

TUGAS AKHIR

ANALISA PERBANDINGAN EFISIENSI PANEL SURYA MENGUNAKAN CONTROLLER MPPT DENGAN CONTROLLER SHARP MODEL S7-850B UNTUK MENYUPLAI RAINFALL GAUGE PADA PT. INALUM (PARITOHAN)

*Diajukan Untuk Memenuhi Tugas-Tugas Dan Syarat-Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik (ST)*

Disusun Oleh:

ONI PRIYONO
NPM : 1407220042



UMSU
Unggul | Cerdas | Terpercaya

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATRA UTARA
MEDAN
2019**

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : Oni Priyono

NPM : 1407220042

Program Studi : Teknik Elektro

Judul skripsi : Analisa perbandingan Efisiensi panel Surya Menggunakan Controller MPPT Dengan Controller SHARP Model S7 – 850B Untuk Menyuplai RAINFALL GAUGE Pada PT. INALUM (paritohan)

Telah berhasil dipertahankan di hadapan tim penguji dan diterima sebagai salah satu syarat yang diperlukan untuk memperoleh gelar sarjana teknik pada program studi teknik elektro, fakultas teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, 20 maret 2019

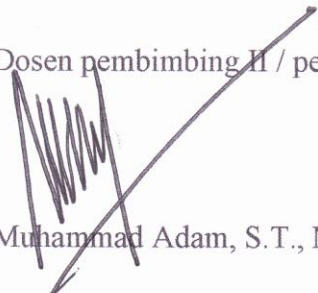
Mengetahui dan menyetujui

Dosen pembimbing I / Penguji



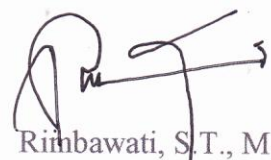
Partaonan Harahap, S.T.,MT

Dosen pembimbing II / penguji



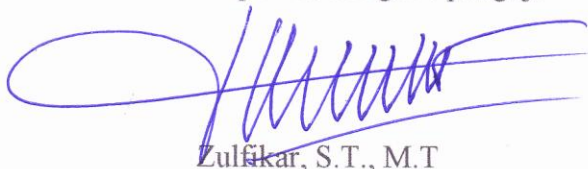
Muhammad Adam, S.T., M.T

Dosen pembanding I / penguji



Rimbawati, S.T., M.T

Dosen pembanding II / penguji



Zulfikar, S.T., M.T

Program Studi Teknik Elektro



Faisal Irsan Nasarib, S.T., M.T

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Lengkap : Oni Priyono
Tempat /Tanggal Lahir : Gunung Bandung / 26 Desember 1995
NPM : 1407220042
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Elektro

Menyatakan dengan sesungguhnya dan sejujurnya, bahwa laporan Tugas Akhir saya yang berjudul:

“ ANALISA PERBANDINGAN EFISIENSI PANEL SURYA MENGGUNAKAN CONTROLLER MPPT DENGAN CONTROLLER SHARP MODEL S7-850B UNTUK MENYUPLAI RAINFALL GAUGE PADA PT. INALUM (PARITOHAN) ”

Bukan merupakan plagiarisme, pencurian hasil karya milik orang lain, hasil kerja orang lain untuk kepentingan saya karena hubungan material dan non-material, ataupun segala kemungkinan lain, yang pada hakekatnya bukan merupakan karya tulis Tugas Akhir saya secara orisinal dan otentik.

Bila kemudian hari diduga kuat ada ketidaksesuaian antara fakta dengan kenyataan ini, saya bersedia diproses oleh Tim Fakultas yang dibentuk untuk melakukan verifikasi, dengan sanksi terberat berupa pembatalan kelulusan/kesarjanaan saya.

Demikian Surat Pernyataan ini saya buat dengan kesadaran sendiri dan tidak atas tekanan ataupun paksaan dari pihak manapun demi menegakkan integritas akademik di Program Studi Teknik Sipil/Mesin/Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, 20 Maret 2019



Saya yang menyatakan,

Oni Priyono

ABSTRAK

Di daerah terpencil atau dipengaruhi kondisi geografis pegunungan yang tidak mempunyai sumber pembangkit listrik maka sumber energi matahari menjadi alternatif dengan merubah energi radiasi matahari menjadi energi listrik untuk menyuplai listrik pada perangkat *rainfall gauge* milik PT. Inalum (Paritohan), namun baterai yang digunakan untuk menyimpan energi listrik cepat rusak, kondisi ini mungkin disebabkan kurang efisiennya charger controller yang digunakan perusahaan tersebut.

Pada penelitian ini mencoba untuk mencari solusi terbaik dengan mengambil data lalu membandingkan *charger controller Sharp model S7-850B* milik PT. Inalum (Paritohan) dengan *charger controller MPPT (Maximum Power Point Tracking)* yang merupakan teknologi metode terbaru sekarang.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa teknologi MPPT dapat menambah efisiensi daya panel surya $\pm 10-30\%$ dan charger controller MPPT mampu memproteksi baterai dari tegangan berlebih maupun drop tegangan sehingga baterai yang digunakan lebih awet jadi akan mengurangi resiko kerusakan baterai. Lama waktu baterai menyuplai listrik juga bertambah ± 1 jam.

Kata Kunci: Solar Panel, *Maximum Power Point Tracking*

KATA PENGANTAR



Assalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatu

Puji syukur kehadiran ALLAH SWT atas rahmat dan karunianya yang telah menjadikan kita sebagai manusia yang beriman dan insya ALLAH berguna bagi semesta alam. Shalawat berangkaikan salam kita panjatkan kepada junjungan kita Nabi besar Muhammad SAW yang mana beliau adalah suritauladan bagi kita semua dan telah membawa kita dari zaman kebodohan menuju zaman yang penuh dengan ilmu pengetahuan.

Tulisan ini dibuat sebagai tugas akhir untuk memenuhi syarat dalam meraih gelar sarjana pada Fakultas Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Sumatra Utara. Adapun judul tugas akhir ini adalah **“Analisa Efisiensi Panel Surya Menggunakan Charger Controller MPPT Untuk Menyuplai Rainfall Gauge Pada PT. Inalum (Paritohan)”**.

Selesainya penulisan tugas akhir ini tidak terlepas dari bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, oleh karena itu penulis menyampaikan rasa terimakasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Teristimewa ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada yang tersayang Ayahanda Sudiran dan Ibunda Susiah yang telah memberikan semangat dan doa yang tak pernah putus kepada penulis agar terselesaikan skripsi ini.

2. Untuk yang tersayang kakak-kakak dan adik tercinta, Lisdayanti, Dessy, Anggi, Lisa, Ferdi yang selalu memberikan doa, motivasi, dan dukungan kepada penulis.
3. Bapak Munawar AlFansury Siregar, ST.MT Selaku Dekan Fakultas Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Sumatra Utara.
4. Bapak Faisal Irsan Pasaribu, ST.MT Selaku Ketua Prodi Studi Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Sumatra Utara.
5. Bapak Partaonan Harahap, ST.MT Selaku Sekretaris Prodi Teknik Elektro sekaligus Dosen Pembimbing I
6. Bapak Muhammad Adam, ST.MT Selaku Dosen Pembimbing II
7. Bapak dan Ibu Dosen di Fakultas Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Sumatra Utara.
8. Karyawan Biro Fakultas Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Sumatra Utara.
9. Tersayang Lisma Devy yang telah memberikan doa, semangat dan motivasi kepada penulis agar selesai skripsi ini.
10. Rekan - rekan seperjuangan serta sahabat Fakultas Teknik, khususnya Program Studi Teknik Elektro angkatan 2014 yang banyak memberikan bantuan dan juga motivasi dalam menyelesaikan skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa tulisan ini masih jauh dari kata sempurna, hal ini disebabkan keterbatasan kemampuan penulis, oleh karena itu penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang membangun dari segenap pihak.

Akhir kata penulis mengharapkan semoga tulisan ini dapat menambah dan memperkaya lembar khazanah pengetahuan bagi para pembaca sekalian dan khususnya bagi penulis sendiri. Sebelum dan sesudahnya penulis mengucapkan terimakasih

Wassalamualaikum wr.wb.

Medan, 04 Januari 2019
Penulis

(ONI PRIYONO)
1407220042

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	ii
LEMBAR PERNYATAN KEASLIAN SKRIPSI	iii
ABSTRAK	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xii

BAB 1 PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang Penelitian	1
1.2. Rumusan masalah	2
1.3. Tujuan Penelitian	2
1.4. Batasan Masalah	2
1.5. Manfaat Penelitian	3
1.6. Metode Penelitian	3
1.6.1. Studi literatur	4
1.6.2. Pengambilan Data Riset	4
1.6.3. Pengelolaan Data dan Analisa	4
1.6.4. Bimbingan	5
1.7. Sistematika Penulisan	5

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Tinjau Pustaka Relevan	7
2.2. Radiasi Surya	10
2.3. Cahaya	11
2.3.1. Sifat – Sifat Cahaya	11
2.3.2. Intensitas Cahaya	16
2.4. Panel Surya / <i>Photovoltaic (PV)</i>	17
2.5. Sistem Panel Surya	17

2.6.	Prinsip Kerja Panel Surya	19
2.7.	Struktur Panel Surya	21
2.7.1.	Pengertian <i>Watt Peak (WP)</i>	23
2.7.2.	Jenis-Jenis Panel Surya	24
2.8.	<i>Maximum Power Point Tracking (MPPT)</i>	27
2.8.1.	<i>Fuzzy Logic Control</i>	29
2.8.2.	<i>Incremental Conductance</i>	30
2.8.3.	<i>Perturbation & Observation (P&O)</i>	31
2.9.	Sinyal <i>Pulse Width Modulation (PWM)</i>	32
2.10.	Parameter Kualitas Sistem MPPT	32
2.11.	Baterai (<i>Accumulator</i>)	33
2.11.1.	Pengertian <i>Ampere Hour (AH)</i>	34
2.12.	Rainfall Gauge	35

BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN

3.1	Waktu & Tempat Penelitian.....	36
3.2	Alat dan Bahan Penelitian	36
3.3	Gambar Rangkaian	37
3.4	Metode Penelitian	38
3.5	Diagram Alir	49

BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1	Data Penelitian Menggunakan <i>Charger Controller MPPT</i>	40
4.2	Grafik Hasil Penelitian <i>MPPT</i>	41
4.3	Data Hasil Penelitian <i>Charger Controller Sharp</i> model S7- 850B (<i>Conventional</i>).....	42
4.4	Grafik Hasil Penelitian <i>Sharp</i> model S7-850B (<i>Conventional</i>) ...	43
4.5	Grafik Perbandingan <i>Controller MPPT</i> dengan <i>Sharp</i> - model S7-850B.....	44
4.6	Pembahasan	45

BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan46

5.2 Saran47

DAFTAR PUSTAKA

LEMBAR ASISTENSI

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Karakteristik Utama Metode-metode <i>MPPT</i>	28
Tabel 2.2 <i>Algoritma P & O</i>	31
Tabel 3.1 Daftar Peralatan	36
Tabel 4.1 Data Hasil Pengujian <i>Solar Charger Controller MPPT</i>	40
Tabel 4.2 Data Hasil Pengujian <i>Solar Charger Controller Sharp Model S7- 850B</i>	42
Tabel 4.3 Data Tegangan Baterai	45

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Skema sederhana komponen suatu sel surya yang berdiri sendiri	18
Gambar 2.2 Sistem sel surya terinterkoneksi dengan jaringan PLN	18
Gambar 2.3 Panel atau modul surya	21
Gambar 2.4 Panel Surya <i>Monocrystalline</i>	24
Gambar 2.5 Panel Surya <i>Polycrystalline</i>	26
Gambar 2.6 <i>MPPT (Maximum Power Point Tracking)</i>	28
Gambar 2.7 Diagram <i>Blok Fuzzy Logic Control</i>	30
Gambar 2.8 Baterai / AKI	34
Gambar 2.9 <i>Rainfall Gauge</i>	35
Gambar 3.1 Gambar Rangkaian Menggunakan <i>MPPT (Maximum Power - Point Tracking)</i>	37
Gambar 3.2 Gambar Rangkaian Menggunakan <i>Sharp model S7-850B</i>	37
Gambar 3.3 Flowchart Penyusun Tugas Akhir	39
Gambar 4.1 Grafik Daya menggunakan <i>Charger Controller MPPT</i>	41
Gambar 4.2 Grafik Daya menggunakan <i>Charger Controller Sharp Model S7-850B</i>	43
Gambar 4.3 Grafik Perbandingan Daya Output	44

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Penelitian

Listrik merupakan suatu kebutuhan yang sangat penting bagi umat manusia di zaman sekarang. Apalagi dengan seiring berkembangnya teknologi maka semakin banyak pula kebutuhan sumber energi listrik, maka semakin banyak energi listrik yang harus dikeluarkan.

