

**MODEL *DEMAND-SIDE MANAGEMENT (DSM)*  
TERKENDALI OTOMATIS DI SEKTOR *RESIDENSIAL* BERBASISKAN  
SUMBER ENERGI SURYA *FOTOVOLTAIK***



**RIAN ZULFIKAR ANDIYONO**

**10582 1156 13**

**SAADILLAH MURSYID**

**10582 1193 13**

**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR  
2018**

**MODEL *DEMAND-SIDE MANAGEMENT (DSM)*  
TERKENDALI OTOMATIS DI SEKTOR *RESIDENSIAL* BERBASISKAN  
SUMBER ENERGI SURYA *FOTOVOLTAIK***

**SKRIPSI**

*Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat  
Guna Memperoleh Gelar Sarjana  
Program Studi Teknik Listrik  
Jurusan Elektro Fakultas Teknik*

**Disusun Dan Diajukan Oleh**

**RIAN ZULFIKAR ANDIYONO**

**10582 1156 13**

**SAADILLAH MURSYID**

**10582 1193 13**

PADA

**UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR  
MAKASSAR**

**2018**



**UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR**

**FAKULTAS TEKNIK**

**GEDUNG MENARA IQRA LT. III**

Jl. Sultan Alauddin No. 259 Telp. (0411) 866 972 Fax (0411) 865 588 Makassar 90221

Website : [www.unismuh.ac.id](http://www.unismuh.ac.id), email : [unismuh@gmail.com](mailto:unismuh@gmail.com)

Website : <http://teknik.unismuh.makassar.ac.id>

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

**HALAMAN PENGESAHAN**

Tugas Akhir ini diajukan untuk memenuhi syarat ujian guna memperoleh gelar Sarjana teknik (ST) Progra Studi Teknik Elektro Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar

Judul Skripsi : **MODEL DEMAND-SIDE MANAGEMENT (DSM) TERKENDALI OTOMATIS DI SEKTOR RESIDENSIAL BERBASISKAN SUMBER ENERGI SURYA FOTOVOLTAIK**

Nama : 1. Rian Zulfikar Andiyono

2. Saadillah Mursyid

Stambuk : 1. 10582 1156 13

2. 10582 1193 13

Telah Diperiksa dan Disetujui

Oleh Dosen Pembimbing

Pembimbing I

Pembimbing II

**Dr. Ir. Zahir Zainuddin, M.Sc.**

**Andi Faharuddin, S.T., M.T.**

Mengetahui,

Ketua Jurusan Teknik Elektro



**Dr. Umar Katu, S.T.,M.T**

**NBM : 990410**





بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

PENGESAHAN

Skripsi atas nama Rian Zulfikar Andiyono dengan nomor induk Mahasiswa 10582115613 dan Saadillah Mursyid dengan nomor induk Mahasiswa 10582119313, dinyatakan diterima dan disahkan oleh Panitia Ujian Tugas Akhir/Skripsi sesuai dengan Surat Keputusan Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar Nomor : 0005/SK-Y/20201/091004/2018,, sebagai salah satu syarat guna memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Elektro Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar pada hari Kamis tanggal 31 Mei 2018.

Makassar, 15 Ramadhan 1439 H  
31 Mei 2018 M

Panitia Ujian :

1. Pengawas Umum

a. Rektor Universitas Muhammadiyah Makassar

Dr. H. Abdul Rahman Rahim, S.E., M.M.

b. Dekan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin

Dr. Ir. Muhammad Arsyad Thaha, M.T.

2. Penguji :

a. Ketua : Dr. H. Zulfajri Basri Hasanuddin, M.Eng.

b. Sekretaris : Suryani, S.T., M.T.

3. Anggota : 1. Dr. Ir. Hj. Hafsah Nirwana, M.T.

2. Ir. Abd Hafid, M.T.

3. Andi Abd Halik Lateko, S.T., M.T.

Mengetahui :

Pembimbing I

Pembimbing II

Dr. Ir. Zahir Zainuddin, M.Sc.

Andi Faharuddin, S.T., M.T.

Dekan :



Ir. Hamzah Al Imran, S.T., M.T.

NBM : 855 500

## KATA PENGANTAR

Syukur Alhamdulillah penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT, karena rahmat dan hidayahNya sehingga penulis dapat menyusun skripsi ini, dan dapat diselesaikan dengan baik.

Tugas akhir ini disusun sebagai salah persyaratan akademik yang harus ditempuh dalam rangka penyelesaian program studi pada Jurusan Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar. Adapun judul tugas akhir adalah :

“MODEL *DEMAND-SIDE MANAGEMENT (DSM)*

TERKENDALI OTOMATIS DI SEKTOR RESIDENSIAL BERBASISKAN

SUMBER ENERGI SURYA *FOTOVOLTAIK*”

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa dalam penulisan skripsi ini masih terdapat kekurangan-kekurangan, hal ini disebabkan penulis sebagai manusia biasa tidak lepas dari kesalahan dan kekurangan baik itu ditinjau dari segi teknis penulis maupun dari perhitungan-perhitungan. Oleh karena itu penulis menerima dengan ikhlas dan senang hati segala koreksi serta perbaikan guna penyempurnaan tulisan ini agar kelak dapat bermanfaat.

Skripsi ini dapat terwujud berkat adanya bantuan, arahan, dan bimbingan dari berbagai pihak. Oleh karena itu dengan segala ketulusan dan kerendahan hati, kami mengucapkan terima kasih dan penghargaan yang setinggi-tingginya kepada:

1. Bapak Hamzah Al Imran, S.T.,M.T. sebagai Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar.
2. Bapak Dr. Umar Katu, M.T. sebagai Ketua Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar.
3. Bapak. Dr. Ir. Zahir Zainuddin, M.Sc, selaku Pembimbing I dan Bapak Andi Faharuddin, S.T.,M.T. selaku Pembimbing II, yang telah banyak meluangkan waktunya dalam membimbing kami.
4. Bapak dan ibu dosen serta staf pegawai pada fakultas teknik atas segala waktunya telah mendidik dan melayani penulis selama mengikuti proses belajar mengajar di Universitas Muhammadiyah Makassar.
5. Ayahanda dan Ibunda yang tercinta beserta segenap keluarga besar Golla, Dan Lannu, Muh. Idris, Dan Sitti Khadijah, penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya atas segala limpahan kasih sayang, dukungan, doa dan pengorbanan terutama dalam bentuk materi dalam menyelesaikan kuliah.
6. Saudara-saudaraku serta rekan-rekan mahasiswa Fakultas Teknik terkhusus angkatan RADICAL 2013 yang dengan keakraban dan persaudaraan banyak membantu dalam menyelesaikan tugas akhir ini.

Semoga semua pihak tersebut di atas mendapat pahala yang berlipat ganda di sisi Allah SWT dan skripsi yang sederhana ini dapat bermanfaat bagi penulis, rekan-rekan, masyarakat serta bangsa dan negara. Amin.

Makassar, April

2018Penulis



**MODEL DEMAND-SIDE MANAGEMENT (DSM)  
TERKENDALI OTOMATIS DI SEKTOR RESIDENSIAL BERBASISKAN  
SUMBER ENERGI SURYA FOTOVOLTAIK**

**Rian Zulfikar Andiyono<sup>1</sup>, Saadillah Mursyid<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Unismuh Makassar

**E-mail : [rian.sulfikar@gmail.com](mailto:rian.sulfikar@gmail.com)**

<sup>2</sup>Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Unismuh Makassar

**E-mail : [saadillahmursyid6@gmail.com](mailto:saadillahmursyid6@gmail.com)**

**ABSTRAK**

Model *Demand-Side Management (DSM)* Terkendali Otomatis di Sektor *Residensial* Berbasiskan Sumber Energi Surya *Fotovoltaik*. *DSM* pada dasarnya merupakan strategi yang dilaksanakan oleh perusahaan listrik untuk mengelola beban di sisi pelanggan, Dan Salah satu cara mengurangi beban puncak dengan cara memberlakukan manajemen beban di sisi pelanggan *DSM*, dan program yang digunakan dalam *DSM* yaitu *Peak Clipping* yang berfungsi untuk mengurangi beban pada saat waktu beban puncak (WBP). Metode *DSM* saat ini akan dibahas pengaruh penerapan program *DSM* di sektor *residensial* terhadap perubahan beban puncak utamanya, serta memaksimalkan potensi energi surya. Analisis difokuskan pada beban rumah tangga berupa penerangan, kipas dan alat elektronik yang menghasilkan beban tinggi. Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan metode eksperimental dan kemudian dianalisa, Setelah dilakukan uji performa model dengan sistem tanpa *DSM* dapat disimpulkan bahwa terjadi peningkatan arus total (arus PLN) dari 2,6 A meningkat menjadi sebesar 2,7 A yang diakibatkan oleh beban lampu yang aktif pada pukul 18:00 hingga pukul 06:00 pagi, dan setelah pukul 06:00 pagi Arus total kembali normal, Setelah dilakukan uji performa model dengan menggunakan sistem dengan *DSM*, arus total yang seharusnya meningkat pada pukul 18:00 sebesar 2,35 A , tidak mengalami peningkatan dikarenakan beban lampu dengan arus sebesar 0,05 A telah dialihkan dan disuplai oleh energi yang bersumber dari PLTS, dan dari hasil pengukuran tegangan dan arus pengisian, baterai dapat terisi dengan tegangan maksimal sebesar 13,75 V dengan arus maksimal sebesar 0,11 A pada kondisi penyinaran matahari yang sangat baik, dan tidak banyak mengalami perubahan.

**Kata kunci :** *Deman-side management*, beban *residensial*, energi *fotovoltaik*,  
*green* energi.

**MODEL DEMAND-SIDE MANAGEMENT (DSM)  
TERKENDALI OTOMATIS DI SEKTOR RESIDENSIAL BERBASISKAN  
SUMBER ENERGI SURYA FOTOVOLTAIK**

**Rian Zulfikar Andiyono<sup>1</sup>, Saadillah Mursyid<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Unismuh Makassar

**E-mail : [rian.sulfikar@gmail.com](mailto:rian.sulfikar@gmail.com)**

<sup>2</sup>Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Unismuh Makassar

**E-mail : [saadillahmursyid6@gmail.com](mailto:saadillahmursyid6@gmail.com)**

**ABSTRACT**

Automatic Demand-Side Management (DSM) model in the residential sector based on photovoltaic solar energy sources. DSM is basically a strategy implemented by an electricity company to manage the customer's load, and one of the ways to reduce peak load by applying DSM customer side load management, and the program used in DSM is peak clipping which serves to reduce the load at the time peak load. The current DSM method will discuss the effect of the DSM program implementation in the residential sector on changes in the main peak load, and maximize the potential of solar energy. The analysis focused on household load in the form of lighting, fans, and electronic devices that produce high loads. This research was conducted using experimental methods and then analyzed, After testing performance of the model with a system without DSM can be concluded that there is an increase in total current (PLN current) of 2,6 A increases in it amounted to 2,7 A which was caused by the active light load at 6:00 p.m. to 6:00 p.m., and after 6:00 p.m. the flow returned to normal, after testing the performance of the model using the system with DSM, the total current which should increase at 6:00 p.m. is 2,35 A, does not increase because the load of the lamp with a current of 0.05 A has been diverted and supplied by energy sourced from PLTS, and from the measurement of voltage and charged with a maximum voltage of 13.75 V with a maximum current of 0.11 A in very good sunshine conditions, and not much change.

