

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Landasan Teori

Automatic Transfer Switch (ATS) merupakan perangkat yang berfungsi untuk mengalihkan sumber daya listrik secara otomatis dari sumber utama ke sumber cadangan atau sebaliknya. Dalam sistem kelistrikan, ATS digunakan untuk menjamin kontinuitas suplai daya, terutama ketika sumber utama dari jaringan PLN mengalami gangguan atau pemutusan arus. Implementasi ATS memungkinkan sistem kelistrikan beroperasi dengan tingkat efisiensi dan keandalan yang lebih tinggi.

Fungsi utama dari ATS adalah pendeteksi gangguan pada sumber listrik utama secara *real-time*. Saat terjadinya ketidakstabilan atau pemutusan arus pada sumber utama, beban listrik akan dialihkan secara otomatis ke sumber cadangan, seperti *inverter* atau generator. Proses pengalihan ini berlangsung dalam waktu yang sangat singkat (*fast switching*), sehingga beban yang terhubung tidak mengalami gangguan operasional yang signifikan. Mekanisme ini sangat efektif bagi fasilitas yang membutuhkan stabilitas daya tinggi, mulai dari skala industri, pusat data, rumah sakit, hingga sistem pengamanan listrik rumah tangga.

Secara teknis, ATS tersusun atas beberapa komponen utama yang meliputi saklar daya (*power switch*), *relay*, dan kontrol logika. Saklar daya berfungsi sebagai pemindah koneksi fisik antar sumber listrik, sedangkan *relay* bertugas mendeteksi kondisi tegangan pada sumber utama. Kontrol logika berperan dalam mengatur parameter dan prosedur pengalihan daya agar berjalan sesuai dengan algoritma yang telah ditentukan.

Secara keseluruhan, penggunaan *Automatic Transfer Switch* merupakan solusi efektif dalam menjaga kontinuitas pasokan listrik dan mengurangi risiko kerusakan perangkat akibat fluktuasi daya. Keberadaan ATS meningkatkan efisiensi operasional sekaligus memberikan perlindungan terhadap sistem kelistrikan modern yang memiliki ketergantungan tinggi terhadap kestabilan energi.

2.1.1 Sistem Pengaman Listrik Rumah Tangga

Rancang bangun sistem pengaman listrik rumah tangga berbasis *backup inverter* dan alarm peringatan dirancang untuk menyuplai daya cadangan bagi peralatan rumah tangga saat terjadi pemadaman listrik dari sumber PLN. Mekanisme perpindahan sumber daya pada sistem ini mengintegrasikan fungsi *Automatic Transfer Switch* (ATS) yang berguna untuk menjamin keberlangsungan suplai daya. Keamanan listrik ditingkatkan melalui fitur perpindahan tanpa jeda atau *Seamless Power Switching*, yang memungkinkan peralihan beban dilakukan dengan sinkronisasi waktu yang presisi tanpa menyebabkan gangguan operasional pada peralatan elektronik sensitif.

2.1.2 Automatic Transfer Switch (ATS)

Automatic Transfer Switch (ATS) merupakan sebuah rangkaian listrik yang berfungsi untuk mengalirkan sumber daya listrik secara otomatis dari sumber utama ke sumber cadangan atau sebaliknya. Dalam sistem kelistrikan, ATS digunakan untuk menjamin kontinuitas sulai daya dan memungkinkan sistem beroperasi dengan tingkat keandalan yang tinggi tanpa memerlukan intervensi manual. Fungsi krusial dari ATS adalah pendeteksian gangguan pada sumber utama secara *real-time*. Saat terjadinya pemutusan arus, beban listrik akan dialihkan secara otomatis ke sumber cadangan dalam waktu yang sangat singkat (*fast switching*). Secara teknis ATS pada penelitian ini tersusun atas komponen saklar daya (*power switch*), *relay*, dan kontrol logika.

