perangkat ATS atau AMF.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil implementasi ATS dengan sistem AMF ditunjukkan oleh Gambar 4. Komponen yang ditandai dengan angka berturut-turut adalah (1) *pilot lamp*, (2) selektor *switch* (A / M), (3) *emergency stop*, (4) selektor *switch* (1Ø / 3Ø), (5) lampu indikator, (6) *push button*, (7) indikator suplai, (8) multimeter, (9) relai, (10) PLC, (11) kontaktor, (12) relai *star/stop*, dan (13) MCB.



Gambar 4. Panel ATS dengan Sistem AMF untuk 3 Sumber Listrik

Hasil pengujian ATS dengan sistem AMF untuk 3 sumber listrik mode otomatis yang meliputi peralihan PLTS-PLN, peralihan PLTS-Genset, peralihan PLN-Genset, peralihan PLTS-PLN-Genset, dan *starting* Genset masing-masing berturut-turut ditunjukkan pada Tabel 5, Tabel 6, Tabel 7, dan Tabel 8. Berdasarkan hasil pengujian tersebut terdapat jeda waktu selama 39ms untuk peralihan dari PLTS ke PLN atau sebaliknya atau Genset ke PLN dan PLTS. Sedangkan dari PLTS ke Genset atau PLN ke Genset dibutuhkan waktu 5s. Waktu 5s ini merupakan waktu yang dibutuhkan untuk proses *starting* dan pemanasan Genset. Secara keseluruhan berdasarkan hasil pengujian sistem ATS yang dilengkapi dengan AMF ini dapat bekerja dengan baik.

Starting Genset pada sistem ini diatur sebanyak 3 kali untuk melakukan proses *starting* seperti yang dilakukan oleh (Indrawan dkk., 2021). Hal ini dilakukan untuk membatasi proses *starting* Genset yang berulang secara terus menerus. Ini didasarkan pada desain yang menjadi indikator Genset telah *On* adalah terdeteksinya tegangan. Pada faktanya tidak terdeteksinya tegangan ini ada 2 kemungkinan, yaitu Genset mengalami gagal *starting* atau Genset berhasil melakukan *starting* akan tetapi pengaman (MCB) genset dalam posisi *Off*. Dengan adanya pembatasan ini maka dapat menjaga genset dari kondisi tersebut. 1 kali genset dalam melakukan proses *starting* membutuhkan waktu selama 3s, jika gagal, maka membutuhkan waktu selama 13s untuk melakukan *starting* yang kedua kalinya, 23s untuk *starting* berikutnya. Apabila setelah 3 kali melakukan *starting* dan tidak terdeteksi tegangan dari genset maka sistem akan mendeteksi adanya Genset gagal melakukan *starting* dan akan ditandai dengan aktifnya *Buzzer*. Perpindahan Genset ke PLN

pada sistem ini diatur, setelah beban disuplai oleh PLN, Genset tidak langsung di-off-kan, akan tetapi dijeda hingga 60s untuk menjaga adanya gangguan kembali, sehingga akan Genset akan melakukan kembali proses *starting* sedangkan dalam Harjono, Widodo dan Sugiarto (2020) Genset akan *standbye* selama 180s sebelum di-off-kan.

Tabel 4. Hasil Pengujian PLTS-PLN dan Sebaliknya.

No.	Suplai PLTS	Suplai PLN	Kontaktor Aktif	Beban
1.	On	On	PLTS	On
2.	Off	On	PLN	On dengan jeda 39ms
3.	On	On	PLTS	On dengan jeda 39ms
4.	Off	Off	-	

Tabel 5. Pengujian PLTS-Genset dan sebaliknya.

No.	Suplai PLTS	Suplai Genset	Kontaktor Aktif	Beban
1.	On	Off	PLTS	On
2.	Off	On	Genset (<i>starting</i>)	Off
3.	On	On	PLTS	On dengan jeda 39ms
4.	Off	On	Genset (<i>stand by</i>)	On dengan jeda 39ms
5.	Off	Off	-	Off

Tabel 6. Pengujian PLN-Genset dan Sebaliknya.

