

## **BAB II**

### **LANDASAN TEORI**

#### **2.1 Tinjauan Pustaka**

Dalam penulisan tugas akhir ini peneliti menggali informasi dari penelitian-penelitian sebelumnya sebagai bahan perbandingan, baik mengenai kekurangan atau kelebihan yang sudah ada. Selain itu, peneliti juga menggali informasi dari artikel maupun jurnal dalam rangka mendapatkan suatu informasi yang ada sebelumnya tentang teori yang berkaitan dengan judul yang digunakan untuk memperoleh landasan teori ilmiah. Berikut merupakan beberapa penelitian sebagai acuan untuk membuat Panel ATS (*Automatic Transfer Switch*) pada sistem PLTS 100 Wp.

H. alwani, A. Sofijan, Darmawi, dan W. Mursal pada tahun 2020 telah melakukan penelitian dengan judul “PLTS menggunakan system *automatic transfer Switch*. Penelitian ATS yang digunakan yaitu panel ATS dapat digunakan untuk rangkaian *switching* antara PLN dan PLTS dengan membangkitkan 2 buah lampu sebesar 200 Watt menggunakan baterai PLTS selama 2 jam menggunakan baterai PLTS yang telah di *charge* selama 8 jam dari pukul 08:00 sampai dengan pukul 15:00<sup>[2]</sup>.

Suratun dan M. Hasyim Nasution dengan judul “Penguujian dan Implementasi *Automatic Transfer Switch (ATS) dan Auto Main Failure (AMF)* kapasitas 66 KVA dikedung Ir. H. pirdjono hardjosentono Univeritas Ibnu Khaldun Bogor”. Penelitian ATS dan AMF ini dirancang dan dipasang dengan genset dan memiliki kapasitas beban 66 KVA. Panel ini bisa dioperasikan secara manual dan otomatis. Cara kerja panel ATS yaitu ketika PLN padam maka AMF akan aktif dan menyalakan genset. Menggunakan Datacom DKG 207 berbasis PLC sebagai kontrol otomatis<sup>[3]</sup>.

Abdul Majid, Eliza dan Redy Hardiyansyah juga pernah melakukan penelitian pada tahun 2018 dengan judul “Alat *Automatic Transfer Switch (ATS)* sebagai Sistem Kelistrikan *Hybrid* Sel Surya pada Rumah Tangga”. Kinerja dari ATS adalah saat akumulator *full charger* dari panel surya, akumulator akan menghidupkan inverter dan ATS berpindah ke penggunaan inverter. Setelah pemakaian akumulator melemah ke tegangan 10 volt, maka ATS berpindah ke PLN dan inverter keadaan OFF. Hasil dari perhitungan kapasitas beban dan analisis mengarah pada kesimpulan bahwa arus saat berbeban lampu LED 200 W adalah sebesar 921.7 mA menggunakan sumber PLN sedangkan

menggunakan sumber inverter arus saat berbeban lampu LED 200W sebesar 1360.6 mA<sup>[4]</sup>.

Penelitian selanjutnya dilakukan oleh Asriyadi, Andi Wawan Indrawan, Sarwo Pranoto, Ahmad Rizal Sultan dan Rachmat Ramadhan yang berjudul “Rancang Bangun *Automatic Transfer Switch (ATS) System Hybrid*” pada tahun 2016. Penelitian ini dilakukan untuk mendesain atau merancang dan juga mengimplementasikan sebuah Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Hibrida (PLTH) yang terdiri atas panel surya atau *photovoltaic (PV)*, baterai, generator set (genset) dan juga dikombinasikan dengan daya listrik dari PLN sebagai upaya pengadaan sumber energi listrik alternatif yang murah dan andal pada pelanggan PLN tipe Rumah Tangga dengan tipe daya R1/TR 1300VA. Penelitian tahap awal ini difokuskan pada: Rancang bangun sistem kontroler ATS/AMF yang akan mengatur secara otomatis pergiliran suplai energi dari PV dan baterai, PLN dan genset yang menggunakan *Circuit Breaker (CB)*, *Magnetic Contactor (MC)*, *relay*, *Timer*. Desain sistem ATS/AMF dimulai dengan penentuan komponen MC, *Relay* dan *Timer* berdasarkan Tipe Daya R1/1300 VA, dan pembuatan Algoritma ATS/AMF<sup>[5]</sup>.