2.1.3 Inverter

Inverter merupakan perangkat elektronik daya yang berfungsi mengubah tegangan arus searah *Direct Current* (DC) dari baterai menjadi tegangan arus bolak-balik *Alternating Current* (AC). Menurut Alam Badri dkk. (2018), penggunaan *Inverter* pada catu daya cadangan bertujuan untuk menjamin ketersediaan energi bagi beban rumah tangga saat terjadi kegagalan pada sumber utama. Mundus dkk. (2019) menjelaskan bahwa proses konversi ini melibatkan mekanisme *switching* untuk menghasilkan tegangan keluaran yang stabil. Pada sistem ini, *inverter* bekerja secara siaga (*standbay*) dan akan aktif secara otomatis melalui kendali ATS ketika suplai PLN terputus (Basil dkk., 2021)

Secara teknis *inverter* bekerja dengan cara mengalirkan arus searah dari baterai menuju rangkaian saklar daya yang biasanya terdiri dari komponen semikonduktor seperti *MOSFET* atau *IGBT*. Komponen-komponen tersebut bekerja dengan prinsip *switching* frekuensi tinggi yang di atur oleh modul kontrol untuk menghasilkan sinyal pulsa. Sinyal ini kemudian dialirkan melalui transformator yang berguna menaikkan level tegangan hingga mencapai 220V AC. Pada jenis *Pure Sine Wave Inverter*, sinyal keluaran diproses lebih lanjut melalui rangkaian filter untuk menghasilkan gelombang sinus murni yang halus, sehingga aman digunakan bagi beban induktif seperti motor listrik pada kipas angin atau kompresor kulkas.

Bentuk fisik dari perangkat *inverter* yang digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 2.1 (Kenika, 2019) Perangkat ini memiliki kapasitas daya sebesar 1000W.



Gambar 2.1 *Pure Sine Wave Inverter Kenika PW-1000W*

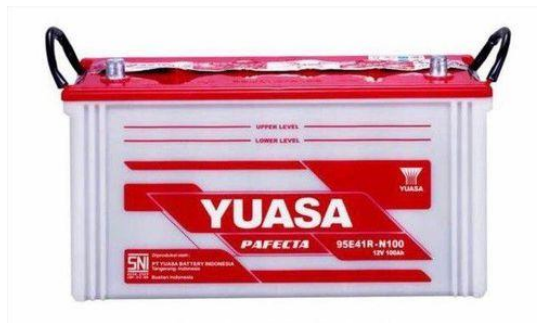
Tabel 2.1 Tabel Spesifikasi

PARAMETER	VALUE
<i>Maximum AC Power Output</i>	1000 W
<i>AC Output Voltage (nominal)</i>	220 VAC
<i>AC Frequency (nominal)</i>	50 Hz
<i>DC Input Voltage Range</i>	12 VDC
<i>Wave Form</i>	<i>Pure Sine Wave</i>
<i>Surge Output Power</i>	2000 W
<i>Dimension</i>	380 x 230 x 160 mm
<i>Input Voltase</i>	12 V

2.1.4 Baterai (Battery)

Baterai atau aki berfungsi sebagai sistem penyimpanan energi listrik dalam bentuk energi kimia. Pada rancang bangun sistem pengamanan listrik rumah tangga ini, baterai digunakan sebagai penyedia daya cadangan (*backup*) agar beban tetap

mendapatkan suplai listrik saat terjadi transisi daya dari PLN ke *inverter* maupun sebaliknya. Menurut Mundus dkk. (2019), penggunaan baterai 12VDC 100Ah pada sistem *inverter* memungkinkan kontinuitas daya tetap terjaga sehingga sistem kontrol tetap beroperasi secara optimal. Proses pengisian ulang energi pada baterai dilakukan menggunakan perangkat *battery charger* yang mendapatkan suplai listrik dari jaringan PLN saat kondisi baterai tidak digunakan atau saat listrik PLN tersedia.



Gambar 2.2 Baterai (*Battery*)

Pada Gambar 2.2 (Yuasa Battery Indonesia, 2024) menunjukkan bahwa baterai ini memiliki tegangan nominal 12V yang kapasitas penyimpanan energi pada sistem ini menggunakan baterai tipe *Maintenance free* (MF).