No.	Suplai PLN	Suplai Genset	Kontaktor Aktif	Beban
1.	On	Off	PLN	On
2.	Off	On	Genset (<i>starting</i>)	On dengan jeda 5s
3.	On	On	PLN	On dengan jeda 39ms
4.	Off	On	Genset (<i>stand by</i>)	On dengan jeda 39ms
5.	Off	Off	-	Off

Tabel 7. Pengujian PLTS-PLN-Genset dan Sebaliknya

No.	Suplai PLTS	Suplai PLN	Suplai Genset	Suplai ke beban	Beban
1.	On	On	Off	PLTS	On
2.	Off	On	Off	PLN	On dengan jeda 39ms
3.	Off	Off	On	Genset (<i>starting</i>)	On dengan jeda 5ms
4.	Off	ON	On	PLN	On dengan jeda 39ms
5.	Off	Off	On	Genset (<i>stand by</i>)	On dengan jeda 39ms
6.	ON	Off	On	PLTS	On dengan jeda 39ms
7.	Off	Off	On	Genset (<i>stand by</i>)	On dengan jeda 39ms

No.	Suplai PLTS	Suplai PLN	Suplai Genset	Suplai ke beban	Beban
8.	Off	On	Off	PLN	On dengan jeda 39ms
9.	On	On	Off	PLTS	On dengan jeda 39ms
10.	Off	Off	Off	-	Off

Tabel 8. Pengujian *Starting* Genset.

No.	Relai Start	Relai Stop	Suplai Genset ke Beban	Durasi
Satu kali Starting				
1.	On	Off	Ada	3s
Total Durasi				3s
Dua kali Starting				
1.	On	Off	Tidak Ada	3s
2.	Off	Off	Tidak Ada	3s
3.	Off	On	Tidak Ada	3s
4.	Off	Off	Tidak Ada	1s
5.	On	Off	Ada	3s
Total Durasi				13s
Tiga kali Starting				
1.	On	Off	Tidak Ada	3s
2.	Off	Off	Tidak Ada	3s
3.	Off	On	Tidak Ada	3s
4.	Off	Off	Tidak Ada	1s
5.	On	Off	Tidak Ada	3s
6.	Off	Off	Tidak Ada	3s
7.	Off	On	Tidak Ada	3s
8.	Off	Off	Tidak Ada	1s
9.	On	Off	Ada	3s
Total Durasi				23s
Gagal Starting				
1.	On	Off	Tidak Ada	3s
2.	Off	Off	Tidak Ada	3s
3.	Off	On	Tidak Ada	3s
4.	Off	Off	Tidak Ada	1s
5.	On	Off	Tidak Ada	3s
6.	Off	Off	Tidak Ada	3s
7.	Off	On	Tidak Ada	3s
8.	Off	Off	Tidak Ada	1s
9.	On	Off	Tidak Ada	3s
10.	Off	Off	Tidak Ada	3s
11.	Off	Off	Tidak Ada (Buzzer aktif)	-

Jeda waktu atau interupsi tegangan sebesar 39ms tidak menyebabkan gangguan terhadap beban yang sensitif seperti komputer. Pada pengujian ini, dengan interupsi tegangan tersebut komputer tidak mengalami konsisi *restarting*, karena interupsi tegangan yang dapat membuat komputer dapat mengalami konsisi *restarting* adalah sebesar 50ms (Fitzer dkk., 2004).

Jeda waktu yang dibutuhkan dari PLN ke Genset ataupun sebaliknya lebih kecil dibandingkan dengan (Rifaldi dkk., 2023) yaitu sebesar 4.773s dan 4.744s. Sedangkan dalam (Hasanah dkk., 2018) adalah 37.8s dan 2.8s. Kemudian untuk Felycia, Safaah dan Anwar (2022), jeda waktu perpindahan PLN ke Genset adalah 5.30s dan sebaliknya adalah 5.4s. Hasil penelitian oleh Harjono, Satria dan Nurhaidah (2022) waktu perpindahan PLN ke Genset adalah

300s demikian pula sebaliknya, oleh Harjono, Widodo dan Sugiarto (2020) waktu perpindahan PLN ke Genset adalah 3s demikian pula sebaliknya dan Genset akan *standbye* selama 3s sebelum di-off-kan, oleh Indrawan dkk. (2021) waktu tunda dari PLN ke Genset adalah 21s dan sebaliknya adalah 3s, oleh Irfani M., Herlina dan Safrudin (2021) peralihan dari PLN ke Genset adalah 3.5s dan sebaliknya adalah 0s

Pengujian pada mode manual untuk sistem ATS 3 sumber yang dilengkapi dengan AMF ini disajikan pada Tabel 9. Dapat dilihat pada tabel tersebut, ketika ketiga sumber (PLTS, PLN dan Genset) diaktifkan (no.8), maka beban akan tersuplai oleh

PLTS. Kemudian ketika suplai PLTS di-off kan (no.9) dan suplai PLN serta genset tetap pada kondisi *on* dari pengujian no.8, maka beban akan disuplai oleh PLN. Tetapi ketika suplai PLN juga di-off kan (no.10), maka beban akan disuplai oleh genset. Ketika sistem manual dioperasikan, genset tidak akan melakukan *starting* secara otomatis. Operasi manual ini berfungsi agar operator dapat melakukan *starting* manual saat terjadi gagal *starting* pada genset saat sistem beroperasi secara otomatis atau mode operasi manual itu sendiri. Selain itu, operasi manual juga digunakan untuk memutuskan suplai secara manual ketika ingin melakukan pemeliharaan.