**Keywords** : Demand-side management, residential expenses, photovoltaic energy, green energy



## DAFTAR ISI

<b>KATA PENGANTAR</b> .....	<b>i</b>
<b>ABSTRAK</b> .....	<b>v</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>vi</b>
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>vii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>x</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>xii</b>
<b>DAFTAR ISTILAH DAN SINGKATAN</b> .....	<b>xiii</b>
<b>BAB I</b> .....	<b>1</b>
<b>PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
A. Latar Belakang .....	1
B. Rumusan Masalah .....	2
C. Tujuan Penelitian .....	2
D. Batasan Masalah .....	2
E. Manfaat Penelitian .....	3
F. Sistematika Penulisan .....	3
<b>BAB II</b> .....	<b>5</b>
<b>DASAR TEORI</b> .....	<b>5</b>
A. <i>Demand Side Management</i> .....	5

B.	<i>Fotovoltaik</i> .....	14
C.	Komponen Kendali .....	20
a.	Relay ( <i>Over Swicth</i> ) .....	20
b.	Sensor Cahaya <i>LDR (Light Dependent Resistor)</i> .....	25
<b>BAB III</b>	.....	<b>29</b>
<b>METODE PENELITIAN</b>	.....	<b>29</b>
A.	Waktu dan Tempat Penelitian .....	29
B.	Peralatan dan Bahan .....	29
C.	Skema Penelitian .....	31
D.	Langkah – langkah penelitaian .....	32
<b>BAB IV</b>	.....	<b>33</b>
<b>HASIL DAN PEMBAHASAN</b>	.....	<b>33</b>
A.	Desain Dan Realisasi <i>Demand-Side Management (DSM)</i> Terkendali Otomatis Disektor Residensial Berbasiskan Sumber <i>Energi Fotovoltanik</i> .....	33
B.	Performa Model Sistem <i>Demand-Side Management (DSM)</i> .....	42
a.	Sistem Tanpa DSM Selama 24 Jam .....	42
b.	Sistem Dengan <i>DSM</i> Selama 24 Jam .....	44
C.	Performansi PLTS .....	46
<b>BAB V</b>	.....	<b>49</b>
<b>PENUTUP</b>	.....	<b>49</b>

A. Kesimpulan .....	49
B. Saran .....	51
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>52</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>53</b>

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Transmisi Tenaga Listrik .....	5
Gambar 2.2. <i>Load Management</i> . .....	6
Gambar 2.3. <i>Load Shifting</i> . .....	7
Gambar 2.4. <i>Peak Clipping</i> . .....	8
Gambar 2.5. <i>Valley Filling</i> . .....	9
Gambar 2.6. <i>Strategic Load Growth</i> . .....	9
Gambar 2.7. <i>Flexible Load Shape</i> . .....	10
Gambar 2.8. <i>Strategic Conversation</i> .....	10
Gambar 2.9. Modul surya biasanya terdiri dari 28-36 sel surya yang dirangkai seri untuk memperbesar total daya <i>output</i> .....	15
Gambar 2.10. Struktur dari sel surya komersial yang menggunakan material silikon sebagai semikonduktor. ....	16
Gambar 2.11. Junction antara semikonduktor tipe-p (kelebihan <i>hole</i> ) dan tipe-n (kelebihan elektron). .....	19
Gambar 2.12. Ilustrasi cara kerja sel surya dengan prinsip p-n <i>junction</i> . .....	20
Gambar 2.13. Bentuk dan Simbol Relay.....	21
Gambar 2.14. Bagian-bagian Relay .....	22
Gambar 2.15. Jenis relay berdasarkan <i>pole</i> dan <i>throw</i> .....	24
Gambar 2.16. Simbol dan Fisik Sensor Cahaya <i>LDR</i> .....	26
Gambar 3.1. Diagram balok skema penelitian .....	31
Gambar 4.1. Realisasi sistem <i>Demand-Side Management (DSM)</i> .....	33
Gambar 4.2. Desain Pengawatan Sistem <i>DSM</i> pada model.....	34



Gambar 4.3. Disain <i>single line</i> sistem <i>DSM</i> .....	35
Gambar 4.4. Panel surya .....	36
Gambar 4.5. <i>Solar charger controller</i> .....	37
Gambar 4.6. <i>Inverter</i> .....	37
Gambar 4.7. Baterai (Aki).....	39
Gambar 4.8. Model Kendali <i>DSM</i> dan Panel Indikator .....	40
Gambar 4.9. Sensor Pencahayaan .....	40
Gambar 4.10. Saklar <i>Inverter</i> .....	41
Gambar 4.11. Saklar Relai <i>DIS</i> .....	41
Gambar 4.12. Grafik Beban Harian Tanpa <i>DSM</i> .....	43
Gambar 4.13. Grafik Beban Harian Dengan <i>DSM</i> .....	45
Gambar 4.14. Grafik Pengukuran Arus dan Tegangan Pengisian Baterai .....	47

## DAFTAR TABEL

Tabel 4.1. Arus PLN dan beban selama 1 hari dikondisikan Tanpa <i>DSM</i> .....	42
Tabel 4.2. Arus PLN dan beban selama 1 hari dikondisikan dengan <i>DSM</i> .....	44
Tabel 4.3. Pengukuran Arus dan Tegangan Pengisian Baterai .....	46

## DAFTAR ISTILAH DAN SINGKATAN

$\Omega$	: Ohm
A	: <i>Ampere</i>
AC	: <i>Alternatif Current</i>
Ah	: <i>Ampere hour</i>
DIS	: <i>Dinamis Swicth</i>
DSM	: <i>Demand-Side Management</i>
kVA	: <i>Kilo Volt Ampere</i>
kWH	: <i>Kilo Watt Hour</i>
LWBP	: Luar Waktu Beban Puncak
MCB	: <i>Miniatur Ciriut Breaker</i>
M $\Omega$	: Mega Ohm
mA	: <i>mili Ampere</i>
NC	: <i>Normally Close</i>
NO	: <i>Normally Open</i>
PLN	: Perusahaan Listrik Negara
PLTS	: Pembangkit Listrik Tenaga Surya
<i>Residensial</i>	: Perumahan/rumah tangga

V : *Volt*

VA : *Volt Ampere*

W : *Watt*

WBP : *Waktu Beban Puncak*

Wp : *Watt Peak*



# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **A. Latar Belakang**

Energi listrik merupakan energi yang mudah dikonversi ke bentuk energi lain. Sehingga banyak peralatan modern menggunakan listrik sebagai sumber energi. Namun, penggunaan energi listrik oleh pelanggan masih belum optimal, terutama pada malam hari pada waktu beban puncak. Pada waktu beban puncak beban listrik meningkat karena meningkatnya penggunaan peralatan listrik oleh pelanggan terutama di sektor rumah tangga. Kebutuhan energi listrik pada saat beban puncak membawa dampak yang merugikan bagi semua pihak.

Salah satu cara mengurangi beban puncak dengan cara memberlakukan manajemen beban di sisi pelanggan (*demand side management*). *Demand-Side Management* (DSM) pada dasarnya merupakan strategi yang dilaksanakan oleh perusahaan listrik untuk mengelola beban di sisi pelanggan.

Metode DSM saat ini akan dibahas pengaruh penerapan program DSM di sektor *residensial* terhadap perubahan beban puncak utamanya, serta memaksimalkan potensi energi surya. Analisis difokuskan pada beban rumah tangga berupa penerangan, kipas dan alat elektronik yang menghasilkan beban tinggi.

## **B. Rumusan Masalah**

Atas dasar penjelasan di atas maka dapat dirumuskan beberapa permasalahan sebagai berikut :

1. Bagaimana desain dan merealisasikan model *Deman-Side Management* (DSM) pada sisi *residensial*?
2. Bagaimana performa model *Deman-Side Management* (DSM) tersebut?

## **C. Tujuan Penelitian**

Tujuan dari penelitian ini yaitu:

1. Untuk mendapatkan model dan desain DSM pada sisi *residensial*.
2. Untuk mendapatkan performa model *Deman-Side Management* (DSM) tersebut.

## **D. Batasan Masalah**

1. Penelitian ini dibatasi untuk mengukur besar arus pada jalur beban pencahayaan dan beban motor.
2. Ukuran daya yang digunakan pada beban motor adalah 30 *Watt*, dan  $\pm 120$  *Watt*.
3. Ukuran daya yang digunakan pada beban pencahayaan  $\pm 50$  *Watt*
4. Penelitian ini menggunakan sumber tegangan satu-fase dua kawat di Menara Iqra lantai 3 bersumber dari jaringan PLN.
5. Waktu siang disimulasikan 4 menit dan pada malam hari disimulasikan 4 menit.

6. Beban pencahayaan dibagi menjadi dua yaitu beban pencahayaan *indoor* dan *outdoor*.

#### **E. Manfaat Penelitian**

Manfaat yang akan diperoleh dari penelitian ini yaitu:

1. Pengembangan pengetahuan penulis.
2. Dapat menjadi "*rule model*" *Demand-Side Management* (DSM) di sektor *residential* terhadap perubahan beban.
3. Di sektor pembangkit, Investasi semakin efisien, yaitu sebagai pembatasan pemakaian listrik pada Waktu Beban Puncak (WBP).
4. Mengurangi tagihan pemakaian energi listrik setiap bulannya pada sektor residensial.
5. Menjadi bahan informasi/referensi bagi peneliti lain yang hendak mengadakan pengembangan penelitian lebih lanjut.

#### **F. Sistematika Penulisan**

**Bab Pertama**, Bab ini menjelaskan tentang latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, serta tujuan dan manfaat dari penelitian yang dilakukan serta sistematika penulisan dari laporan hasil penelitian.

**Bab Kedua**, bab ini menjelaskan tentang teori-teori pendukung yang berkaitan dengan judul penelitian.

**Bab Ketiga**, Bab ini menjelaskan tentang waktu dan tempat penelitian, alat dan bahan yang digunakan, diagram balok dan gambar rangkaian penelitian,

serta metode penelitian yang berisi langkah-langkah dalam proses melakukan penelitian.

**Bab Keempat**, Bab ini menjelaskan tentang hasil dari penelitian, alat dan perhitungan serta pembahasan terkait judul penelitian.

**Bab Kelima**, Bab ini merupakan penutup yang berisi tentang kesimpulan dan saran terkait judul penelitian.

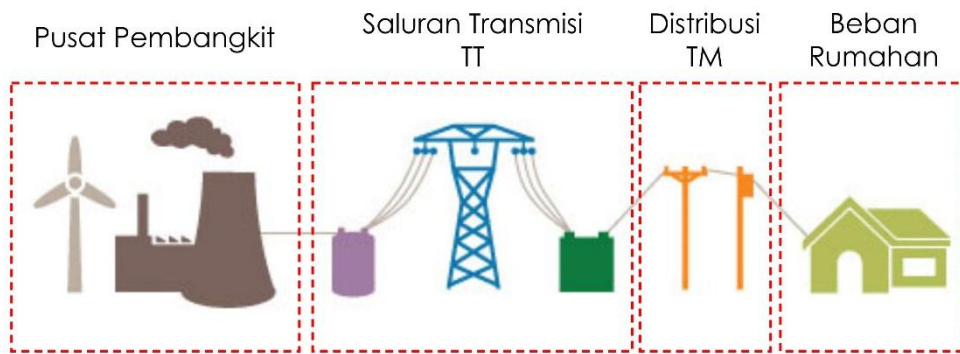
**Daftar Pustaka**, Berisi tentang daftar sumber referensi penulis dalam memilih teori yang relevan dengan judul penelitian.

**Lampiran**, Berisi tentang dokumentasi hasil penelitian serta alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian.



## BAB II

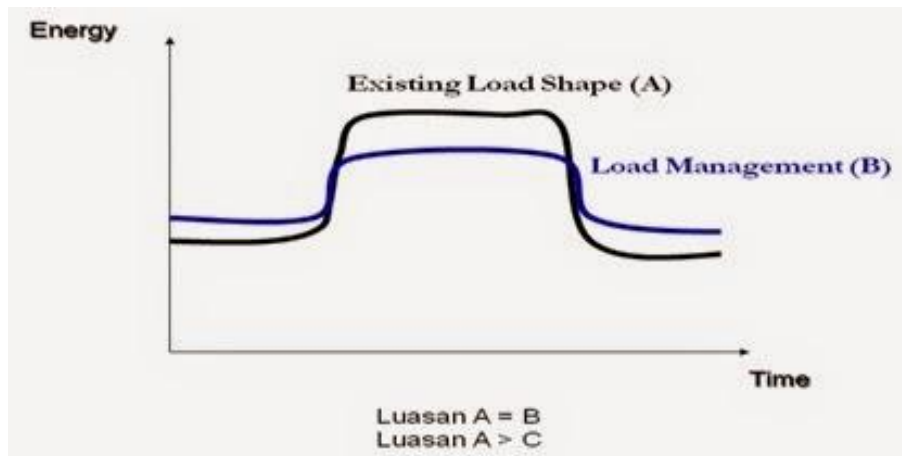
### DASAR TEORI



Gambar 2.1. Transmisi Tenaga Listrik

#### A. *Demand Side Management*

*Demand Side Management* merupakan suatu tindakan yang dilakukan oleh konsumen untuk merubah besar dan waktu konsumsi energy. Program ini ditawarkan oleh perusahaan listrik kepada konsumen dengan tujuan yang menguntungkan bagi produsen dan konsumen. Keuntungan bagi produsen adalah dapat mengatur/mengurangi beban puncak sehingga pembangkit listrik yang mensupply beban puncak dapat diminimalisasi. Hal ini dapat mengurangi biaya dan meningkatkan kehandalan dikarenakan biaya pembangkit beban puncak relative lebih mahal dibandingkan pembangkit beban dasar dan pembangkit cadangan menjadi lebih besar.



Gambar 2.2. *Load Management*.