Sumber-sumber energi terbarukan banyak dikembangkan antara lain sumber energi tenaga surya yang merupakan salah satu sumber energi terbarukan yang sangat potensial dan ramah lingkungan. Sinar matahari dapat digunakan dan dikonversikan menjadi energi listrik melalui *sel photovoltaic* memiliki bahan silikon yang dapat menghasilkan arus listrik dan tegangan listrik jika di sinari sinar matahari. Kelebihan yang dimiliki oleh sumber energi tenaga surya adalah sinar matahari dapat diperoleh dengan mudah, gratis, dan dalam jumlah yang banyak setiap hari.

Di daerah terpencil atau dipengaruhi kondisi geografis pegunungan yang tidak mempunyai sumber pembangkit listrik maka dapat memanfaatkan sumber pembangkit listrik tenaga surya untuk memenuhi kebutuhan energi listrik.

Penulis mengamati, baterai yang digunakan sebagai cadangan listrik untuk menyuplai perangkat *rainfall gauge* tersebut cepat rusak, kondisi ini kemungkinan disebabkan kurang efisiennya *charger controller* dan tidak adanya proteksi tegangan berlebih maupun batas tegangan rendah agar baterai tidak terkuras habis sehingga dapat memperpanjang umur baterai.

1.2 Rumusan Masalah

Dari uraian diatas dapat diketahui permasalahan yang perlu dikaji lebih lanjut, yaitu:

1. Bagaimana perbedaan efisiensi daya output panel surya menggunakan charger controller MPPT (*Maximum Power Point Tracking*) dibanding dengan *charger controller Sharp* model *S7-850B* milik PT. Inalum (Paritohan).
2. Adakah pengaruh pada baterai jika menggunakan charger controller MPPT (*Maximum Power Point Tracking*) dibanding dengan *charger controller Sharp* model *S7-850B* milik PT. Inalum (Paritohan).

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan yang dapat diambil dari penulisan Tugas Akhir ini yaitu :

1. Menganalisa data hasil penelitian menggunakan *charger controller MPPT (Maximum Power Point Tracking)* dengan *charger controller Sharp* model *S7-850B*.
2. Mendeskripsikan pengaruh pada baterai yang menggunakan *charger controller MPPT (Maximum Power Point Tracking)* dan *charger controller Sharp* model *S7-850B* milik PT. Inalum (Paritohan).

1.4 Batasan Masalah

Adapun beberapa batasan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Parameter yang diamati pada penelitian ini adalah penambahan efisiensi daya panel surya serta sistem proteksinya.

2. Penulis hanya membandingkan *charger controller* MPPT (*Maximum Power Point Tracking*) dengan *controller Sharp* model *S7-850B* milik PT.Inalum (Paritohan).
3. Sistem *tracking* yang digunakan bukan untuk mengubah posisi panel surya terhadap posisi matahari.

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang dapat diambil dari penulisan Tugas Akhir ini adalah:

1. Bagi PT. Inalum (Paritohan), dapat mengaplikasikan *charger controller MPPT (Maximum Power Point Tracking)* pada perangkat *Rainfall gauge* milik perusahaan tersebut.
2. Bagi Mahasiswa, dapat mengetahui bagaimana prinsip kerja *charger controller MPPT (Maximum Power Point Tracking)*.
3. Bagi Universitas, dapat dijadikan sebagai referensi untuk mengetahui kajian mengenai efisiensi menggunakan *charger controller MPPT (Maximum Power Point Tracking)* pada kondisi cuaca yang bervariasi untuk pengembangan energi terbarukan di daerah terpencil.

1.6 Metode Penelitian

Dalam penulisan penelitian ini penulis melakukan penelitian terhadap sistem yang diterapkan. Adapun langkah-langkah penelitian adalah sebagai berikut :

1.6.1 Studi Literatur

Studi literatur yaitu metode yang digunakan dalam perancangan Alat ini menggunakan kajian pustaka agar mendapat tingkat keakuratan data yang baik dan menjadi pertimbangan tersendiri dalam diri penulis. Kajian pustaka sebagai landasan dalam melakukan sebuah penulisan, diperlukan teori penunjang yang memadai, baik mengenai ilmu dasar, metode penelitian, teknik analisis, maupun teknik penulisan. Teori penunjang ini dapat diperoleh dari buku pegangan, jurnal ilmiah baik nasional maupun internasional, serta media online. Serta meliputi peninjauan lokasi untuk mengetahui teori–teori dasar dan sebagai sarana pendukung dalam menganalisis permasalahan yang ada. Teori ditekankan pada efisiensi penggunaan *charger controller MPPT (Maximum Power Point Tracking)*.

1.6.2 Pengambilan Data Riset

Meliputi pengambilan data dilapangan akan daya listrik yang terpakai saat beroperasi pada perangkat *Rainfall gauge* serta melakukan pengecekan, pengujian perangkat tersebut. Data yang diambil berupa tegangan, daya, arus dan performa alat. Pengambilan data dilakukan dengan cara pengukuran tegangan, arus berdasarkan waktu dan cuaca.

1.6.3 Pengelolaan Data dan Analisa

Melakukan perhitungan dan perbandingan data hasil riset dengan grafik perbandingan.

1.6.4 Bimbingan

Bimbingan merupakan komunikasi antara penulis terhadap dosen pembimbing guna untuk memperbaiki tulisan penulis bila ada kekurangan maupun kesalahan dalam penulisan.

1.7 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan skripsi ini dibagi menjadi lima bab, sesuai dengan sistematika/ketentuan dalam pembuatan skripsi, adapun pembagian bab-bab tersebut adalah :

BAB I : PENDAHULUAN

Pada bab ini akan mengawali penulisan dengan menguraikan latar belakang masalah, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, metodologi serta sistematika penulisan.

BAB II : TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini akan diuraikan mengenai teori-teori dasar yang diperlukan dalam tugas akhir ini.

BAB III : METODOLOGI PENELITIAN

Pada bab ini berisikan tempat dan data riset serta langkah – langkah pemecahan masalah yang akan di bahas, meliputi langkah – langkah pengumpulan data dan cara – cara pengolahan data.

BAB IV : ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

Disini penulis menguraikan hasil dan pembahasan berdasarkan judul serta dasar teori yang telah dibuat.

BAB V : PENUTUP

Pada bab terakhir ini berisi tentang kesimpulan dari pembahasan, pengujian dan analisis berdasarkan data hasil pengujian sistem. Untuk meningkatkan hasil akhir yang lebih baik diberikan saran-saran terhadap hasil pembuatan skripsi.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Pustaka Relevan

Pembangkit listrik tenaga surya adalah pembangkit listrik yang mengubah energi surya menjadi energi listrik. Pembangkitan energi listrik ini bisa dilakukan dengan dua cara, yaitu secara langsung menggunakan fotovoltaik dan secara tidak langsung dengan pemusatan energi surya. penggunaan PLTS ini juga dapat mengurangi ketergantungan penggunaan bahan bakar fosil yang semakin hari semakin menipis ketersediaannya, maka dari itu untuk mengurangi penggunaan bahan bakar fosil maka dibutuhkan terobosan energi baru terbarukan seperti PLTS ini. Penggunaan PLTS ini sebagai suplai listrik ke rumah tangga juga sangat di butuhkan agar biaya yang di gunakan untuk pemakaian listrik juga dapat di minimalisirkan.

Beberapa penelitian tentang Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) yang dilakukan yaitu :

jurnal yang berjudul: “PLTS sebagai salah satu energi alternatif“, menganalisa PLTS sebagai sumber energi alternatif karena ramah lingkungan dan tidak menggunakan bahan bakar fosil, Hasil Penelitian menunjukkan bahwa tegangan pada PLTS distribusi selalu dinaikkan sampai dengan 5% (Soehardi, 2013). Hal ini dimaksudkan agar dapat mengantisipasi terjadinya drop tegangan pada saluran dengan rincian sebagai berikut : Maksimum 3% hilang pada saluran antara pembangkit (dalam hal ini PLTS distribusi) sampai dengan sambungan rumah, maksimum 1% hilang pada saluran antara

sambungan rumah sampai dengan Kwh meter, Dan maksimum 1% hilang pada saluran Kwh meter - panel pembagi - alat listrik terjauh . Semakin besar rugi daya dalam persen, berarti semakin besar kerugian energi yang terjadi.

Dalam jurnal yang berjudul: “pengujian sistem pembangkit listrik tenaga surya solar sell kapasitas 50WP”, pemanfaatan energi matahari sebagai energi alternatif pembangkit listrik merupakan suatu terobosan yang sangat luar biasa karena selain matahari sumber yang tidak akan habis, penggunaan energi ini juga tidak berdampak buruk bagi lingkungan, selain itu juga dapat mensejahterakan masyarakat disekitarnya mengingat letak Indonesia sebagai negara yang terletak di garis khatulistiwa yang sangat memungkinkan matahari terbit sepanjang tahunnya dan dapat menghasilkan energi sepanjang tahun pula (Heri, 2012).

Dalam jurnal yang berjudul: “pengaturan tegangan pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) 1000 watt”, energi listrik yang dihasilkan merupakan energi cahaya yang di konversikan oleh sel surya (Nakayama, 1994). Energi yang dihasilkan tersebut kemudian di simpan kedalam baterai kemudian ini juga perlu untuk di perhatikan agar tidak *overcharger* atau kelebihan pemakaian/*overdischarge* maka diperlukan alat berupa *charge controller* yang berperan mengatur pemakaian dan pengisian energi. Serta berfungsi sebagai alat proteksi.

Dalam jurnal yang berjudul: “perancangan dan realisasi kebutuhan kapasitas baterai untuk beban pompa air 125 watt menggunakan pembangkit listrik tenaga surya”: Sistem *photovoltaic* dengan memanfaatkan energi surya pada sistem pompa air sebagai penyuplai daya adalah salah satu contoh

proyek aplikatif pengembangan potensi daya elektrik menggunakan energi surya secara luas di Indonesia (M B Djaufani, 2015). Metoda penelitian ini menggunakan panel surya yang dibebani dengan pompa air pada keadaan cuaca cerah dan mendung. Dari hasil pengukuran dan analisis, didapatkan persentase jatuh tegangan dengan beban yang sama pada sistem fotovoltaik terbesar terjadi pada saat keadaan cuaca mendung sebesar 5,06% dan jatuh tegangan terkecil pada keadaan cuaca cerah sebesar 4,32%. Dari hasil pengukuran kapasitas baterai, arus yang terukur pada 10 menit pertama adalah 16,1 ampere, dan 10 menit ke enam sebesar 13,25 ampere, dibandingkan dengan hasil perhitungan sebesar 37,5 Ah. Sisa kapasitas baterai setelah pemakaian adalah 13,25 Ah. Efisiensi rata-rata inverter adalah 46,7835 %. Kebutuhan kapasitas baterai untuk beban pompa air 125 watt menggunakan pembangkit listrik tenaga surya sudah tepat.

Dalam jurnal yang berjudul: “pengaruh perubahan intensitas matahari terhadap daya keluaran panel surya” menganalisa tentang Sebuah Sel surya dalam menghasilkan energi listrik tidak tergantung pada besaran luas bidang Silikon akan tetapi intensitas matahari mempengaruhi besar daya, dimana bila intensitas rendah daya yang dihasilkan rendah sedang intensitas tinggi daya yang dihasilkan akan naik pula. Sel surya secara konstan akan menghasilkan energi berkisar ± 0.5 volt maksimum 600 mV pada 2A, dengan kekuatan radiasi solar matahari $1000 \text{ W/m}^2 = "1 \text{ Sun}"$ akan menghasilkan arus listrik (I) sekitar 30 mA/cm^2 per sel surya (Yuliananda, Sarya, & Hastijanti, 2015). Faktor lain yang mempengaruhi maksimal atau tidaknya sell surya bergantung pada temperatur sel, radiasi matahari, kecepatan angin, keadaan

atmosfer bumi, orientasi panel atau larik sel surya, dan posisi letak sell surya terhadap matahari.

2.2 Radiasi Surya

Radiasi matahari adalah radiasi, atau energi yang kita dapatkan dari matahari. Hal ini juga dikenal sebagai radiasi gelombang pendek. Radiasi matahari datang dalam berbagai bentuk, seperti cahaya yang terlihat, gelombang radio, panas (inframerah), sinar-x, dan sinar *ultraviolet*. Pengukuran untuk radiasi matahari akan lebih tinggi pada hari yang cerah dan biasanya rendah saat hari berawan. Saat matahari sedang terbenam, atau ada awan tebal menghalangi matahari, radiasi matahari diukur pada nol.