Tabel 9. Hasil Pengujian ATS yang Dilengkapi dengan AMF pada Mode Manual.

No.	PLTS On		PLN On		Genset		Kondisi Sumber	Sumber Listrik ke Beban	Kondisi beban
	PB On	PB Off	PB On	PB Off	PB On	PB Off			
1.	x	x	x	x	x	x	Off	-	Off
2.	✓	x	x	x	x	x	PLTS On	PLTS	On
3.	x	✓	x	x	x	x	PLTS Off	-	Off
4.	x	x	✓	x	x	x	PLN On	PLN	On
5.	x	x	x	✓	x	x	PLN Off	-	Off
6.	x	x	x	x	✓	x	Genset on Starting)	Genset	On
7.	x	x	x	x	x	✓	Genset Off	-	Off
8.	✓	x	✓	x	✓	x	PLTS on, PLN on, Genset on	PLTS	On
9.	x	✓	x	x	x	x	PLTS off, PLN on, Genset on	PLN	On
10.	x	x	x	x	✓	x	PLTS off, PLN off, Genset on	Genset	On

Ket : ✓ = Ditekan ; x = Tidak ditekan

IV. PENUTUP

ATS yang dilengkapi dengan AMF untuk pengalihan 3 sumber listrik 1 fasa dapat bekerja dengan baik. Jeda waktu pengalihan dari PLTS ke PLN dan sebaliknya serta Genset ke PLT atau Genset ke PLN adalah 0.039s, sedangkan dari PLTS dan PLN ke Genset memerlukan waktu minimal 3.039s dan maksimal 23.039s. Sistem ini dilengkapi dengan pengaman *starting* genset, yaitu diberikan batasan *starting* sebanyak 3 kali, jika hal ini tidak terpenuhi, maka Genset diberikan status gagal *starting*. Genset akan *stanbye* selama 60s setelah terdeteksi tegangan dari PLN untuk menghindari terjadinya gangguan kembali pada sumber PLN, yang menyebabkan Genset akan melakukan *starting* kembali.

Untuk meminimalisir jeda peralihan dari PLTS atau PLN ke Genset, sebaiknya ditambahkan Uninterruptable Power Supply (UPS). UPS ini akan menjadi sumber listrik selama Genset melakukan proses *starting*.

V. DAFTAR PUSTAKA

Ahammed, M. T., Das, C., Oion, S. R., Ghosh, S., & Afroj, M. (2022). Design and Implementation of Programmable Logic Controller Based

Automatic Transfer Switch. *Journal of Artificial Intelligence, Machine Learning and Neural Network*, 2(2), 8–18. <https://doi.org/10.55529/jaimlnn.22.8.18>

Ariyanto, E., Astutik, R. P., & Perdana, P. (2021). Rancang Bangun Sistem Kendali Dan Monitoring Sistem Automatic Transfer Switch/Automatic Main Failure (Ats–Amf) Menggunakan Wemos D1 Berbasis Internet Of Things (Iot). *SinarFe7*, 4(1), 15–22. <https://jurnal.unismabekasi.ac.id/index.php/jrec/article/view/1377/1238>

Darmanto, N. A., & Mahardika, B. W. A. (2020). Design and Development of Automatic Transfer Switch System, Energy Saving Emergency Panel. *2020 7th International Conference on Information Technology, Computer, and Electrical Engineering (ICITACEE)*, 300–303. <https://doi.org/10.1109/ICITACEE50144.2020.9239160>

Demeianto, B., Yaqin, R. I., Siahaan, J. P., Priharanto, Y. E., Abrori, M. Z. L., Tumpu, M., Fadiga, A. I., & Mahendra, T. (2022). Rancang Bangun Panel Automatic Transfer Switch (ATS)

- pada Pembangkit Listrik Tenaga Surya Sebagai Catu Daya Kincir Air pada Tambak Perikanan. *Aurelia Journal*, 4(2), 203–218. <https://doi.org/https://doi.org/10.15578/aj.v4i2.11686>
- Dikhyak Falakhul Akmal, M., Alfita, R., Ulum, M., Haryanto, H., Pramudia, M., & Vivin Nahari, R. (2023). Rancang Bangun Automatic Transfer Switch (ATS) - Automatic Main Failure (AMF) Untuk Otomatisasi Genset Berbasis Mikrokontroler Menggunakan Metode Fault Tolerance. *Jurnal FORTECH*, 2(2), 63–68. <https://doi.org/10.56795/fortech.v2i2.205>
- Felycia, F., Safaah, E., & Anwar, R. (2022). Rancang Bangun Sistem ATS (Automatic Transfer Switch) dan AMF (Automatic Main Failure) 1 Fasa Secara Otomatis. *ProTekInfo(Pengembangan Riset dan Observasi Teknik Informatika)*, 9(2), 22–29. <https://doi.org/10.30656/protekinfo.v9i2.5260>
- Fitzer, C., Barnes, M., & Green, P. (2004). Voltage Sag Detection Technique for a Dynamic Voltage Restorer. *IEEE Transactions on Industry Applications*, 40(1), 203–212. <https://doi.org/10.1109/TIA.2003.821801>
- Harjono, D., Satria, T. J., & Nurhaidah, N. (2022). Rancang Bangun Automatic Transfer Switch (ATS) Automatic Main Failure (AMF) Menggunakan PLC LS Master K120s. *Jurnal ELIT*, 3(2), 40–47. <https://doi.org/10.31573/elit.v3i2.478>
- Harjono, D., Widodo, W., & Sugiarto, H. (2020). Rancang Bangun Panel Automatic Transfer Switch (ATS) dan Automatic Main Failure (AMF) Menggunakan Modul Datakom DKG307. *Jurnal ELIT*, 1(2), 55–66. <https://doi.org/10.31573/elit.v1i2.94>
- Hartawan, F. Y., & Galina, M. (2022). Implementasi Programmable Logic Control (PLC) Omron CP1E pada Sistem Kendali Motor Induksi Star-Delta untuk Kebutuhan Industri. *JTT (Jurnal Teknologi Terapan)*, 8(2), 98–106. <https://doi.org/10.31884/jtt.v8i2.409>
- Hasanah, R. N., Soeprapto, S., & Adi, H. P. (2018). Arduino-Based Automatic Transfer Switch for Domestic Emergency Power Generator-Set. *2018 2nd IEEE Advanced Information Management, Communicates, Electronic and Automation Control Conference (IMCEC)*, 742–746. <https://doi.org/10.1109/IMCEC.2018.8469629>
- Indrawan, A. W., Muchtar, N., Purwito, P., A.R., A., Sultan, A. R., & Kautsar, I. Al. (2021). Perancangan ATS/AMF Berbasis Internet of Things. *Jurnal Teknologi Elektro*, 5(1), 26–33. <https://doi.org/10.31963/elektrika.v5i1.3352>
- Irfani M., M., Herlina, A., & Safrudin, S. (2021). Prototype Automatic Transfer Switch (ATS) on the Generator to Anticipate Blackouts. *Buletin Ilmiah Sarjana Teknik Elektro*, 3(1), 50–56. <https://doi.org/10.12928/biste.v3i1.2829>
- Mulyani, S., Idris, A. R., & Usman, U. (2023). Analisis Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Sebagai Catu Daya Aerator dan Alat Pemberi Pakan Ikan. Dalam M. D. Faraby (Ed.), *Seminar Nasional Teknik Elektro dan Informatika (SNTEI)* (Vol. 9, Nomor 1, hal. 59–66). Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Ujung Pandang. <http://jurnal.poliupg.ac.id/index.php/sntei/article/view/4400>
- Nugraha, I. M. A. (2020). Penggunaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Sebagai Sumber Energi Pada Kapal Nelayan: Suatu Kajian Literatur. *JURNAL SUMBERDAYA AKUATIK INDOPASIFIK*, 4(2), 101. <https://doi.org/10.46252/jsai-fpik-unipa.2020.Vol.4.No.2.76>
- Nurjaman, H. B., & Purnama, T. (2022). Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Sebagai Solusi Energi Terbarukan Rumah Tangga. *Jurnal Edukasi Elektro*, 6(2), 136–142. <https://doi.org/10.21831/jee.v6i2.51617>
- Rifaldi, M., Ridwan, A. M., Effendi, M. R., Lestari, F., Yuliyanti, A. Y., & Hilmi, F. (2023). Design of Automatic Transfer Switch (ATS) and Automatic Main Failure (AMF) Based on Outseal. *2023 9th International Conference on Wireless and Telematics (ICWT)*, 1–6. <https://doi.org/10.1109/ICWT58823.2023.10335477>
- Supriyanto, H., Suryatini, F., Martawireja, A. R. H., & Rudiansyah, H. (2022). Implementasi Kontroler PID dengan Metode Tuning Ziegler-Nichols dan Cohen-Coon pada Sistem Scada Kendali Level Air. *JTT (Jurnal Teknologi Terapan)*, 8(2), 149–157. <https://doi.org/10.31884/jtt.v8i2.410>