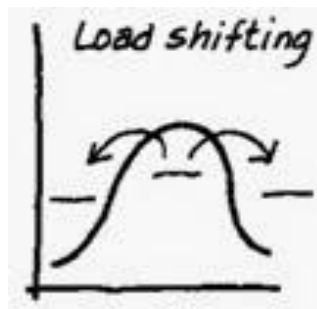
Bagi konsumen, manfaat yang diperoleh adalah berkurangnya biaya listrik dan pada kondisi tertentu bisa mendapatkan kompensasi dari produsen. Namun *Demand Side Management* hanya bisa diterapkan pada system yang mendukung dimana pengukuran konsumsi energy sudah dapat terhitung dengan tepat. Ada beberapa strategi *Demand Side Management* diantaranya :

- *Time Of Use rates* : Membebaskan tarif berdasarkan waktu.
- *Thermal Energy Storage* : menyimpan cadangan energy.
- *Efficient End Use* : menggunakan peralatan yang efisien.
- *Promotional Incentive Rates* : memberikan insentif bagi pelanggan yang mau berhemat.
- *Elictrification Tech* : menggunakan teknologi pembangkitan listrik sendiri.

Beberapa program *Demand Side Management* yang tepat adalah sebagai berikut :

- *Load Shifting*

Program untuk menggeser beban dari WBP (Waktu Beban Puncak) ke LWBP (Luar Waktu Beban Puncak).



Gambar 2.3. *Load Shifting*.

- *Peak Clipping*

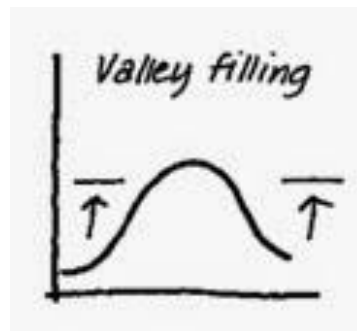
Program untuk mengurangi beban pada saat WBP (Waktu Beban Puncak).



Gambar 2.4. *Peak Clipping.*

- *Valley Filling*

Program untuk meningkatkan beban selama periode LWBP (Luar Waktu Beban Puncak).



Gambar 2.5. *Valley Filling*.

- *Strategic Load Growth*

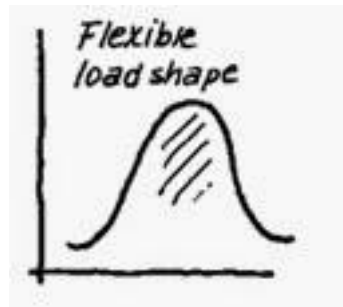
Program untuk meningkatkan konsumsi pelanggan dan demand tenaga listrik secara keseluruhan.



Gambar 2.6. *Strategic Load Growth*.

- *Flexible Load Shape*

Program yang membolehkan pemadaman atau pengurangan permintaan

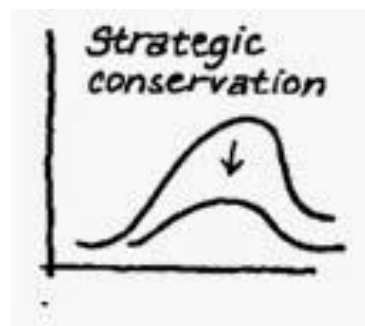


pelanggan utama untuk menyesuaikan kapasitas pembangkit dengan *demand*.

Gambar 2.7. *Flexible Load Shape*.

- *Strategic Conservation*

Program untuk mengurangi konsumsi energy konsumen dan kebutuhan tenaga listrik secara keseluruhan (penghematan pemakaian listrik).



Gambar 2.8. *Strategic Conservation*

Diharapkan dengan adanya *Demand-Side Management* dapat memberikan keuntungan bagi perusahaan listrik, pemerintah dan juga konsumen sehingga perlu adanya integrasi pemahaman diantara ketiganya agar program ini dapat berjalan dengan baik.

a. Karakteristik beban tenaga listrik

Secara umum beban yang dilayani oleh sistem distribusi elektrik ini dibagi dalam beberapa sektor yaitu sektor perumahan, sektor industri, sektor komersial dan sektor usaha. Masing-masing sektor beban tersebut mempunyai karakteristik-karakteristik yang berbeda, sebab hal ini berkaitan dengan pola konsumsi energi pada masing-masing konsumen di sektor tersebut. Karakteristik beban yang banyak disebut dengan pola pembebanan pada sektor perumahan ditunjukkan oleh adanya fluktuasi konsumsi energi elektrik yang cukup besar. Hal ini disebabkan konsumsi energi elektrik tersebut dominan pada malam hari. Sedang pada sektor industri fluktuasi konsumsi energi sepanjang hari akan hampir sama, sehingga perbandingan beban puncak terhadap beban rata-rata hampir mendekati satu. Beban pada sektor komersial dan usaha mempunyai karakteristik yang hampir sama, hanya pada sektor komersial akan mempunyai beban puncak yang lebih tinggi pada malam hari

b. Klasifikasi Beban

Berdasarkan jenis konsumen energi listrik, secara garis besar, ragam beban dapat diklasifikasikan ke dalam :

- Beban Rumah Tangga (Residensial)

Pada umumnya beban rumah tangga berupa lampu untuk penerangan, alat rumah tangga, seperti kipas angin, pemanas air, lemari es, penyejuk udara, mixer, oven, motor pompa air dan sebagainya. Beban rumah tangga biasanya memuncak pada malam hari.

- Beban Komersial

Beban komersial merupakan beban dengan layanan energi listrik pada pusat-pusat kegiatan ekonomi, biasanya terdiri atas pertokoan, iklan, perkantoran, hiburan dan lainnya. Selain itu, beban komersial juga mencakup stasiun, terminal, kereta rel listrik, hotel—hotel, rumah sakit besar, kampus, stadium olah raga, mall, hypermarket, dan apartementt. Layanan pada beban komersial umumnya menggunakan sistem fasa tiga, namun yang kapasitasnya kecil dilayani dengan menggunakan tegangan rendah, sedangkan yang berkapasitas besar dilayani dengan tegangan menengah.

- Beban Industri

Beban industri merupakan beban yang menggunakan energi listrik sebagian kecil terdiri atas lampu penerangan untuk fasilitas kantor dan sebagian besar terdiri atas motor-motor listrik dengan berbagai macam penggunaannya untuk proses produksi. Beban industri merupakan konsumen pabrik yang jumlahnya tidak sebanyak beban perumahan atau domestik, namun membutuhkan daya yang besar dalam ukuran kVA.

Penggunaan daya listrik pada industri kecil masih disuplai menggunakan sistem fasa tunggal dengan tegangan rendah 220 Volt/380 Volt, namun untuk



industri yang besar disuplai dengan menggunakan sistem fasa 3 dan dilayani dengan tegangan yang lebih tinggi.

Beban industri dibedakan dalam skala kecil dan skala besar. Untuk skala kecil banyak beroperasi di siang hari sedangkan industri besar sekarang ini banyak yang beroperasi sampai 24 jam.

- Beban Publik

Beban publik merupakan beban untuk pelayanan fasilitas umum, seperti penerangan jalan, taman atau lainnya. Pada kota besar penerangan jalan umum menggunakan daya antara 50 VA sampai dengan 50 VA tergantung jenis jalan yang diterangi, sehingga keberadaanya dalam jumlah besar akan berdampak pada konsumsi daya listrik. Selain itu sistem yang digunakan pada beban publik adalah sistem fasa tunggal dengan tegangan rendah 220/380 Volt.

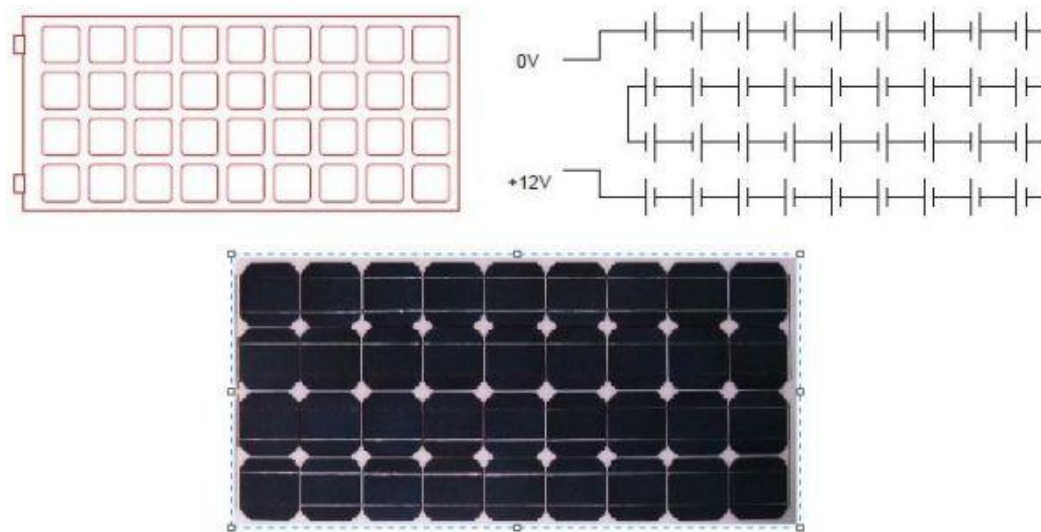
Pengklasifikasian ini sangat penting artinya bila kita melakukan analisa karakteristik beban untuk suatu sistem yang sangat besar. Perbedaan yang paling prinsip dari empat jenis beban diatas, selain dari daya yang digunakan dan juga waktu pembebanannya. Pemakaian daya pada beban rumah tangga akan lebih dominan pada pagi dan malam hari, sedangkan pada beban komersil lebih dominan pada siang dan sore hari. Pemakaian daya pada industri akan lebih merata, karena banyak industri yang bekerja siang-malam. Maka dilihat dari sini, jelas pemakaian daya pada industri akan lebih menguntungkan karena kurva bebannya akan lebih merata. Sedangkan pada beban fasilitas umum lebih dominan pada siang dan malam hari.

Beberapa daerah operasi tenaga listrik memberikan ciri tersendiri, misalnya daerah wisata, pelanggan bisnis mempengaruhi penjualan kWh walaupun jumlah pelanggan bisnis jauh lebih kecil dibanding dengan pelanggan rumah tangga.

## **B. Fotovoltaik**

Sel surya atau juga sering di sebut *fotovoltaik* adalah *divais* yang mampu mengkonversi langsung cahaya matahari menjadi listrik. Sel surya bisa disebut sebagai pemeran utama untuk memaksimalkan potensi sangat besar energi cahaya matahari yang sampai kebumi, walaupun selain dipergunakan untuk menghasilkan listrik, energi dari matahari juga bisa dimaksimalkan energi panasnya melalui *system solar thermal*.

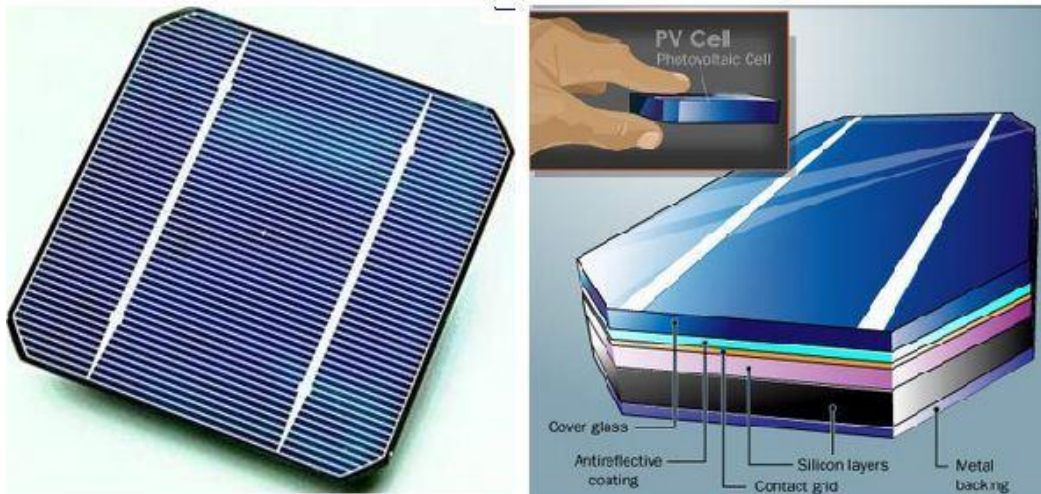
Sel surya dapat dianalogikan sebagai *divais* dengan dua terminal atau sambungan, dimana saat kondisi gelap atau tidak cukup cahaya berfungsi sebagai dioda, dan saat disinari dengan cahaya matahari dapat menghasilkan tegangan. Ketika disinari, umumnya satu sel surya komersial menghasilkan tegangan DC sebesar 0,5 sampai 1 volt, dan arus *short-circuit* dalam skala miliampere  $cm_2$ . Besar tegangan dan arus ini tidak cukup untuk berbagai aplikasi, sehingga umumnya sejumlah sel surya disusun secara seri membentuk modul surya. Satu modul surya biasanya terdiri dari 28-36 sel surya, dan total menghasilkan tegangan DC sebesar 12 V dalam kondisi penyinaran standar . Modul surya tersebut bisa digabungkan secara paralel atau seri untuk memperbesar total tegangan dan arus outputnya sesuai dengan daya yang dibutuhkan untuk aplikasi tertentu. Gambar dibawah menunjukkan ilustrasi dari modul surya.