Jumlah energi yang dikeluarkan oleh matahari dalam jumlah konstan. Radiasi matahari yang masuk dikenal sebagai insolasi. Jumlah energi matahari yang mencapai bumi adalah 70%. Permukaan bumi menyerap 51% dari insolasi. Uap dan debu air sebesar 16% dari energi yang diserap. 3% lainnya diserap oleh awan. Dari 30% yang dipantulkan kembali ke angkasa, 6% tercermin melalui udara dan debu. Awan mencerminkan 20%, dan 4% sisanya dipantulkan oleh permukaan. Energi yang diserap dapat kembali di pancarkan. Dari energi yang kembali di pancarkan, 70% yang hilang ke luar angkasa. Permukaan menyerap sekitar 21% energi, dan 49% sisanya hilang diatmosfer. Sisanya 30% ditransfer oleh permukaan ke atmosfer.

Musim di Bumi tidak disebabkan oleh seberapa dekat Bumi ke Matahari. Bumi paling dekat dengan Matahari sekitar tanggal 1 Januari dan terjauh pada

atau sekitar 1 Juli setiap tahun. Itu sebabnya yang membuat jumlah radiasi matahari berpengaruh musim di bumi.

2.3 Cahaya

Cahaya merupakan energi yang berbentuk gelombang elektromagnetik yang secara kasat mata dengan memiliki panjang gelombang sekitar 380 hingga 750 nm. Dalam bidang fisika, cahaya merupakan radiasi elektromagnetik, baik itu dengan panjang gelombang kasat mata maupun yang tidak kasat mata. Tidak hanya itu saja, cahaya merupakan paket partikel yang biasa disebut dengan nama *foton*. Kedua definisi tersebut menjadi sifat milik cahaya yang secara bersama, sehingga disebut sebagai "dualisme gelombang-partikel".

Studi mengenai cahaya ini sendiri dimulai saat muncul era optika klasik yang mempelajari mengenai besaran optik, seperti :

- a) Intensitas
- b) Frekuensi atau panjang gelombang
- c) Polarisasi
- d) Fase cahaya

2.3.1 Sifat-Sifat Cahaya

Cahaya mempunyai beberapa sifat yakni menembus benda yang bening, bisa dipantulkan, merambat lurus, bisa dibiaskan dan bisa diuraikan. Untuk mengetahui secara lebih jelas, berikut sifat cahaya :

1. Cahaya Bisa Menembus Benda Bening

Benda bening merupakan benda yang bisa ditembus dengan mudah oleh adanya cahaya. Contoh benda bening yang ada di sekitar kita antara lain, kaca, mika, plastik bening, botol bening dan air jernih.

Berdasar dari kemampuan cahaya dalam menembus benda, bisa dibedakan sebanyak 3 contoh, yakni :

- a) Benda bening atau transparan, yakni benda-benda yang bisa ditembus dan dilewati oleh cahaya. Benda bening akan meneruskan semua cahaya yang datang dan mengenainya. Contoh benda bening seperti kaca yang bening dan air jernih.
- b) Benda translusens, yakni benda-benda yang hanya bisa meneruskan sebagian cahaya saja yang telah diterima. Contoh benda ini seperti air yang keruh, bohlam susu dan kaca dop.
- c) *Opaque* atau benda yang tak bisa ditembus oleh cahaya, yakni benda gelap yang sama sekali tak bisa ditembus oleh adanya cahaya yang datang. *Opaque* ini sendiri hanya akan memantulkan semua cahaya yang akan mengenai benda tersebut. Contoh bendanya seperti buku yang tebal, tembok, kayu, hingga besi.

Sifat cahaya yang bisa menembus pada benda bening, memungkinkan cahaya matahari yang bisa menembus permukaan air yang jernih, sehingga tanaman yang hidup di dasar air bisa tetap tumbuh dengan baik dan tanpa adanya gangguan. Sifat cahaya yang bisa menembus benda bening ini juga bisa dimanfaatkan oleh manusia untuk membuat berbagai

macam peralatan penting dalam kehidupan sehari-hari, seperti kacamata, kaca mobil, akuarium, hingga termometer.

2. Cahaya Bisa Dipantulkan

Pemantulan atau refleksi atau pencerminan merupakan proses kembali terpancarnya cahaya dari permukaan benda yang memang terkena oleh cahaya. Pemantulan cahaya bisa dibedakan menjadi 2, yakni pemantulan teratur dan pemantulan baur (*difus*) atau tak teratur.

- a) Pemantulan teratur, merupakan pemantulan yang berkas cahaya pantulnya itu sejajar. Pemantulan teratur bisa terjadi jika cahaya mengenai benda yang permukaannya itu rata dan mengkilap alias licin. Salah satu contoh benda yang bisa memantulkan cahaya yakni cermin. Cermin itu merupakan benda yang bisa memantulkan cahaya dengan paling sempurna. Hal ini dikarenakan, pada cermin mempunyai permukaan yang sangat halus dan mengkilap. Dalam benda seperti ini, cahaya bisa dipantulkan dengan arah yang sejajar, sehingga bisa membentuk bayangan benda dengan sangat baik. Contoh peristiwa pemantulan cahaya ini sendiri terjadi saat kita sedang bercermin. Bayangan tubuh kita akan terlihat di cermin, karena cahaya yang dipantulkan oleh tubuh kita, saat mengenai permukaan cermin, dipantulkan alias dipancarkan kembali sehingga bisa masuk ke mata kita.
- b) Pemantulan difus/baur/tidak teratur, pemantulan ini terjadi pada tanah yang rata atau pada air yang bergelombang. Adanya pemantulan baur ini sendiri, tempat-tempat yang sebelumnya tak terkena oleh cahaya

secara langsung, akan menjadi ikut terang. Inilah keuntungan jika adanya pemantulan baur.

3. Cahaya Bisa Diuraikan

Istilah lain dari penguraian cahaya itu dinamakan dengan dispersi cahaya. Contoh terjadinya peristiwa dispersi cahaya yang secara alami benar-benar terjadi merupakan peristiwa dari terbentuknya pelangi. Biasanya, pelangi ini akan muncul setelah hujan turun. Pelangi itu terdiri atas beberapa warna, mulai dari merah, jingga, kuning, hijau, biru, nila dan ungu. sebenarnya, warna-warna tersebut berasal dari 1 warna saja, yakni warna putih yang dihasilkan dari cahaya matahari. Akan tetapi, karena cahaya matahari yang datang tersebut dibiaskan oleh adanya titik air hujan, maka hal tersebut berakibat jika cahaya putih akan diuraikan menjadi beberapa macam warna yang menarik, sehingga terjadilah warna-warna yang indah di dalam pelangi tersebut.

Peristiwa penguraian cahaya putih menjadi berbagai warna biasa disebut dengan nama dispersi cahaya. Cahaya putih bisa diuraikan menjadi berbagai macam warna yang bagus, sehingga warna putih tersebut bisa disebut dengan nama sinar polikromatik. Cahaya putih seperti pada cahaya matahari itu termasuk ke dalam cahaya polikromatik. Cahaya polikromatik merupakan cahaya yang tersusun dari beberapa macam komponen warna yang ada. Cahaya putih juga tersusun atas spektrum cahaya yang memiliki warna merah, jingga, kuning, hijau, biru, nila dan ungu. Sementara itu, peristiwa perpaduan berbagai macam warna cahaya menjadi warna putih, bisa disebut dengan

nama spektrum cahaya. Spektrum warna yang tak bisa diuraikan kembali biasa disebut dengan nama cahaya monokromatik.

4. Cahaya Bisa Dibiaskan

Pembiasan cahaya merupakan pembelokan arah rambat cahaya pada saat melewati sebanyak 2 medium yang memiliki kerapatan berbeda. Pembiasan cahaya ini sendiri biasanya digunakan oleh manusia dalam berbagai pembuatan alat optik. Pembiasan cahaya bisa menyebabkan terjadinya berbagai macam peristiwa yang ada pada kehidupan sehari-hari, yang bisa diuraikan sebagai berikut :

- a) Dasar air yang jernih akan terlihat lebih dangkal dari yang sebenarnya
- b) Pensil atau benda lurus yang lain apabila diletakkan di dalam gelas yang berisikan air, maka akan terlihat patah atau bengkok benda tersebut
- c) Peristiwa fatamorgana yang akan terjadi karena adanya berkas cahaya yang berjalan dari udara dingin ke udara yang panas terbiaskan ke arah atau sisi horizontal, sehingga pada suatu benda tersebut tampak muncul di atas posisi yang sesungguhnya
- d) Uang logam jika diletakkan di dalam air yang jernih akan terlihat lebih dekat dengan permukaan
- e) Ikan yang berada di dalam akuarium juga akan terlihat jauh lebih besar

Seperti yang ada pada pemantulan cahaya, di dalam pembiasan cahaya juga berlaku dalam hukum pembiasan cahaya yang bisa diuraikan sebagai berikut:

- a) Apabila cahaya merambat dari zat yang kurang rapat ke zat yang memiliki kerapatan lebih, cahaya akan dibiaskan mendekati garis yang normal. Semisal, cahaya akan merambat dari udara ke air.
- b) Apabila cahaya merambat dari zat yang jauh lebih rapat ke zat yang memiliki kerapatan kurang, maka cahaya akan dibiaskan menjauhi garis normal. Semisal, cahaya merambat dari air ke udara.

5. Cahaya Merambat Lurus

Cahaya akan merambat dengan lurus jika memang dia akan melewati 1 medium perantara saja. Peristiwa ini juga bisa dibuktikan dengan baik, nyalanya lampu senter yang berjalan atau merambat dengan lurus. Cahaya yang merambat dengan lurus juga bisa kita lihat dari berkas cahaya matahari yang menerobos masuk melalui celah-celah genting ataupun ventilasi yang akan tampak berupa seperti garis yang lurus. Kedua hal inilah yang bisa membuktikan jika cahaya memang merambat lurus. Sifat cahaya yang selalu merambat dengan lurus ini biasa dimanfaatkan oleh manusia dalam membuat lampu senter hingga lampu pada kendaraan bermotor.

2.3.2 Intensitas Cahaya

Intensitas cahaya adalah kuat cahaya yang dikeluarkan oleh sebuah sumber cahaya ke arah tertentu dan diukur menggunakan *luxmeter* dengan satuan *Candela*. Pada umumnya cahaya memiliki empat faktor yang dapat mempengaruhi kualitas pencahayaan yaitu kontras, silau, refleksi cahaya dan kualitas warna cahaya. Kemampuan mata manusia hanya dapat melihat cahaya dengan panjang gelombang tertentu yang diukur dalam besaran pokok ini.

2.4 Panel Surya / *Photovoltaic (PV)*

Energi listrik dapat dibangkitkan dengan mengubah sinar matahari melalui sebuah proses yang dinamakan *photovoltaic (PV)*. *Photo* merujuk kepada cahaya dan *voltaiic* merujuk kepada tegangan. Terminologi ini digunakan untuk menjelaskan sel elektronik yang memproduksi energi listrik arus searah dari energi radian matahari. *Photovoltaic cell* dibuat dari material semikonduktor terutama silikon yang dilapisi oleh bahan tambahan khusus. Jika cahaya matahari mencapai *cell* maka elektron akan terlepas dari atom silikon dan mengalir membentuk sirkuit listrik sehingga energi listrik dapat dibangkitkan. Sel surya selalu didesain untuk mengubah cahaya menjadi energi listrik sebanyak-banyaknya dan dapat digabung secara seri atau paralel untuk menghasilkan tegangan dan arus yang diinginkan seperti yang dinyatakan oleh (Chenni, Makhlof, Kerbache, & Bouzid, 2007).

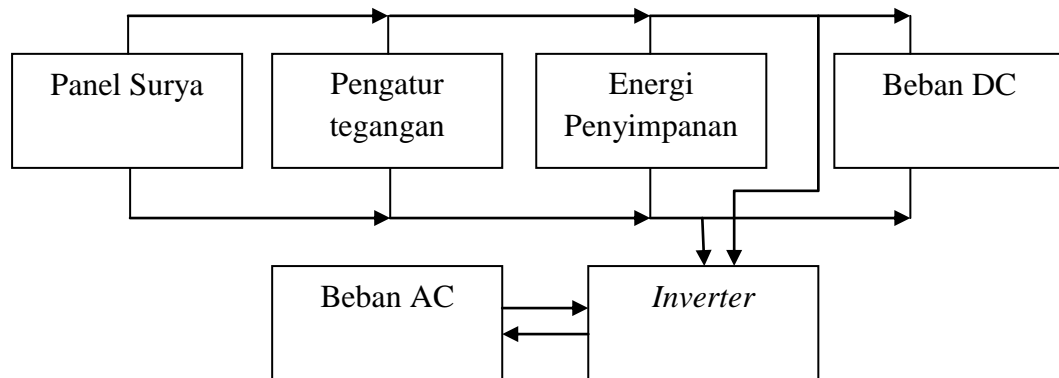
Unjuk kerja dari *photovoltaic cell* sangat tergantung kepada sinar matahari yang diterimanya. Kondisi iklim (misal awan dan kabut) mempunyai efek yang signifikan terhadap jumlah energi matahari yang diterima sel sehingga akan mempengaruhi pula unjuk kerjanya seperti dibuktikan dalam penelitian (Younes, Claywell, & Muneer, 2005) dan (Pucar & A., 2002).

2.5 Sistem Sel Surya

Sel surya adalah suatu teknologi yang dapat mengubah energi sinar matahari secara langsung menjadi energi listrik. Sel surya ini banyak digunakan untuk penyediaan tenaga listrik bagi Penerangan, *Traffic Light*, Telekomunikasi dan lain sebagainya. Pemanfaatan sistem sel surya sebagai

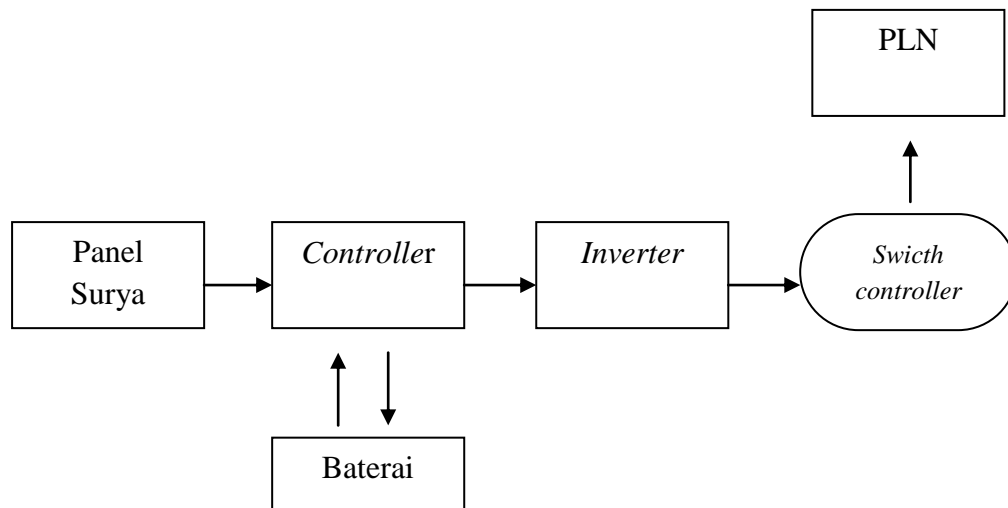
pembangkit tenaga listrik tersebut telah banyak diterapkan baik yang menghasilkan daya rendah maupun yang berdaya tinggi. Sistem sel surya bila tinjau dari daya keluarannya dapat dibagi menjadi:

1. Sistem yang berdiri sendiri



Gambar 2.1 Skema sederhana komponen suatu sel surya yang berdiri sendiri

2. Sistem yang terinterkoneksi dengan jaringan pengguna



Gambar 2.2 Sistem sel surya terinterkoneksi dengan jaringan PLN

Sistem sel surya yang terinterkoneksi dengan jaringan pengguna diperlihatkan dalam gambar 2.2, kelebihan beban yang tidak dapat disuplai oleh sel surya akan disuplai oleh jaringan. Sebaliknya, jika kondisi cuaca sangat baik serta permintaan beban berkurang, maka kelebihan energi listrik yang dihasilkan oleh sel surya akan ditampung oleh jaringan pengguna.

2.6 Prinsip Kerja Panel Surya

Prinsip kerja dari panel surya adalah jika cahaya matahari mengenai panel surya, maka elektron-elektron yang ada pada sel surya akan bergerak dari N ke P, sehingga pada terminal keluaran dari panel surya akan menghasilkan energi listrik. Besarnya energi listrik yang dihasilkan oleh panel surya berbeda-beda tergantung dari jumlah sel surya yang dikombinasikan didalam panel surya tersebut. Keluaran dari panel surya ini adalah berupa listrik arus searah (DC) yang besar tegangan keluarannya tergantung jumlah sel surya yang dipasang didalam panel surya dan banyaknya sinar matahari yang menyinari panel surya tersebut.

Keluaran dari panel surya ini sudah dapat digunakan langsung ke beban yang memerlukan sumber tegangan DC dengan konsumsi arus yang kecil. Agar energi listrik yang dihasilkan juga dapat digunakan pada kondisi-kondisi seperti pada malam hari (kondisi saat panel surya tidak disinari cahaya matahari), maka keluaran dari panel surya ini harus dihubungkan ke sebuah media penyimpanan (*storage*). Dalam hal ini adalah baterai. tetapi ini tidak langsung dihubungkan begitu saja dari panel surya ke baterai, tetapi

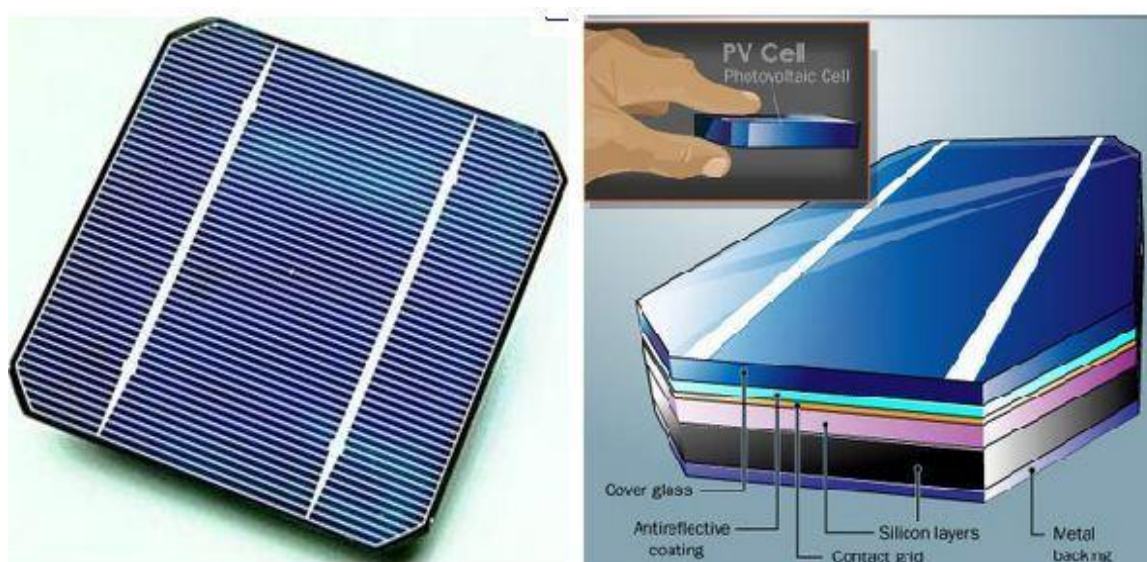
harus dihubungkan ke rangkaian *regulator*, dimana didalam rangkaian tersebut terdapat rangkaian pengisi baterai otomatis (*Automatic charger*). Fungsi dari *regulator* ini adalah untuk meregulasi tegangan keluaran dari panel surya dan mengatur arus yang masuk ke baterai secara otomatis. Selain itu *regulator* berfungsi untuk menghubungkan dan memutuskan arus dari panel surya ke baterai secara otomatis dan juga berfungsi untuk memutuskan aliran arus dari baterai ke beban bila terjadi hubung singkat ataupun beban yang berlebihan.

Panel surya sebenarnya dapat langsung digunakan tanpa diberi rangkaian *regulator* ataupun baterai, tetapi ini tidak dilakukan karena dapat membebani kinerja dari panel (akibat adanya beban yang berlebihan) sehingga tidak akan terjadi kerusakan yang fatal pada panel surya tersebut. Selain itu *regulator* ini juga berfungsi untuk mengamankan dari terjadinya kelebihan beban dari panel surya sehingga panel surya tidak cepat rusak.

Jika kita menginginkan hasil keluaran listrik dari PLTS ini berupa listrik arus bolak-balik (AC) maka PLTS yang sudah mengeluarkan listrik arus searah (DC) ini harus dihubungkan ke sebuah rangkaian elektronik yang disebut *Inverter DC-AC*. Dimana *Inverter DC-AC* berfungsi untuk mengubah arus listrik searah (DC) menjadi arus listrik bolak-balik (AC). Setelah arus searah diubah menjadi arus listrik bolak-balik, selanjutnya keluaran dari *inverter* ini yang telah berupa arus bolak-balik ini dapat langsung digunakan untuk mencatu peralatan listrik dan elektronika yang membutuhkan arus bolak-balik. Besarnya tegangan dan daya keluaran yang dapat dihubungkan ke beban nantinya harus sesuai dengan kemampuan *inverter* yang dipakai.

2.7 Struktur Panel Surya

Sesuai dengan perkembangan sains dan 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. 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 2.3 Panel atau modul sel surya yang terbuat dari bahan semikonduktor.

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

Secara umum terdiri dari :

1. Metal Penyangga (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, substrak juga berfungsi sebagai tempat masuknya cahaya sehingga material yang digunakan yaitu material yang konduktif tapi juga transparan seperti *Indium Tin Oxide* (ITO) dan *Floure doped Tin Oxide* (FTO).

2. Material Semikonduktor

Material semikonduktor merupakan bagian inti dari sel surya. Material semikonduktor inilah yang berfungsi menyerap cahaya dari sinar matahari. Material semikonduktor yang umum digunakan dan telah masuk pasaran yaitu contoh materialnya $Cu(In,Ga)(S,Se)_2$ (CIGS), *CdTe* (*Kadmium Telluride*), dan amorphous silikon, disamping material-material semikonduktor potensial lain yang sedang dalam penelitian intensif seperti $Cu_2ZnSn(S,Se)_4$ (CZTS) dan Cu_2O (*Copper Oxide*).

3. Kontak Metal / Contact Grid

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

4. Lapisan Antireflektif

Refleksi cahaya harus diminimalisir agar mengoptimalkan cahaya yang diserap 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.

5. Pelindung Kaca (Enkapsulasi / Cover Glass)

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

2.7.1 Pengertian *Watt Peak (WP)*

Watt peak / Wp, istilah yang digunakan dalam dunia *solar energy*. *Watt peak* adalah satuan yang menyatakan daya produksi tertinggi yang dapat dihasilkan oleh panel surya per satuan waktu. Satuan ukuran panel surya ini didapat dari jumlah produksi daya yang didapat ketika matahari bersinar dengan tingkat radiasi tertinggi. Ini dikarenakan energi dari sinar matahari yang bisa berubah-ubah dalam satu hari. Penyinaran matahari tidak selalu stabil dalam satu hari, matahari mengalami puncak hanya 3–5 jam/hari (biasanya mulai dari jam 10 pagi – 2 siang) tergantung lokasi. Waktu 3–5 jam inilah waktu yang ideal bagi panel surya menghasilkan daya terbaik (P_{max}), yang ditunjukkan dalam *Wp*. Karena penulis menggunakan panel surya *Polycrystalline* dan *Monocrystalline* 20Wp itu berarti daya yang diserap saat matahari sedang terik maksimal adalah 20W.

2.7.2 Jenis-jenis panel Surya

A. Panel Surya *Monocrystalline*

Merupakan panel yang paling efisien yang dihasilkan dengan teknologi terkini & menghasilkan daya listrik persatuan luas yang paling tinggi. *Monocrystalline* 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 kurang (teduh), efisiensinya akan turun drastis dalam cuaca berawan.



Gambar 2.4 Panel Surya *Monocrystalline*

Cara pembuatan panel surya tipe *Monocrystalline* adalah terbuat dari batangan kristal silikon murni yang diiris tipis-tipis. Kristal silikon murni yang membutuhkan teknologi khusus untuk mengirisnya menjadi kepingan-kepingan kristal silikon yang tipis. Dengan teknologi seperti ini, akan dihasilkan kepingan sel surya yang identik satu sama lain dan berkinerja tinggi. Sehingga menjadi sel surya yang paling efisien dibandingkan jenis sel surya lainnya, sekitar 15% - 20%. Mahalnya harga kristal silikon murni dan teknologi yang digunakan, menyebabkan mahalnya harga jenis sel surya ini dibandingkan jenis sel surya yang lain di pasaran. Kelemahannya, sel surya jenis ini jika disusun membentuk solar modul (panel surya) akan menyisakan banyak ruangan yang kosong karena sel surya seperti ini umumnya berbentuk segi enam atau bulat, tergantung dari bentuk batangan kristal silikonnya.

B. Panel Surya *Polycrystalline*

Merupakan panel surya yang memiliki susunan kristal acak karena dipabrikasi dengan proses pengecoran. Type ini memerlukan luas permukaan yang lebih besar dibandingkan dengan jenis *Monocrystalline* untuk menghasilkan daya listrik yang sama. Panel surya jenis ini memiliki efisiensi lebih rendah dibandingkan type *Monocrystalline*, sehingga memiliki harga yang cenderung lebih rendah.

Cara pembuatan panel surya tipe *Polycrystalline* adalah terbuat dari beberapa batang kristal silikon yang dilebur/dicairkan kemudian dituangkan dalam cetakan yang berbentuk persegi. Kemurnian kristal silikonnya tidak semurni pada sel surya *Monocrystalline*, karenanya sel surya yang dihasilkan tidak identik satu sama lain dan efisiensinya lebih rendah, sekitar 13%-16%. Tampilannya nampak seperti ada motif pecahan kaca di dalamnya. Bentuknya yang persegi, jika disusun membentuk panel surya, akan rapat dan tidak akan ada ruangan kosong yang sia-sia seperti susunan pada panel surya *Monocrystalline* diatas. Proses pembuatannya lebih mudah dibanding *Monocrystalline*, karenanya harganya lebih murah. Jenis ini paling banyak dipakai saat ini.



Gambar 2.5 Panel Surya *Polycrystalline*

2.8 Maximum Power Point Tracking (MPPT)

Maximum Power Point Tracking atau sering disingkat dengan MPPT merupakan sebuah sistem elektronik yang dioperasikan pada sebuah panel *Photovoltaic (PV)* sehingga panel *photovoltaic* bisa menghasilkan *power* maksimum. Perlu diperhatikan, MPPT bukanlah sebuah sistem *tracking* mekanik yang digunakan untuk mengubah posisi modul terhadap posisi matahari sehingga mendapatkan energi maksimum matahari. MPPT benar-benar sebuah sistem elektronik yang bisa menelusuri titik *power* maksimum *power* yang bisa dikeluarkan oleh sebuah panel *Photovoltaic (PV)*.

Sel surya tidak akan secara otomatis bekerja pada titik kerja maksimumnya, melainkan harus dikendalikan. *Maximum Power Point Tracking (MPPT)* adalah metode yang digunakan untuk mencari titik kerja maksimum sel surya dan mempertahankan sel surya bekerja di titik tersebut.

Banyak jurnal yang membahas metode-metode MPPT. Terdapat 19 metode MPPT yang memiliki perbedaan mendasar seperti ditunjukkan pada Tabel 2.1: Setiap 17 metode memiliki karakteristik yang berbeda (Esrasm & Chapman, 2007).

Beberapa metode yang robust seperti *incremental conductance* dan *perturb & observation (P & O)* memiliki kelemahan pada waktu penjajakan dan *osilasi* pada MPPT. Metode yang telah disempurnakan oleh *fuzzy logic* mampu menunjukkan kualitas yang lebih baik.

Tabel 2.1 Karakteristik Utama Metode-metode MPPT

METODE MPPT	PV Array Dependent	True MPPT	Analog / Digital	Periodic Tunning	Waktu	Kompleksitas Pemasangan	Sensor
<i>Hill-Climbing/ P&O</i>	No	Yes	Both	No	Varies	Low	V,I
<i>IncCond</i>	No	Yes	Digital	No	Varies	Med	V,I
<i>Fractional V oc</i>	Yes	No	Both	No	Med	Low	V
<i>Fractional I sc</i>	Yes	No	Both	No	Med	Med	I
<i>Fuzzy Logic Control</i>	Yes	Yes	Digital	No	Fast	High	Varies
<i>Neutral Network</i>	Yes	Yes	Digital	Yes	Fast	High	Varies
<i>RCC</i>	No	Yes	Analog	No	Fast	Low	V,I
<i>Current Sweep</i>	Yes	Yes	Digital	Yes	Slow	High	V,I
<i>DC Link Capacitor Drop Control</i>	No	No	Both	No	Med	Low	V
<i>Load I or V Maximization</i>	No	No	Analog	No	Fast	Low	V,I
<i>dP/dV or dP/dI Feedback Control</i>	No	Yes	Digital	No	Fast	Med	V,I
<i>Array Recogfiguration</i>	Yes	No	Digital	Yes	Slow	High	V,I
<i>Linier Current Control</i>	Yes	No	Digital	Yes	Fast	Med	Irradiance
<i>I mpp & V mpp Configuration</i>	Yes	Yes	Digital	Yes	N/A	Med	Irradiance Temperature
<i>State based MPPT</i>	Yes	Yes	Both	Yes	Fast	High	V,I
<i>OCC MPPT</i>	Yes	No	Both	Yes	Fast	Med	I
<i>BFV</i>	Yes	No	Both	Yes	N/A	Low	None
<i>LRCM</i>	Yes	No	Digital	No	N/A	High	V,I
<i>Slide Control</i>	No	Yes	Digital	No	Fast	Med	V,I



Gambar 2.6 MPPT (Maximum Power Point Tracking)

2.8.1 Fuzzy Logic Control

Sistem *fuzzy* ditemukan pertama kali oleh Prof. Lotfi Zadeh pada pertengahan tahun 1960 di Universitas California. Sistem *inferensi Fuzzy* adalah sistem kerja komputer yang didasarkan pada konsep teori *Fuzzy*, aturan *Fuzzy if-then*, dan logika *Fuzzy*. *Fuzzy Logic Controller (FLC)* pada MPPT berfungsi sebagai sistem kontrol *PWM* sebagai pengendali tegangan output dari DC to DC *Converter*.

Input dari kontrol fuzzy ini adalah $E(k)$ dan $CE(k)$, yakni:

$$E(k) = \frac{P_{ph}(k) - P_{ph}(k-1)}{V_{ph}(k) - V_{ph}(k-1)} \dots\dots\dots (2.1)$$

$$CE(k) = E(k) - E(k-1) \dots\dots\dots (2.2)$$

Dimana :

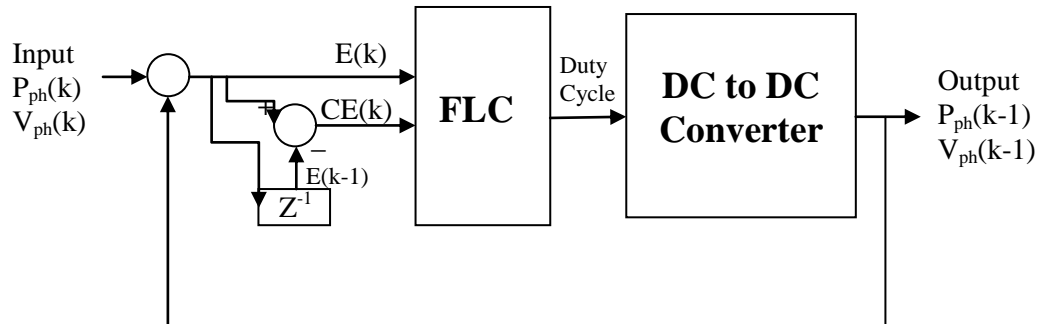
P_{ph} = Adalah daya input dari panel surya

$E(k)$ = *Error*

$CE(k)$ = Perubahan *Error*

Sedangkan output dari kontrol *fuzzy* ini adalah *duty cycle* dari *PWM*. Kontrol logika *fuzzy* yang digunakan adalah dengan *Fuzzy Rule Based* tipe mamdani untuk mencari titik MPP yang didapatkan dari *input error* yang berfungsi menentukan posisi *Load* disebelah kanan atau sebelah kiri titik *MPP (Maximum Power Point)*, sedangkan perubahan *error* $CE(k)$ diperlukan untuk mengetahui perubahan posisi *Load*.

Mekanisme pengaturan *PWM* berfungsi untuk menaikkan dan menurunkan tegangan output dari *DC to DC Converter*. Adapun blok diagram desain sistem *fuzzy* dijelaskan pada gambar berikut.



Gambar 2.7 Diagram Blok Fuzzy Logic Control

2.8.2 Incremental Conductance

Metode *Incremental Conductance (ICM)* bekerja berdasarkan gradien kurva P-V atau kurva P-I karakteristik sel surya (Esrarn & Chapman, 2007). Titik kerja maksimum sel surya terletak pada nilai tegangan yang berbeda untuk setiap kondisi lingkungan yang berbeda, disebut V_{MPP} . MPPT memberikan V_{ref} agar titik

kerja sel surya terdapat di nilai V_{MPP} tersebut. Karakteristik P-V sel surya merupakan fungsi daya terhadap tegangan, mencapai titik maksimum ketika gradien-nya bernilai nol.

Perubahan V_{ref} yang diberikan *ICM* tetap untuk setiap perulangan. Besar perubahan V_{ref} tersebut dipertimbangkan dari waktu peninjauan menuju nilai maksimum dan osilasi pada nilai maksimum. Kedua parameter tersebut memiliki hubungan terbalik, sehingga selalu terdapat kompensasi untuk setiap parameter yang ingin diperbaiki. Perubahan V_{ref} yang besar akan

mempercepat waktu penjajakan, namun sulit mencapai V_{MPP} dan menyebabkan *osilasi* di sekitar MPP . Oleh karena itu, modifikasi dari algoritma ICM yang telah berkembang selama ini adalah dengan membuat besar perubahan V_{ref} bervariasi (Mei, Shan, Liu, & Guerrero, 2011).

2.8.3 Perturbation & Observation(P&O)

Metode *Perturbation & Observation* terdiri dari dua tahap, *perturb* yaitu mengubah V_{ref} dan *observation* yaitu menghitung perubahan daya akibat aksi *perturb* sebelumnya. Jika perubahan daya positif maka *perturb* selanjutnya akan tetap pada arah yang sama, sedangkan jika perubahan daya negatif maka *perturb* akan dibalik (Esrarn & Chapman, 2007). Tabel 2.1 menjelaskan *algoritma perturbation* dan *observation*.

Tabel 2.2 Algoritma P&O

		Perturbation
Perturbation	Perubahan Daya	Selanjutnya
<i>Positif</i>	<i>Positif</i>	<i>Positif</i>
<i>Positif</i>	<i>Negatif</i>	<i>Negatif</i>
<i>Negatif</i>	<i>Positif</i>	<i>Positif</i>
<i>Negatif</i>	<i>Negatif</i>	<i>Negatif</i>

Besar *perturb* yang diberikan tetap. Untuk itu, masalah waktu penjajakan dan *osilasi MPP* diselesaikan dengan menggunakan besar *perturbation* yang bervariasi (Piegari & Rizzo, 2010).

2.9 Sinyal *Pulse Width Modulation* (PWM)

Pulse Width Modulation (PWM) adalah sinyal yang umum digunakan untuk mengendalikan daya pada divais elektronik. PWM menggunakan sebuah gelombang persegi panjang yang lebar pulsanya dimodulasi sehingga menghasilkan variasi pada nilai rata-rata gelombang tersebut.

Cara paling sederhana untuk membuat sinyal PWM adalah dengan metode *intersective*. Metode *intersective* menggunakan sinyal segitiga atau sinyal gigi gergaji (*saw tooth*) sebagai gelombang modulasi dan komparator. Ketika sinyal referensi lebih besar daripada gelombang modulasi, maka sinyal PWM berada pada kondisi *High*, dan sebaliknya ketika sinyal referensi lebih kecil dari pada gelombang modulasi, maka sinyal PWM berada pada kondisi *Low*.

Variabel yang menunjukkan perbandingan antara lebar kondisi *High* dengan periode 1 gelombang dari sinyal PWM disebut dengan *Duty cycle* (D), atau dapat dinyatakan sebagai:

$$D = \frac{t_{High}}{T} \dots\dots\dots (2.7)$$

2.10 Parameter Kualitas Sistem MPPT

MPPT Kualitas sistem MPPT tentu perlu diukur agar performa dari sistem MPPT tersebut dapat diketahui. Pengukuran kualitas sistem MPPT juga berguna untuk proses pengembangan sistem MPPT. Terdapat tiga parameter yang dapat menentukan kualitas sistem MPPT (Yi & Fa, 2009), yaitu:

a. Parameter Dinamis

Merupakan waktu yang dibutuhkan oleh sistem MPPT untuk mencari titik daya maksimal ketika terjadi perubahan kondisi lingkungan (suhu sel atau radiasi matahari berubah). Semakin cepat waktu yang dibutuhkan, semakin baik sistem MPPT tersebut.

b. Parameter Statis

Merupakan besar fluktuasi nilai daya keluaran ketika titik daya maksimum sudah tercapai dan tidak terjadi perubahan kondisi lingkungan (suhu sel dan radiasi matahari tidak berubah). Semakin kecil fluktuasi yang terjadi, maka semakin baik algoritma MPPT tersebut.

c. Parameter Rasio Daya Aktual dan Daya Ideal

Merupakan perbandingan antara daya keluaran yang aktual dalam satu periode waktu dengan daya maksimum yang diukur pada kondisi kerja sel surya tersebut. Nilai parameter ini akan berkisar antara 0 sampai 100%.

Rasio Daya dapat diperoleh berdasarkan persamaan :

$$\text{Rasio Daya} = \frac{\text{Daya Aktual}}{\text{Daya Maksimum Teoritis}} \times 100\% \dots\dots\dots (2.8)$$

Semakin besar nilai rasio ini, semakin baik algoritma MPPT Tersebut.

2.11 Baterai (*Accumulator*)

Baterai (*accumulator*) adalah alat penyimpan tenaga listrik arus searah (DC). Ada beberapa jenis baterai (*accumulator*) di pasaran yaitu jenis *accumulator* basah atau konvensional, *hybrid* dan MF (*MaintenanceFree*). *Accumulator* basah atau konvensional berarti masih menggunakan asam sulfat

(H_2SO_4) dalam bentuk cair. Sedangkan *accumulator* MF sering disebut juga *accumulator* kering karena asam *sulfat*nya sudah dalam bentuk gel/selai. Dalam hal mempertimbangkan posisi peletakkannya maka *accumulator* kering tidak mempunyai kendala, lain halnya dengan *accumulator* basah.

Baterai yang cocok digunakan untuk PV adalah baterai *deep cycle lead acid* yang mampu menampung kapasitas 100 Ah, 12 V, dengan efisiensi sekitar 80%. Waktu pengisian baterai/aki selama 12 jam-16 jam.



Gambar 2.8 Baterai / Aki

2.11.1 Pengertian *Ampere Hour* (AH)

Ampere Hour / Ah adalah satuan besarnya kapasitas listrik yang tersimpan pada sebuah baterai. Hal ini merujuk pada kemampuan baterai tersebut dalam menyuplai arus listrik (Ampere) selama periode waktu tertentu (Jam). Sebagai contoh dalam percobaan ini menggunakan baterai kapasitas 20Ah. Artinya baterai tersebut dapat memberikan arus sebesar 20A selama 1 jam.

2.12 *Rainfall Gauge*

Rainfall Gauge adalah alat pengukur curah hujan yang menggunakan teknologi sensor atau counter secara mekanikal untuk proses pengukuran tingkat curah hujan. *Rainfall* dapat melakukan proses pengukuran dan penyimpanan data dari hasil pengukuran di memori internal. *Rainfall gauge* menampung air hujan dengan *bucket* untuk proses perhitungan seberapa derasnya hujan. Data yang dibaca *rainfall gauge* kemudian dikirim ke pusat kendali melalui radio komunikasi dengan *frekuensi* tertentu dalam waktu *interval* yang dapat disetting 10 menit, 15 menit, 30 menit.

Rainfall gauge milik PT. Inalum Persero (Paritohan) digunakan sebagai pembaca curah hujan yang berfungsi untuk memprediksi kenaikan level air Danau Toba atau pun Bendungan DAM dengan formula khusus supaya pemanfaatan air dapat dimaksimal tanpa harus membuka *Gate DAM*.



Gambar 2.9 *Rainfall Gauge*

BAB 3

METODE PENELITIAN

3.1 Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Mess Residence E komplek PT. Inalum Persero (Paritohan).

3.2 Alat dan Bahan Penelitian

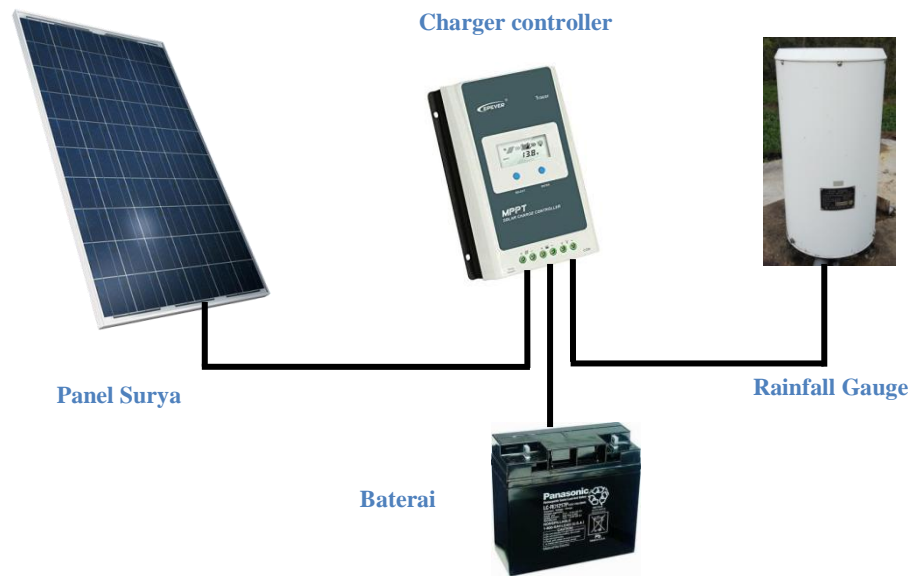
Adapun alat dan bahan yang digunakan untuk mengambil data perbandingan pada charger controller MPPT adalah :

Tabel 3.1 Daftar Peralatan

NO	Peralatan	Merek	Jumlah	Keterangan
1.	Panel Surya	<i>FOTOVOLTAICO POLARIDAD</i>	2 unit	<i>Power (Pmax) : 50 WP Power Voltage (Vmp): 18,6 V Power Current (Imp): 3,05 A</i>
2.	Charger Controller	<i>Eveper</i>	1 unit	<i>Rated voltage : 12/24 V Rated Current : 20A</i>
3.	Charger Controller	<i>Sharp model S7- 850B</i>	1 unit	<i>Rated voltage : 12/24 V Rated Current : 2A</i>
4.	Baterai	<i>Panasonic</i>	2 unit	<i>Current :28 Ah/20 hour Voltage : 12 V</i>
5.	Multimeter	<i>Yokogawa</i>	1 unit	
6.	ToolSet	<i>Hozan S-10</i>	1 set	
7.	Laptop	<i>Acer Aspire 4738z</i>	1 unit	
8.	Rain gauge	<i>Ikeda Keiki Co.Ltd</i>	2 unit	<i>Rated voltage: 12V/25W</i>

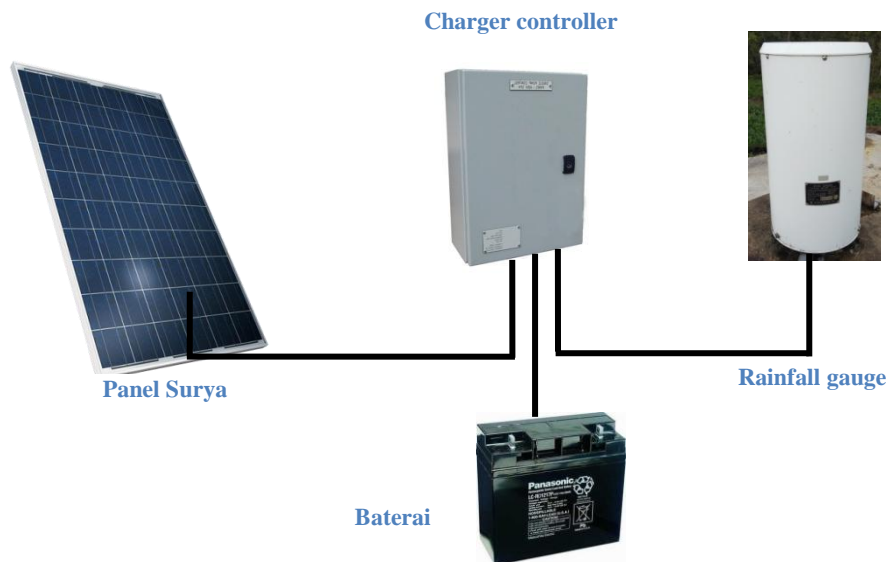
3.3 Gambar Rangkaian

3.3.1 Gambar Rangkaian Menggunakan MPPT (*Maximum Power Point - Tracking*)



Gambar 3.1 Gambar Rangkaian MPPT

3.3.2 Gambar Rangkaian Menggunakan Sharp model S7-850B



Gambar 3.2 Gambar Rangkaian Sharp model S7-850B

3.4 Metode Penelitian

Metode penelitian merupakan cara-cara teknik/penjabaran suatu analisa/perhitungan yang dilakukan dalam rangka mencapai suatu tujuan dalam penelitian. Adapun langkah-langkah metode penelitian ini, yaitu :

1. Studi Literatur

Meliputi studi definisi pembangkit listrik tenaga surya untuk menyuplai daya ke perangkat *Rainfall gauge*

2. Pengumpulan Data

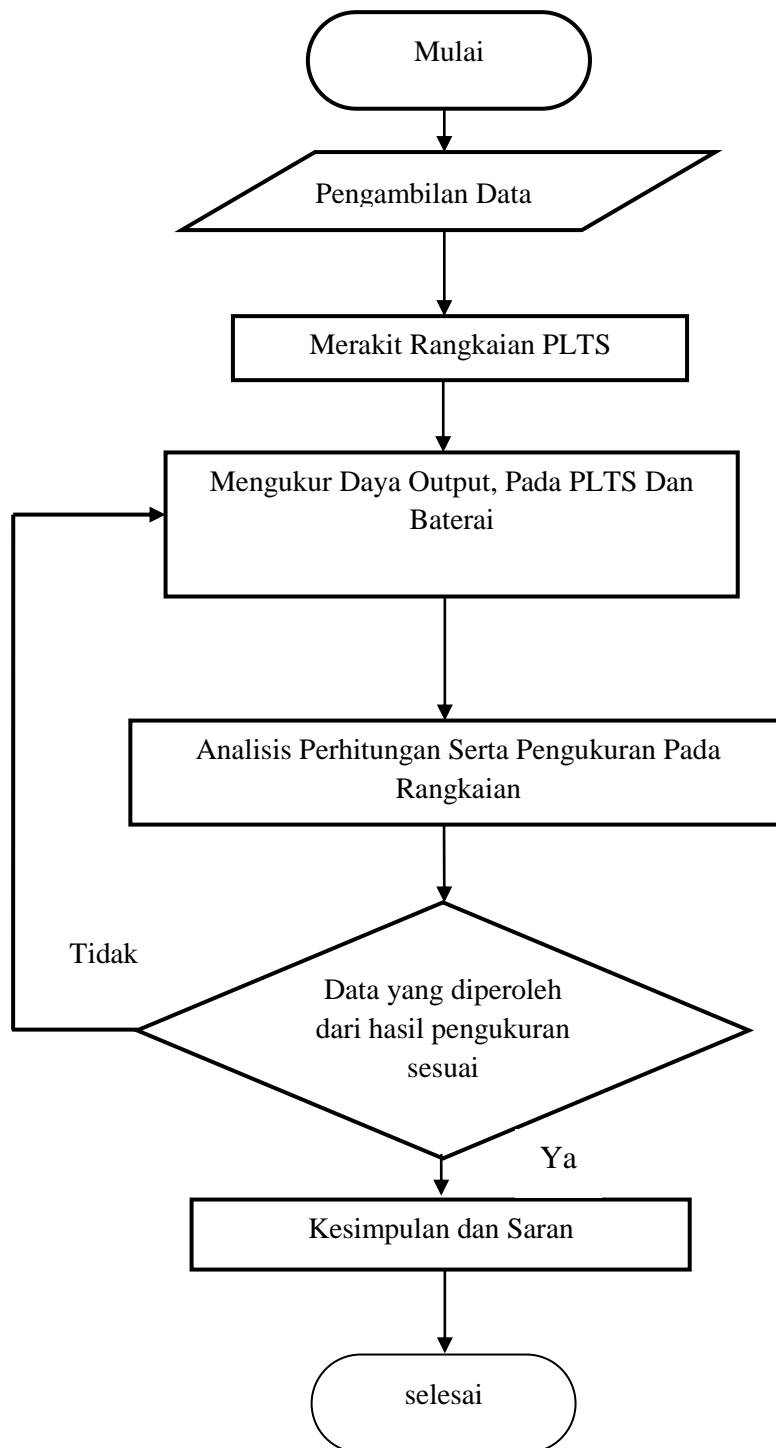
Penulis melakukan pengambilan serta pengumpulan data dengan cara melakukan pengukuran arus dan tegangan yang dihasilkan oleh pembangkit listrik tenaga surya terlebih dahulu setiap 30 menit sekali dan kemudian penulis juga melakukan pengukuran arus dan tegangan terhadap baterai selama 30 menit sekali. Hasil yang di dapat dari pengukuran arus dan tegangan yang kemudian penulis catat dalam sebuah lembar pengumpulan data. Selanjutnya setelah melakukan pengambilan data penulis akan membandingkan data hasil pengujian dilapangan.

3. Pengolahan Data dan Analisa

Menganalisis besar daya yang dihasilkan pada panel surya dan pada baterai serta menganalisa data menggunakan charger controller MPPT yang dibandingkan dengan *charger controller Sharp model S7-850B* kedalam tabel dan bentuk grafik.

3.5 Diagram Alir

Prosedur penyusunan tugas akhir adalah sebagai berikut :



Gambar 3.3 Flowchart Penyusunan Tugas Akhir

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Data hasil penelitian *Charger Controller MPPT*

Adapun hasil pengujian tegangan dan arus pada *solar charger controller* dengan *MPPT (Maximum Power Point Tracking)* adalah sebagai berikut:

Tabel 4.1 Data Hasil Pengujian *Solar Charger Controller MPPT*

CHARGER CONTROLLER MPPT					
JAM	TEGANGAN SOLAR CELL (V)	ARUS (A)	TEGANGAN BATTERY (V)	BEBAN (A)	DAYA SOLAR CELL (W)
07.30.00	-	-	-	-	-
08.00.00	11,72	0,24	12,04	0,75	2,81
08.30.00	13,16	0,23	12,07	0,74	3,03
09.00.00	13,62	0,44	13,33	0,75	5,99
09.30.00	14,80	1,06	13,87	0,72	15,69
10.00.00	15,01	1,55	14,11	0,76	23,27
10.30.00	15,54	1,99	14,65	0,74	30,92
11.00.00	16,85	2,11	15,06	0,75	35,55
11.30.00	17,62	2,08	14,97	0,73	36,65
12.00.00	17,42	1,89	14,86	0,76	32,92
12.30.00	16,61	1,51	14,55	0,74	25,08
13.00.00	15,50	1,07	14,06	0,75	16,59
13.30.00	15,47	1,02	14,01	0,74	15,78
14.00.00	14,78	0,95	13,79	0,76	14,04
14.30.00	14,78	0,81	13,64	0,75	11,97
15.00.00	15,63	1,29	14,27	0,74	20,16
15.30.00	16,56	1,51	14,50	0,75	25,01
16.00.00	15,38	0,97	13,91	0,79	14,92
16.30.00	14,74	0,73	13,63	0,75	10,76
17.00.00	14,67	0,55	13,50	0,72	8,07
17.30.00	14,41	0,30	13,39	0,77	4,32
18.00.00	11,05	0,25	13,33	0,73	2,76
18.30.00	-	-	-	-	-

4.2 Grafik hasil penelitian *Charger Controller MPPT*

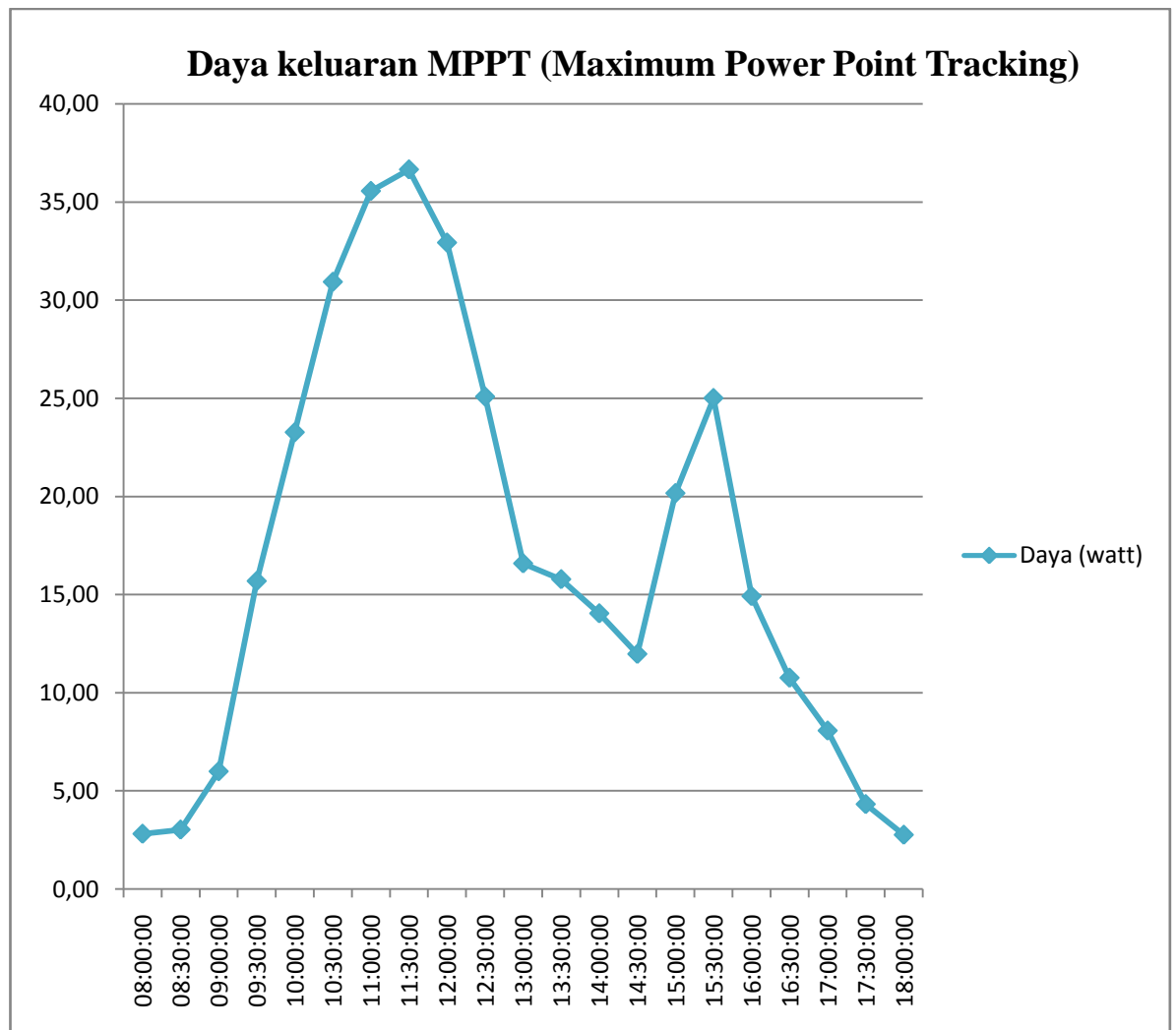
Nilai Daya(W) pada Tabel 4.1 di dapat dengan rumus perhitungan sebagai berikut:

$$P = V \times I$$

P = Daya keluaran (W)

V = Tegangan Panel *Solar Cell* (V)

I = Arus keluaran (A)



Gambar 4.1 Grafik Daya menggunakan *charger controller MPPT*

4.3 Data hasil penelitian *Charger Controller Sharp model S7-850B*

Adapun hasil pengujian tegangan dan arus pada solar charger controller dengan *Sharp model S7-850B* adalah sebagai berikut:

Tabel 4.2 Data Hasil Pengujian *Solar Charger Controller Sharp model S7-850B*

<i>Sharp model S7-850B</i>					
JAM	TEGANGAN SOLAR CELL (V)	ARUS (A)	TEGANGAN BATTERY (V)	BEBAN (A)	DAYA SOLAR CELL (W)
07.30.00	-	-	-	-	-
08.00.00	9,26	0,09	12,02	0,75	0,83
08.30.00	12,36	0,11	12,05	0,71	1,36
09.00.00	13,29	0,25	13,09	0,78	3,32
09.30.00	14,08	1,00	13,10	0,76	14,08
10.00.00	14,34	1,55	13,12	0,78	22,23
10.30.00	14,62	1,91	13,18	0,75	27,92
11.00.00	14,84	1,65	13,24	0,76	24,49
11.30.00	15,59	1,38	13,35	0,75	21,51
12.00.00	15,79	1,27	13,37	0,77	20,05
12.30.00	15,34	1,13	13,95	0,77	17,33
13.00.00	14,46	0,96	14,10	0,78	13,88
13.30.00	14,41	0,92	14,05	0,77	13,26
14.00.00	14,09	0,88	13,64	0,73	12,40
14.30.00	13,95	0,72	13,62	0,71	10,04
15.00.00	14,62	1,12	13,53	0,78	16,37
15.30.00	15,17	1,10	13,48	0,76	16,69
16.00.00	14,33	0,79	12,98	0,75	11,32
16.30.00	13,82	0,50	12,52	0,70	6,91
17.00.00	13,71	0,42	12,47	0,71	5,76
17.30.00	13,41	0,19	12,30	0,70	2,55
18.00.00	8,97	0,14	12,23	0,69	1,26
18.30.00	-	-	-	-	-

4.4 Grafik hasil penelitian *Charger Controller Sharp model S7-850B*

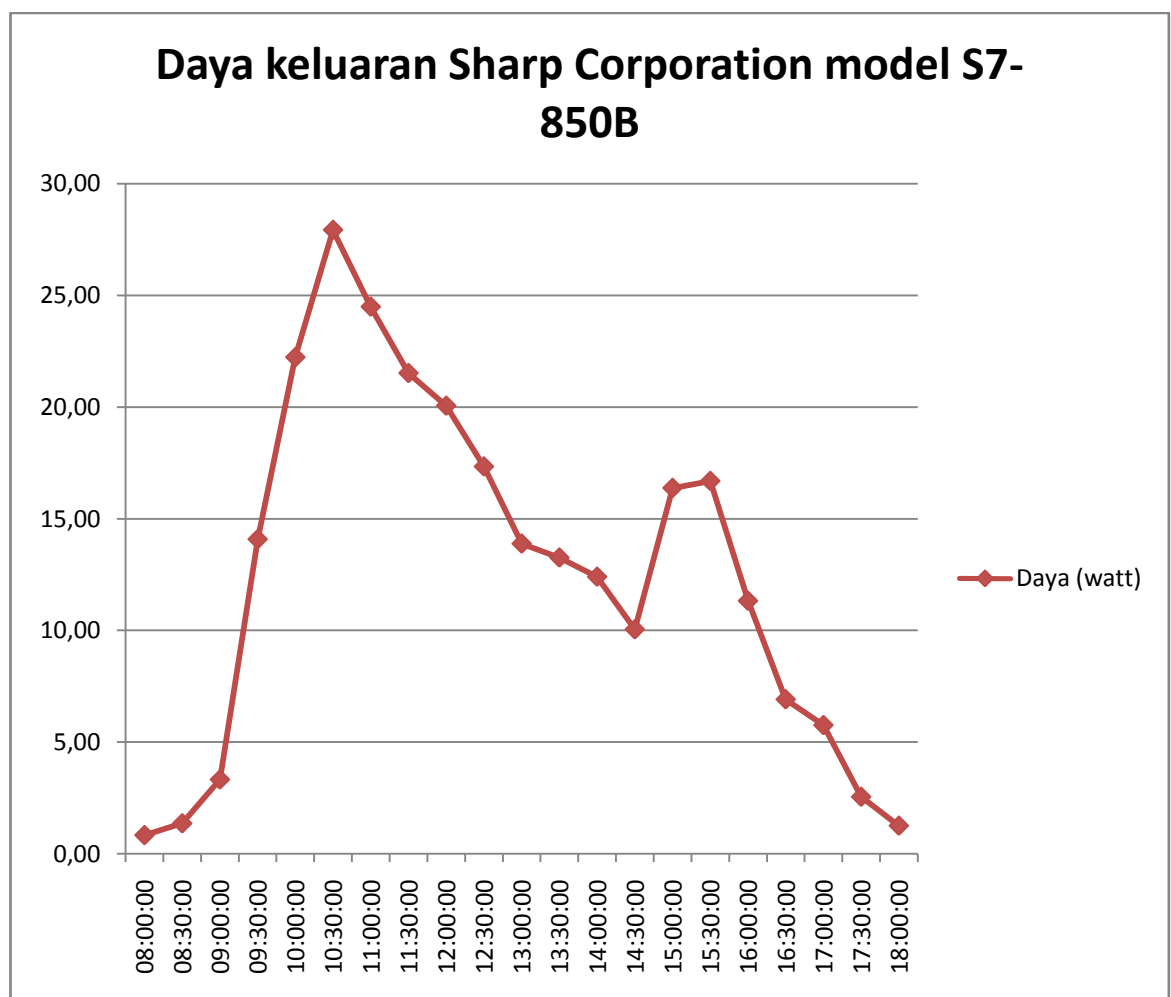
Nilai Daya(W) pada Tabel 4.1 di dapat dengan rumus perhitungan sebagai berikut:

$$P = V \times I$$

P = Daya keluaran (W)

V = Tegangan Panel *Solar Cell* (V)

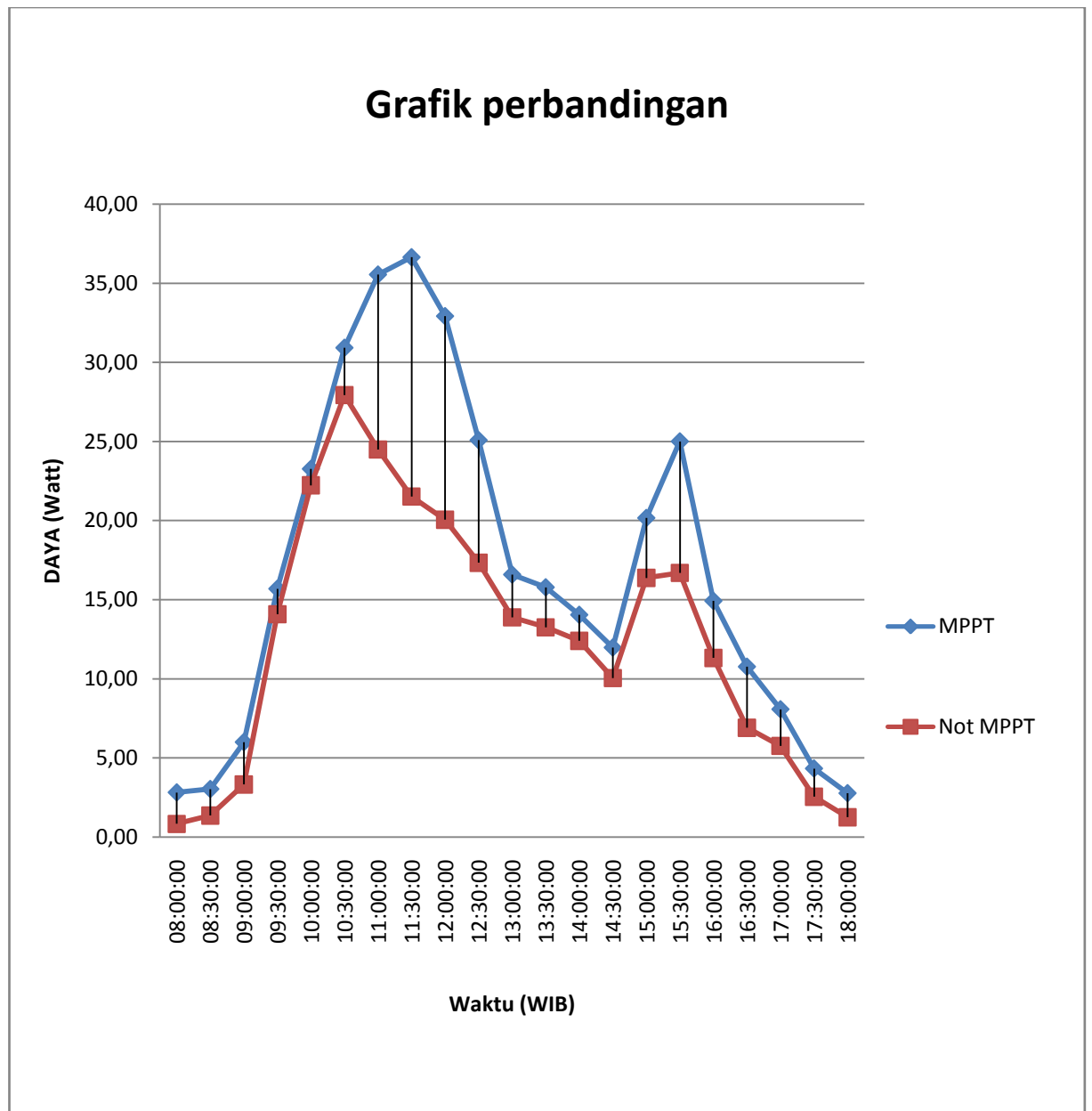
I = Arus keluaran (A)



Gambar 4.2 Grafik Daya menggunakan *charger controller Sharp model S7-850B*

4.5 Grafik perbandingan Charger Controller *MPPT* dengan *Sharp* model *S7-850B*

Berikut dibawah ini adalah grafik perbandingan data hasil penelitian penulis dan dapat kita lihat bahwa grafik menggunakan *charger controller MPPT* lebih tinggi daya keluaranya pada saat siang hari dengan cuaca yang cerah dan terik.



Gambar 4.3 Grafik Perbandingan Daya Output

4.6 Pembahasan

Dari grafik perbandingan diatas kita lihat bahwa daya yang dihasilkan *charger controller* menggunakan *MPPT (maximum Power Point Tracking)* lebih besar dibandingkan *Sharp model S7-850B*. Maka daya yang dihasilkan juga akan berpengaruh pada proses pengecasan baterai saat matahari mulai tenggelam.

Rumus Dasar yang Digunakan :

$$P = V \times I$$

$$V = P/I$$

$$I = P/V$$

Keterangan :

- P = Daya (*Watt*)
- V = Tegangan (*Volt*)
- I = Kuat Arus (*Ampere*)

Kapasitas baterai yang tersimpan saat matahari terbit hingga tenggelam adalah sebagai berikut:

Tabel 4.3 Data Tegangan Baterai

CHARGER CONTROLLER	TEGANGAN
<i>MPPT (Maximum Power Point Tracking)</i>	13,33 V
<i>Sharp model S7-850B</i>	12,23 V

Diketahui:

$$P = 25 \text{ Watt (dari data lampiran)}$$

$$V = 13,33 \text{ V (charger controller MPPT)}$$

$$\text{Kapasitas baterai} = 28\text{Ah} - \text{dieffisiensi baterai } 20\%$$

Ditanya :

Berapa lama (jam) baterai mampu *membbackup* perangkat *rainfall gauge*?

Jawab :

a. Menggunakan *charger controller MPPT*

$$I = P/V$$

$$I = 25 \text{ W}/13,33 \text{ V} = 1,87 \text{ Ampere}$$

$$\text{Waktu pemakaian} = \frac{\text{kapasitas baterai (Ah)}}{\text{Arus (A)}}$$

$$= \frac{28 \text{ Ah}}{1,87 \text{ A}}$$

$$= 14,97 \text{ jam} - \text{dieffisiensi Baterai } 20\% (2,99 \text{ jam})$$

$$= 14,97 \text{ jam} - 2,99 \text{ jam}$$

$$= 11,98 \text{ Jam (11 Jam, 58 Menit, 48 Detik)}$$

Diketahui:

$$P = 25 \text{ Watt (dari data lampiran)}$$

$$V = 12,23 \text{ V (charger controller Sharp model S7-850B)}$$

$$\text{Kapasitas baterai} = 28\text{Ah} - \text{dieffisiensi baterai } 20\%$$

Ditanya :

Berapa lama (jam) baterai mampu *membakup* perangkat *rainfall gauge*?

Jawab :

b. Menggunakan *charger controller Sharp model S7-850B*

$$I = P/V$$

$$I = 25 \text{ W}/12,23 \text{ V} = 2,04 \text{ Ampere}$$

$$\text{Waktu pemakaian} = \frac{\text{kapasitas baterai (Ah)}}{\text{Arus (A)}}$$

$$= \frac{28 \text{ Ah}}{2,04 \text{ A}}$$

$$= 13,72 \text{ jam} - \text{dieffisiensi Baterai } 20\% (2,74 \text{ jam})$$

$$= 13,72 \text{ jam} - 2,74 \text{ jam}$$

$$= 10,98 \text{ Jam (10 Jam, 58 Menit, 48 Detik)}$$

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan pembahasan pada halaman sebelumnya maka dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut :

1. Berdasarkan hasil perbandingan data percobaan yang dilakukan, *charger controller MPPT* dapat mengefisiensikan daya *output* panel surya 10-30% dibanding menggunakan *charger controller Sharp model S7-850B*.
2. Pengaruh kenaikan efisiensi daya panel surya menggunakan *charger controller MPPT* yaitu daya yang tersimpan pada baterai lebih besar serta menambah waktu pemakaian baterai ± 1 jam untuk *backup* beban listrik. *Charger controller MPPT* dapat membuat baterai lebih awet karena memiliki sistem proteksi untuk melindungi baterai dari tegangan berlebih $>16,0$ volt dan juga drop tegangan $<11,1$ volt dibanding *charger controller Sharp model S7-850B* yang tidak memiliki sistem proteksi untuk baterai.

5.2 Saran

Untuk pengembangan tugas akhir ini dapat di kaji lebih rinci lagi tentang efisiensi penggunaan *charger controller MPPT (Maximum Power Point Tracking)* dengan menambah sistem *tracking* mekanik pada panel surya supaya mengikuti arah matahari dari terbit hingga terbenam untuk mendapatkan hasil yang lebih baik dalam pemanfaatan sumber energi surya. Siapkan dana yang cukup karena penelitian ini memerlukan biaya yang lumayan.

Setelah penulis amati pada penelitian ini, ternyata apabila suhu panas pada solar cell naik maka arus yang dihasilkan akan kecil walaupun tegangan pada solar cell tersebut besar. Kondisi ini bisa memperkecil nilai efisiensi daya keluaran panel surya, sebaiknya kondisi seperti ini harus ditanggulangi dengan solusi yang dapat menurunkan suhu panel surya tersebut.

DAFTAR PUSTAKA

- Chenni, R., Makhlof, M., Kerbache, T., & Bouzid, A. (2007). A Detailed Modeling Method for Photovoltaic Cells. *Journal of Energy* , 32 (9), 1724-1730.
- Esrarn, T., & Chapman, P. L. (2007). Comparison of Photovoltaic Array Maximum Power Point Tracking Techniques. *Energy Conversion* , 22 (2), 439-449.
- Heri, J. (2012). Pengujian Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya Solar Cell Kapasitas 50wp. *Engineering* , 4 (1), 47-55.
- MB DJAUFANI, N. H. (2015). Perancangan dan Realisasi Kebutuhan Kapasitas Baterai untuk Beban Pompa Air 125 Watt Menggunakan Pembangkit Listrik Tenaga Surya. (M. Dr. Waluyo, Ed.) *Reka Elkomika* , 3, 75-86.
- Mei, Q., Shan, M., Liu, L., & Guerrero, J. M. (2011). A Novel Improved Variable Step-Size Incremental-Resistance MPPT Method for PV Systems. *Industrial Electronics, IEEE Transactions on* , 58 (6), 2427-2343.
- Nakayama, H. (1994). +1)2). 437 (1991), 1-19.
- Piegari, L., & Rizzo, R. (2010). Adaptive perturb and observe algorithm for photovoltaic maximum power point tracking. *Renewable Power Generation* , 4 (4), 317-328.
- Pucar, M. D., & A. R. (2002). The enhancement of energy gain of solar collectors and photovoltaic panels by the reflection of solar beams. *Energy* , 27 (3), 205-223.
- Soehardi. (2013). PLTS Sebagai Sumber Salah Satu Energi Alternarif. *Jurnal orang elektro* , 2 (3).
- Yi, K., & Fa, Y. L. (2009). The Perturbation and Observation Method Based on the P-V Rate of Curve Computational Intelligence and Software . *International Conference on* , 1-4.
- Younes, S., Claywell, R., & Muneer, T. (2005). Quality control of solar radiation data: Present status and proposed new approaches. *energy* , 30 (9), 1533-1549.
- Yuliananda, S., Sarya, G., & Hastijanti, R. R. (2015). Pengaruh Perubahan Intensitas Matahari Terhadap Daya Keluaran Panel Surya. *J Pengabdian LPPM Untag Surabaya* , 1, 193-202.