2.1.5 Relay

Relay merupakan saklar (*switch*) yang beroperasi secara elektrik dan termasuk dalam kategori komponen elektromekanikal (*electromechanical*). Komponen ini terdiri atas dua bagian utama, yaitu elektromagnet (*Coil*) dan mekanikal yang berupa seperangkat kontak saklar *Normally Open* (NO) dan *Normally Closed* (NC). *Relay* bekerja menggunakan prinsip elektromagnetik untuk menggerakkan kontak saklar, sehingga arus listrik dengan daya rendah (*low power*) dapat digunakan untuk mengendalikan atau menghantarkan arus listrik dengan tegangan yang lebih tinggi (Basil dkk., 2021).



Gambar 2.3 *Relay Power MK2P*

Pada Gambar 2.3 *Relay Power MK2P* (Omron, 2024) menunjukkan saklar elektromagnetik yang digunakan untuk memindahkan aliran daya dari sumber utama ke cadangan secara otomatis.

2.1.6 *Smart Charger Battery*

Smart battery charger merupakan perangkat pengisian daya yang dirancang untuk mengisi dan memelihara kondisi baterai secara otomatis dengan efisiensi tinggi serta dilengkapi perlindungan terhadap pengisian berlebih (*overcharging*). Perangkat ini menggunakan teknologi cerdas untuk mendeteksi kondisi baterai dan mengatur proses pengisian daya agar sesuai dengan kebutuhan. Penggunaan *smart battery charger* sangat berperan dalam memperpanjang usia pakai pada baterai dan menjaga performa optimal.

Rangkain pengisian daya otomatis ini memberikan kemudahan karena menghilangkan kebutuhan untuk melakukan aktivitas secara manual. Proses pengisian dilakukan secara otomatis sehingga lebih praktis dan aman, karena pengisian akan berhenti secara otomatis ketika baterai telah terisi penuh (*fully charged*). Hal ini meminimalkan risiko kerusakan sel baterai akibat kesalahan manusia (*human error*) saat proses pengisian daya berlangsung (Irawati dkk., 2023).



Gambar 2.4 *Smart Charger* 12V Foxsur

Pada Gambar 2.4 *Smart Charger* 12V Foxsur (Foxsur, 2015) merupakan unit pengisian daya cerdas yang digunakan untuk mengoptimalkan pengisian daya baterai dan mencegah terjadinya pengisian berlebih (*overcharge*).

2.1.7 *LVD (Low Voltage Disconnect)*

Low Voltage Disconnect (LVD) atau juga dikenal sebagai *Under Voltage Cut-off (UVC)* merupakan rangkaian proteksi yang berfungsi untuk mengatur level tegangan dimana beban akan terputus dari baterai ketika tegangan turun dibawah level yang ditentukan. LVD menentukan *Depth of Discharge (DoD)* maksimal aktual serta kapasitas baterai yang tersedia. Perangkat ini umumnya digunakan dalam sitem kelistrikan bertenaga baterai atau sistem cadangan baterai (*backup sistem*) untuk mencegah pengosongan baterai yang berlebihan akibat pemakaian daya listrik yang melampaui batas.

Fitur utama dari LVD adalah pemutus voltase baterai secara otomatis dan penyambungan kembali secara otomatis. Ketika tegangan baterai terdeteksi turun dibawah level yang telah di tentukan, sensor akan mengirim sinyal ke pengaturan di dalam LVD untuk memutuskan sambungan aliran listrik. Menurut Irawati dkk. (2023), penggunaan sistem proteksi ini sangat krusial untuk menjaga keandalan sistem agar tegangan baterai tidak turun melebihi batas aman. Setelah tegangan baterai kembali ke level yang aman, LVD akan menyambungkan kebalik secara otomatis sehingga sistem dapat beroperasi kembali.



Gambar 2.5 Modul Low Voltage Disconnect (LVD)

Pada Gambar 2.5 Modul Voltage Disconnect (Circuit Designer, 2024) merupakan perangkat proteksi digital digital yang memantau tegangan baterai secara *real-time* dan memutuskan beban otomatis saat tegangan turun di bawah ambang batas yang ditentukan.