Gambar 2.9. Modul surya biasanya terdiri dari 28-36 sel surya yang dirangkai seri untuk memperbesar total daya *output*

#### - Struktur Sel Surya

Sesuai dengan perkembangan sains & teknologi, jenis-jenis teknologi sel surya pun berkembang dengan berbagai inovasi. Ada yang disebut sel surya generasi satu, dua, tiga dan empat, dengan struktur atau bagian-bagian penyusun sel yang berbeda pula. Struktur dan cara kerja dari sel surya yang umum berada dipasaran saat ini yaitu sel surya berbasis material silikon yang juga secara umum mencakup struktur dan cara kerja sel surya generasi pertama (sel surya silikon) dan kedua (*thin film*/lapisan tipis).



Gambar 2.10. Struktur dari sel surya komersial yang menggunakan material silikon sebagai semikonduktor.

Gambar diatas menunjukkan ilustrasi sel surya dan juga bagian-bagiannya.

Secara umum terdiri dari :

a. Substrat/*Metal backing*

Substrat adalah material yang menopang seluruh komponen sel surya. Material substrat juga harus mempunyai konduktifitas listrik yang baik karena juga berfungsi sebagai kontak terminal positif sel surya, sehingga umumnya digunakan material metal atau logam seperti aluminium atau molybdenum. Untuk sel surya *dye-sensitized* (DSSC) dan sel surya organik, substrat juga berfungsi sebagai tempat masuknya cahaya sehingga material yang digunakan yaitu material yang konduktif tapi juga transparan seperti *ndium tin oxide* (ITO) dan *flourine doped tin oxide* (FTO).

## b. Material semikonduktor

Material semikonduktor merupakan bagian inti dari sel surya yang biasanya mempunyai tebal sampai beberapa ratus mikrometer untuk sel surya generasi pertama (silikon), dan 1-3 mikrometer untuk sel surya lapisan tipis. Material semikonduktor inilah yang berfungsi menyerap cahaya dari sinar matahari. Untuk kasus gambar diatas, semikonduktor yang digunakan adalah material silikon, yang umum diaplikasikan di industri elektronik. Sedangkan untuk sel surya lapisan tipis, material semikonduktor yang umum digunakan dan telah masuk pasaran yaitu contohnya material  $\text{Cu(In,Ga)(S,Se)}_2$  (CIGS), CdTe (*kadmium telluride*), dan amorphous silikon, disamping material-material semikonduktor potensial lain yang dalam sedang dalam penelitian intensif seperti  $\text{Cu}_2\text{ZnSn(S,Se)}_4$  (CZTS) dan  $\text{Cu}_2\text{O}$  (*copper oxide*).

Bagian semikonduktor tersebut terdiri dari junction atau gabungan dari dua material semikonduktor yaitu semikonduktor tipe-p (material-material yang disebutkan diatas) dan tipe-n (silikon tipe-n, CdS,dll) yang membentuk p-n *junction*. P-n *junction* ini menjadi kunci dari prinsip kerja sel surya.

## c. Kontak metal / *contact grid*

Selain substrat sebagai kontak positif, diatas sebagian material semikonduktor biasanya dilapiskan material metal atau material konduktif transparan sebagai kontak negatif.

d. Lapisan antireflektif

Refleksi cahaya harus diminimalisir agar mengoptimalkan cahaya yang terserap oleh semikonduktor. Oleh karena itu biasanya sel surya dilapisi oleh lapisan anti-refleksi. Material anti-refleksi ini adalah lapisan tipis material dengan besar indeks refraktif optik antara semikonduktor dan udara yang menyebabkan cahaya dibelokkan ke arah semikonduktor sehingga meminimumkan cahaya yang dipantulkan kembali.

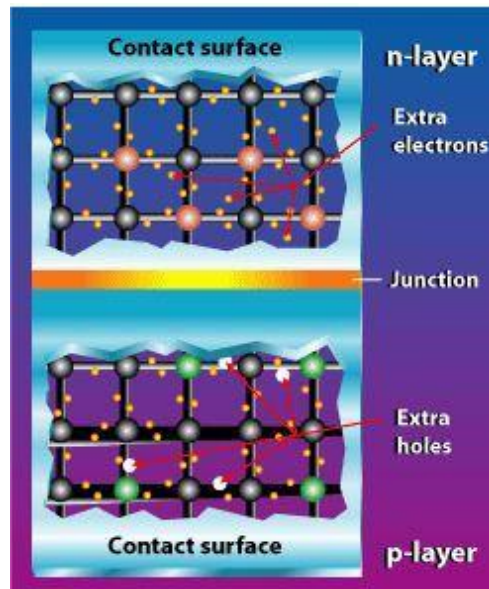
e. *Enkapsulasi / cover glass*

Bagian ini berfungsi sebagai enkapsulasi untuk melindungi modul surya dari hujan atau kotoran.

- Cara kerja sel surya

Sel surya konvensional bekerja menggunakan prinsip p-n junction, yaitu junction antara semikonduktor tipe-p dan tipe-n. Semikonduktor ini terdiri dari ikatan-ikatan atom yang dimana terdapat elektron sebagai penyusun dasar. Semikonduktor tipe-n mempunyai kelebihan elektron (muatan negatif) sedangkan semikonduktor tipe-p mempunyai kelebihan hole (muatan positif) dalam struktur atomnya. Kondisi kelebihan elektron dan hole tersebut bisa terjadi dengan mendoping material dengan atom dopant. Sebagai contoh untuk mendapatkan material silikon tipe-p, silikon didoping oleh atom boron, sedangkan untuk mendapatkan material silikon tipe-n, silikon didoping oleh atom

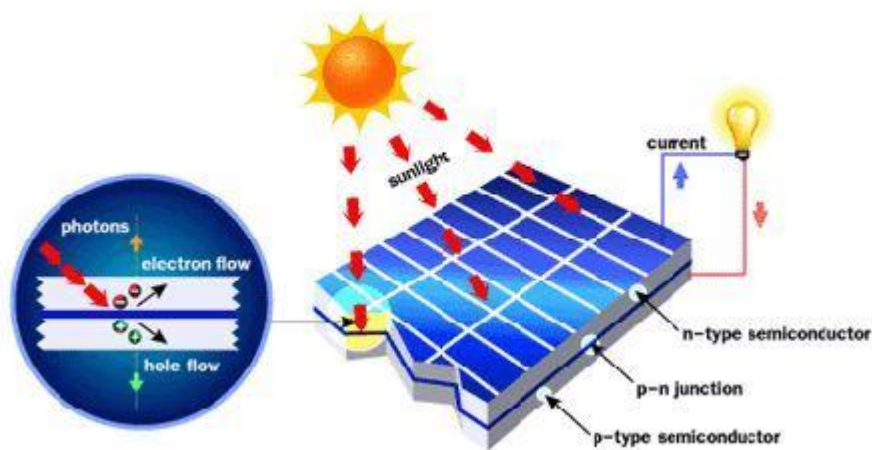
fosfor. Ilustrasi dibawah menggambarkan *junction* semikonduktor tipe-p dan tipe-n.



Gambar 2.11. Junction antara semikonduktor tipe-p (kelebihan *hole*) dan tipe-n (kelebihan elektron).

Peran dari p-n *junction* ini adalah untuk membentuk medan listrik sehingga elektron (dan hole) bisa diekstrak oleh material kontak untuk menghasilkan listrik. Ketika semikonduktor tipe-p dan tipe-n terkontak, maka kelebihan elektron akan bergerak dari semikonduktor tipe-n ke tipe-p sehingga membentuk kutub positif pada semikonduktor tipe-n, dan sebaliknya kutub negatif pada semikonduktor tipe-p. Akibat dari aliran elektron dan hole ini maka terbentuk medan listrik yang mana ketika cahaya matahari mengenai susuna p-n junction ini maka akan mendorong elektron bergerak dari semikonduktor menuju kontak negatif, yang selanjutnya dimanfaatkan sebagai listrik, dan sebaliknya hole

bergerak menuju kontak positif menunggu elektron datang, seperti diilustrasikan pada gambar dibawah.



Gambar 2.12. Ilustrasi cara kerja sel surya dengan prinsip p-n junction.

### C. Komponen Kendali

Dalam model *DSM* ini dibutuhkan beberapa komponen kendali diantaranya sebagai berikut :

#### a. Relay (*Over Swicth*)

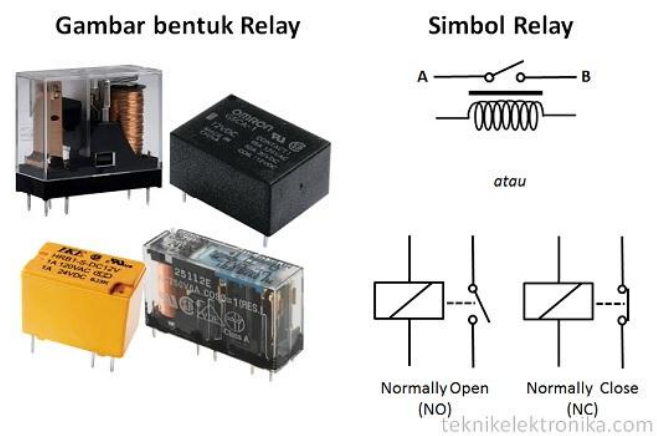
Relay adalah Saklar (*Switch*) yang dioperasikan secara listrik dan merupakan komponen *electromechanical* (elektromekanikal) yang terdiri dari 2 bagian utama yakni elektromagnet (*Coil*) dan mekanikal (seperangkat Kontak Saklar/*Switch*). Relay menggunakan prinsip elektromagnetik untuk menggerakkan kontak saklar sehingga dengan arus listrik yang kecil (*low power*) dapat menghantarkan listrik yang bertegangan lebih tinggi. Sebagai contoh, dengan relay yang menggunakan elektromagnet 5 V dan 50 mA mampu menggerakkan



*armature* relay (yang berfungsi sebagai saklarnya) untuk menghantarkan listrik 220 V 2A.

#### - Bentuk dan Simbol Relay

Dibawah ini adalah gambar bentuk relay dan simbol relay yang sering ditemukan di rangkaian elektronika.



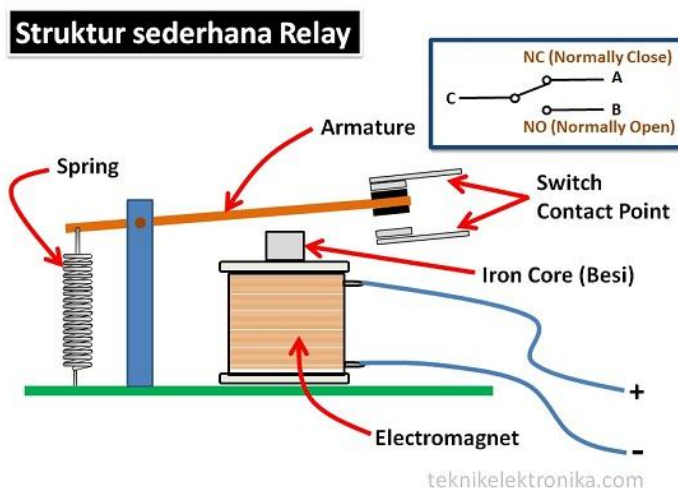
Gambar 2.13. Bentuk dan Simbol Relay

#### - Prinsip Kerja Relay

Pada dasarnya, Relay terdiri dari 4 komponen dasar yaitu :

1. *Electromagnet* (Coil)
2. *Armature*
3. *Switch Contact Point* (Saklar)
4. *Spring*

Berikut ini merupakan gambar dari bagian-bagian Relay :



Gambar 2.14. Bagian-bagian Relay

Kontak Poin (*Contact Point*) Relay terdiri dari 2 jenis yaitu :

- *Normally Close (NC)* yaitu kondisi awal sebelum diaktifkan akan selalu berada di posisi *Close* (tertutup).
- *Normally Open (NO)* yaitu kondisi awal sebelum diaktifkan akan selalu berada di posisi *Open* (terbuka).