Penelitian lain juga telah dilakukan oleh Yasir Mahaseng, Maryanto Massarang, Yusnaini A., Mustofa dan Sari Dewi dengan judul pada tahun 2022 yang bertujuan untuk mengaplikasikan rancangan hardware *photovoltaic* dan perangkat pendukungnya untuk membuat rangkaian *Automatic Transfer Switch* (saklar pemindahan otomatis). Pada penelitian ini dirancang ATS berbasis mikrokontroler Arduino Nano sebagai kontrol otomatis yang bekerja berdasarkan pembacaan tegangan. Hasil pengujian diketahui bahwa jeda waktu antara pemutusan suplai PLN hingga aki disuplai dan siap dimuat rata-rata 2,79 detik. Sedangkan jeda waktu saat suplai PLN menyala kembali hingga suplai baterai terputus dan suplai beban kembali dilayani PLN rata-rata adalah 3,07 detik. Pengujian lainnya didapatkan bahwa pada pengukuran tahanan aki dengan beban 20 watt diperoleh arus sebesar 1,66 ampere dengan tahanan pemakaian 27 jam, sedangkan pada saat beban 200 watt arusnya sebesar 16,66 ampere sedangkan tahanan pemakaiannya adalah 2,7 jam. Lamanya masa pakai baterai dipengaruhi oleh besarnya beban<sup>[6]</sup>.

Berdasarkan tinjauan pustaka terdapat beberapa perbedaan antara tinjauan dengan alat yang akan dibuat. Perbedaan tersebut dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2. 1 Perbandingan Jurnal

No.	Judul	Tujuan	Sistem
1.	PLTS menggunakan system <i>automatic transferswitch</i>	Untuk mengurangi penggunaan listrik yang berasal dari PLN, sehingga konsumen listrik dapat memperoleh manfaat dari penggunaan energi alternatif yang berasal dari PLTS.	Penelitian ATS yang digunakan yaitu panel ATS dapat digunakan untuk rangkaian <i>switching</i> antara PLN dan PLTS dengan membangkitkan 2 buah lampu sebesar 200 watt menggunakan baterai PLTS selama 2 jam menggunakan batrai PLTS yang telah di <i>charge</i> selama 8 jam dari pukul 08:00 sampai dengan pukul 15:00.
2.	Pengujian dan Implementasi <i>Automatic transfer switch (ATS) dan Automain failure (AMF)</i> kapasitas 66 KVA digadung Ir. H. pirdjono hardjosentono Univertas Ibnu Khaldun Bogor	Untuk mengetahui bagaimana respon panel ini setelah dirakit. Pengujian ATS/AMF dilakukan pada dua operasi, yaitu operasi manual dan operasi otomatis. Pengujian dua operasi ini dilakukan untuk memastikan ATS/AMF dapat bekerja pada dua operasi yang diharapkan.	Penelitian ATS dan AMF ini dirancang dan dipasang dengan genset dan memiliki kapasitas beban 66 KVA. Panel ini bisa dioperasikan secara manual dan otomatis. Cara kerja panel ats yaitu ketika PLN padam maka AMF akan aktif dan menyalakan genset. Menggunakan Datacom DKG 207 berbasis PLC