2.2 Penelitian Terdahulu

Penelitian oleh Basil dkk. (2021) yang berjudul “Perancangan sistem *Automatic Transfer switch* Pada *Inverter* Dengan Monitoring Baterai Berbasis Mikrokontroler” yang berfokus pada pengembangan sistem *backup* listrik yang memanfaatkan *inverter* berbasis mikrokontroler sebagai pengontrol utama. Mikrokontroler akan mendeteksi pemadaman listrik dari jaringan utama, kemudian secara otomatis mengaktifkan *inverter* yang terhubung ke baterai cadangan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem berbasis mikrokontroler dapat bekerja secara otomatis dan efektif untuk menyediakan listrik sementara selama pemadaman. Penelitian ini memberikan kontribusi penting dalam pengembangan sistem cadangan listrik yang efisien, namun masih terdapat tantangan dalam integrasi teknologi yang perlu ditangani

Penelitian selanjutnya berjudul “Instalasi *Inverter* Otomatis Sebagai Listrik Cadangan Untuk Musholla Al-Huda” penelitian ini membangun sebuah alat yang berguna sebagai sumber cadangan untuk membantu penyediaan daya listrik saat terjadi pemadaman listrik. Kebutuhan masyarakat akan listrik yang semakin tinggi menuntut adanya energi cadangan ketika terjadinya masalah pada listrik utama (PLN). Meskipun penelitian ini berfokus pada pengaplikasian spesifik pada musholla, konsep yang diterapkan sejalan dengan penggunaan *inverter* sebagai sumber daya cadangan, Darmawan dkk. (2023). Meskipun berfokus pada aplikasi spesifik di musholla, konsep ini sejalan dengan penelitian sebelumnya oleh Basil

dkk. (2021) yang juga membahas pengembangan sistem cadangan menggunakan inverter.

Kemudia penelitian yang berjudul “Rancang Bangun *Automatic Transfer Switch* (ATS) Hybrid Daya PLN Dan PLTS Pada Sistem Hidropinik” penelitian ini merancang sebuah sistem ATS *hybrid* untuk menjaga sirkulasi air. Pada sistem ini terdapat sebuah *relay* MK2P sebagai *Switch inverter*. Sumber listrik PLTS terhubung ke *inverter*, dimana *inverter* mendapatkan suplai tegangan dari baterai yang diisi oleh panel surya sebagai sumber listrik cadangan, Widiarsari & Fachriansyah (2023). Meskipun berfokus pada aplikasi hidroponik, konsep yang diangkat selaras dengan penelitian Basil dkk. (2021) yang merancang *backup inverter* untuk kebutuhan rumah tangga. Selain itu, penelitian ini juga melengkapi perspektif dari Darmawan dkk. (2023) mengenai sistem cadangan yang dapat diandalkan yang dapat diintegrasikan dengan teknologi ATS.

Kemudian penelitian Berjudul “Rancang Bangun *Inverter* Dengan Menggunakan Sumber Baterai DC 12V” penelitian ini bertujuan merancang sistem pengaman listrik rumah tangga berbasis ATS dan *inverter* yang mampu secara otomatis mengalihkan suplai daya listrik. Perancangan *inverter push-pull* telah berhasil dibuat dan terbukti baik digunakan sebagai pembangkit sinyal pulsa dengan kecepatan tinggi dalam proses *switching* dengan nilai berkisaran 0-24 milisekon. Konsep ini sejalan dengan penelitian sebelumnya oleh Basil dkk. (2021) yang juga menekankan pada responsivitas terhadap gangguan, namun Mundus dkk. (2019) lebih menonjolkan perancangan *inverter push-pull* dengan kecepatan *switching* tinggi antara 0-24 milisekon. Integrasi sumber energi pada penelitian ini juga dapat dihubungkan dengan teknologi ATS yang dikembangkan oleh Cynthia Widiarsari & Rizky Fachriansyah (2023).

Penelitian berjudul “Desain Dan Implementasi *Inverter* 1 Fasa Pada Catu Daya Cadangan Untuk Sistem *Hybrid*” penelitian ini mengimplementasikan *inverter* 1 fasa sebagai catu daya cadangan yang mampu mengonversi tegangan DC menjadi AC. Sistem ini mampu menghasilkan tegangan keluaran mendekati 220VAC dengan rentang *input* dari baterai yang bervariasi antara 12-13 VDC, serta mampu menggantikan sumber daya secara otomatis ketika tegangan dari PLN tidak tersedia. Konsep ini memiliki keterkaitan dengan penelitian Widiarsari &

Fachriansyah (2023) yang sama-sama merancang sistem cadangan menggunakan energimatahari. Selain itu penelitian oleh Alam Badri dkk. (2018) ini memberikan padangan yang relevan dengan sistem pengaman berbasis ATS yang dikembangkan oleh Basil dkk. (2021) untuk menciptakan solusi catu daya yang lebih komprehensif.