Berdasarkan gambar diatas, sebuah besi (*Iron Core*) yang dililit oleh sebuah kumparan *coil* yang berfungsi untuk mengendalikan besi tersebut. Apabila kumparan *coil* diberikan arus listrik, maka akan timbul gaya elektromagnet yang kemudian menarik *armature* untuk berpindah dari posisi sebelumnya (*NC*) ke posisi baru (*NO*) sehingga menjadi saklar yang dapat menghantarkan arus listrik di posisi barunya (*NO*). Posisi dimana *armature* tersebut berada sebelumnya (*NC*)

akan menjadi *open* atau tidak terhubung. Pada saat tidak dialiri arus listrik, *armature* akan kembali lagi ke posisi awal (*NC*). *Coil* yang digunakan oleh relay untuk menarik *Contact Point* ke Posisi *Close* pada umumnya hanya membutuhkan arus listrik yang relatif kecil.

- Arti *Pole* dan *Throw* pada Relay

Karena Relay merupakan salah satu jenis dari Saklar, maka istilah *pole* dan *throw* yang dipakai dalam Saklar juga berlaku pada Relay. Berikut ini adalah penjelasan singkat mengenai Istilah *pole and throw* :

1. ***Pole*** : Banyaknya Kontak (*Contact*) yang dimiliki oleh sebuah relay
2. ***Throw*** : Banyaknya kondisi yang dimiliki oleh sebuah kontak (*Contact*)

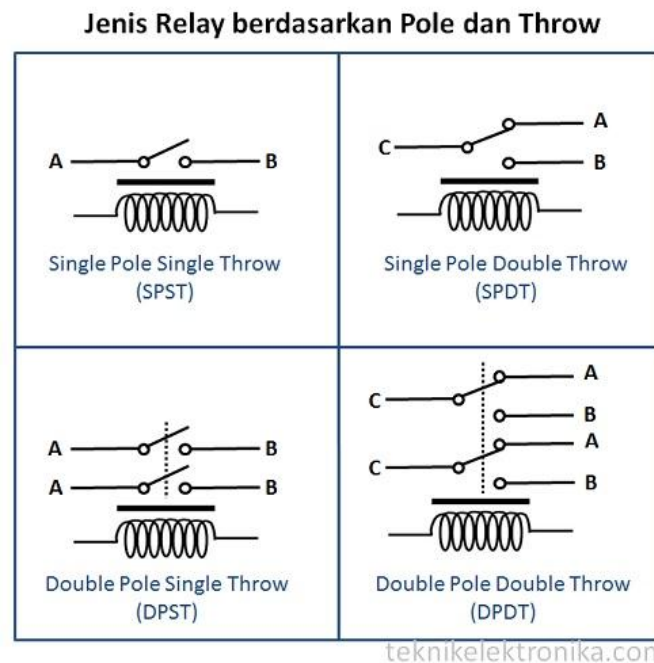
Berdasarkan penggolongan jumlah *pole* dan *throw*-nya sebuah relay, maka relay dapat digolongkan menjadi :

1. *Single Pole Single Throw (SPST)* : Relay golongan ini memiliki 4 Terminal, 2 terminal untuk saklar dan 2 terminalnya lagi untuk *coil*.
2. *Single Pole Double Throw (SPDT)* : Relay golongan ini memiliki 5 Terminal, 3 terminal untuk saklar dan 2 terminalnya lagi untuk *coil*.
3. *Double Pole Single Throw (DPST)* : Relay golongan ini memiliki 6 terminal, diantaranya 4 terminal yang terdiri dari 2 Pasang terminal Saklar sedangkan 2 terminal lainnya untuk *coil*. Relay DPST dapat dijadikan 2 saklar yang dikendalikan oleh 1 *coil*.

4. *Double Pole Double Throw (DPDT)* : Relay golongan ini memiliki terminal sebanyak 8 terminal, diantaranya 6 terminal yang merupakan 2 pasang Relay SPDT yang dikendalikan oleh 1 (*single*) *coil*. Sedangkan 2 terminal lainnya untuk *coil*.

Selain Golongan Relay diatas, terdapat juga relay-relay yang *pole* dan *throw*-nya melebihi dari 2 (dua). Misalnya 3PDT (*Triple Pole Double Throw*) ataupun 4PDT (*Four Pole Double Throw*) dan lain sebagainya.

Untuk lebih jelas mengenai penggolongan relay berdasarkan jumlah *pole* dan *throw*, silakan lihat gambar dibawah ini :



Gambar 2.15. Jenis relay berdasarkan *pole* dan *throw*

- Fungsi-fungsi dan Aplikasi Relay

Beberapa fungsi Relay yang telah umum diaplikasikan kedalam peralatan Elektronika diantaranya adalah :

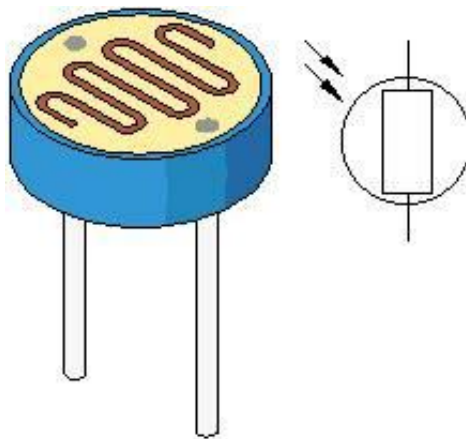
1. Relay digunakan untuk menjalankan fungsi logika (*Logic Function*)
2. Relay digunakan untuk memberikan fungsi penundaan waktu (*Time Delay Function*)
3. Relay digunakan untuk mengendalikan sirkuit tegangan tinggi dengan bantuan dari signal tegangan rendah.
4. Ada juga relay yang berfungsi untuk melindungi motor ataupun komponen lainnya dari kelebihan tegangan ataupun hubung singkat (*Short*).

b. Sensor Cahaya *LDR (Light Dependent Resistor)*

Sensor cahaya *LDR (Light Dependent Resistor)* adalah salah satu jenis resistor yang dapat mengalami perubahan resistansinya apabila mengalami perubahan penerimaan cahaya. Besarnya nilai hambatan pada sensor cahaya *LDR* tergantung pada besar kecilnya cahaya yang diterima oleh *LDR* itu sendiri. *LDR* sering disebut dengan alat atau sensor yang berupa resistor yang peka terhadap cahaya. Biasanya *LDR* terbuat dari *cadmium sulfida* yaitu merupakan bahan semikonduktor yang resistansinya berubah-ubah menurut banyaknya cahaya (sinar) yang mengenainya. Resistansi *LDR* pada tempat yang gelap biasanya mencapai sekitar 10 M $\Omega$ , dan ditempat terang *LDR* mempunyai resistansi yang

turun menjadi sekitar 150  $\Omega$ . Seperti halnya resistor konvensional, pemasangan *LDR* dalam suatu rangkaian sama persis seperti pemasangan resistor biasa. Simbol *LDR* dapat dilihat seperti pada gambar berikut.

- Simbol Dan Fisik Sensor Cahaya *LDR* (*Light Dependent Resistor*)



Gambar 2.16. Simbol dan Fisik Sensor Cahaya *LDR*

Dan masih banyak lagi aplikasi rangkaian elektronika yang menggunakan *LDR* (*Light Dependent Resistor*) sebagai sensor cahaya.

- Karakteristik Sensor Cahaya *LDR* (*Light Dependent Resistor*)

Sensor Cahaya *LDR* (*Light Dependent Resistor*) adalah suatu bentuk komponen yang mempunyai perubahan resistansi yang besarnya tergantung pada cahaya. Karakteristik *LDR* terdiri dari dua macam yaitu Laju *Recovery* dan Respon Spektral sebagai berikut :

- Laju Recovery Sensor Cahaya *LDR (Light Dependent Resistor)*

Bila sebuah “Sensor Cahaya *LDR (Light Dependent Resistor)*” dibawa dari suatu ruangan dengan level kekuatan cahaya tertentu ke dalam suatu ruangan yang gelap, maka bisa kita amati bahwa nilai resistansi dari *LDR* tidak akan segera berubah resistansinya pada keadaan ruangan gelap tersebut. Namun *LDR* tersebut hanya akan bisa menca-pai harga di kegelapan setelah mengalami selang waktu tertentu. Laju recovery meru-pakan suatu ukuran praktis dan suatu ke-naikan nilai resistansi dalam waktu tertentu. Harga ini ditulis dalam K/detik, untuk *LDR* tipe arus harganya lebih besar dari 200K/detik(selama 20 menit pertama mulai dari level cahaya 100 lux), kecepatan tersebut akan lebih tinggi pada arah sebaliknya, yaitu pindah dari tempat gelap ke tempat terang yang memerlukan waktu kurang dari 10 ms untuk mencapai resistansi yang sesuai den-gan level cahaya 400 lux.

- Respon Spektral Sensor Cahaya *LDR (Light Dependent Resistor)*

Sensor cahaya *LDR (Light Dependent Resistor)* tidak mempunyai sensitivitas yang sama untuk setiap panjang gelombang cahaya yang jatuh padanya (yaitu warna). Bahan yang biasa digunakan sebagai penghantar arus listrik yaitu tembaga, aluminium, baja, emas dan perak. Dari kelima bahan tersebut tembaga merupakan penghantar yang paling banyak, digunakan karena mempunyai daya hantaryang baik (TEDC,1998)

- Prinsip Kerja Sensor Cahaya *LDR (Light Dependent Resistor)*

Resistansi sensor cahaya *LDR (Light Dependent Resistor)* akan berubah seiring dengan perubahan intensitas cahaya yang mengenainya atau yang ada disekitarnya. Dalam keadaan gelap resistansi *LDR* sekitar  $10\text{M}\Omega$  dan dalam keadaan terang sebesar  $1\text{K}\Omega$  atau kurang. *LDR* terbuat dari bahan semikonduktor seperti kadmium sul-fida. Dengan bahan ini energi dari cahaya yang jatuh menyebabkan lebih banyak muatan yang dilepas atau arus listrik meningkat. artinya resistansi bahan telah mengalami penurunan.



### **BAB III**

#### **METODE PENELITIAN**

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan metode eksperimental dan kemudian dianalisa.

#### **A. Waktu dan Tempat Penelitian**

Waktu : Juli 2017 hingga April 2018

Tempat : Universitas Muhammadiyah Makassar Menara Iqra lantai 3.3

Jalan Sultan Alauddin No.259 Makassar

#### **B. Peralatan dan Bahan**

##### 1. Peralatan

Beberapa peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

Multimeter digital	2 buah
Multimeter analog	2 buah
Tang Ampere AC Max 600 A	1 buah
Obeng	1 buah
Tang Kombinasi	1 buah
<i>Cutter</i>	1 buah
Gergaji	1 buah

Martil	1 buah
--------	--------

## 2. Bahan

Beberapa bahan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain :

Panel Surya 18,2 Volt 50 Wp	1 buah
<i>MCB</i> 4 Amper	1 buah
<i>MCB</i> 2 Amper	3 buah
<i>LDR</i>	2 buah
Relay	3 buah
Fitting lampu	5 buah
Saklar tunggal	2 buah
<i>Inverter</i> 12 Volt to 220 Volt 50 Watt	1 buah
Motor Induksi bekas 550 Watt	1 buah
Motor Induksi mesin cuci 75 Watt	1 buah
Bohlam 10 Watt	5 buah
Kabel NYAF 1,5 mm <sup>2</sup>	10 meter
Kabel NYM 2 x1,5 mm <sup>2</sup>	4 meter
Terminal <i>block</i> 12 slot	2 buah
Multiplex ukuran 97 x 120 cm	1 lembar

Sekrup

secukupnya

*Schoen* kabel

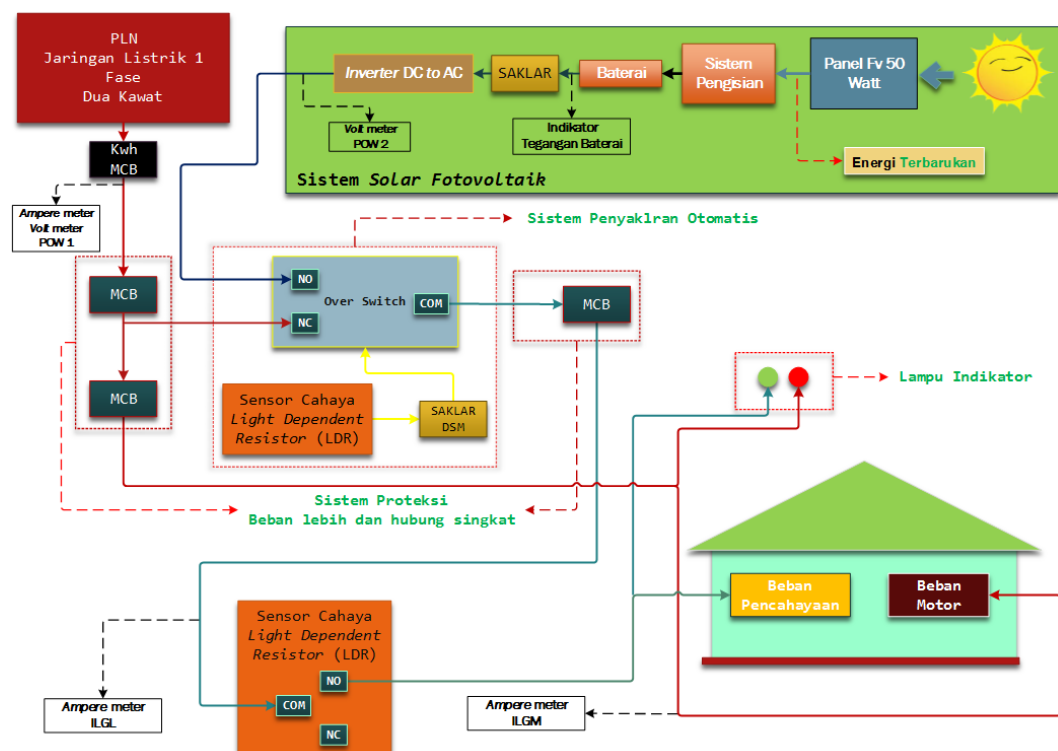
secukupnya

Isolasi bakar

secukupnya

### C. Skema Penelitian

Adapun garis besar dari rangkaian kelistrikan pada model yang digunakan dalam penelitian ini ditunjukkan pada Gambar 3.1 berikut.