			sebagai control otomatis.
3.	Alat <i>Automatic Transfer Switch</i> (ATS) sebagai Sistem Kelistrikan <i>Hybrid</i> Sel Surya pada Rumah Tangga	Pada sistem ini ATS berfungsi untuk memindahkan antara sumber energi listrik <i>Alternative</i> dari panel surya dengan sumber energi listrik primer dari PLN pada saat tertentu dan dilakukan secara otomatis.	Kinerja dari ATS adalah saat akumulator <i>full charger</i> dari panel surya, akumulator akan menghidupkan inverter dan ATS berpindah ke penggunaan inverter. Setelah pemakaian akumulator melemah ke tegangan 10 volt, maka ATS berpindah ke PLN dan inverter keadaan OFF. Hasil dari perhitungan kapasitas beban dan analisis mengarah pada kesimpulan bahwa arus saat berbeban lampu LED 200W adalah sebesar 921.7 mA menggunakan sumber PLN sedangkan menggunakan sumber inverter arus saat berbeban lampu LED 200W sebesar 1360.6 mA.
4.	Rancang Bangun <i>Automatic</i>	Untuk mendesain atau merancang dan juga mengimplementasikan	Sistem kontroler ATS/AMF yang akan mengatur

	<i>Transfer Switch (ATS) System Hybrid.</i>	sebuah Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Hibrida (PLTH) yang terdiri atas panel surya atau <i>photovoltaic</i> (PV), baterai, generator set (genset) dan juga dikombinasikan dengan daya listrik dari PLN sebagai upaya pengadaan sumber energi listrik alternatif yang murah dan andal pada pelanggan PLN tipe Rumah Tangga dengan tipe daya R1/TR 1300VA.	secara otomatis pergiliran suplai energi dari PV dan baterai, PLN dan genset yang menggunakan <i>Circuit Breaker</i> (CB), <i>Magnetic Contactor</i> (MC), relay, Timer. Desain sistem ATS/AMF dimulai dengan penentuan komponen MC, Relai dan <i>Timer</i> berdasarkan Tipe Daya R1/1300VA, dan pembuatan Algoritma ATS/AMF.
5.	Rancang Bangun Panel <i>Automatic Transfer Switch</i> (ATS) Berbasis <i>Photovoltaic</i> .	Untuk mengaplikasikan rancangan hardware <i>photovoltaic</i> dan perangkat pendukungnya untuk membuat rangkaian <i>Automatic Transfer Switch</i> (saklar pemindahan otomatis).	Pada penelitian ini dirancang ATS berbasis mikrokontroler Arduino Nano sebagai kontrol otomatis yang bekerja berdasarkan pembacaan tegangan. Hasil pengujian diketahui bahwa jeda waktu antara pemutusan suplai PLN hingga aki disuplai dan siap dimuat rata-rata 2,79 detik. Sedangkan jeda waktu saat suplai PLN menyala

			<p>kembali hingga suplai baterai terputus dan suplai beban kembali dilayani PLN rata-rata adalah 3,07 detik. Pengujian lainnya didapatkan bahwa pada pengukuran tahanan aki dengan beban 20 watt diperoleh arus sebesar 1,66 ampere dengan tahanan pemakaian 27 jam, sedangkan pada saat beban 200 watt arusnya sebesar 16,66 ampere sedangkan tahanan pemakaiannya adalah 2,7 jam. Lamanya masa pakai baterai dipengaruhi oleh besarnya beban.</p>
6.	Rancang Bangun Automatic Transfer Switch (ATS) pada Sistem PLTS 100 Wp.	Membuat panel ATS ( <i>Automatic Transfer Switch</i> ) pada sumber PLTS dan PLN. Membuat sistem switching otomatis yang bekerja saat tegangan baterai rendah	Sistem ini menggunakan modul LVD sebagai pengontrol dari ATS setelah saklar ON maka beban yaitu 2 lampu pijar dengan masing masing daya 60 watt akan disuplai oleh PLTS. Ketika baterai PLTS bertegangan rendah ( $< 10,5$ V) maka

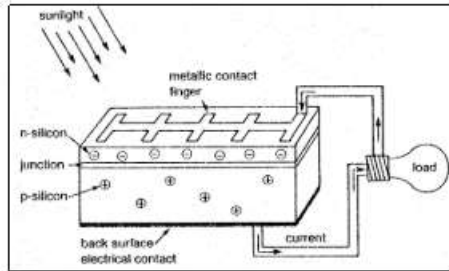
			LVD akan memutuskan penggunaan dari baterai dan akan dialihkan ke sumber PLN. Saat pergantian sumber terdapat <i>delay</i> 5 detik. Ketika baterai telah terisi dengan tegangan >12,5 V maka sumber akan dialihkan ke baterai dari PLTS.
--	--	--	--