Sebagai pelengkap, penelitian berjudul “Rancang Bangun Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Dengan Sistem Kontrol *Automatic Transfer Switch* (ATS) Dan Optimalisasi Kapasitas Baterai” penelitian ini membahas optimasi kapasitas baterai pada sistem ATS. Penelitian ini juga menekankan pada penggunaan *Solar Charge Controller* (SCC) untuk menjaga stabilitas pengisian daya ke baterai agar kontinuitas daya ke beban tetap terjaga secara otomatis (Irawati dkk., 2023). Penelitian ini memperkuat temuan dari Alam Badri dkk. (2018) dan Mundus dkk. (2019) mengenai stabilitas daya cadangan, namun lebih menekankan pada proteksi pengisian daya agar kontinuitas daya ke beban tetap terjaga secara otomatis.

Berdasarkan deskripsi penelitian-penelitian di atas, berikut adalah tabel perbandingan variabel penelitian:

Tabel 2.2 Perbandingan variabel penelitian

Kategori	Peneliti 1	Peneliti 2	Peneliti 3
Penelitian	(Basil dkk., 2021)	(Darmawan dkk., 2023)	(Widiasari & Fachriansyah, 2023)
Metode	ATS berbasis Mikrokontroler	Instalasi <i>inverter</i> otomatis	ATS <i>hybrid</i> (PLN & PLTS)
Pengujian	Monitoring batterai & pemadaman otomatis	Penyediaan daya cadangan musholla	Pirpindahan daya sistem hidroponik
Data/Komponen	Mikrokontroler, <i>inverter</i> , baterai	PLN, <i>inverter</i> , aki, <i>relay</i>	<i>Relay</i> MK2P, panel surya, baterai
Variabel X (Proteksi)	Moniyoting kondisi baterai	Penggunaan <i>relay</i> umum	<i>Switch inverter</i> melalui <i>relay</i>
Variabel Y (Indikator)	Sinyal kontrol mikrokontroler	Indikator LED standar	Indikator arus hidroponik
Variabel Z (<i>Output</i>)	Listrik cadangan rumah	Daya listrik musholla	Sirkulasi air hidroponik

Kategori	Peneliti 4	Peneliti 5	Peneliti 6
Penelitian	(Mundus dkk., 2019)	(Alam Badri dkk., 2018)	(Irawati dkk., 2023)
Metode	<i>Inverter push-pull</i>	<i>Inverter 1 fasa sistem hybrid</i>	Sistem kontrol ATS & optimasi baterai
Pengujian	Kecepatan <i>switching</i> (0-24 ms)	Konversi DC ke AC 220V otomatis	<i>Switching</i> otomatis & <i>auto cut charging</i>
Data/Komponen	Baterai DC 12V, rangkaian <i>inverter</i>	Baterai 12-13VDC, <i>inverter 1 fasa</i>	Panel surya 100W, SCC, baterai 20Ah
Variabel X (Proteksi)	Pengaman listrik rumah tangga	Pergantian sumber otomatis	<i>Low Voltage Disconnect</i> (LVD) 10,8V
Variabel Y (Indikator)	Sinyal pulsa kecepatan tinggi	Stabilitas tegangan keluaran	Indikator panel & <i>auto cut</i> 13,8V
Variabel Z (<i>Output</i>)	Tegangan AC rumah tangga	Listrik cadangan rumah tangga	Kontinuitas suplai beban AC

Berdasarkan kajian terhadap beberapa penelitian terdahulu pada Tabel 2.2 Perbandingan variabel terdahulu, diketahui bahwa penelitian-penelitian tersebut telah membahas topik yang relevan dengan penelitian ini, namun memiliki keterbatasan dari sisi fitur indikator peringatan fisik, proteksi otomatis pada level tegangan baterai yang spesifik maupun instalasi rumah tangga secara menyeluruh.

Penelitian ini memiliki perbedaan dengan penelitian sebelumnya karena mengkaji permasalahan keamanan perangkat elektronik saat pemadaman mendadak dengan menyesuaikan pendekatan penelitian terhadap kebutuhan dan karakteristik objek penelitian berupa integrasi sistem alarm peringatan dan unit *Low voltage Disconnect* (LVD) pada *backup inverter*. Dengan demikian, penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi pada pengembangan sistem proteksi listrik mandiri dalam menjawab perumusan masalah serta melengkapi hasil-hasil penelitian yang telah ada sebelumnya.

Tabel 2.3 Kelebihan dan Kekurangan dari penelitian terdahulu

No	Judul penelitian	Kelebihan	Kekurangan
1	Perancangan sistem <i>Automatic Transfer switch</i> Pada <i>Inverter</i> Dengan Monitoring Baterai Berbasis Mikrokontroler (Basil dkk., 2021)	Mampu memindahkan sumber daya listrik secara otomatis saat sumber utama gagal	Waktu peralihan terkadang tidak sesuai target (lebih lama dari rencana)
		Adanya fitur monitoring memungkinkan pengendalian kondisi baterai yang lebih baik	Terdapat error kecil pada perbedaan pembacaan tegangan sensor

No	Judul penelitian	Kelebihan	Kekurangan
2	Instalasi <i>Inverter</i> Otomatis Sebagai Listrik Cadangan Untuk Musholla Al-Huda (Darmawan dkk., 2023)	Berhasil mendukung kegiatan ibadah rutin meskipun terjadi pemadaman listrik	Kapasitas maksimum 1000VA kurang memadai untuk skala beban yang lebih besar
		Sistem lebih senyap, tanpa emisi gas buang dan tidak memerlukan bahan bakar	Sangat bergantung pada kapasitas aki yang performanya menurun seiring waktu
3	Rancang Bangun <i>Automatic Transfer Switch</i> (ATS) Hybrid Daya PLN Dan PLTS Pada Sistem Hidropinik (Widiasari & Fachriansyah, 2023)	Memanfaatkan dua sumber daya (<i>hybrid</i>) sehingga menjamin keberlanjutan pasokan	Efisiensi pengisian sangat bergantung pada cuaca (<i>drop</i> drastis saat mendung)
		Perpindahan otomatis memiliki jeda aman (<i>relay</i>) untuk menghindari kerusakan perangkat	Kapasitas panel surya 30 WP terbatas hanya untuk kapasitas beban kecil
4	Rancang Bangun <i>Inverter</i> Dengan Menggunakan Sumber Baterai DC 12V (Mundus dkk., 2019)	Memberi solusi pengubahan arus DC ke AC untuk daerah yang belum terjangkau listrik	Hasil frekuensi sering tidak maksimal (tidak mencapai standar 50Hz)
		<i>Penggunaan teknologi</i> MOSFET IRFZ44 menghasilkan proses <i>switching</i> yang efisien	<i>Output</i> tegangan cenderung lebih kecil dibandingkan tegangan <i>input</i> baterai
5	Desain Dan Implementasi <i>Inverter</i> 1 Fasa Pada Catu Daya Cadangan Untuk Sistem <i>Hybrid</i> (Alam Badri dkk., 2018)	Mampu menghasilkan tegangan keluaran mendekati 220V AC secara stabil	Gelombang keluaran masih berupa gelombang kotak (<i>square wave</i>)
		Memiliki efisiensi tinggi (mencapai 90%) untuk penggunaan frekuensi tinggi	Kurang fitur monitoring tegangan untuk kontrol sistem yang lebih baik
6	Rancang Bangun Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Dengan Sistem Kontrol <i>Automatic Transfer Switch</i> (ATS) Dan Optimalisasi Kapasitas Baterai (Irawati dkk., 2023)	Mampu mengoptimalkan penggunaan kapasitas baterai agar suplai beban AC tetap terjaga	Sistem proteksi belum dilengkapi dengan indikator alarm peringatan fisik
		Menggunakan sistem pengisian yang stabil melalui <i>Solar Charge Controller</i>	Kapasitas baterai yang digunakan relatif kecil untuk penggunaan jangka panjang