Gambar 3.1. Diagram blok skema penelitian

Diagram balok yang disajikan di atas merupakan penggambaran dari model DSM, model ini dibuat agar dapat meminimalisir beban puncak yang terjadi pada saat menjelang petang hingga masuk tengah malam.

Beban pencahayaan pada model diatas akan di suplai oleh dua sumber dimana sumber yang pertama yaitu jaringan listrik PLN dan Jaringan listrik dari energi terbarukan berupa sel surya, berikut dengan sistem *Solar Fotovoltaik* dan sistem penyaklaran otomatis.

#### **D. Langkah – langkah penelitaian**

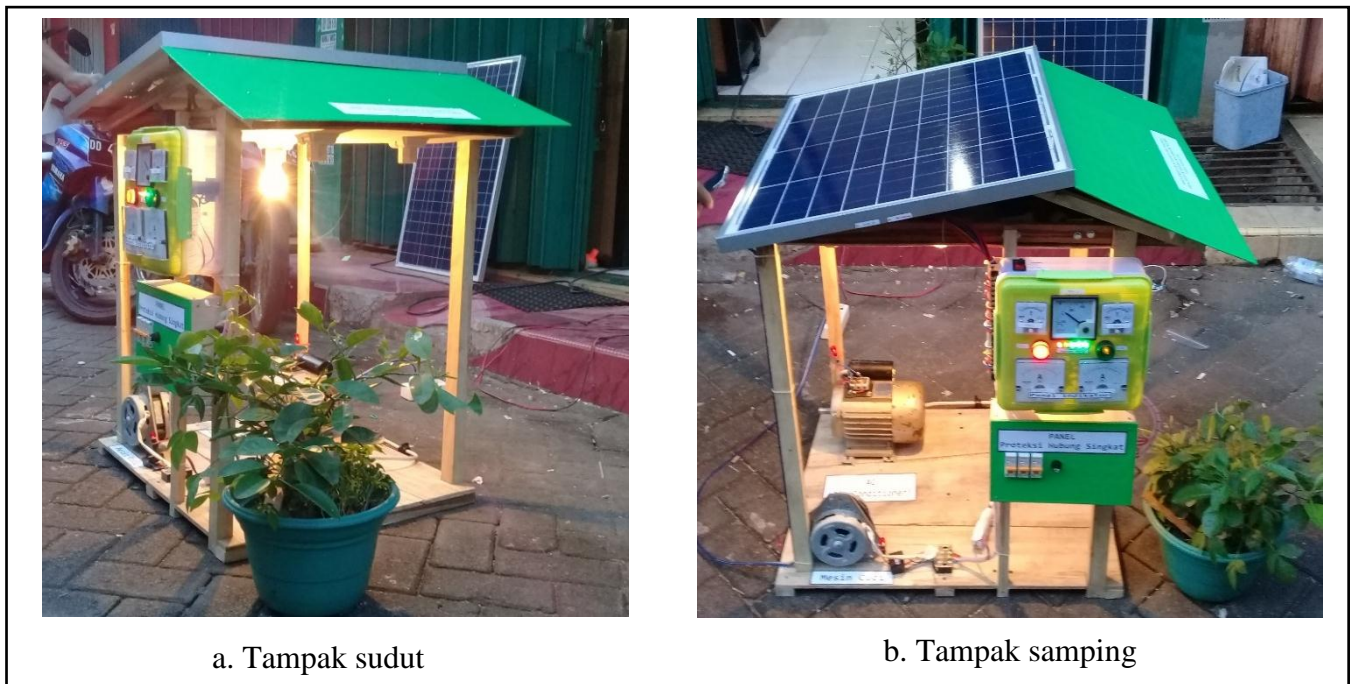
Secara garis besar langkah-langkah penelitian dimulai dengan pengumpulan literatur dan tahapan yang dilakukan dalam penelitian ini di tunjukkan sebagai berikut :

- Mengidentifikasi masalah
- Studi kepustakaan
- Pengumpulan data terkait dengan judul
- Perancangan dan pembuatan modul penelitian
- Penentuan sistem tanpa *DSM* selama 24 jam
- Penentuan sistem dengan *DSM* selama 24 jam
- Penentuan sistem performansi PLTS
- Uji peformansi keseluruhan alat
- Menyimpulkan hasil penelitian
- Penyusunan laporan

## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

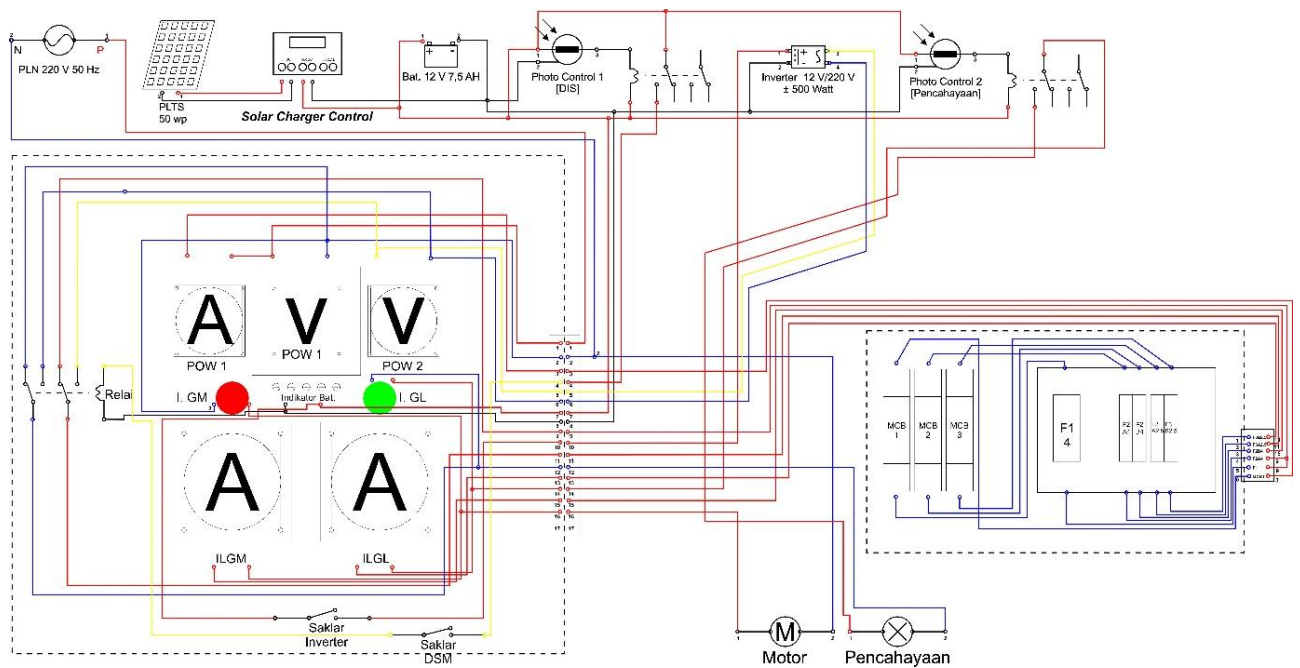
#### A. Desain Dan Realisasi *Demand-Side Management (DSM)* Terkendali Otomatis Disektor Residensial Berbasiskan Sumber *Energi Fotovoltanik*



Gambar 4.1. Realisasi sistem *Demand-Side Management (DSM)*

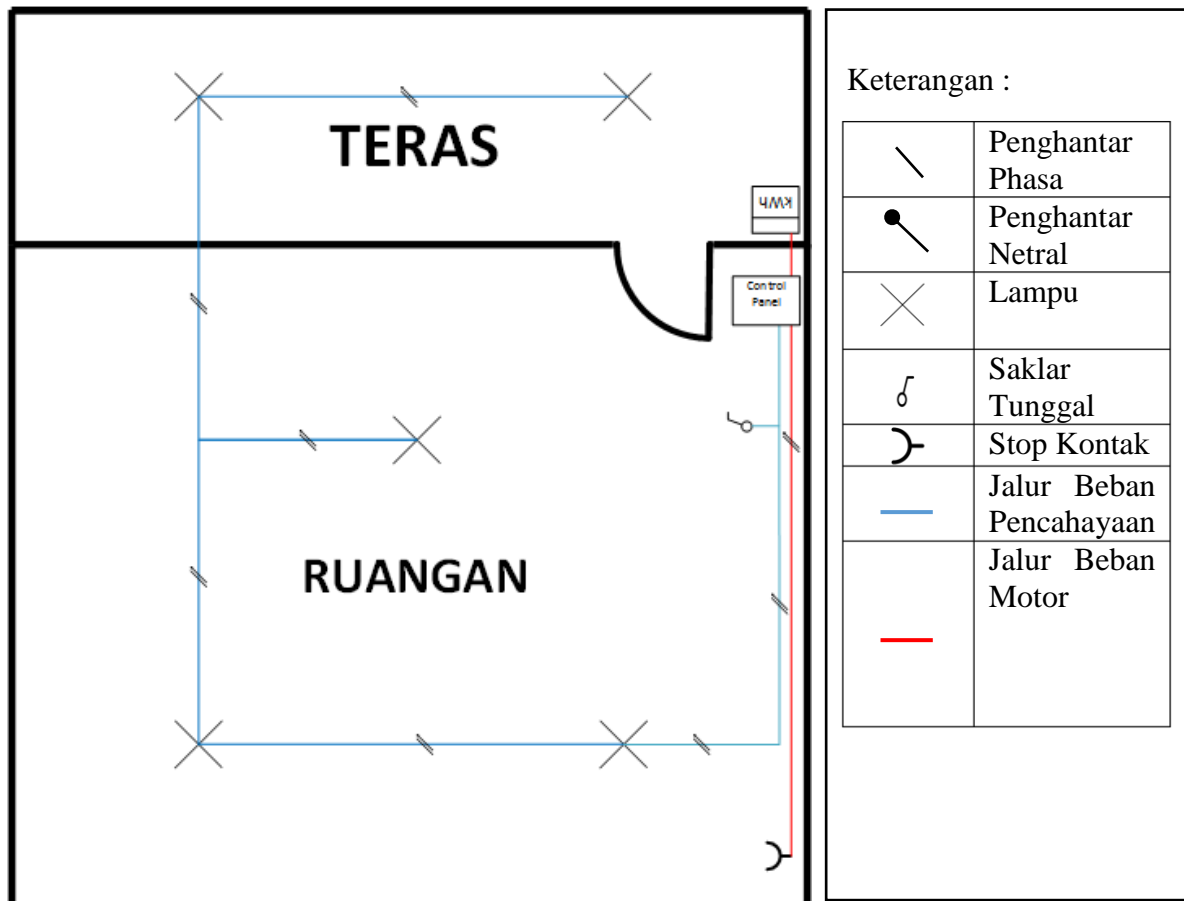
Gambar 4.1 menampilkan realisasi model sistem *DSM* di sektor *residensial* yang telah direalisasikan. Model *DSM* yang telah di realisasikan tersebut terdiri atas komponen utama, yaitu : Panel surya, *solar charger control*, panel indikator, *inverter*, baterai, kendali *DSM* dan sensor pencahayaan.