## 2.2 Landasan Teori

### 2.2.1 Panel Surya

Sel surya atau sering disebut dengan *photovoltaic* dapat pula diartikan sebagai cahaya listrik. Sel surya atau sel *photovoltaic* berasal dari bahasa Inggris "*photovoltaic*" kata *photovoltaic* itu sendiri berasal dari dua kata yaitu "*Photos*" yang memiliki arti cahaya dan kata "*volt*" yang merupakan satuan dari tegangan diabadikan dari penemu pengukur tegangan Alessandro Volta (1745 - 1827) yang merupakan pionir dari dalam mempelajari teknologi bidang kelistrikan. Maka dari itu secara harfiah "*photovoltaic*" dapat diartikan sebagai cahaya listrik untuk itulah sel surya merubah energi cahaya menjadi energi listrik. Sel surya yang juga disebut *photovoltaic* merupakan peralatan yang berfungsi sebagai pengubah cahaya matahari menjadi energi listrik secara langsung [7].

Sel Surya diproduksi dari bahan semikonduktor yaitu silikon berperan sebagai insulator pada *temperature* rendah dan sebagai konduktor bila ada energi dan panas. Sebuah Silikon Sel Surya adalah sebuah *diode* yang terbentuk dari lapisan atas silikon tipe n (*silicon doping of "phosphorous"*), dan lapisan bawah silikon tipe p (*silicon doping of "boron"*) [8].



**Gambar 2. 1** Proses pembangkitan listrik PLTS <sup>[8]</sup>

Pada Gambar 2.1 merupakan bagian dari panel surya. sel surya silikon adalah berdasarkan konsep semikonduktor *p-n junction*. Sel terdiri dari lapisan semikonduktor *doping-n* dan *doping-p* yang membentuk *p-n junction*, lapisan anti refleksi, dan substrat logam sebagai tempat mengalirnya arus dari lapisan tipe-n (elektron dan tipe-p (*hole*)). Semikonduktor tipe-n didapat dengan *doping* silikon dengan unsur dari golongan V sehingga terdapat kelebihan elektron valensi dibanding atom sekitar. Ketika dua tipe material tersebut mengalami kontak maka kelebihan elektron dari tipe-n berdifusi pada tipe-p. Sehingga area *doping-n* akan bermuatan positif sedangkan area *doping-p* akan bermuatan negatif. Medan elektrik yang terjadi pada keduanya mendorong elektron kembali ke daerah-n dan *hole* ke daerah-p. Pada proses ini telah terbentuk *p-n junction*. Dengan menambahkan kontak logam pada area p dan n maka telah terbentuk diode <sup>[8]</sup>.

Ketika *junction* disinari, photon yang mempunyai energi sama atau lebih besar dari lebar pita energi material tersebut akan menyebabkan eksitasi elektron dari pita valensi ke pita konduksi dan akan meninggalkan *hole* pada pita valensi. Elektron dan *hole* ini dapat bergerak dalam material sehingga menghasilkan pasangan elektron-*hole*. Apabila ditempatkan hambatan pada terminal sel surya, maka elektron dari area-n akan kembali ke area-p sehingga menyebabkan perbedaan potensial dan arus akan mengalir<sup>[8]</sup>.

Penghitungan kapasitas panel surya dapat di tentukan dengan rumus berikut dibawah ini:

$$P_{\text{panel surya}} = \frac{ET}{\text{insolasi matahari}} \dots \dots \dots (1)$$

Dimana  $P_{\text{panel surya}}$  adalah daya panel (Wp), ET adalah penggunaan daya total (Wh), dan insolasi matahari adalah waktu efektif sinar matahari per hari <sup>[8]</sup>.