a. Disain Pengawatan Sistem *DSM*



Gambar 4.2. Desain Pengawatan Sistem *DSM* pada model

Gambar 4.2 menampilkan desain pengawatan sistem *DSM* yang menjelaskan tentang rangkaian sistem *DSM* yang mempunyai dua sumber yaitu, PLN dan PLTS (*fotovoltaik*). Pada sistem *DSM* ini, PLN sebagai sumber utama akan bekerja pada siang hari sedangkan PLTS *fotovoltaik* akan bekerja berdasarkan sensor yang diterima oleh *photo sensor*, ketika *photo sensor* tidak menerima cahaya atau pada kondisi malam hari, beban pencahayaan oleh PLN akan dialihkan ke sistem *DSM* tersebut.

b. Disain *single line* sistem *DSM*Gambar 4.3. Disain *single line* sistem *DSM*

Gambar 4.3 menampilkan desain *single line* sistem *DSM* atau biasa disebut diagram garis tunggal. Dalam diagram garis tunggal pada gambar 4.3 penghantar – penghantar yang sejenis digambar dengan satu garis dengan beberapa garis lintang kecil, terdapat juga 5 titik lampu, stop kontak (kotak kontak), saklar tunggal, box *control panel*, dan KWH. Perbedaan warna pada penghantar menandakan adanya 2 group beban, yaitu beban pencahayaan dan beban elektronik jenis motor.

c. Panel Surya



Gambar 4.4. Panel surya

Panel surya digunakan untuk menerima cahaya kemudian dikonversi menjadi energi listrik. Dalam sistem *DSM* kami menggunakan panel surya dengan daya maksimum 50 Wp dan tegangan output maksimum 18,2 V.

d. *Solar Charger Controller*



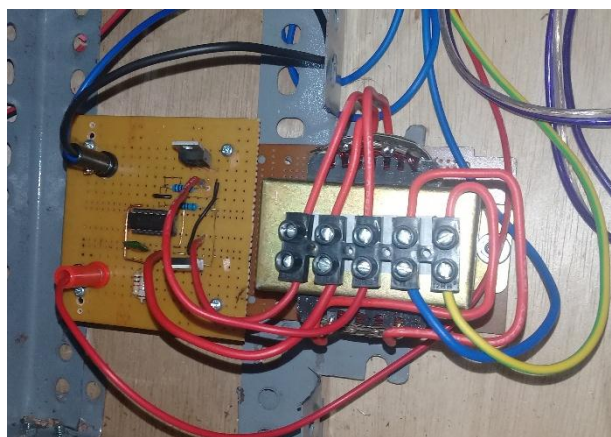


Gambar 4.5. *Solar charger controller*

*Solar charger controller* digunakan untuk mengatur arus searah yang diisi ke baterai dan diambil dari baterai ke beban. *Solar charge controller* mengatur *overcharging* (kelebihan pengisian - karena baterai sudah 'penuh') dan kelebihan voltase dari panel surya sistem *Demand-Side Management (DSM)*.

*Solar charger controller* yang digunakan bekerja pada rentang tegangan 12 V sampai 24 V dan arus kerja maksimum 10 A.

e. *Inverter*



Gambar 4.6. *Inverter*

*Inverter* digunakan untuk mengkonversikan tegangan searah (DC) ke tegangan bolak-balik (AC), *inverter* yang digunakan adalah *inverter* rakitan dengan tegangan input 12 V, arus 5 A, dan daya 50 Watt. Tegangan output inverter tanpa beban 224 V dan tegangan output dengan beban penuh berkurang menjadi 103 V.



## f. Baterai (Aki)



Gambar 4.7. Baterai (Aki)

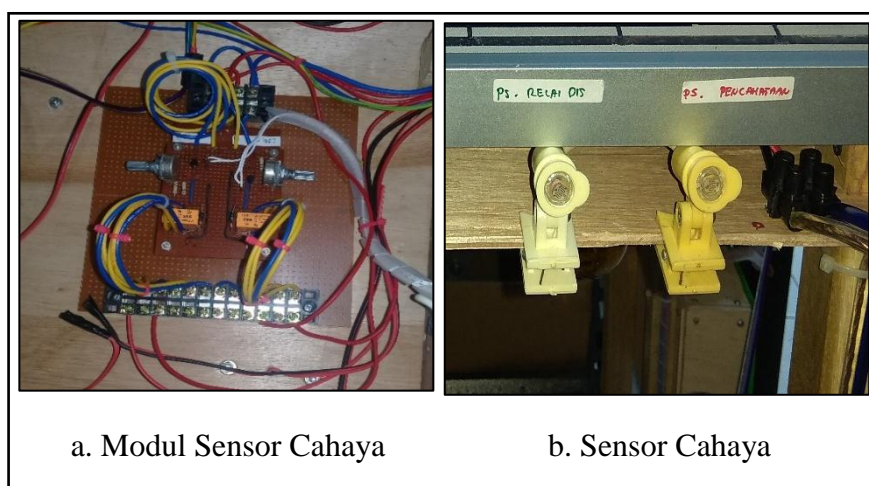
Baterai atau aki berfungsi untuk menyimpan energi listrik yang akan digunakan untuk mensuplai (menyediakan) listrik ke sistem *DSM*. Dalam sistem *DSM* kami menggunakan baterai/aki merek CMOS dengan spesifikasi tegangan baterai 12 V dan arus 7,5 Ah .

g. Panel Indikator dan Kendali *DSM*

Gambar 4.8. Model Kendali *DSM* dan Panel Indikator

Panel indikator berfungsi untuk mengetahui tegangan yang terdiri dari tegangan PLN, tegangan *inverter*, tegangan baterai, arus utama, arus beban motor, arus beban pencahayaan serta lampu indikator pencahayaan.

## h. Sensor Pencahayaan



Gambar 4.9. Sensor Pencahayaan

Sensor pencahayaan (*Photo sensor* pencahayaan) dan sensor *DSM* (*Photo sensor* relai *DIS*) berfungsi untuk mengatur (mengalihkan) arus secara otomatis dari PLN ke sistem *DSM* pada saat sensor *LDR* tidak menerima cahaya matahari atau dalam keadaan malam hari.



- i. Saklar Invert dan Saklar *DIS*

Gambar 4.10. Saklar *Inverter*

Saklar *Invert* berfungsi untuk memutuskan dan menghubungkan tegangan dan arus dari baterai ke *inverter*.



Gambar 4.11. Saklar Relai *DIS*

Saklar relai *DIS* berfungsi untuk mengalihkan sumber daya baterai ke sumber PLN secara manual apabila daya baterai berkurang. Proses tersebut dilakukan dengan cara mengubah posisi saklar dari “1” ke “0”.

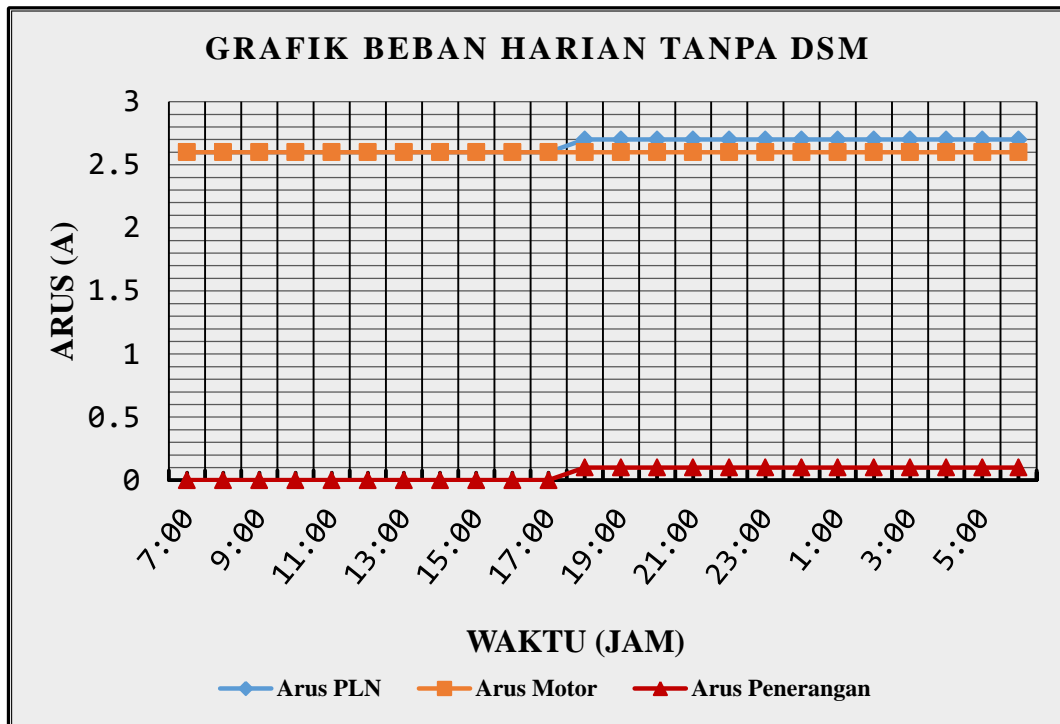
## B. Performa Model Sistem *Demand-Side Management (DSM)*

### a. Sistem Tanpa DSM Selama 24 Jam

Tabel 4.1. Arus PLN dan beban selama 1 hari dikondisikan Tanpa *DSM*

Waktu (JAM)	Arus PLN (A)	Arus Motor (A)	Arus Penerangan (A)
7:00:00	2,6	2,6	0
8:00:00	2,6	2,6	0
9:00:00	2,6	2,6	0
10:00:00	2,6	2,6	0
11:00:00	2,6	2,6	0
12:00:00	2,6	2,6	0
13:00:00	2,6	2,6	0
14:00:00	2,6	2,6	0
15:00:00	2,6	2,6	0
16:00:00	2,6	2,6	0
17:00:00	2,6	2,6	0
18:00:00	2,7	2,6	0,1
19:00:00	2,7	2,6	0,1
20:00:00	2,7	2,6	0,1
21:00:00	2,7	2,6	0,1
22:00:00	2,7	2,6	0,1
23:00:00	2,7	2,6	0,1
0:00:00	2,7	2,6	0,1
1:00:00	2,7	2,6	0,1
2:00:00	2,7	2,6	0,1
3:00:00	2,7	2,6	0,1
4:00:00	2,7	2,6	0,1
5:00:00	2,7	2,6	0,1
6:00:00	2,7	2,6	0,1

Tabel 4.1 menampilkan arus-arus yang ditarik oleh beban residensial selama 24 jam tanpa sistem *DSM*. Pengukuran arus dilakukan terhadap tiga jalur, yaitu: jalur arus total yang di suplai oleh PLN serta arus-arus untuk kedua



kelompok beban yaitu arus grup beban motor-motor dan arus grup penerangan.

Gambar 4.12. Grafik Beban Harian Tanpa *DSM*

Terlihat di Tabel 4.1 dan gambar 4.11, bahwa pada saat siang hari, arus yang ditarik dari PLN bernilai sama dengan arus grup beban motor sebesar 2,6 A karena pada saat itu, arus grup penerangan sama dengan nol (lampu- lampu padam).

Akan tetapi, ketika siang hari berubah menjadi malam, yang artinya beban-beban penerangan mulai beroperasi, menyebabkan arus yang ditarik dari

PLN membesar/melonjak menjadi 2,7 A, akibat dari tarikan arus grup penerangan sebesar 0,1 A.