Panel surya terdapat beberapa jenis, berikut adalah jenis-jenis panel surya:

1. Monokristal (*Mono-crystalline*)

Jenis panel ini merupakan panel yang paling efisien yang dihasilkan dengan teknologi terkini & menghasilkan daya listrik persatuan luas yang paling tinggi. Monokristal dirancang untuk penggunaan yang memerlukan konsumsi listrik besar pada tempat-tempat yang beriklim ekstrim dan dengan kondisi alam yang sangat ganas. Memiliki efisiensi sampai dengan 15%. Kelemahan dari panel jenis ini adalah tidak akan berfungsi baik ditempat yang cahaya matahari nya kurang (teduh), efisiensinya akan turun drastis dalam cuaca berawan.

2. Polikristal (*Poly-Crystalline*)

Merupakan Panel Surya yang memiliki susunan kristal acak karena dipabrikasi dengan proses pengecoran. Tipe ini memerlukan luas permukaan yang lebih besar dibandingkan dengan jenis monokristal untuk menghasilkan daya listrik yang sama. Panel suraya jenis ini memiliki efisiensi lebih rendah dibandingkan tipe monokristal, sehingga memiliki harga yang cenderung lebih rendah <sup>[8]</sup>.

3. *Thin Film Photovoltaic*

Merupakan Panel Surya ( dua lapisan) dengan struktur lapisan tipis mikrokrystal-*silicon* dan *amorphous* dengan efisiensi modul hingga 8.5% sehingga untuk luas permukaan yang diperlukan per watt daya yang dihasilkan lebih besar daripada monokristal & polikristal. Inovasi terbaru adalah *Thin Film Triple Junction Photovoltaic* (dengan tiga lapisan) dapat berfungsi sangat efisien dalam udara yang sangat berawan dan dapat menghasilkan daya listrik sampai 45% lebih tinggi dari panel jenis lain dengan daya yang setara <sup>[8]</sup>.

Sel surya juga bisa disebut sebagai peralatan utama untuk dapat memaksimalkan 15 potensi energi cahaya matahari yang cukup besar ketika sampai ke bumi, selain sebagai sumber energi alternatif untuk membangkitkan listrik sel surya juga dapat dimaksimalkan energi panasnya melalui sistem *solar thermal*. Sel surya juga dapat diibaratkan sebagai komponen alat yang memiliki dua terminal sambungan, dimana ketika matahari bersinar terik maka sel surya dapat membangkitkan tegangan DC dengan kapasitas 0,5 volt hingga 1 volt dan dengan *short-circuit current* dalam skala mA/Cm<sup>2</sup>. sedangkan saat matahari gelap sel surya dapat berfungsi seperti halnya dioda. Besar tegangan dan arus yang dihasilkan dari sel surya dalam keadaan terik tidak cukup untuk diaplikasikan dalam proses suplai beban, sehingga umumnya sel surya

disusun seri membentuk suatu modul surya. Satu modul surya pada umumnya terdiri dari 28 – 36 sel surya, dapat menghasilkan tegangan DC dengan total 12 VDC pada saat kondisi penyinaran standar. Untuk menghasilkan tegangan total atau arus total yang dapat diaplikasikan sesuai kebutuhan maka Modul surya dapat dipasang secara seri maupun secara parallel<sup>[7]</sup>.



**Gambar 2. 2 Panel Surya *Monocrystalline*** <sup>[8]</sup>

Gambar 2.2 adalah gambar dari panel surya yang digunakan dan spesifikasi terdapat pada Tabel 2.2.

**Tabel 2. 2 Spesifikasi Panel Surya**

<b>Parameter</b>	<b>Tetapan</b>	<b>Satuan</b>
Model Series	SP100-18M	
Ukuran	104 x 54 x 3	Centi Meter
Tegangan Maksimal	17.8	Volt
Arus Maksimal	5,62	Ampere
Rating Daya Maksimal	100	Watt
Temperatur Operasi	-4 to 85	Celcius
Effisisensi Cell	16.93	% (Persen)
<i>Maximum system Voltage</i>	1000	VDC
Toleransi Daya	± 3	% (Persen)

### **2.2.2 Baterai/Akumulator**

Baterai atau *Storage Battery* adalah sebuah sel atau elemen sekunder dan merupakan sumber arus listrik searah yang dapat mengubah energy kimia menjadi energi listrik. Baterai termasuk elemen elektro kimia yang dapat mempengaruhi zat pereaksinya, sehingga disebut elemen sekunder. Kutub positif baterai menggunakan lempeng oksida dan

kutub negatifnya menggunakan lempeng timbal sedangkan larutan elektrolitnya adalah larutan asam sulfat.<sup>[9]</sup>

Ketika baterai dipakai, terjadi reaksi kimia yang mengakibatkan endapan pada anoda (reduksi) dan katoda (oksidasi). Akibatnya, dalam waktu tertentu antara anoda dan katoda tidak ada beda potensial, artinya baterai menjadi kosong. Supaya Baterai dapat dipakai lagi, harus diisi dengan cara mengalirkan arus listrik ke arah yang berlawanan dengan arus listrik yang dikeluarkan baterai itu. Ketika baterai di isi akan terjadi pengumpulan muatan listrik. Pengumpulan jumlah muatan listrik dinyatakan dalam ampere jam disebut tenaga baterai. Pada kenyataannya, pemakaian baterai tidak dapat mengeluarkan seluruh energi yang tersimpan baterai itu. Oleh karenanya, baterai mempunyai rendemen atau efisiensi<sup>[9]</sup>.



**Gambar 2. 3 Baterai / Akumulator**

Pada Gambar 2.3 dapat dilihat baterai atau akumulator yang digunakan. Spesifikasi baterai dapat dilihat pada Tabel 2.3.

**Tabel 2. 3 Spesifikasi Baterai / Akumulator**

Parameter	Tetapan	Satuan
Model Series	SMT	-
Ukuran		mm
Tegangan	12	VDC
Kapasitas	100	Ah

### 2.2.3 Solar Charge Controller

*Solar Charge Controller* adalah salah satu komponen di dalam sistem pembangkit listrik tenaga surya, berfungsi sebagai pengatur arus

listrik baik terhadap arus yang masuk dari Panel Surya maupun arus beban keluar / digunakan. Bekerja untuk menjaga baterai dari pengisian yang berlebihan. *Solar Charge Controller* mengatur tegangan dan arus dari Panel Surya ke baterai<sup>[8]</sup>.



**Gambar 2. 4 Solar Charge Controller<sup>[8]</sup>**

Pada Gambar 2.4 merupakan gambar dari SCC dengan spesifikasi terdapat pada tabel 2.4.

**Tabel 2. 4 Spesifikasi SCC**

Parameter	Tetapan	Satuan
Tegangan	12/24	VDC
Arus Maksimal	20	A

#### 2.2.4 Kontaktor Magnet

*Magnetic Contactor* / kontaktor magnetik merupakan peralatan eletromekanik yang berfungsi seperti saklar yaitu dapat memutus dan menyambung rangkaian yang dapat dioperasikan/ dikontrol dari jarak jauh yang prinsip kerjanya berdasarkan gaya elektromagnetik, dimana magnetnya bekerja sebagai pelepas kontak – kontak. *Coil* pada kontaktor dirancang untuk sistem arus AC maupun DC agar dapat bekerja sesuai dengan sistem arus kerjanya<sup>[7]</sup>.

*The National Manufacture Assosiation* (NEMA) memberikan definisi kontaktor magnetis sebagai alat yang digerakkan secara magnetis untuk menyambungkan atau membuka berulang-ulang rangkaian listrik. Tidak seperti relai kontaktor dirancang untuk menyambung atau membuka rangkaian daya listrik tanpa merusak. Beban-beban tersebut meliputi lampu, pemanas, trafo kapasitor dan motor listrik yang untuk itu pelindung beban harus dipasang secara terpisah<sup>[7]</sup>.

Kontaktor yang dioperasikan secara elektromagnetis adalah suatu

mekanisme yang paling bermanfaat yang pernah dirancang untuk penutupan dan pembukaan rangkaian listrik. Kontaktor pada umumnya bekerja secara normal bila tegangannya mencapai 85% tegangan sistem kerjanya, bila tegangan sistemnya turun maka kontaktornya akan bergetar. Ukuran dari kontaktor ditentukan dari kemampuan sistem arusnya. Kontak kontak pada kontaktor dibedakan menjadi dua yaitu NO (*Normally Open*) dan NC (*Normally Close*). Dimana Kontak Normally Open adalah ketika dalam kondisi normal atau awal saat kontaktor tidak mendapat masukan arus listrik kontak ini terbuka dan akan menutup saat dialiri arus listrik, sedangkan untuk kontak normally close adalah saat kontaktor tidak dialiri arus listrik maka kontak ini akan tertutup dan akan terbuka saat dialiri arus listrik <sup>[7]</sup>. Bentuk kontaktor magnet yang digunakan dapat dilihat pada Gambar 2.5 dan spesifikasi dari kontaktor magnet terdapat pada Tabel 2.5.



**Gambar 2. 5 Kontaktor Magnet**

**Tabel 2. 5 Spesifikasi Kontaktor Magnet**

<b>Parameter</b>	<b>Tetapan</b>	<b>Satuan</b>
Tegangan	220	VDC
Frekuensi	50/ 60	Hz
Arus	9	A

### 2.2.5 Relay DC

*Relay* adalah sebuah perangkat yang menggunakan elektromagnet untuk menghasilkan gaya sebagai pembuka atau penutup kontak *switch*, dengan kata lain sebuah *relay* adalah *electrically powered switch*. Suatu *relay* terbagi dari dua bagian, yaitu: *coil* dan *contact*. *Coil* adalah bagian gulungan kawat yang berfungsi untuk menerima arus listrik, sedangkan *contact* adalah saklar yang pergerakannya tergantung dari ada atau tidaknya arus pada *coil*. *Contact* pada *relay* sendiri terdiri dari dua jenis, yakni: *Normally Open contact* (NO) dan *Normally Closed contact* (NC). *Normally open contact* mempunyai kondisi open pada kondisi awal (*unenergized state*), sedangkan *normally closed contact* memiliki kondisi *close* pada kondisi awal. *Relay* bekerja pada saat *coil* menerima arus listrik (*energized*). Akibat dari adanya arus listrik pada *coil* adalah munculnya gaya elektromagnet, yang kemudian akan menarik bagian *armature* yang berpegas, sehingga kontak akan bergeser<sup>[10]</sup>.



Gambar 2. 6 Relay 12 volt

Pada Gambar 2.6 adalah *relay* 12 V yang digunakan dan memiliki spesifikasi yang terdapat pada Tabel 2.6.

Tabel 2. 6 Spesifikasi Relay

Parameter	Tetapan	Satuan
Tegangan	12	VDC
Arus Maksimal	126	mA
Tahanan Koil	95	Ohm

### 2.2.6 Modul LVD ( *Low Voltage Disconnect* )

Low Voltage Disconnect adalah alat proteksi baterai dari penggunaan berlebih atau *over discharge*. Cara kerjanya yaitu ketika batrai berkurang maka modul LVD akan memutuskan sumber dari baterai sesuai batas tegangan rendah yang ditentukan. Dan apabila tegangan baterai telah terisi dan melewati batas modul LVD akan menghubungkan kembali. Bentuk dari modul LVD (*Low Voltage Disconnect*) dapat dilihat pada gambar 2.7.



**Gambar 2. 7** *Low Voltage Disconnect*

Spesifikasi dari modul LVD (*Low Voltage Disconnect*) terdapat pada Gambar 2.7.

**Tabel 2. 7** Spesifikasi Modul LVD

Parameter	Tetapan	Satuan
Model Series	XH-M609	-
Tegangan sumber	12-36	VDC
Konsumsi daya	<1,5	Watt
Tegangan <i>output</i>	Tergantung sumber	-

### 2.2.7 *Inverter*

Inverter adalah suatu rangkaian penyaklaran elektronik yang dapat merubah tegangan searah (DC) menjadi tegangan bolak balik (AC). *Output* suatu inverter dapat berupa tegangan AC dengan bentuk gelombang sinus (*sine wave*), gelombang kotak (*square wave*) dan sinus modifikasi (*sine wave modified*). Sumber tegangan *input* inverter dapat menggunakan *battery*, tenaga surya, atau sumber tegangan DC yang lain.

Inverter dalam proses konversi tegangan DC menjadi tegangan AC membutuhkan suatu penaik tegangan berupa *step up transformer* <sup>[7]</sup>. Spesifikasi inverter yang digunakan terdapat pada Tabel 2.8.

**Tabel 2. 8 Spesifikasi Inverter**

Parameter	Tetapan	Satuan
Tegangan <i>Input</i>	12	VDC
Tegangan <i>Output</i>	220	VAC
Daya	1000	Watt

### 2.2.8 MCB ( *Miniature Circuit Breaker* )

*Miniature Circuit Breaker* (MCB) adalah saklar elektromekanik yang berfungsi sebagai pemutus listrik secara otomatis apabila melampaui tegangan/daya yang sudah ditentukan. Fungsi dari MCB adalah sebagai alat proteksi/pengaman yang berguna sebagai pembatas untuk mencegah terjadinya hubung singkat / *Short circuit* atau juga sebagai proteksi listrik saat terjadi tegangan lebih. Dalam instalasi rumah setiap kali terjadi arus lebih maka rangkain listriknya akan diputus dan kemudian dapat dinormalkan kembali, dengan megakat tuas MCB nya. MCB yang dipasang dan dipergunakan pada saluran awal sebelum masuk ke beban. Kapasitas MCB seharusnya memiliki daya lepas / trip tuas MCB sesuai dengan rating yang telah diberikan karena sangat fatal bila MCB tidak bekerja sesuai rating nya dapat menyebabkan hubung singkat dan menimbulkan percikan api yang dapat menimbulkan kebakaran. Rating MCB yang sudah di tetapkan ini terpengaruh juga dengan diameter saluran kabel itu sendiri <sup>[7]</sup>. Bentuk MCB dapat dilihat pada Gambar 2.8.



**Gambar 2. 8 Miniature Circuit Breaker** <sup>[7]</sup>



### 2.2.9 TDR (*Time Delay Relay*)

TDR yang biasanya disebut dengan relay timer atau juga penunda batas waktu umumnya digunakan pada instalasi motor utamanya instalasi yang memerlukan penagaturan waktu yang otomatis. TDR ini dapat digunakan secara bersamaan dengan di kombinasikan dengan berbagai macam saklar otomatis seperti, TOR, MC, dan *relay*. Fungsi dari TDR ini adalah sebagai pengatur waktu untuk waktu hidup maupun waktu switch-off komponen yang di kontrol dengan delay waktu yang tertentu, dan cara kerjanya dibedakan menjadi TDR yang bekerja dengan prinsip induksi motor dan juga TDR yang bekerja berdasarkan rangkaian eletronik<sup>[7]</sup>. *Time Delay Relay* (TDR) dapat dilihat pada Gambar 2.9.



**Gambar 2. 9** *Time Delay Relay* <sup>[7]</sup>

### 2.2.10 Lampu

Lampu pijar sesuai dengan hukum Ohm maka mengalir arus ( $I$ ) dalam suatu kawat halus yang disebut filament. Arus listrik yang melewati filament dirubah menjadi panas dan cahaya. Arus listrik adalah gerakan electron-elektron bebas dengan terjadinya panas maka electron-elektron yang lebar dari ikatannya dan menempati orbit lain yang lebih besar. Jika electron ini kembali ke orbit semula, maka akan memancar cahaya atau panas. Supaya lampu pijar dapat memancar sebanyak mungkin cahaya yang Nampak, maka suhu kawat pijarnya harus ditingkatkan dan jangan sampai melebihi titik lebur kawat pijar ( $3655^{\circ}\text{K}$ )<sup>[11]</sup>.



**Gambar 2. 10 Lampu Pijar**

Gambar 2.10 merupakan gambar dari lampu yang digunakan. Spesifikasi lampu terdapat pada Tabel 2.9.

**Tabel 2. 9 Spesifikasi lampu pijar**

<b>Parameter</b>	<b>Tetapan</b>	<b>Satuan</b>
Tegangan	220	V
Daya	60	Watt