Oleh karena itu, pada sistem tanpa *DSM* pergantian siang menjadi malam menyebabkan permintaan daya listrik ke sistem PLN akan meningkat.

b. Sistem Dengan *DSM* Selama 24 Jam

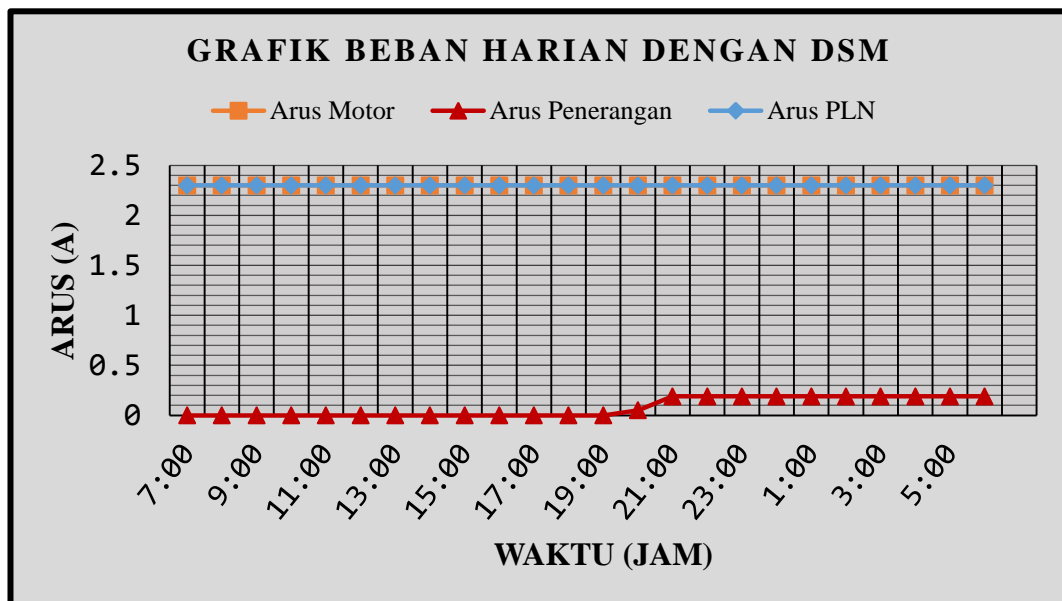
Tabel 4.2. Arus PLN dan beban selama 1 hari dikondisikan dengan *DSM*

Waktu (Jam)	Arus PLN (A)	Arus Motor (A)	Arus Penerangan (A)
7:00:00	2,3	2,3	0
8:00:00	2,3	2,3	0
9:00:00	2,3	2,3	0
10:00:00	2,3	2,3	0
11:00:00	2,3	2,3	0
12:00:00	2,3	2,3	0
13:00:00	2,3	2,3	0
14:00:00	2,3	2,3	0
15:00:00	2,3	2,3	0
16:00:00	2,3	2,3	0
17:00:00	2,3	2,3	0
18:00:00	2,3	2,3	0
19:00:00	2,3	2,3	0
20:00:00	2,3	2,3	0,05
21:00:00	2,3	2,3	0,19
22:00:00	2,3	2,3	0,19
23:00:00	2,3	2,3	0,19
0:00:00	2,3	2,3	0,19
1:00:00	2,3	2,3	0,19
2:00:00	2,3	2,3	0,19
3:00:00	2,3	2,3	0,19
4:00:00	2,3	2,3	0,19
5:00:00	2,3	2,3	0,19
6:00:00	2,3	2,3	0,19



Tabel 4.2 menampilkan pengukuran arus-arus beban residensial dengan menggunakan *DSM* dilakukan selama 24 Jam, Pengukuran dilakukan terhadap tiga jalur yaitu, arus total yang di suplai oleh PLN, serta arus-arus beban grup yang terdiri dari arus grup beban motor-motor, dan arus grup beban penerangan.

Dari tabel diatas dapat dilihat adanya perubahan yang terjadi pada arus penerangan yang awalnya 0 A menjadi 0,05 A sampai 0,19 A, dimana perubahan tersebut terjadi pada waktu malam hari.



Gambar 4.13. Grafik Beban Harian Dengan *DSM*

Grafik pada Gambar 4.12 memperlihatkan performa model sistem dengan menggunakan sistem *DSM* selama 24 jam, yang mana pengukuran dimulai dari pukul 7:00 sampai dengan pukul 6:00 dan pola beban penerangan mengalami

lonjakan arus yang awalnya 0 A menjadi 0,5 A dan konstan pada level 0,19 A pada waktu malam hari.

Pola arus pada Gambar 4.9 terbagi menjadi 3 jalur yaitu jalur arus total yang disuplai oleh PLN serta arus-arus grup yang terdiri dari arus grup beban motor-motor, dan arus grup beban penerangan. Beban motor bekerja sepanjang waktu, sedangkan beban pencahayaan hanya bekerja pada waktu malam hari hingga fajar, dan arus total merupakan penjumlahan dari arus motor dan arus lampu.

Beban Motor bekerja sepanjang waktu dengan arus beban sebesar 2,3 A, sedangkan Beban penerangan bekerja pada pukul 18:00 hingga fajar dengan arus beban penerangan sebesar 0,19 A, dan Arus total berada pada 2,3 A. Pengukuran yang dilakukan dengan menggunakan sistem *DSM*, beban penerangan tidak akan mempengaruhi arus total dikarenakan dalam pengukuran ini digunakan strategi *Peak Clipping* Lampu, sumber energi yang dibutuhkan untuk menyalakan lampu yang awalnya dari PLN dialihkan ke sumber energi terbarukan yang lebih ramah lingkungan yaitu energi PLTS (*fotovoltaik*).

### C. Performansi PLTS

Tabel 4.3. Pengukuran Arus dan Tegangan Pengisian Baterai

Waktu (Jam)	Tegangan (V)	Arus (A)
9:00:00	13,72	0,09
10:00:00	13,77	0,11
11:00:00	13,74	0,10
12:00:00	13,75	0,11
13:00:00	13,75	0,10
14:00:00	13,75	0,11

15:00:00	13,75	0,10
16:00:00	13,75	0,10

Berdasarkan Tabel 4.3 waktu dimulainya pengisian baterai pada pukul 09:00 dengan tegangan pengisian 13,72 V dan arus pengisian sebesar 0,09 A, sampai pada pukul 16:00 dengan tegangan pengisian 13,75 V dan arus pengisian sebesar 0,10 A.



Gambar 4.14. Grafik Pengukuran Arus dan Tegangan Pengisian Baterai

Grafik pada Gambar 4.10 merupakan grafik pengukuran tegangan dan arus pengisian baterai, pengisian dilakukan pada pukul 09:00 sampai dengan Pukul 16:00, dan dengan rentang waktu pengisian selama 8 jam tersebut tegangan dan arus baterai konstan dikarenakan cuaca pada saat pengisian sangat cerah.

Pengukuran yang dilakukan pada pengisian baterai terbagi menjadi dua yaitu pengukuran tegangan dan pengukuran arus, pengambilan data dilakukan

setiap 1 jam sekali dengan cara mengamati langsung terhadap alat ukur yang digunakan.

Secara geografis, Indonesia merupakan negara yang terletak di daerah ekuator tepatnya berada pada  $11^{\circ}$  LS- $6^{\circ}$  LU dan  $95^{\circ}$  BT- $141^{\circ}$  BB. Indonesia yang memiliki iklim tropis yang hanya mempunyai 2 musim sepanjang tahunnya yaitu musim kering (kemarau) dan musim basah (hujan). Letak geografis Indonesia adalah salah satu daerah yang memiliki nilai surplus sinar matahari karena mendapat sinar matahari sepanjang tahun (Muhammad Fadhil Firdaus, 2017), Sehingga selama pengukuran berlangsung, pola tegangan dan arus pengisian tidak banyak mengalami perubahan yang signifikan.

## BAB V

### PENUTUP

#### A. Kesimpulan

a. Desain dan Realisasi Model *Demand-Side Management (DSM)* Terkendali Otomatis Di Sektor *Residensial* Berbasis Sumber *Energi Fotovoltaik* telah berhasil diwujudkan. Model tersebut terdiri atas komponen-komponen utama berupa panel PLTS 18,2 V dengan daya 50 Wp, Baterai 12 V 7,5 Ah sebagai media penyimpan, *Inverter* 12 V ke 220 V rakitan dengan daya 50 Watt, model rumah berikut instalasi listriknya, panel indikator, dan indikator level tegangan baterai.

b. Performa Model Sistem *Demand-Side Management (DSM)*

- Sistem Tanpa *DSM* Selama 24 Jam

Setelah dilakukan uji performa model dengan sistem tanpa *DSM* dapat disimpulkan bahwa terjadi peningkatan arus total (arus PLN) dari 2,6 A meningkat menjadi sebesar 2,7 A yang diakibatkan oleh beban lampu yang aktif pada pukul 18:00 hingga pukul 06:00 pagi, dan setelah pukul 06:00 pagi Arus total kembali normal.

- Sistem Dengan *DSM* Selama 24 Jam

Setelah dilakukan uji performa model dengan menggunakan sistem dengan *DSM*, arus total yang seharusnya meningkat pada pukul 18:00 sebesar 2,35 A, tidak mengalami peningkatan dikarenakan beban lampu dengan arus sebesar 0,05 A telah dialihkan dan disuplai oleh energi yang bersumber dari PLTS.



c. Performansi PLTS

Dari hasil pengukuran tegangan dan arus pengisian, baterai dapat terisi dengan tegangan maksimal sebesar 13,75 V dengan arus maksimal sebesar 0,11 A pada kondisi penyinaran matahari yang sangat baik, dan tidak banyak mengalami perubahan.

**B. Saran**

- a. Diharapkan kedepannya model ini dapat dikembangkan dan diterapkan di rumah – rumah warga.
- b. Semoga model ini dapat menjadi solusi energi cadangan yang dapat membantu masyarakat.
- c. Diharapkan skirpsi ini dijadikan oleh mahasiswa sebagai bahan penelitian lanjutan dikarenakan penelitian ini masih dalam bentuk model perlu pengembangan lebih lanjut.

## DAFTAR PUSTAKA

- ADB. 2005. *Summary Of Indonesia Energy Sector Assessment*. Manila
- Gellings & Smith 1989. *Integrating Deman-Side Management into Utility Planning. Proceedings Of The IEEE*. VOL.77, No.6. 1989.
- Kadir, A., 1982. Energi “Sumber Daya, Inovasi, Tenaga Listrik Dan Potensi Ekenonomi”, UNIVERSITAS INDONESIA, Jakarta 1995.
- Kho, Dickson 2017. Pengertian Relai dan Fungsinya. <http://teknikelektronika.com/pengertian-relay-fungsi-relay.html> (24 November 2017).
- Mysiakowski, Arkadiusz 2017. *Energy Conservation And Demand Side Management*.  
[http://www.i15.p.lodz.pl/strony/EIC/ec/definition\\_of\\_energy\\_conservation.html](http://www.i15.p.lodz.pl/strony/EIC/ec/definition_of_energy_conservation.html) (2 Desember 2017).
- Stathopoulos, Marinos,. Dimitrios Zalfirkis Kosmas Kavadias & John K. Kaldellis. 2013. *The role of residential load-management in the support of RES-based power generation in remote electricity grids. 8th Internasional Renewable Energi Storage Conference and Exhibition, IRES 2013*, Halaman 281-286.
- Tooly, Mike., 2005. “Rangkaian Elektronik Prinsip dan Aplikasi Edisi Kedua”, Erlangga, Jakarta.



**LAMPIRAN****DAFTAR GAMBAR**

a. Tampak sudut



b. Tampak samping

Lampiran 1 Foto Simulasi Model DSM

## BIOGRAFI PENULIS



Rian zulfikar andiyono panggilan Rian lahir di Karetan (Kab. Luwu) pada tanggal 25 September 1994 dari pasangan Bapak Udding Sipa dan Ibu Budawang. Peneliti adalah anak Pertama dari 5 bersaudara. Peneliti sekarang bertempat tinggal di JL. Talasalang 3 No.32 kelurahan karundrung

kecamatan Rappocini Makassar.

Pendidikan yang telah ditempuh oleh peneliti yaitu TK Tunas Harapan lulus tahun 2000, SDN 087 Katokoan lulus tahun 2006, SMPN 4 Masamba lulus tahun 2009, SMK Negri 1 Masamba lulus tahun 2012, dan mulai tahun 2013 mengikuti program S1 Teknik Elektro di UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR sampai dengan sekarang. Sampai dengan penulis skripsi ini peneliti masih terdaftar sebagai Mahasiswi program S1 Teknik Elektro UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR.

## BIOGRAFI PENULIS



Saadillah Mursyid panggilan Saad lahir di Maros pada tanggal 10 Juli 1994 dari pasangan Bapak Muh. Idris dan Ibu Sitti Khadijah. Peneliti adalah anak Kedua dari 4 bersaudara. Peneliti sekarang bertempat tinggal di JL. Pattene Dusun Kaemba jaya Desa Pabentengang Kec. Marusu, Kab. Maros.

Pendidikan yang telah ditempuh oleh peneliti yaitu TK Aisyiah Bustanul Athfal lulus tahun 2000, SDN INPRES 29 Kaemba lulus tahun 2006, SMPN 3 Maros lulus tahun 2009, SMK Darussalam Makassar lulus tahun 2012, dan mulai tahun 2013 mengikuti program S1 Teknik Elektro di UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR sampai dengan sekarang. Sampai dengan penulis skripsi ini peneliti masih terdaftar sebagai Mahasiswi program S1 Teknik Elektro UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR.