

TUGAS AKHIR

IMPLEMENTASI TEKNOLOGI *MAXIMUM POWER POINT TRACKING* (MPPT) PADA SISTEM PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA MENGUNAKAN *ZETA CONVERTER*

*Diajukan Untuk Memenuhi Syarat Memperoleh
Gelar Sarjana Teknik Elektro Pada Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara*

Disusun Oleh:

RAHMAT RITONGA
1907220035



**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
MEDAN
2023**

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : Rahmat Ritonga

NPM : 1907220035

Program Studi : Teknik Elektro

Judul Skripsi : Implementasi Teknologi *Maximum Power Point Tracking* (MPPT) Pada Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya Menggunakan *Zeta Converter*.

Bidang Ilmu : Sistem Kendali

Telah berhasil dipertahankan dihadapan 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, 05 Oktober 2023

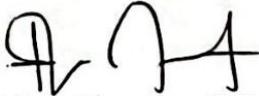
Mengetahu dan Menyetujui:

Dosen Pembimbing



Partaonan Harahap, S.T., M.T.

Dosen Penguji I



Elvy Sahnur Nasution, S.T., M.Pd.

Dosen Penguji II



Benny Oktrialdy, S.T., M.T.

Program Studi Teknik Elektro



Faisal Irsan Basaribu, S.T., M.T.

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama Lengkap : Rahmat Ritonga
Tempat/Tanggal Lahir : Negri Lama, 04 Desember 2000
Npm : 1907220035
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Elektro

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

“Implementasi Teknologi *Maximum Power Point Tracking* (MPPT) Pada Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya Menggunakan *Zeta Converter*”.

Bukan Merupakan Plagiarisme, Pencurian hasil karya orang lain, hasil kerja orang lain untuk kepentingan saya karena hubungan material maupun non material, ataupun segala kemungkinan lain yang hakekatnya bukan merupakan karya tulis Tugas Akhir saya secara Orisinil dan Otentik.

Bila Kemudian Hari diduga Kuat ada ketidak sesuaian antara Fakta dan 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 perbuat dengan kesadaran sendiri dan tidak atas tekanan atau paksaan dari pihak manapun demi menegakkan integritas akademik di Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, 05 Oktober 2023

Saya yang menyatakan,



Rahmat Ritonga

ABSTRAK

Sistem kendali MPPT akan mengatur produksi dan penyimpanan daya sistem PV memanfaatkan DC-DC boost converter. Boost Converter dikendalikan oleh sinyal Pulse Width Modulation (PWM) yang berasal dari duty cycle hasil operasi algoritme MPPT. MPPT merupakan sebuah alat yang berfungsi untuk menelusuri kekuatan maksimum yang dapat dihasilkan oleh panel surya serta mengontrol pengisian baterai. Untuk mengatasi kelemahan tersebut, dalam mengoptimalkan daya 3 keluaran dari PLTS, sistem pembangkit listrik tenaga surya perlu dilengkapi dengan MPPT yang menggunakan Zeta converter. Perancangan dan pembuatan alat zeta converter berhasil dilakukan dengan menggunakan mikrokontroler arduino untuk menaikkan tingkat efisiensi daya keluaran pada PLTS berhasil dilakukan dengan baik. Keluaran tegangan dan arus yang dihasilkan oleh MPPT dengan menggunakan zeta converter relatif efektif dan efisien dibuktikan dengan daya keluaran PLTS yang memiliki tingkat efisiensi yang stabil setiap pengambilan data, dan tingkat efisiensi yang dihasilkan juga relatif tinggi yaitu 92%. Perhitungan yang dilakukan adalah dengan cara mengambil data arus dan tegangan pada MPPT tanpa zeta converter dan dengan zeta converter yang telah dihitung melalui perhitungan duty cycle. Adapun nilai duty cycle yang dihasilkan adalah 0,26 atau 26% dan arus input maximal yang dihasilkan setelah perhitungan adalah 5,02 Ampere

Kata Kunci : PLTS, MPPT, Zeta Converter, Arduino

ABSTRACT

The MPPT control system will regulate the production and power storage of the PV system using the DC-DC boost converter. The Boost Converter is controlled by the Pulse Width Modulation (PWM) signal that comes from the duty cycle resulting from the operation of the MPPT algorithm. MPPT is a tool that functions to track the maximum power that can be generated by a solar panel as well as control battery charging. To overcome these weaknesses, in optimizing the 3 output power of the PLTS, the solar power generation system needs to be equipped with an MPPT that uses a Zeta converter. The design and manufacture of the zeta convertor tool was successfully carried out using an arduino microcontroller to increase the power efficiency level of the output on PLTS was well done. The voltage and current output generated by the MPPT using a zeta conversor was proven relatively effective and efficient with the outputs of the Zeta that have a stable level of efficiency of each data intake, and the efficiency rate generated is also relatively high, which is 92%. The calculation was done by taking the current and voltage data on MPPT without a zeta converter and with the zeta converter that has been calculated by duty cycle calculator. Whatever the cycle duty value produced is 0.26 or 26% and the maximum input current produced after the calculation is 5.02 Ampere.

Keywords: *PLTS, MPPT, Zeta Converter, Arduino*

KATA PENGANTAR

Dengan nama Allah Yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang. Segala puji dan syukur penulis ucapkan kehadirat Allah SWT yang mana telah memberikan karunianya dan nikmat yang tiada terkira. Salah satu nikmat tersebut ialah keberhasilan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini yang berjudul “Implementasi Teknologi *Maximum Power Point Tracking* (MPPT) Pada Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya Menggunakan *Zeta Converter*” sebagai syarat untuk meraih gelas Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara (UMSU), Medan.

Banyak pihak yang telah membantu dalam penyelesaian laporan tugas akhir ini, untuk itu penulis menghaturkan banyak terimakasih yang tulus kepada:

1. Ayahanda tercinta Bendel Ritonga, Ibunda tercinta Pia Diana Simamora dan Adinda tersayang Syahrul Ritonga, serta seluruh keluarga yang telah memberikan bantuan moril maupun material serta nasihat dan doanya untuk penulis demi selesainya Tugas Akhir ini.
2. Bapak Munawar Alfansury Siregar, S.T.,M.T., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah memberikan perhatian sehingga tugas sarjana ini dapat diselesaikan dengan baik.
3. Bapak Faisal Irsan Pasaribu, S.T.,M.T., selaku Ketua Program Studi Teknik Elektro UMSU yang telah memberikan bimbingannya, masukan dan bantuan sehingga tugas akhir sarjana ini dapat diselesaikan dengan baik.
4. Bapak Partaonan Harahap, S.T.,M.T., selaku Pembimbing dalam tugas akhir ini yang telah memberikan bimbingannya, masukan dan bantuan sehingga tugas akhir sarjana ini dapat terselesaikan dengan baik.
5. Seluruh Staff Tata Usaha, seluruh Dosen dan Kakanda Asisten Laboratorium Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, bang yoga, bang adam, bang irfan nofri, bang dwiki harfa, bang nurdiyansyah, yang telah banyak memberikan masukan dan bantuan sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan baik.
6. Kepada seluruh rekan-rekan Mahasiswa Seperjuangan di Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara terutama kelas A3 malam TE stambuk 2019. Terimakasih atas dukungan, bantuan dan motivasi dalam penyelesaian skripsi dan

kebersamaan selama ini.

Laporan Tugas Akhir ini tentunya masih jauh dari kata sempurna, untuk itu penulis berharap kritik dan masukannya yang sifatnya membangun untuk menjadi bahan pembelajaran berkesinambungan penulis dimasa depan. Semoga laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi pembaca dan penulis sendiri.

Medan, 05 Oktober 2023

Rahmat Ritonga

DAFTAR ISI

Contents

HALAMAN PENGESAHAN.....	i
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR ... Error! Bookmark not defined.	
ABSTRAK.....	iv
<i>ABSTRACT</i>	v
KATA PENGANTAR.....	vi
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR TABEL.....	ix
DAFTAR GAMBAR.....	x
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang Masalah.....	1
1.2. Rumusan Masalah.....	3
1.3. Tujuan Penelitian.....	3
1.4. Ruang Lingkup.....	3
1.5. Manfaat Penelitian.....	3
1.6. Sistematis Penulisan.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1. Tinjauan Pustaka Relevan.....	5
2.2. Landasan Teori.....	9
2.2.1 Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS).....	9
2.2.2 <i>Maximum Power Point Tracking</i> (MPPT).....	25
2.2.3 Macam – Macam Converter.....	27
2.2.4 Inverter.....	34
2.2.5 Baterai.....	35
2.2.6 <i>Mini Circuit Breaker</i> (MCB).....	37
2.2.7 Mikrokontroler.....	38
2.2.8 Arduino.....	43
BAB III METODE PENELITIAN.....	48
3.1. Waktu dan Tempat Penelitian.....	48
3.2. Alat dan Bahan.....	49
3.2.1 Alat.....	49

3.2.2 Bahan	49
3.3. Prosedur Penelitian	50
3.4. Analisis Kebutuhan Alat dan Sistem	52
3.5. Perancangan PLTS	52
3.6. Perancangan <i>Zeta Converter</i>	54
BAB 4 ANALISIS DAN PEMBAHASAN	55
4.1. Perancangan <i>Zeta Converter</i>	55
4.1.1. Proses Pembuatan MPPT Menggunakan <i>Zeta Converter</i>	56
4.2. Pengujian <i>Zeta Converter</i>	Error! Bookmark not defined.
4.2.1 Pengujian Keluaran MPPT	Error! Bookmark not defined.
4.2.2 Pengujian Keluaran MPPT dengan <i>Zeta Converter</i>	Error! Bookmark not defined.
4.3. Perbandingan Tanpa <i>Zeta Converter</i> dan Dengan <i>Zeta Converter</i>	Error! Bookmark not defined.
BAB 5 PENUTUP	60
5.1. Kesimpulan	60
5.2. Saran	60
DAFTAR PUSTAKA	61

DAFTAR TABEL

2.1 <i>Index Board Arduino</i>	44
3.1 Waktu Penelitian	48
4.1 Pengujian MPPT hari Ke-1	60
4.2 Pengujian MPPT hari Ke-2	61
4.3 Pengujian MPPT Hari Ke-3	62
4.4 Pengujian MPPT Hari Ke-4	63
4.5 Pengujian MPPT Hari Ke-5	64
4.6 Rata – Rata Hasil Pengujian.....	65
4.7 Perbandingan MPPT dengan Zeta Converter.....	66

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Proses Pengubahan Energi Matahari Menjadi Energi Listrik	7
Gambar 2.2 Solar Cell.....	11
Gambar 2.3 Sistem Instalasi Menggunakan PLTS	18
Gambar 2.4 PLTS Offgrid.....	19
Gambar 2.5 PLTS Ongrid.....	21
Gambar 2.6 Sistem Grid Connection	22
Gambar 2.7 Rangkaian Sistem Kendali MPPT	26
Gambar 2.8 Skema Rangkaian Zeta Converter.....	27
Gambar 2.9 Zeta Converter Siklus On.....	28
Gambar 2.10 Zeta Converter Siklus Off	29
Gambar 2.11 <i>Buck Converter</i>	29
Gambar 2.12 Pelacakan Konverter Buck.....	30
Gambar 2.13 Boost Converter.....	31
Gambar 2.14 Area Pelacakan Boost converter	32
Gambar 2.15 Buck-Boost Converter.....	32
Gambar 2.16 Landsman Converter	33
Gambar 2.17 Saat Saklar Off	34
Gambar 2.18 Inverter	35
Gambar 2.19 Baterai....	35
Gambar 2.20 <i>Mini Circuit Breaker (MCB)</i>	38
Gambar 2.21 Ruang Alamat Memori	40
Gambar 2.22 Skema Mikrokontroller	40
Gambar 2.23 Mikrokontroller	41
Gambar 2.24 Blok Diagram Mikrokontroller	43
Gambar 2.25 Arduino Uno.....	44
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian	51
Gambar 3.2 Blok Diagram Sistem PLTS.....	53
Gambar 3.3 Rangkaian <i>Zeta Converter</i>	54
Gambar 4.1 Rangkaian MPPT Menggunakan <i>Zeta Converter</i>	56
Gambar 4.2 Peletakan Arduino	57

Gambar 4.3 Perangkaian <i>Zeta Converter</i>	57
Gambar 4.4 Pemasangan Sensor	58
Gambar 4.5 Alat Kseluruhan.....	58
Gambar 4.6 Proses Input Program	59
Gambar 4.7 Grafik Perbandingan Daya Input Output Hari Ke-1	60
Gambar 4.8 Grafik Perbandingan Daya Input Output Hari Ke-2	61
Gambar 4.9 Grafik Perbandingan Daya Input Output Hari Ke-3	62
Gambar 4.10 Grafik Perbandingan Daya Input Output Hari Ke-4	64
Gambar 4.11 Grafik Perbandingan Daya Input Output Hari Ke-5	65
Gambar 4.12 Grafik Rata – Rata Daya Input dan Output eff.....	66
Gambar 4.13 Grafik Menggunakan <i>Zeta Converter</i>	67
Gambar 4.12 Grafik Perbandingan Eff Pengambilan Data	68

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Menurut (Partaonan, 2018) pemanfaatan energi surya mulai dikembangkan dengan dibuatnya pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) terutama di Indonesia yang merupakan daerah tropis dengan potensi penyinaran sepanjang tahun sebagai upaya pemenuhan kebutuhan listrik yang semakin meningkat. Sistem PLTS memiliki beberapa tahapan konversi energi hingga akhirnya dapat disalurkan dan digunakan untuk pemenuhan kebutuhan listrik, salah satu tahapan tersebut adalah pengkonversian energi dari bentuk DC (*Direct Current*) ke bentuk AC (*Alternating Current*) yang dilakukan oleh sebuah unit converter daya yang dikenal dengan nama inverter. Inverter tidak hanya digunakan pada PLTS namun juga banyak digunakan untuk mengkonversikan energi listrik DC dari sumber-sumber lain seperti generator DC, Aki ataupun dari sumber AC yang mengalami dua kali pengkonversian energi.

PLTS (Pembangkit Listrik Tenaga Surya) merupakan salah satu sumber energi terbarukan (*renewable energy*) yang banyak tersedia di Indonesia. Berdasarkan data dari Departemen ESDM, Indonesia mempunyai potensi energi surya sangat besar yakni sekitar 4.8 KWh/m² atau setara dengan 112.000 GWp (*Giga Watt Peak*), namun yang sudah dimanfaatkan baru sekitar 10 MWp (*Mega Watt Peak*). Saat ini pemerintah telah mengeluarkan roadmap pemanfaatan energi surya yang menargetkan kapasitas PLTS terpasang hingga tahun 2025 adalah sebesar 0.87 GW atau sekitar 50 MWp/tahun. Jumlah ini merupakan gambaran potensi pasar yang cukup besar dalam pengembangan energi surya di masa yang akan datang. Dari data potensi diatas, menunjukkan bahwa perlunya peningkatan kapasitas daya listrik terpasang dari PLTS. Sifat keluaran panel surya atau sering disebut *panel photovoltaic* (PV) berupa arus dan tegangan adalah non-linier yang sangat bergantung dari kondisi alam yaitu suhu sekitar dan radiasi yang diterima. Karakteristik PV yang non-linier menyebabkan kesulitan dalam pengoperasian untuk mendapatkan daya PV yang maksimum. Sistem PV merupakan salah satu alternatif energi terbarukan.

Daya sinar matahari yang diterima oleh bumi di luar atmosfer adalah sekitar 1300 watt/m².

Efisiensi konversi energi surya menjadi energi listrik melalui sel PV termasuk rendah, maksimal 20% pada sel PV komersial. Salah satu upaya untuk meningkatkan efisiensi konversi energi sel *photovoltaic* adalah dengan menggunakan metode *Maximum Power Point Tracking* (MPPT). MPPT adalah suatu metode/algorithm untuk menjejak (*track*) titik kerja sebuah sumber energi agar menghasilkan daya maksimum. Ada berbagai metode dan cara untuk mewujudkan kendali MPPT, antara lain dengan *perturb and observe*, *incremental conductance*, *constant voltage*, serta *parasitic capacitance*. Namun, sampai saat ini teknologi MPPT lebih banyak dibuat desain dan simulasinya saja, belum banyak yang mengimplementasikannya, bahkan sampai sekarang produk MPPT buatan Indonesia masih belum ada.

Untuk mendapatkan daya keluaran PV yang maksimum bisa menggunakan metode yang disebut *Maximum Power Point Tracking* (MPPT). Banyak metode dari MPPT ini yang telah diteliti dan dikembangkan seperti *Perturb & Observe* (P&O), *incremental conductance* dan *Fuzzy Logic Controller*. *Maximum Power Point Tracker* (MPPT) merupakan sebuah metode pelacakan daya yang bekerja dengan melacak titik daya keluaran tertinggi dari sistem PV. Sistem kendali MPPT akan mengatur produksi dan penyimpanan daya sistem PV memanfaatkan DC-DC *boost converter*.

Boost Converter dikendalikan oleh sinyal *Pulse Width Modulation* (PWM) yang berasal dari *duty cycle* hasil operasi algoritme MPPT. MPPT merupakan sebuah alat yang berfungsi untuk menelusuri kekuatan maksimum yang dapat dihasilkan oleh panel surya serta mengontrol pengisian baterai. MPPT adalah singkatan dari *Maximum Power Point Tracking* yang diartikan sebagai suatu sistem elektronik yang bekerja untuk melacak keberadaan titik daya maksimum yang diproduksi oleh panel surya. Salah satu faktor penghambat dari pemanfaatan energi surya menjadi energi listrik adalah ketidak-optimalan rancangan sistem pembangkitan listrik tenaga surya yang disebabkan oleh faktor cuaca di Indonesia relatif berubah dengan cepat, dibandingkan dengan daya yang diserap oleh pembangkit. Untuk mengatasi kelemahan tersebut, dalam mengoptimalkan daya

keluaran dari PLTS, sistem pembangkit listrik tenaga surya perlu dilengkapi dengan MPPT yang menggunakan *Zeta converter*.

1.2 Rumusan Masalah

Dari latar belakang di atas, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah :

1. Bagaimana perancangan alat MPPT menggunakan *Zeta Converter* pada PLTS?
2. Bagaimana perbandingan keluaran tegangan dan arus pada MPPT menggunakan *zeta converter* dan tanpa *zeta converter*?
3. Bagaimana perhitungan dari hasil pengukuran arus input maksimal terhadap efisiensi daya yang dihasilkan dan *duty cycle*?

1.3 Tujuan Penelitian

1. Untuk mengetahui perancangan alat MPPT menggunakan *Zeta Converter* pada PLTS.
2. Untuk menganalisis perbandingan keluaran tegangan dan arus pada MPPT menggunakan *zeta converter* dan tanpa *zeta converter*.
3. Untuk menganalisis perhitungan dari hasil pengukuran arus input maksimal terhadap efisiensi daya yang dihasilkan dan *duty cycle*.

1.4. Ruang Lingkup

Pada penelitian ini terdapat beberapa ruang lingkup penelitian yang diberikan yaitu:

1. Merancang alat *Maximum Power Point Tracking* (MPPT) pada daerah studi kasus menggunakan *Zeta Converter*.
2. Mengimplementasi alat *Maximum Power Point Tracking* (MPPT) menggunakan *Zeta Converter* pada daerah studi kasus.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini yaitu pengaplikasian teknologi *Maximum Power Point Tracking* (MPPT) untuk memaksimalkan keluaran (output) yang didapatkan

dari panel surya atau *solar cell* pada sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) dengan menggunakan alat *Zeta Converter*.

1.6 Sistematis Penulisan

Adapun sistematika penulisan tugas akhir ini diuraikan secara singkat sebagai berikut :

BAB I PENDAHULUAN

Pada bab ini menjelaskan tentang pendahuluan, latar belakang masalah, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, metode penelitian dan sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini menjelaskan tentang tinjauan pustaka relevan, yang mana berisikan tentang teori-teori penunjang keberhasilan didalam masalah pembuatan tugas akhir ini. Ada juga teori dasar yang berisikan tentang penjelasan dari dasar teori dan penjelasan komponen utama yang digunakan dalam penelitian ini.

BAB III METODE PENELITIAN

Pada bab ini menjelaskan tentang letak lokasi penelitian, fungsi-fungsi dari alat dan bahan penelitian, tahapan-tahapan yang dilakukan dalam pengerjaan, tata cara dalam pengujian, dan struktur dari langkah-langkah pengujian

BAB IV ANALISA DAN HASIL PENELITIAN

Pada bab ini menjelaskan tentang analisis hasil dari penelitian, serta penyelesaian masalah yang terdapat didalam penelitian ini.

BAB V PENUTUP

Pada bab ini menjelaskan tentang kesimpulan dari penelitian dan saran-saran positif untuk pengembangan penelitian ini.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Pustaka Relevan

Berdasarkan studi dari jurnal yang telah terpublikasi bahwasannya penelitian mengenai *Zeta Converter* memiliki kesamaan yang tidak terlalu signifikan yaitu dengan mengatur tegangan dan arus keluar yang sesuai dengan kebutuhan. Akan tetapi, beberapa penelitian tersebut memiliki metode-metode dengan sistem yang berbeda-beda. Hal tersebut akan berpengaruh pada jumlah pengisian baterai.

Pada penelitian Sunarno et al., (2017) dengan judul “*Desain Dan Implementasi Zeta Converter Dengan Metode MPPT P & O Pada Aplikasi Rumah Mandiri*”. Panel surya memiliki peranan penting di dalam menghasilkan energi listrik terbarukan. Panel surya ini berperan sebagai konversi energi cahaya matahari menjadi energi listrik. Panel surya dapat mensuplai kebutuhan listrik skala kecil, menengah dan besar. Dalam menghasilkan energi listrik ini panel surya mempunyai kelemahan yaitu daya keluaran yang dihasilkan tidak maksimal dan nilai efisiensi yang rendah. Di samping itu, daya keluaran pada panel surya fluktuatif karena dipengaruhi oleh tingkat iradiasi cahaya yang diterima pada permukaan panel surya. Banyak metode yang dapat digunakan untuk mengatasi kelemahan pada panel surya salah satunya dengan menggunakan metode *Maximum Power Point Tracking* (MPPT). Pada penelitian ini metode MPPT yang digunakan *Modified Perturb & Observe* untuk memaksimalkan keluaran daya panel surya dan mengurangi *ripple* output yang digunakan untuk pengaturan *duty cycle* sebagai penyuluhan *switching converter Zeta*. Adapun *converter Zeta* merupakan salah satu DC-DC converter yang memiliki peranan sebagai alat untuk menaikkan dan menurunkan tegangan di sisi output dengan *ripple* tegangan yang rendah. Metode MPPT *modified P & O* sebagai penjejak daya maksimum pada panel surya yang diterapkan pada *converter Zeta* menghasilkan daya maksimal 478.38 Watt (Sunarno et al., 2017).

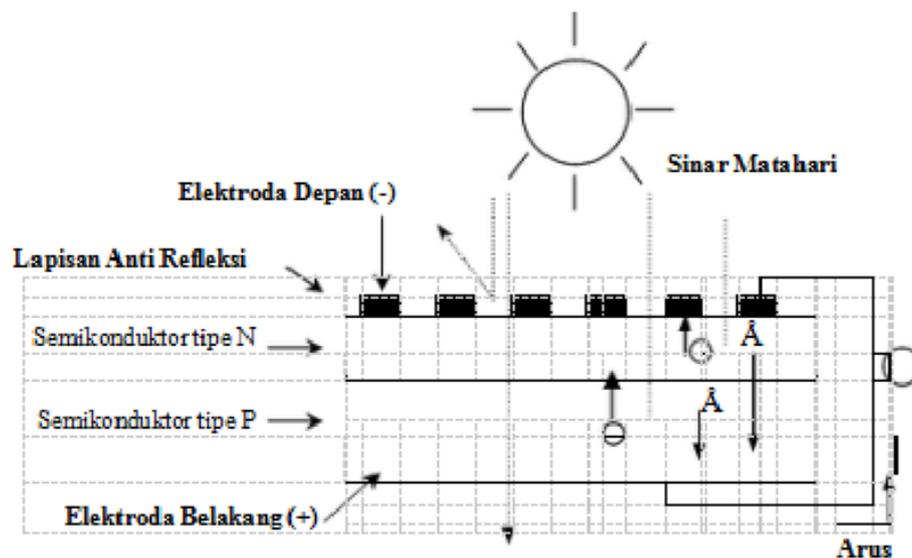
Dalam penelitian Zahra et al.,(2023) dengan judul “*Zeta Converter dengan MPPT P & O untuk Mendapatkan Daya Optimal Akibat Perubahan Arus dan Tegangan*”. Energi matahari adalah salah satu pilihan energi alternatif. Energi

matahari akan diubah menjadi energi listrik oleh panel surya, namun kondisi cuaca yang tidak menentu mengakibatkan adanya perubahan suhu dan intensitas cahaya, yang menyebabkan tegangan dan arus keluaran dari panel surya menjadi tidak stabil. Oleh karena itu, converter DC-DC diperlukan sebagai pengendali keluaran panel surya. Converter DC-DC memiliki banyak topologi, salah satunya adalah topologi Zeta dimana tegangan keluaran *converter Zeta* ditingkatkan lebih dari tegangan keluaran yang dihasilkan converter Boost. Pengendalian keluaran panel surya dilakukan menggunakan metode *Maximum Power Point Tracking* (MPPT) dengan algoritma *Perturb and Observe (P & O)* untuk mencari titik daya maksimum yang dihasilkan panel surya. Dari penggunaan *converter Zeta* dengan metode MPPT *P&O* pada panel surya didapatkan nilai titik daya maksimum pada tegangan sebesar 23,9V dengan arus adalah 1,4A dan menghasilkan daya masukan sebesar 33,46W, dimana titik daya maksimum panel surya tersebut merupakan nilai daya yang optimal panel surya. Dari daya masukan tersebut menghasilkan nilai daya (Zahra et al., 2003).

Pada penelitian Santoso et al., (2022) dengan judul "*Analisa Performa MPPT Algoritma Flower Pollination Alghorithm dan Perthurb and Obserbve Menggunakan Zeta Converter*". Indonesia merupakan negara tropis yang memiliki intensitas cahaya matahari yang cukup tinggi dibanding dari negara lain. Sehingga, Indonesia memiliki potensi yang tinggi dalam pemanfaatan energi alternatif berupa energi surya. Energi surya merupakan energi yang berkelanjutan yang dapat kita manfaatkan terus-menerus. Sehingga pemanfaatan energi surya cukup banyak dan salah satunya pemanfaatan untuk kelistrikan. Daya yang dihasilkan dari panel surya sangat dipengaruhi dari kondisi lingkungan dan cuaca. Sehingga untuk memaksimalkan daya keluaran pada panel surya maka digunakanlah MPPT (*Maximum Power Point Tracking*). Banyak sekali metode-metode yang digunakan untuk MPPT dan salah satunya adalah MPPT dengan metode *Flower Pollination Alghorithm*. Metode MPPT yang digunakan akan diterapkan pada *Zeta Converter* untuk mengatur daya yang dikeluarkan dari panel surya. Algoritma dari metode MPPT yang digunakan dibangun pada C-Code pada simulasi *software* PSIM. Dari hasil sistem yang dibangun menggunakan kedua metode MPPT tersebut, akurasi dan waktu tracking yang dihasilkan oleh metode MPPT FPA sebesar 99,97% dan

0,186 detik. Sedangkan metode MPPT *P&O* memiliki akurasi dan waktu *tracking* sebesar 99,88% dan 0,745 detik. Dari bentuk gelombang kedua metode tersebut, MPPT dengan metode *P&O* terdapat osilasi daya pada titik maksimum, sedangkan MPPT dengan metode *FPA* tidak terjadi osilasi. Dari hasil tersebut dapat diketahui keunggulan MPPT dengan metode *Flower Pollination Algorithm* memiliki respon waktu *tracking* yang cepat, akurasi yang tinggi dan tidak menghasilkan osilasi daya pada titik maksimum dibandingkan MPPT dengan metode konvensional seperti *P&O* (Santoso et al., 2022).

Seiring dengan perkembangan teknologi, kebutuhan listrik semakin meningkat. Dahulu, listrik diperoleh dari pengolahan bahan bakar fosil yang tergolong mudah habis. Sehingga para ilmuwan menemukan energi alternatif yang berupa panel surya. Panel surya adalah teknologi terbaru yang mengubah energi sinar matahari menjadi energi listrik. *Fotovoltaic* bukanlah sumber dari arus tetap atau sumber tegangan tetapi bisa juga diperkirakan sebagai generator arus dengan sumber tegangan yang berubah. Proses perubahan energi matahari menjadi energi listrik ditunjukkan dalam gambar 1.1.



Gambar 2. 1 Proses Perubahan Energi Matahari Menjadi Energi Listrik

(Putra & Yuhendri, 2020)

Energi listrik merupakan salah satu energi yang sangat penting dan dibutuhkan dalam kehidupan masyarakat. Kebutuhan akan energi membuat

sebagian perusahaan besar kewalahan akan sumber energi yang sampai saat ini masih bergantung dengan pembangkit listrik tenaga bahan bakar fosil. Energi listrik juga sangat diperlukan dalam beberapa sektor, yaitu rumah tangga, industri, bisnis, dan umum. Hal ini disebabkan energi listrik telah menjadi kebutuhan pokok bagi masyarakat karena hampir semua aktivitas berkaitan dengan energi listrik (Khair et al., 2021). Oleh karena itu, perlunya energi terbarukan. Energi terbarukan yang dimaksud adalah energi yang mudah didapatkan dan ramah lingkungan seperti halnya energi surya.

Pada saat sekarang ini pemanfaatan energi surya sebagai penghasil energi listrik merupakan salah satu teknologi yang harus dikembangkan di Indonesia. Disinilah peran kita sebagai generasi selanjutnya untuk mengembangkan energi baru terbarukan seperti Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS), Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) dan pembangkit lainnya. Pengembangan energi surya mencakup pemanfaatan PLTS di pedesaan dan perkotaan yang mendorong komersialisasi PLTS dengan memaksimalkan keterlibatan swasta, mengembangkan industri dalam negeri, mendorong terciptanya sistem dan pola pendanaan yang efisien dengan melibatkan dunia perbankan.

Sesuai dengan survei yang telah saya lakukan, saya melihat di daerah Kecamatan Percut Sei Tuan Kabupaten Deli Serdang terdapat salah satu usaha perternakan ayam kampung, yang mana peternakan ini masih menggunakan kandang dengan model tradisional. Dalam hal ini kita ketahui bahwasannya dengan perkembangan teknologi yang semakin pesat dan canggih, peternakan tersebut bisa menggunakan sumber energi listrik yang berasal dari PLTS dengan memaksimalkan output atau keluaran daya dari panel surya tersebut ke *accu* atau baterai. Namun, salah satu kendala yang dialami dalam menggunakan energi surya ini adalah besarnya energi surya tidak dapat dimaksimalkan secara baik dikarenakan daya keluaran dari panel surya bervariasi dan tidak maksimal. Oleh karena itu, perlunya mendapatkan daya keluaran yang optimal dari panel surya tersebut. Dengan ini kita harus menggunakan sistem yang dapat memaksimalkan daya keluaran yang dihasilkan oleh panel surya. Sistem kendali yang populer digunakan untuk memaksimalkan keluaran daya dalam sistem panel surya atau photovoltaic yaitu teknologi *Maximum Power Point Tracking* (MPPT) yang

nantinya akan diimplementasikan pada kandang peternakan ayam kampung dengan menggunakan sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS).

MPPT sendiri diartikan sebagai sebuah metode pelecakan daya yang bekerja dengan melacak titik daya keluaran tertinggi dari sistem PV. Selain itu, *Maximum Power Point Tracking* (MPPT) ialah salah satu cara untuk mendapatkan daya keluaran maksimum pada panel surya melalui pengaturan tegangan dan arus panel surya (Putra & Yuhendri, 2020). Sistem kendali MPPT akan mengatur produksi dan penyimpanan daya sistem PV memanfaatkan DC-DC *boost converter*. MPPT benar-benar sebuah sistem elektronik yang bisa menelusuri titik daya maksimum. Daya yang bisa dikeluarkan oleh sebuah panel sel surya. Keluaran dari sel surya dipengaruhi oleh cahaya matahari, diperlukan suatu algoritma untuk menemukan *Maximum Power Point* (MPP) dan menjaga titik kerja (Ridho et al., 2020).

Pengimplementasian teknologi *Maximum Power Point Tracking* (MPPT) ini akan dirancang melalui penggunaan *Zeta Converter*. *Zeta converter* adalah salah satu jenis dari converter buck-boost, yang memiliki kelebihan dengan polaritas yang sama/tidak terbalik. *Zeta Converter* ini dapat menaikkan dan menurunkan tegangan DC. Selain itu, melalui komponen *Zeta Converter* ini juga akan membuat tegangan menjadi stabil. Hal ini dikarenakan *Zeta Converter* merupakan rangkaian penyetabil tegangan. *Zeta Converter* akan bekerja ketika tegangan dari baterai terjadi penurunan, maka *Zeta Converter* ini akan menaikkan tegangan sesuai set value yang telah ditetapkan secara maksimal melalui MPPT (Nandiwardhana et al., 2016).

2.2 Landasan Teori

2.2.1 Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS)

PLTS di Indonesia kedepannya dipercaya memiliki potensi yang besar. Semakin banyak masyarakat yang ingin menggabungkan energi listrik konvensional seperti PLN dengan energi alternatif tenaga surya ini. Selain dimintai di skala perumahan, kedepannya PLTS ini akan banyak diminati oleh skala industri atau pabrik. Diprediksi di masa depan biaya listrik akan terus meningkat sehingga tagihan biayanya terus membengkak. Untuk penghematan biaya dan energi, PLTS akan banyak diaplikasikan untuk kebutuhan industri ataupun pabrik.

Menurut (Partaonan, 2019) Pembangkit Listrik Tenaga Listrik (PLTS) adalah perkembangan teknologi energi surya yang terjangkau, tidak habis, dan bersih akan memberikan keuntungan jangka panjang yang besar, pada saat ini sudah banyak yang memanfaatkan panel surya sebagai pembangkit listrik mandiri tanpa harus bergantung sepenuhnya pada PLN, setiap tahun kebutuhan akan energi listrik di dunia akan mengalami pertumbuhan.

Selanjutnya, menurut (Darma, 2017) pembangkit listrik tenaga surya yaitu mengubah cahaya matahari menjadi energi listrik. Cahaya matahari merupakan salah satu bentuk energi dari sumber daya alam. PLTS sering disebut juga dengan *solar cell* atau *solar photovoltaic* atau solar energi PLTS memanfaatkan cahaya matahari untuk menghasilkan listrik. Ditambahkan oleh (Pasaribu et al., 2021) pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) adalah sebuah pembangkit listrik yang memanfaatkan sinar matahari berupa radiasi sinar foton matahari yang kemudian akan dikonversikan menjadi energi listrik melalui sel surya (*photovoltaic*). Sel surya (*photovoltaic*) sendiri merupakan suatu lapisan tipis yang terbuat dari bahan semikonduktor silikon (Si) murni dan bahan semikonduktor lainnya. Sinar matahari yang dimanfaatkan oleh PLTS ini akan memproduksi listrik DC yang dapat dikonversi menjadi listrik AC apabila dibutuhkan. Dan PLTS ini akan tetap menghasilkan listrik meskipun cuaca mendung selama masih terdapat cahaya.

Sedangkan menurut (Nurjaman & Purnama, 2022) Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) adalah sebuah sistem yang digunakan untuk mengubah energi cahaya matahari menjadi energi listrik dengan menggunakan prinsip efek *photovoltaic*. *Photovoltaic* sendiri merupakan fenomena fisika yang terjadi pada permukaan sel surya (*solar cell*) ketika menerima cahaya matahari. Selanjutnya, cahaya yang diterima diubah menjadi energi listrik.

Menurut (Swastika et al., 2015) prinsip kerja dari PLTS adalah merubah energi panas matahari menjadi energi listrik dengan menggunakan *solar cell* /panel surya yang kemudian disimpan ke dalam baterai/accumulator. Ditambahkan oleh (Subandi & Suyanto, 2020) prinsip kerja dari panel surya adalah jika cahaya matahari mengenai panel surya, maka electron-elektron yang ada pada sel surya akan bergerak dari N ke P, sehingga pada terminal keluaran dari panel surya akan menghasilkan energi listrik.

Adapun keuntungan menggunakan PLTS di Indonesia adalah sebagai berikut:

1. Bebas polusi udara
2. Dapat ditempatkan di daerah terpencil
3. Umur pakainya panjang, kurang lebih 20 tahun
4. Tidak memerlukan sistem transmisi yang rumit
5. Perawatannya sangat mudah dan hampir tanpa biaya
6. Sumber energi tersedia sepanjang tahun dan gratis
7. Ramah lingkungan

Selain itu, terdapat juga kekurangan dalam menggunakan PLTS di Indonesia, adalah sebagai berikut :

1. Biaya/harga pengadaan awal PLTS mahal
2. Panel surya tidak menghasilkan listrik di malam hari. Oleh karena itu, teknologi ini memerlukan unit penyimpanan daya atau *accu*.

Solar cell atau biasa disebut dengan panel surya adalah alat yang terdiri dari sel surya yang mengubah cahaya menjadi listrik. Mereka disebut surya atau matahari atau “sol” karena matahari merupakan sumber cahaya yang dapat dimanfaatkan. Panel surya sering kali disebut sel photovoltaic, photovoltaic dapat diartikan sebagai “cahaya listrik”. Sel surya bergantung pada efek photovoltaic untuk menyerap energi (E.Yusmiati, 2014)



**Gambar 2.2. Solar Cell
(E.Yusmiati, 2014)**

Pada umumnya, panel surya merupakan sebuah hamparan semi konduktor yang dapat menyerap photon dari sinar matahari dan mengubahnya menjadi listrik. Sel surya tersebut dari potongan silikon yang sangat kecil dengan dilapisi bahan kimia khusus untuk membentuk dasar dari sel surya. Sel surya pada umumnya memiliki ketebalan minimum 0,3 mm yang terbuat dari irisan bahan semikonduktor dengan kutub positif dan negatif. Pada sel surya terdapat sambungan (*function*) antara dua lapisan tipis yang terbuat dari bahan semikonduktor yang masing - masing yang diketahui sebagai semikonduktor jenis “P” (positif) dan semikonduktor jenis “N” (Negatif). Silikon jenis P merupakan lapisan permukaan yang dibuat sangat tipis supaya cahaya matahari dapat menembus langsung mencapai junction. Bagian P ini diberi lapisan nikel yang berbentuk cincin, sebagai terminal keluaran positif . Dibawah bagian P terdapat bagian jenis N yang dilapisi dengan nikel juga sebagai terminal keluaran negative (E.Yusmiati, 2014)

Panel surya adalah suatu perangkat yang dapat mengubah energy cahaya menjadi energy listrik, prinsip yang diikuti adalah photovoltaic, adanya energy dari cahaya (foton) pada panjang gelombang tertentu akan mengeksitasi sebagian selektron pada suatu material ke pita energy , hal ini ditemukan oleh Alexandre Edmond Bacquerel (Belgia) Pada tahun 1894.

Ada dua pita energy yaitu konduksi dan valensi, kedua pita nergi ini berturut – turut dari yang berenergi lebih renda adalah pita valensi dan pita konduksi, sedangkan keadaan tanpa electron disebut dengan celah pita. Celah pita ini besarnya berbeda – beda untuk setiap material semikonduktor, tapi disyaratkan tidak melebihi 3 atau 4 Ev. (E.Yusmiati, 204)

Photovoltaic berasal dari bahasa Yunani, foto yang artinya cahaya dan voltaik yang artinya listrik. Dinamakan oleh fisikawan Italia yang bernama volta setelah satuan pengukuran volt yang ditetapkan. Istilah ini digunakan di negara Inggris sejak tahun 1849.Efek photovoltaic kedua kali dikenali pada tahun 1839 oleh fisikawan Perancis Alexandre-Edmond Becquerel. Akan tetapi, sel surya yang kedua dibuat baru pada tahun 1883 oleh Charles Fritts. (Gultom 2015).

Photovoltaic terdiri dari lapisan semikonduktor tipe-p yaitu bahan semikonduktor yang didalamnya terdapat hole sebagai pembawa muatan mayoritasnya dan lapisan semikonduktor tipe-n memiliki elektron sebagai

$$V = \left(\frac{e}{2 \Sigma o \Sigma r} \right) (NDdn^2 + NAdp^2) \dots \dots \dots (2.4)$$

Keterangan:

V = tegangan

e = besar muatan

ND dan NA = atom donor dan atom akseptor

dp dan dn = lapisan tipe-n dan tipe-p

Modul sel surya adalah sekumpulan modul yang saling dihubungkan secara seri, paralel atau kombinasi keduanya untuk memperoleh suatu nilai tegangan, arus, dan daya tertentu. Untuk menentukan kapasitas daya modul surya diambil berdasarkan harga minimum insolasi matahari. (Syukri and Kunci 2010) Jumlah modul yang dihubungkan paralel ditentukan oleh nilai tegangan yang dibutuhkan, sedangkan untuk menentukan nilai arus dilakukan pemasangan seri.

$$J_s = \frac{V_{INV}}{V_{MF}} \dots \dots \dots (2.5)$$

Keterangan:

J_s = jumlah seri modul PV

V_{INV} = tegangan masukan inverter (Volt)

V_{MF} = tegangan maksimum modul PV (Volt)

Sehingga tegangan modul sel surya (V_{GPV}) adalah:

$$V_{GPV} = J_s V_{MF} \dots \dots \dots (2.6)$$

Untuk memperoleh daya total sebesar P_{GPV}, maka dibutuhkan jumlah string, sebagai berikut:

$$I_p = \frac{P'_{GPV}}{V_{GV} I_{MF}} \dots \dots \dots (2.7)$$

Keterangan:

J_p = jumlah string modul PV

P'_{GPV} = daya modul sel surya (Watt)

V_{GPV} = tegangan modul sel surya (Volt)

I_{MF} = arus maksimum modul PV (ampere)

Sel Surya atau Solar Cell adalah suatu perangkat atau komponen yang dapat mengubah energi cahaya matahari menjadi energi listrik dengan menggunakan prinsip efek Photovoltaic. Yang dimaksud dengan Efek Photovoltaic adalah suatu fenomena dimana munculnya tegangan listrik karena adanya hubungan atau kontak dua elektroda yang dihubungkan dengan sistem padatan atau cairan saat mendapatkan energi cahaya. Oleh karena itu, Sel Surya atau Solar Cell sering disebut juga dengan Sel Photovoltaic (PV). Efek Photovoltaic ini ditemukan oleh Henri Becquerel pada tahun 1839. Arus listrik timbul karena adanya energi foton cahaya matahari yang diterimanya berhasil membebaskan elektron-elektron dalam sambungan semikonduktor tipe N dan tipe P untuk mengalir. Sama seperti Dioda Foto (Photodiode), Sel Surya atau Solar Cell ini juga memiliki kaki Positif dan kaki Negatif yang terhubung ke rangkaian atau perangkat yang memerlukan sumber listrik. Pada dasarnya, Sel Surya merupakan Dioda Foto (Photodiode) yang memiliki permukaan yang sangat besar. Permukaan luas Sel Surya tersebut menjadikan perangkat Sel Surya ini lebih sensitif terhadap cahaya yang masuk dan menghasilkan Tegangan dan Arus yang lebih kuat dari Dioda Foto pada umumnya. Contohnya, sebuah Sel Surya yang terbuat dari bahan semikonduktor silikon mampu menghasilkan tegangan setinggi 0,5V dan Arus setinggi 0,1A saat terkena (*expose*) cahaya matahari. Saat ini, telah banyak yang mengaplikasikan perangkat Sel Surya ini ke berbagai macam penggunaan. Mulai dari sumber listrik untuk Kalkulator, Mainan, pengisi 17 baterai hingga ke pembangkit listrik dan bahkan sebagai sumber listrik untuk menggerakkan satelit yang mengorbit bumi kita.

Sinar Matahari terdiri dari partikel sangat kecil yang disebut dengan Foton. Ketika terkena sinar Matahari, foton yang merupakan partikel sinar Matahari tersebut menghantam atom semikonduktor silikon Sel Surya sehingga menimbulkan energi yang cukup besar untuk memisahkan elektron dari struktur atomnya. Elektron yang terpisah dan bermuatan Negatif (-) tersebut akan bebas bergerak pada daerah pita konduksi dari material semikonduktor. Atom yang kehilangan elektron tersebut akan terjadi kekosongan pada strukturnya, kekosongan tersebut dinamakan dengan "*hole*" dengan muatan Positif (+). Daerah Semikonduktor dengan elektron bebas ini bersifat negatif dan bertindak sebagai

pendonor elektron, daerah semikonduktor ini disebut dengan semikonduktor tipe N (N-type). Sedangkan daerah semikonduktor dengan *hole* bersifat positif dan bertindak sebagai penerima (Acceptor)elektron yang dinamakan dengan Semikonduktor tipe P (*P-type*). Dipersimpangan daerah positif dan negatif (*PN Junction*), akan menimbulkan energi yang mendorong elektron dan hole untuk bergerak ke arah yang berlawanan. Elektron akan bergerak menjauhi daerah negatif sedangkan *hole* akan bergerak menjauhi daerah positif. Ketika diberikan sebuah beban berupa lampu maupun perangkat listrik lainnya di persimpangan positif dan negatif (*PN Junction*) ini, maka akan menimbulkan arus listrik.

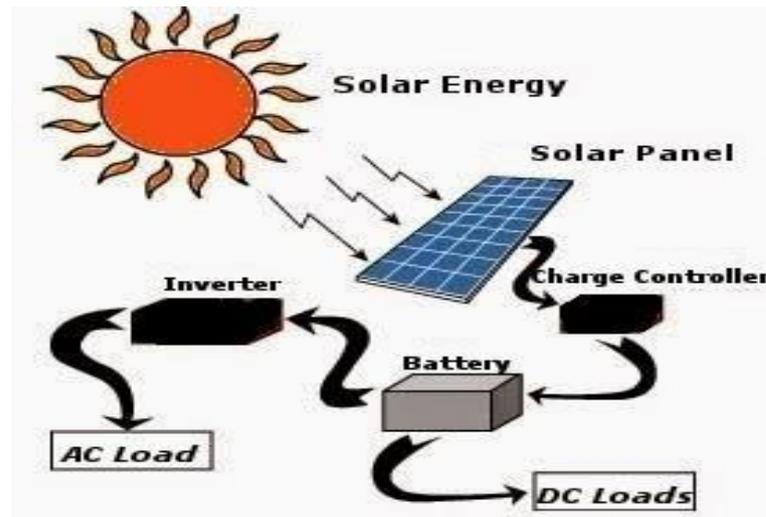
2.2.1.1. Cara Kerja PLTS

Pembangkit listrik tenaga surya konsepnya sederhana, yaitu mengubah cahaya matahari menjadi energi listrik. Cahaya matahari merupakan salah satu bentuk energi dari sumber daya alam. Sumber daya alam matahari ini sudah banyak digunakan untuk memasok daya listrik di satelit komunikasi melalui sel surya. Sel surya ini dapat menghasilkan energi listrik dalam jumlah yang tidak terbatas langsung diambil dari matahari, tanpa ada bagian yang berputar dan tidak memerlukan bahan bakar. Sehingga sistem sel surya sering dikatakan bersih dan ramah lingkungan. Bandingkan dengan sebuah generator listrik, ada bagian yang berputar dan memerlukan bahan bakar untuk dapat menghasilkan listrik. Suaranya bising, selain itu gas yang dihasilkan dapat menimbulkan efek gas rumah kaca (*green house gas*) yang pengaruhnya dapat merusak ekosistem planet bumi kita.

Sistem sel surya yang dapat digunakan di permukaan bumi terdiri dari panel sel surya, rangkaian kontroler pengisian (*charge controller*), dan aki (baterai) 12 volt yang *maintenance free*. Panel sel surya merupakan modul yang terdiri dari beberapa sel surya yang dihubungkan seri dan paralel tergantung ukuran dari kapasitas yang diperlukan. Rangkaian kontroler pengisian aki dalam sistem sel surya merupakan rangkaian elektronik yang mengatur proses pengisian akinya. Kontroler ini dapat mengatur tegangan aki dalam selang tegangan 12 volt. Bila tegangan turun sampai 10.8 volt berarti sisa tegangan pada aki 2.2 volt, maka kontroler akan mengisi aki dengan panel surya sebagai sumber dayanya. Tentu saja proses pengisian itu akan terjadi bila berlangsung pada saat ada cahaya matahari. Jika

penurunan tegangan terjadi pada malam hari, maka kontroler akan memutuskan pemasokan energi listrik. Setelah proses pengisian itu berlangsung selama beberapa jam, tegangan aki itu akan naik bila tegangan aki itu mencapai 12 volt, maka kontroler akan menghentikan proses pengisian aki itu. Rangkaian kontroler pengisian aki sebenarnya mudah untuk dirakit sendiri. Tapi, biasanya rangkaian kontroler ini sudah tersedia dipasaran. Memang harga kontroler itu cukup mahal kalau dibeli sebagai unit sendiri. Kebanyakan sistem sel surya itu hanya dijual dalam bentuk paket lengkap itu jelas lebih murah dibandingkan dengan bila merakit sendiri. Biasanya panel surya itu diletakkan dengan posisi lurus menghadap matahari. Padahal bumi itu bergerak mengelilingi matahari, agar dapat terserap secara maksimum sinar matahari itu harus diusahakan selalu jatuh tegak lurus pada permukaan panel surya.

Sebuah solar cells menghasilkan kurang lebih tegangan 0.5 Volt. Jadi sebuah panel surya 12 Volt terdiri dari kurang lebih 36 sel (untuk menghasilkan 17 Volt tegangan maksimum).(Diantari Aita Retno, Erlina 2018) Bahan sel surya sendiri terdiri dari kaca pelindung dan material *adhensive* transparan yang melindungi bahan sel surya dari keadaan lingkungan kemudian material anti-refleksi untuk menyerap lebih banyak cahaya dan mengurangi jumlah cahaya yang dipantulkan, semikonduktor P-type dan N-type (terbuat dari campuran silikon) untuk menghasilkan medan listrik, saluran awal dan saluran akhir (terbuat dari logam tipis) untuk mengirim elektron ke perabot listrik. Cara kerja sel surya sendiri sebenarnya identik dengan piranti semikonduktor dioda. Ketika cahaya bersentuhan dengan sel surya dan diserap oleh bahan semi-konduktor, terjadi pelepasan elektron. Apabila elektron tersebut bisa menempuh perjalanan menuju bahan semi-konduktor pada lapisan yang berbeda, terjadi perubahan sigma gaya-gaya pada bahan. Gaya tolakan antar bahan semi-konduktor, menyebabkan aliran medan magnet listrik. Dan menyebabkan elektron dapat disalurkan ke saluran awal dan akhir untuk digunakan pada perabot listrik



Gambar 2. 3 Sistem Instalasi Menggunakan PLTS
(Stefanie and Bangsa 2021)

Sinar Matahari terdiri dari partikel sangat kecil yang disebut dengan Foton. Ketika terkena sinar Matahari, Foton yang merupakan partikel sinar Matahari tersebut menghantam atom semikonduktor silikon Sel Surya sehingga menimbulkan energi yang cukup besar untuk memisahkan elektron dari strukturnya. Elektron yang terpisah dan bermuatan Negatif (-) tersebut akan bebas bergerak pada daerah pita konduksi dari material semikonduktor. Atom yang kehilangan Elektron tersebut akan terjadi kekosongan pada strukturnya, kekosongan tersebut dinamakan dengan “hole” dengan muatan Positif (+). (Stefanie and Bangsa 2021)

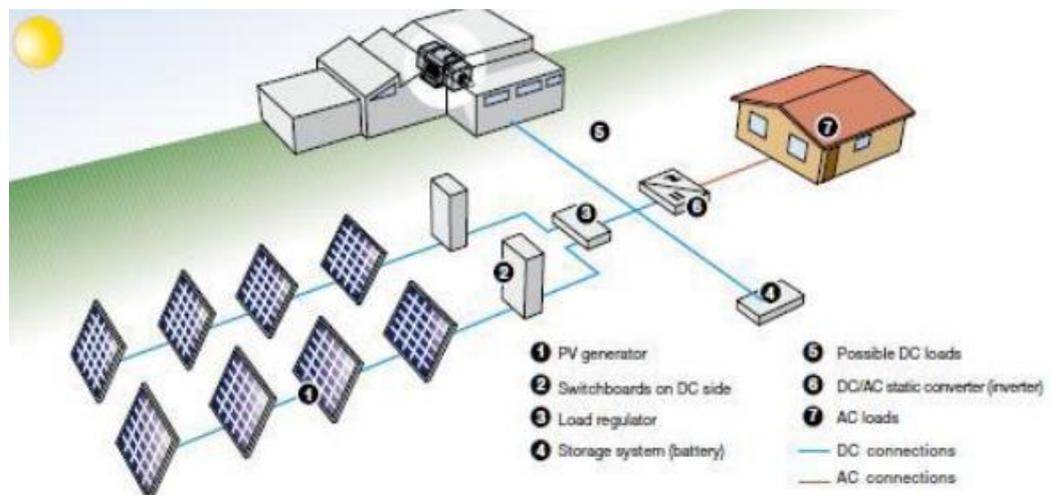
Prinsip kerja dari panel surya adalah jika cahaya matahari mengenai panel surya, maka elektron-elektron yang ada pada sel surya akan bergerak dari N ke P, sehingga pada terminal keluaran dari panel surya akan menghasilkan energi listrik. Besarnya energi listrik yang dihasilkan oleh panel surya berbeda-beda 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 dengan jumlah sel surya yang dipasang didalam panel surya dan banyaknya sinar matahari yang menyinari panel surya tersebut. (Ramadhan, Diniardi, and Mukti 2016).

Daerah Semikonduktor dengan elektron bebas ini bersifat negatif dan bertindak sebagai pendonor elektron, daerah semikonduktor ini disebut dengan semikonduktor tipe N (N-type). Sedangkan daerah semikonduktor dengan hole bersifat positif dan bertindak sebagai penerima (*Acceptor*) elektron yang dinamakan

dengan Semikonduktor tipe P (P-type). Di persimpangan daerah positif dan negatif (PN Junction), akan menimbulkan energi yang mendorong elektron dan hole untuk bergerak ke arah yang berlawanan. Elektron akan bergerak menjauhi daerah negatif sedangkan hole akan bergerak menjauhi daerah positif. Ketika diberikan sebuah beban berupa lampu maupun perangkat listrik lainnya dipersimpangan positif dan negatif (PN Junction) ini, maka akan menimbulkan arus listrik.

A. PLTS Terpusat (*Offgrid*)

Stand alone PV system atau Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya Terpusat (PLTS Terpusat) merupakan sistem pembangkit listrik alternatif untuk daerah-daerah terpencil/pedesaan yang tidak terjangkau oleh jaringan PLN. Sistem PLTS terpusat disebut juga Stand Alone PV System yaitu sistem pembangkit yang hanya mengandalkan energi matahari sebagai satu-satunya sumber energi utama dengan menggunakan rangkaian photovoltaic module untuk menghasilkan energi listrik sesuai kebutuhan. Secara umum konfigurasi PLTS sistem terpusat dapat dilihat seperti gambar



Gambar 2.4 PLTS *Offgrid*

Prinsip kerja PLTS sistem terpusat dapat diuraikan sebagai berikut:

1. Sumber energi listrik yang dihasilkan oleh modul surya (PV) pada siang hari akan disimpan dalam baterai. Proses pengisian energi listrik dari PV ke baterai diatur oleh Solar Charge Controller agar tidak terjadi over charge. Besar energi yang dihasilkan oleh PV sangat tergantung kepada

intensitas penyinaran matahari yang diterima oleh PV dan efisiensi cell. Intensitas matahari maksimum mencapai 1000 W/m^2 , dengan efisiensi cell 14% maka daya yang dapat dihasilkan oleh PV adalah sebesar 140 W/m^2 .

2. Selanjutnya energi yang tersimpan dalam baterai digunakan untuk menyuplai beban melalui inverter saat dibutuhkan. Inverter mengubah tegangan DC pada sisi baterai menjadi tegangan AC pada sisi beban

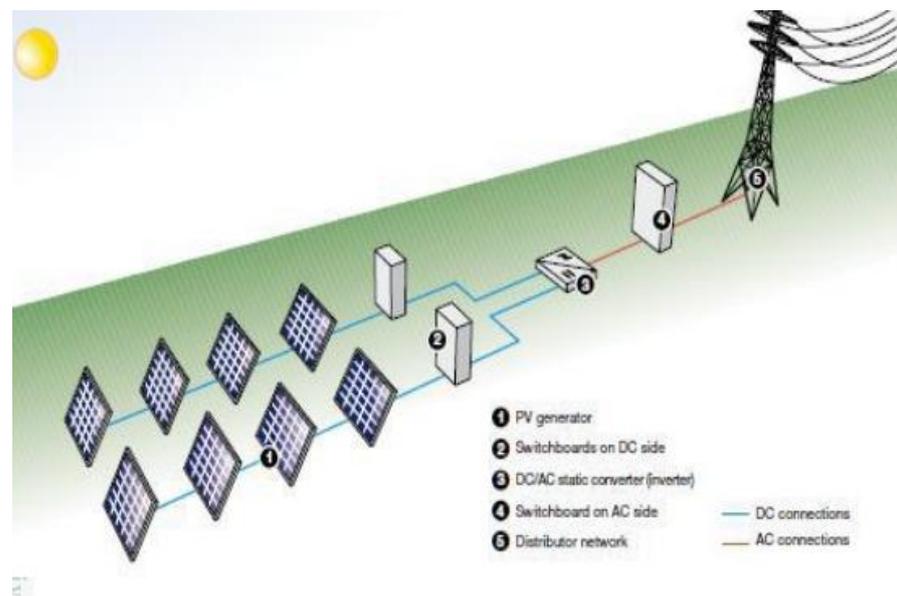
B. PLTS Terinterkoneksi (*Ongrid*)

Grid Connected PV System atau PLTS terinterkoneksi merupakan solusi Green Energi bagi penduduk perkotaan baik perumahan ataupun perkantoran. Sistem ini menggunakan modul surya (*photovoltaic module*) untuk menghasilkan listrik yang ramah lingkungan dan bebas emisi. Dengan adanya sistem ini akan mengurangi tagihan listrik rumah tangga, dan memberikan nilai tambah pada pemiliknya. Sesuai namanya, grid connected PV, maka sistem ini akan tetap berhubungan dengan jaringan PLN dengan mengoptimalkan pemanfaatan energi PV untuk menghasilkan energi listrik semaksimal mungkin (ABB, 2010). Berdasarkan pola operasi sistem tenaga listrik ini dibagi menjadi dua yaitu, sistem dengan penyimpanan (*storage*) atau disebut Grid-connected PV with a battery back up, menggunakan baterai sebagai cadangan dan penyimpanan tenaga listrik dan tanpa baterai atau disebut *Grid-connected PV without a battery back up*. Baterai pada PLTS *On-grid* berfungsi sebagai suplai tenaga listrik untuk beban listrik apabila jaringan mengalami kegagalan untuk periode tertentu dan sebagai suplai tenaga listrik ke jaringan listrik negara (PLN) apabila ada kelebihan daya listrik (*exces power*) yang dibangkitkan PLTS. Berdasarkan aplikasinya sistem ini dibagi menjadi dua yaitu, *Grid-connected distributed PV* dan *Grid-connected centralized PV*. Prinsip kerja PLTS sistem on-grid dapat diuraikan sebagai berikut:

1. Pada siang hari, modul surya yang terpasang akan mengkonversi sinar matahari menjadi energi listrik arus searah (DC). Selanjutnya sebuah komponen yang II-6 disebut grid inverter merubah listrik arus DC tersebut dari PV menjadi listrik arus bolak-balik (AC) yang kemudian

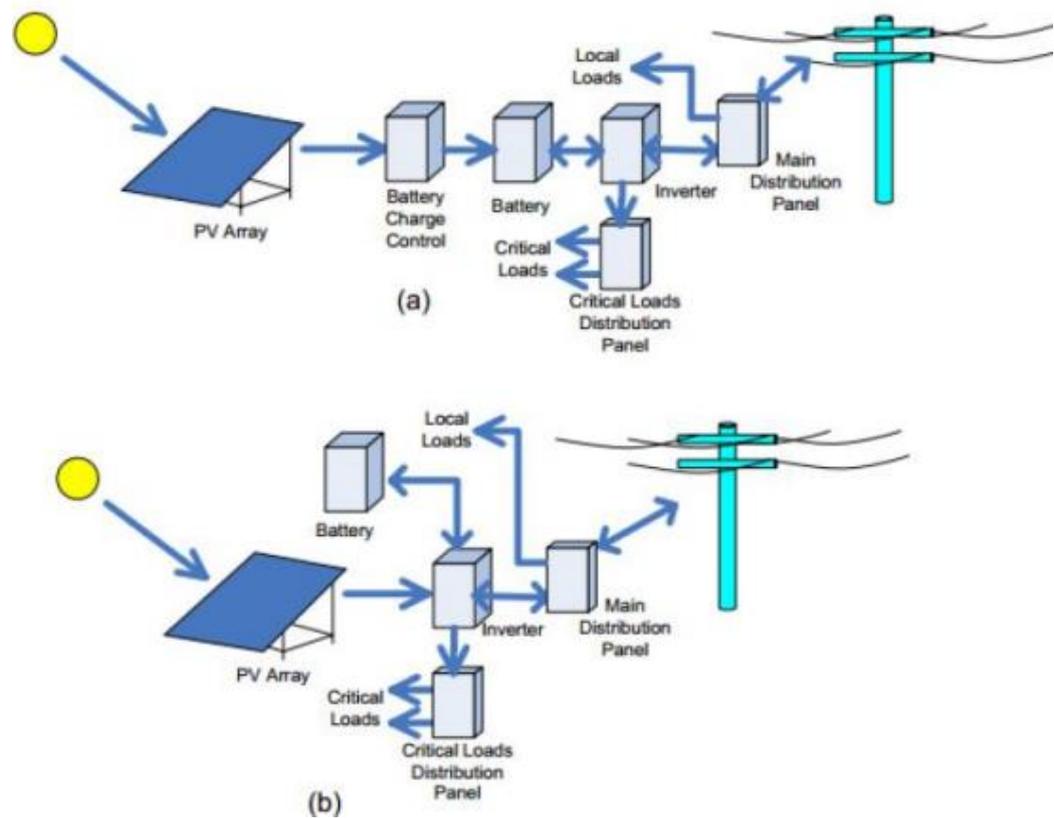
dapat digunakan untuk mensuplai berbagai peralatan rumah tangga. Jadi pada siang hari, kebutuhan energi listrik berbagai peralatan disuplai langsung oleh modul surya. Jika pada kondisi ini terdapat kelebihan energi dari PV maka kelebihan energi ini dapat dijual ke PLN sesuai kebijakan.

2. Pada malam hari atau jika kondisi cuaca mendung maka peralatan akan disuplai oleh jaringan PLN. Hal ini dimungkinkan karena sistem ini tetap terkoneksi dengan jaringan PLN.

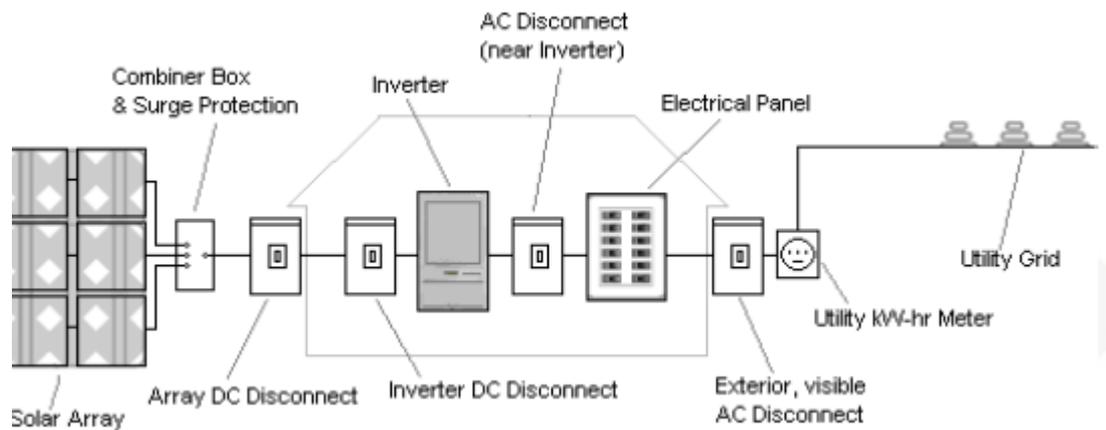


Gambar 2.5 PLTS *On Grid*

Selain itu sistem PLTS *on-grid* ini dapat menggunakan baterai sebagai cadangan atau backup energi. Sistem ini disebut sebagai *grid connected PV system with battery backup*. Sistem ini berfungsi sebagai backup energi listrik untuk menjaga kontinuitas operasional peralatan-peralatan elektronik. Jika suatu saat terjadi kegagalan pada suplai listrik PLN (pemadaman listrik) maka peralatan-peralatan elektronik dapat beroperasi secara normal dalam jangka waktu tertentu tanpa adanya gangguan.



Gambar 2.6 Sistem PLTS *Grid Connection*



Gambar 2.9 Konfigurasi Grid Sistem

Dengan baterai back-up memiliki keunggulan dalam pemenuhan kebutuhan listrik. Namun, menambahkan baterai ke sistem dilengkapi dengan beberapa kelemahan yang harus di pertimbangkan terhadap keuntungannya. Kerugian ini antara lain:

- a) Batrai mengkonsumsi energi selama pengisian dan pemakaian,

mengurangi

- b) Efisiensi dan output dari sistem PV sekitar 10 persen untuk baterai timbalasam.
- c) Baterai meningkatkan kompleksitas sistem. Kedua biaya pertama dan instalasi
- d) Biaya meningkat.
- e) Kebanyakan baterai biaya yang lebih rendah membutuhkan perawatan.
- f) Baterai biasanya akan perlu diganti sebelum bagian lain dari sistem dan di biaya yang cukup besar

2.2.1.2. Jenis – Jenis Panel Surya

Jenis panel surya dikelompokan berdasarkan material sel surya yang menyusunnya. Terdapat perbedaan jenis – jenis panel surya yang dapat dimanfaatkan oleh masyarakat. Secara umum ada tiga jenis panel surya yang dapat dengan mudah ditemukan dipasaran saat ini, yaitu :

1. *Crystalline Silicon (c-Si)*

Panel surya jenis ini memanfaatkan material silicon sebagai bahan utama penyusun sel surya. Tipe crystalline merupakan generasi pertama dari sel surya dan memiliki 3 jenis panel utama. Tipe panel surya ini mendominasi pasar dan banyak digunakan untuk PLTS didunia saat ini. Tipe panel ini yaitu :

a. *Monocrystalline Silicon (Mono-SI)*

Panel Surya jenis ini menggunakan sel surya jenis crystalline tunggal dan memiliki efisiensi paling tinggi dikelasnya. Secara fisik, panel surya Monocrystalline dapat diketahui dari warna sel hitam gelap dengan model terpotong pada tiap sudutnya.

b. *Multicrystalline Silicone (Multi-SI)*

Panel surya jenis ini menggunakan sel surya jenis multi crystalline, atau dikenal dengan polysilicon (p-Si) dan multi-crystalline silicon (mc-Si). Secara fisik ,panel surya ini dapat diketahui dari warna sel yang cenderung biru dengan bentuk persegi.

c. *Ribbon Silicon (Ribbon-SI)*

String Ribbon solar panels merupakan salah satu panel surya yang menggunakan sel surya polycrystalline, namun menggunakan proses yang berbeda. Jenis panel surya ini tidak memiliki pasar yang cukup baik, terutama setelah produsen terbesarnya mengalami kebangkrutan.

2. *Thin-film solar cell*

Panel surya thin film menggunakan banyak lapisan material sebagai bahan material penyusun. Panel surya ini merupakan panel generasi kedua. Ketebalan materialnya mula dari nanometers (nm) hingga micrometers. Beberapa tipe panel surya thin film yang ada dipasaran berdasarkan material penyusunnya, yaitu :

a. *Cadmium telluride (CDTE)*

Panel surya CdTe merupakan jenis panel surya yang memiliki tingkat efisiensi paling baik dikelasnya, yaitu 9-11%. First solar berhasil mengembangkan panel surya dengan efisiensi pada 14.4%.

b. *Copper Indium Gallium Diselenide (CIGS)*

Panel surya dari bahan material CIGS ini memiliki efisiensi 10-12% dengan efisiensi tertinggi yang pernah diproduksi dalam skala lab adalah 21.7%.

c. *Amorphous Thin-film Silicon (A-SI, TF-SI)*

Panel surya ini memiliki efisiensi terendah yaitu 6-8% dan mengandung bahan tidak aman dalam materialnya. Ada beberapa tipe panel amorphous yaitu :

- *Amorphous Silicon Cells*
- *Tandem-cell using a-Si/ uc-Si*
- *Tandem-cell using a-Si/ pc-Si*
- *Polycrystalline silicon on glass*

d. *Gallium Arsenide (GAAS)*

Tipe panel dengan sel GaAs memiliki harga yang cukup mahal, dan hanya digunakan untuk industri tertentu dan luar angkasa. Rekor efisiensi tertinggi pada panel ini adalah 28.8%.

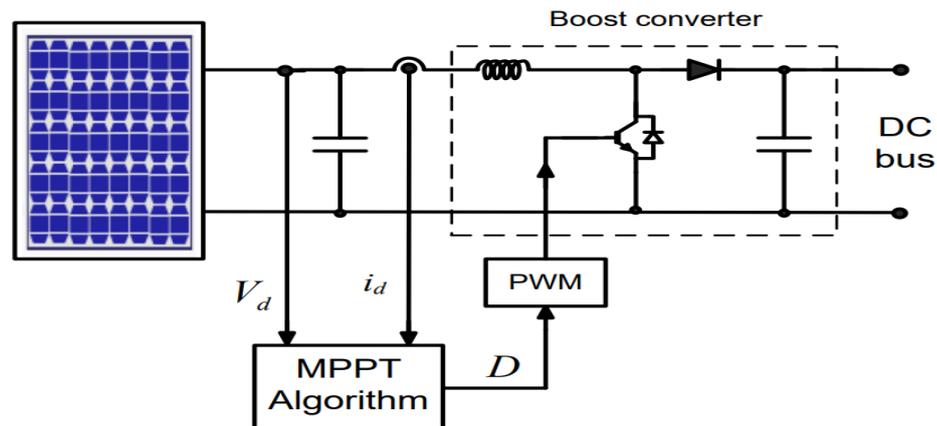
3. Material Lainnya

Panel surya pada generasi ketika tersusun atas lebih banyak variasi material untuk masing – masing panel surya. Beberapa diantara jenis – jenis panel surya tersebut adalah :

- *Copper zinc tin sulfide solar cell (CZTS)*
- *Dye-sensitized solar cell*
- *Organic Solar cell*
- *Perovskite solar cell*
- *Polymer solar cell*
- *Quantum dot solar cell*
- *Building-Integrated Photovoltaics (BIPV)*

2.2.2 Maximum Power Point Tracking (MPPT)

Menurut (Sangaji & Rijanto, 2018) *Maximum Power Point Tracking (MPPT)* adalah PV yang mempunyai karakteristik kurva V-I yang tidak linier dan mempunyai daya maksimum pada titik tertentu dengan koordinat V_{mpp} dan I_{mpp} . Ditambahkan oleh (Haq et al., 2021) *Maximum Power Point Tracking (MPPT)* merupakan metode yang memiliki fungsi meningkatkan efisiensi daya keluaran PV sehingga bisa mengatur energi keluaran pada daya maksimal. Keluaran panel surya terdapat *Maximum Power Point Tracking (MPPT)* yang mana menghasilkan listrik dengan efisiensi tertinggi untuk melacak titik tersebut diperlukan metode pelacakan berupa *Maximum Power Point Tracking (MPPT)*. Perhatikan gambar dibawah ini yang merupakan skema rangkaian sistem kendali MPPT.



Gambar 2.7 Rangkaian Sistem Kendali MPPT

(Putra & Yuhendri, 2020)

Adapun menurut (Otong & Bajuri, 2016) MPPT adalah suatu metode yang digunakan untuk mengoptimalkan daya keluaran dari berbagai pembangkit listrik. Sedangkan menurut (Wirsumana et al., 2022) *Maximum Power Point Tracking* (MPPT) adalah sebuah metode yang digunakan untuk mendapatkan nilai tegangan dan arus yang optimal sehingga didapat daya keluaran yang maksimal dari suatu panel surya. Daya keluaran yang maksimal ini akan menghasilkan rasio daya yang tinggi dan mengurangi rugi-rugi pada panel surya. MPPT memerlukan dua komponen pendukung dalam pengoperasiannya yaitu arus input (I) dan tegangan input (V).

Menurut (Widyantoro et al., 2019) MPPT berfungsi untuk menstabilkan daya keluaran panel surya agar panel *photovoltaic* dapat mengisi baterai dengan daya maksimal. Selain itu, menurut (Susilo et al., 2022) *Maximum Power Point Tracking* (MPPT) juga memiliki fungsi dalam meningkatkan efisiensi daya keluaran PV sehingga bisa mengatur energi keluaran pada daya maksimal. Sejalan dengan hal itu, menurut (Fuad et al., 2022) MPPT mempunyai fungsi untuk menelusuri atau melacak daya yang dihasilkan PV agar selalu berada di titik maksimum dalam kondisi suhu dan iradiasi lingkungan yang selalu berubah.

Prinsip kerja utama MPPT adalah melacak daya maksimum yang tersedia dan menjaga panel surya beroperasi pada titik daya maksimum (Haqq et al., 2021).

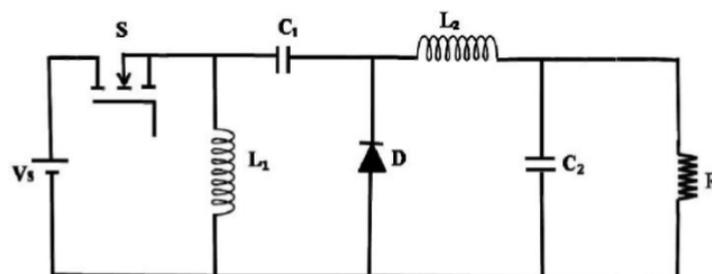
Sedangkan menurut (Sutedjo et al., 2022) prinsip kerja dari MPPT adalah dengan mengubah titik operasi pada kurva karakteristik I-V dari modul panel surya dengan menaikkan dan menurunkan tegangan kerja modul *photovoltaic*, sehingga dapat bekerja pada titik operasi optimal pada kurval karakteristik I-V.

2.2.3 Macam – Macam Converter

2.2.3.1 Zeta Converter

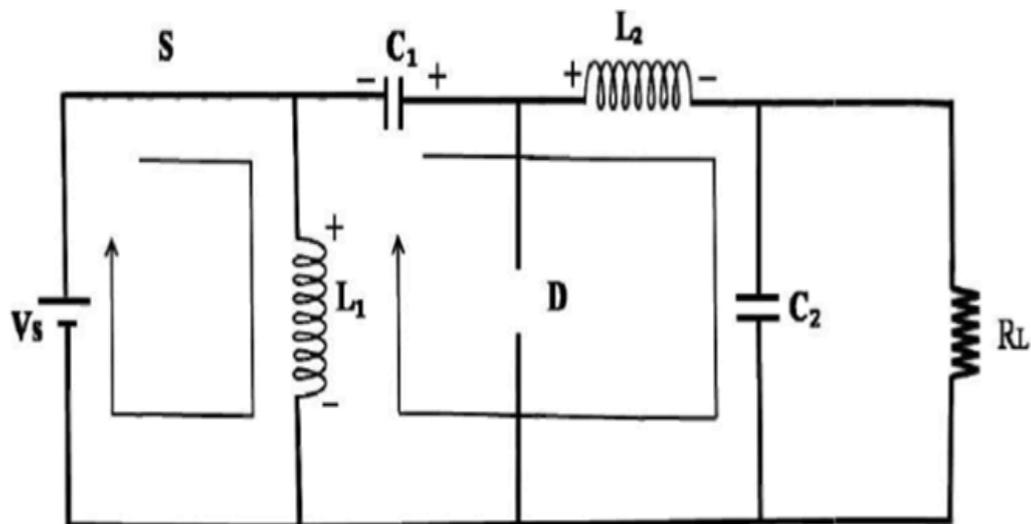
Menurut (Sunarno et al., 2017) *Zeta Converter* merupakan pengembangan dari converter buck-boost dengan menghasilkan *ripple* tegangan keluaran yang rendah dan polaritas yang sama dengan polaritas tegangan masukan pada converter. Sejalan dengan hal itu, menurut (Nandiwardhana et al., 2016) *Zeta Converter* merupakan converter DC-DC orde keempat. Converter ini dapat menaikkan dan menurunkan tegangan tanpa mengubah polaritas output converter. *Zeta converter* merupakan salah satu jenis dari converter buck-boost, akan tetapi memiliki kelebihan yaitu karena memiliki polaritas output yang tidak terbalik. Pada converter ini terdapat dua siklus yaitu mode saklar ON dan OFF dimana akan didapat persamaan *duty cycle* serta persamaan nilai komponen tiap converter berdasarkan analisa rangkaian hukum Kirchhoff. Sedangkan (Pradipta et al., 2016) *Zeta Converter* merupakan salah satu topologi converter DC-DC yang digunakan untuk penaik dan penurun tegangan DC.

Induktor dan kapasitor pada converter ini memiliki efek yang besar terhadap efisiensi converter dan *ripple* tegangan yang dihasilkan. Converter ini mentransfer energi antara induktansi dan kapasitansinya untuk mengubah dari besaran energi tegangan ke besaran energi lainnya. Proses transfer energi tersebut dikontrol oleh sebuah *divais switching* S (MOSFET). Adapun skema dari *Zeta Converter* terlihat pada gambar 2.2 dibawah ini.



Gambar 2.8 Skema Rangkaian Zeta Converter

Rangkaian *Zeta Converter* ini dibagi menjadi dua siklus. Siklus yang pertama adalah saat saklar dalam kondisi ON seperti yang dijelaskan pada gambar 2.3. Pada kondisi ini dioda menjadi OFF, sehingga terjadi kondisi open circuit pada dioda dan *short circuit* pada saklar. Inductor L_1 dan L_2 berada dalam kondisi *charging*, dimana arus inductor i_{L1} dan i_{L2} akan meningkat secara linier. Kapasitor C_1 akan mengalami *discharging* dan energi tersebut akan menyuplai inductor L_2 dan V_o .



Gambar 2.9 Zeta Converter Siklus ON

Dengan menggunakan persamaan hukum Kirchhoff, didapatkan persamaan pada saat siklus ON:

$$V_{in} = V_{L1\ ON}$$

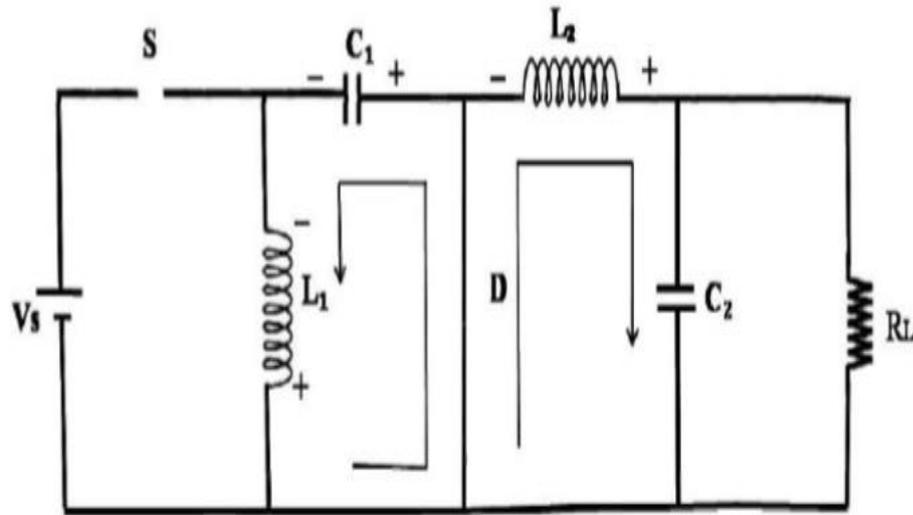
$$V_{CD} = V_o$$

$$-V_{L1\ ON} - V_{C1} + V_{L2\ ON} + V_{cd} = 0$$

$$V_{L2\ ON} = V_{in} + V_{C1} - V_o$$

Pada siklus kedua yaitu saat saklar OFF. Pada saat saklar OFF, maka dioda menjadi ON. Pada kondisi ini saklar menjadi *open circuit* dan diode menjadi *short circuit* seperti yang dijelaskan pada gambar 2.4. inductor L_1 yang sebelumnya telah mengalami fase *charging*, akan mengalami proses *discharging*. Induktor L_2 berada

pada proses *discharging* pula. Pada kondisi ini, kapasitor C_1 mengalami *charging* akibat adanya arus yang disuplai oleh inductor L_1 .



Gambar 2.10 Zeta Converter Siklus OFF

Dengan menggunakan persamaan hukum Kirchhoff, didapatkan persamaan pada saat siklus OFF.

$$V_{Li\ OFF} = -V_{C1}$$

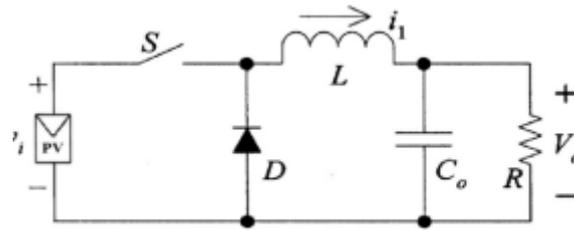
$$V_{cd} = V_O$$

$$V_{Lo\ OFF} = -V_O$$

$$V_{Lo\ OFF} + V_{cd} = 0$$

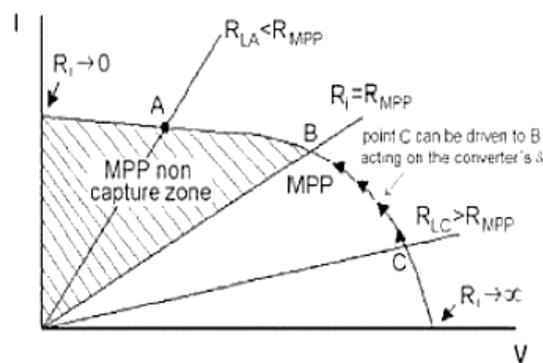
2.2.3.2 Buck Converter

Konverter buck merupakan jenis konverter DC-DC yang tegangan output lebih rendah dari tegangan input. Karena tegangan output kurang dari tegangan input maka buck konverter disebut juga step down converter. Topologi ini digunakan untuk mengisi daya baterai atau beban daya yang terhubung ke modul PV dengan tingkat voltase lebih tinggi. Skema topologi konverter buck ditunjukkan pada gambar :



Gambar 2.11 Buck Converter

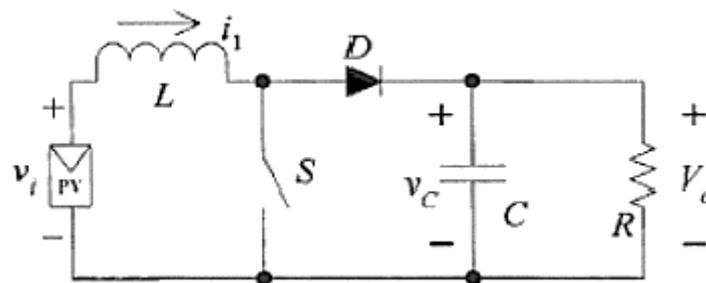
Bila sakelar konverter dinyalakan, maka dioda mengalami bias balik dan berhenti mengalirkan arus dan kemudian induktor langsung menyimpan energi. Selama periode ini, arus induktor naik dari nilai minimum ke maksimum. Bila sakelar dimatikan, maka energi yang tersimpan dalam induktor akan ditransfer ke kapasitor dan dimuat melalui freewheeling diode. Selama periode ini, arus induktor jatuh dari nilai maksimum ke minimum. Impedansi sisi input dilambangkan R_i dan impedansi beban dilambangkan dengan R . Dengan memvariasikan siklus duty cycle, impedansi masukan konverter dapat bervariasi dan akan sesuai dengan ketahanan panel optimal yang dapat dicapai untuk transfer daya maksimum. Siklus duty cycle hanya dapat bervariasi antara nol dan satu, konverter buck hanya dapat mencerminkan R_i antara nilai resistansi beban sampai tak terhingga serta tidak dapat mencerminkan R_i antara Zero dan R . Buck converter tidak mencapai nilai di atas I_{MPP} dari modul PV, maka pelacakan MPP buck converter terbatas pada daerah di mana $R \geq R_{MPP}$ seperti yang ditunjukkan pada gambar :



Gambar 2.12 Pelacakan Konverter Buck

2.2.3.3 Boost Converter

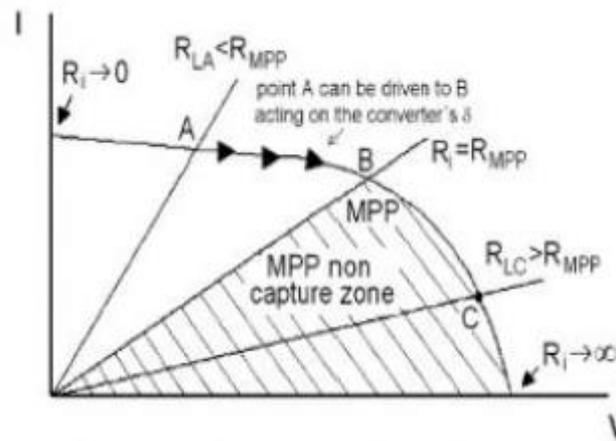
Konverter boost atau yang biasa dikenal dengan step up converter merupakan jenis konverter DC-DC yang mampu menghasilkan tegangan output lebih besar dari pada tegangan input. Menurut hukum kekekalan energi, daya input harus sama dengan daya keluarannya [11]. Karena tegangan output konverter penguat lebih besar dari tegangan masukan, arus output akan lebih rendah daripada arus input. Sirkuit topologi konverter penguat konvensional ditunjukkan pada gambar :



Gambar 2.13 Boost Converter

Saat sakelar aktif, maka induktor sisi input terhubung ke sumber energi. Arus melalui induktor naik dari tingkat minimum ke tingkat maksimum selama periode ini. Tegangan keluaran muncul pada katoda dan tegangan nol muncul pada anoda sehingga dioda bias balik dan OFF. kemudian beban diisolasi dari sumber selama periode ON, jadi selama periode ini beban arus dipertahankan kontinyu oleh kapasitor sisi output. Kemudian saat sakelar diputar OFF, maka tegangan di induktor dan tegangan sumber muncul melintasi sakelar dan pada anoda dioda yang jumlahnya lebih besar dari tegangan keluaran. Oleh karena itu, terjadi bias maju pada dioda. Selama periode ini arus induktor jatuh dari tingkat maksimum ke tingkat minimum dan seluruh energi yang tersimpan dikirim ke kapasitor beban dan keluaran. Arus keluaran selalu kontinu dalam meningkatkan konverter sementara arus masukan bisa kontinyu atau terputus-putus.

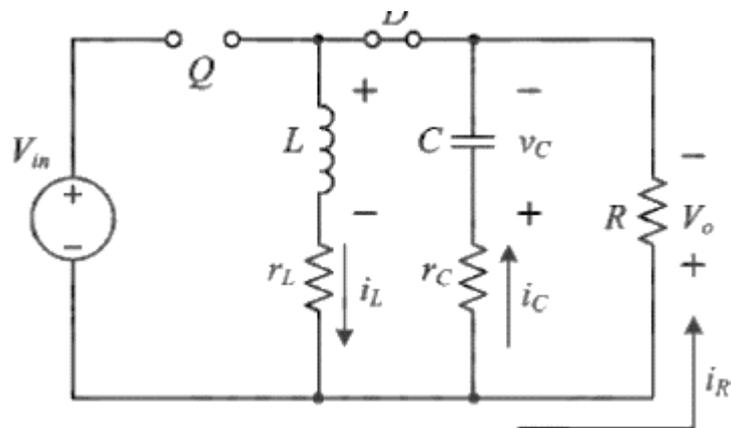
Boost converter tidak dapat mencapai nilai diatas VOC dari panel surya. MPP boost converter di suatu wilayah panel adalah resistansi di bawah atau sama dengan resistansi beban ($R \leq R_{MPP}$.) Seperti yang ditunjukkan pada gambar :



Gambar 2.14 Area Pelacakan Boost Konverter

2.2.3.4 Buck-Boost Converter

Buck-boost converter adalah jenis konverter DC-DC yang mampu menghasilkan tegangan output yang lebih besar dari atau lebih kecil dari tegangan input. Sirkuit topologi konverter buck boost ditunjukkan pada gambar



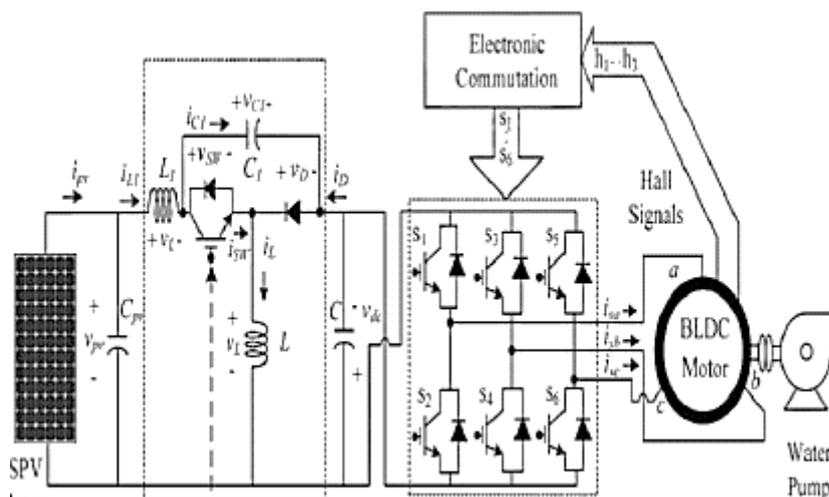
Gambar 2.15 Buck-Boost Converter

Bila sakelar ON, maka dioda menjadi bias balik dan berhenti melakukan aktivitas kemudian induktor menyimpan energi dari sumbernya. selama periode ini, arus induktor naik dari nilai minimum ke nilai maksimum dan arus beban dibuat terus menerus oleh output kapasitor. Bila sakelar dimatikan, maka arus induktor OFF turun dari nilai maksimum ke minimum yang menghasilkan tegangan negatif di induktor, dengan sisi bawah induktor positif dan sisi atas negatif. Energi yang tersimpan dalam induktor akan ditransfer ke kapasitor beban dan output melalui

dioda. Rasio konversi tegangan dan rasio konversi resistensi konverter buck-boost adalah hasil dari konversi tegangan dari buck converter dan boost converter

2.2.3.5 Landsman Converter

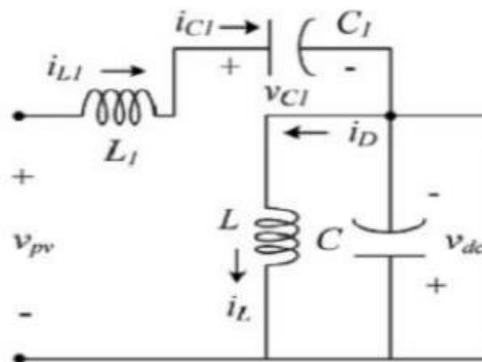
Konverter Landsman merupakan salah satu dari topologi konverter buckboost DC-DC yaitu dapat beroperasi pada saat mode buck atau mode boost. Kondisi tersebut tergantung dari duty cycle yang diberikan pada sistem, semakin besar nilai duty cycle maka konverter akan beralih pada mode boost (menaikkan tegangan). Konverter Landsman diharapkan mampu mengatasi keterbatasan konverter buckboost yang selalu menggunakan filter riak pada input dan outputnya untuk pengoperasian sistem yang didambakan secara keseluruhan, sehingga menghasilkan sirkuit terkait. Konverter landsman diturunkan oleh sebuah transformasi CSC atau topologi pada konverter buck-boost. Sebuah induktor masukan kecil dari konverter Landsman, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.8 bertindak sebagai filter masukan-riak, yang menghilangkan penyaringan riak eksternal. Induktor ini juga mengecikan osilasi yang terjadi, karena elemen snubbed modul transistor bipolar transistor terisolasi (IGBT), di arus melalui modul. Gambar 2.8 merupakan Konfigurasi array SPV - Landsman converter menggunakan sistem pemompaan air motor BLDC.



Gambar 2.16 Landsman Converter

Saat sakelar menyala, VC1 tegangan diantara kapasitor menengah C1 membalikkan bias dioda, menghasilkan konfigurasi rangkaian yang ditunjukkan

pada Gambar 3.3. Arus inductor i_L mengalir melalui saklar. Karena V_{C1} lebih besar dari tegangan keluaran V_{dc} , $C1$ dilepaskan melalui saklar, mentransfer energi ke inductor L dan outputnya. Oleh karena itu, V_{C1} menurun dan i_L meningkat, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.9. Input memasukkan energi ke inductor masukan $L1$. Ketika saklar dimatikan, dioda bias maju, menghasilkan konfigurasi rangkaian seperti ditunjukkan pada Gambar 2.10. Arus inductor i_L mengalir melalui dioda. Inductor L memindahkan energi yang tersimpan ke output melalui dioda. Di sisi lain, $C1$ diisi melalui dioda oleh energi dari input dan $L1$. Oleh karena itu, v_{C1} meningkat dan i_L menurun.



Gambar 2.17 Saat Saklar Off

2.2.4 Inverter

Menurut (Partaonan, 2019) inverter adalah sebuah perangkat peubah listrik yang dikenal memiliki kemampuan untuk merubah listrik bertegangan DC menjadi listrik bertegangan AC dengan nilai frekuensi yang dapat diatur. Inverter pada umumnya digunakan untuk mengendalikan kecepatan motor AC. Selain untuk mengendalikan kecepatan motor AC, inverter juga digunakan sebagai catu daya AC, dan berbagai macam kebutuhan lainnya. Sebuah inverter dikatakan bersifat ideal apabila tegangan DC yang masuk bebas dari *ripple* serta tegangan yang keluar dari inverter berbentuk gelombang sinusoidal murni.



Gambar 2.18 Inverter

Ditambahkan oleh (Hutagalung & Panjaitan, 2017) Inverter adalah suatu alat mengubah tegangan DC dari akumulator menjadi tegangan AC yang berupa sinyal setelah melalui pembentukan gelombang dan rangkaian filter. Inverter merupakan rangkaian yang digunakan untuk mengubah sumber tegangan DC tetap menjadi sumber tegangan AC dan frekuensi tertentu. Komponen semikonduktor daya yang digunakan dapat berupa SCR, transistor dan MOSFET yang beroperasi sebagai saklar dan pengubah. Inverter dapat diklasifikasikan menjadi dua jenis, yaitu: inverter satu fasa dan inverter tiga fasa. Setiap jenis inverter tersebut dapat dikelompokkan menjadi empat kategori ditinjau dari jenis rangkaian komutasi fasa SCR, yaitu (1) modulasi lebar pulsa, (2) inverter resonansi, (3) inverter komutasi bantu, (4) inverter komutasi komplemen.

2.2.5 Baterai



Gambar 2.19 Baterai

Menurut (Rizqi & Sutikno, 2022) baterai merupakan komponen yang sangat penting untuk menyimpan energi listrik. Dengan adanya baterai, listrik kini dapat

di simpan untuk memenuhi kebutuhan energi listrik yang sangat dibutuhkan bagi kebutuhan hidup masyarakat. Penggunaan baterai dalam jangka waktu yang lama tentunya membutuhkan baterai yang mempunyai kualitas energi yang tinggi dapat di isi ulang dalam waktu yang singkat dan memiliki Life Time yang panjang. Kini baterai terus mengalami perkembangan sehingga baterai dapat dibawa kemana-mana dengan bentuk yang lebih kecil dan persediaan cadangan kapasitas yang lebih besar sehingga dapat digunakan sesuai dengan kebutuhan.

Baterai berfungsi sebagai penyimpanan energi juga dapat mengalami discharger jika baterai terus menerus digunakan tanpa ada pengisian daya baterai, sehingga mengakibatkan baterai akan soak. Maka, dalam hal ini diperlukan charger untuk pengisian baterai yang tepat agar baterai dapat di charger sehingga baterai terisi dan tidak mudah soak.

Adapun jenis-jenis baterai menurut (Hamid et.all., 2016) ada beberapa jenis baterai yaitu :

a. Baterai Asam

Baterai asam yang bahan elektrolitnya (sulphuric acid = H_2SO_4). Didalam baterai asal, elektroda-elektrodanya terdiri dari plat-plat timah peroksida PbO_2 sebagai anoda (kutub positive) dan timah murni Pb sebagai katoda (kutub negative).

b. Baterai Alkali

Baterai alkali bahan elektrolitnya adalah larutan alkali yang terdiri dari :

1. *Nickel iron alkaline battery Ni-Fe Battery*
2. *Nickel cadmium alkaline battery Ni Cd*

Menurut (Hamid, 2016) baterai pada umumnya yang paling banyak digunakan adalah baterai alkali, besarnya kapasitas baterai tergantung dari banyaknya bahan aktif pada plat positif maupun plat negatif yang bereaksi, dipengaruhi oleh jumlah plat tiap-tiap sel, ukuran, dan tebal plat, kualitas elektrolit serta umur baterai. Kapasitas energy suatu baterai dinyatakan dalam ampere jam (Ah), misalnya kapasitas baterai 100 Ah 12 volt artinya secara ideal arus yang dapat dikeluarkan sebesar 5 ampere selama 20 jam pemakaian. Besar kecilnya tegangan baterai ditentukan oleh banyak sedikitnya sel baterai yang ada di dalamnya. Sekalipun demikian, arus hanya akan mengalir bila ada konduktor dan beban yang

dihubungkan ke baterai. Kapasitas baterai menunjukkan kemampuan baterai untuk mengeluarkan arus (*discharging*) selama waktu tertentu. Pada saat baterai diisi (*charging*), terjadilah penimbunan muatan listrik. Jumlah maksimum muatan listrik yang ditampung oleh baterai disebut kapasitas baterai dan dinyatakan dalam ampere jam (*Ampere hour*). Kapasitas baterai dapat dinyatakan dengan persamaan dibawah ini : $N \text{ (Ah)} = I \text{ (ampere)} \times t \text{ (hours)}$

Dimana :

N = Kapasitas baterai aki

I = Kuat arus (ampere)

t = waktu (jam/sekon)

Selain itu, terdapat komponen-komponen baterai menurut (Hamid et.all., 2016) terdiri atas :

- a. Kotak baterai
- b. Elektrolit baterai
- c. Sumbat ventilasi
- d. Plat positif dan plat negative
- e. Separator
- f. Lapisan serat gelas (*Fiber Glass*)
- g. Sel baterai

2.2.6 Mini Circuit Breaker (MCB)

Menurut (Saleh & Haryanti, 2017) MCB merupakan kependekan dari *Miniature Circuit Breaker*. Biasanya MCB digunakan untuk membatasi arus sekaligus sebagai pengaman dalam suatu instalasi listrik. MCB berfungsi sebagai pengaman hubung singkat (konsleting) dan juga berfungsi sebagai pengaman beban lebih. MCB akan secara otomatis dengan segera memutuskan arus apabila arus yang melewatinya melebihi dari arus nominal yang telah ditentukan pada MCB tersebut. Arus nominal yang terdapat pada MCB adalah 1A, 2A, 4A, 6A, 10A, 16A, 20A, 25A, 32A dan lain sebagainya.

Menurut (Rimbawati et.all., 2022) MCB dalam kerjanya membatasi arus lebih menggunakan gerakan dwilogam untuk memutuskan rangkaian. Dwilogam ini akan bekerja dari panas yang diterima oleh karena energi listrik yang timbul. Pemutusan termal terjadi pada saat terjadi gangguan arus lebih pada rangkaian secara terus-menerus.



Gambar 2.20 Mini Circuit Breaker (MCB)

2.2.7 Mikrokontroler

Mikrokontroler adalah sebuah system komputer yang seluruh atau sebagian besar elemennya dikemas dalam satu chip IC, sehingga sering disebut single chip microcomputer. Mikrokontroler merupakan system computer yang mempunyai satu atau beberapa tugas yang sangat spesifik (Chamim 2010). Elemen mikrokontroler tersebut diantaranya adalah:

- a. Pemroses (*processor*)
- b. Memori,
- c. Input dan output Kadangkala

Kadangkala pada microcontroller ini beberapa chip digabungkan dalam satu papan rangkaian. Perangkat ini sangat ideal untuk mengerjakan sesuatu yang bersifat khusus, sehingga aplikasi yang diisikan ke dalam komputer ini adalah

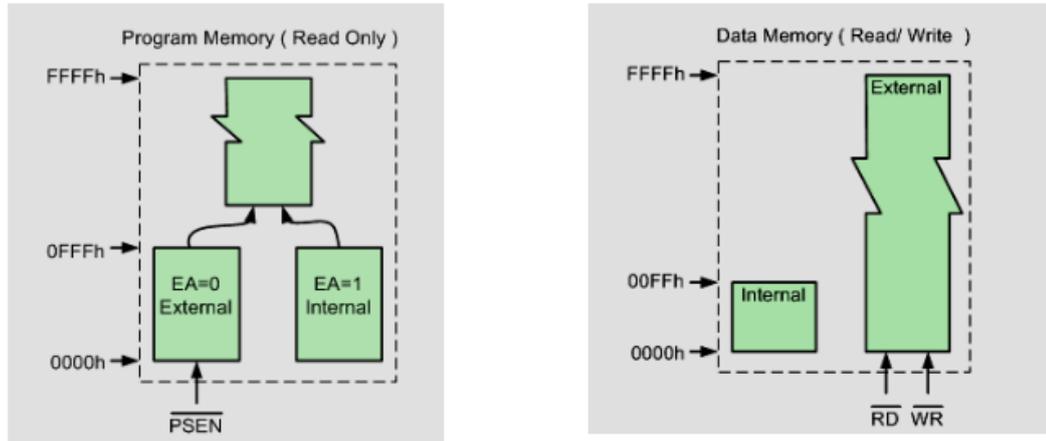
aplikasi yang bersifat dedicated. Jika dilihat dari harga, microcontroller ini harga umumnya lebih murah dibandingkan dengan komputer lainnya, karena perangkatnya relatif sederhana.

Microcontroller telah banyak digunakan di industri, walaupun penggunaannya masih kurang dibandingkan dengan penggunaan *Programmable Logic Control* (PLC), tetapi microcontroller memiliki beberapa keuntungan dibandingkan dengan PLC. Ukuran microcontroller lebih kecil dibandingkan dengan suatu modul PLC sehingga peletakkannya dapat lebih flexible. Microcontroller telah banyak digunakan pada berbagai macam peralatan rumah tangga seperti mesin cuci. Sebagai pengendali sederhana, microcontroller telah banyak digunakan dalam dunia medik, pengaturan lalu lintas, dan masih banyak lagi. Contoh alat ini diantaranya adalah komputer yang digunakan pada mobil untuk mengatur kestabilan mesin, alat untuk pengatur lampu lalu lintas.

Secara teknis hanya ada 2 mikrokontroler yaitu RISC dan CISC, dan Masing - masing mempunyai keturunan/keluarga sendiri - sendiri. RISC kependekan dari *Reduced Instruction Set Computer* : instruksi terbatas tapi memiliki fasilitas yang lebih banyak CISC kependekan dari *Complex Instruction Set Computer* : instruksi bisa dikatakan lebih lengkap tapi dengan fasilitas secukupnya. Tentang jenisnya banyak sekali ada keluarga Motorola dengan seri 68, keluarga MCS51 yang diproduksi Atmel, Philip, Dallas, keluarga PIC dari Microchip, Renesas, Zilog. Masing - masing keluarga juga masih terbagi lagi dalam beberapa tipe. Jadi sulit sekali untuk menghitung jumlah mikrokontroler. Yang perlu diketahui antara satu orang dengan orang lain akan berbedadalam hal kemudahan dalam mempelajari. Jika Anda terbiasa dengan bahasa pemrograman *BASIC* bisa menggunakan mikrokontroler BASIC Stamp, jika terbiasa dengan bahasa pemrograman JAVA juga bisa menggunakan Jstamp, jika Anda terbiasa dengan bahasa pemrograman C++ bisa dimanfaatkan untuk keluarga MCS51 dan masih banyak lagi.

Mikrokontroler mempunyai ruang alamat tersendiri yang disebut memori. Memori dalam mikrokontroler terdiri atas memori program dan memori data dimana keduanya terpisah, yang memungkinkan pengaksesan data memori dan pengalamatan 8 bit, sehingga dapat langsung disimpan dan dimanipulasi oleh

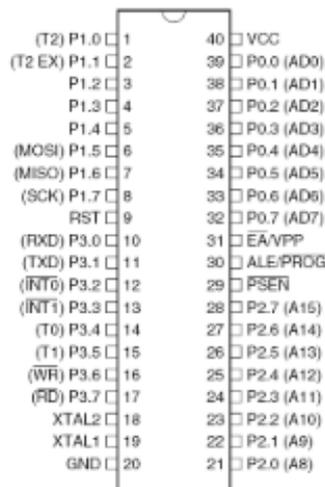
mikrokontroler dengan kapasitas akses 8 bit. Program memori tersebut bersifat hanya dapat dibaca (ROM/EPROM). Sedangkan untuk data memori kita dapat menggunakan memori eksternal (RAM).



Gambar 2.21. Ruang Alamat Memori

(Sumber : Chanim, 2010)

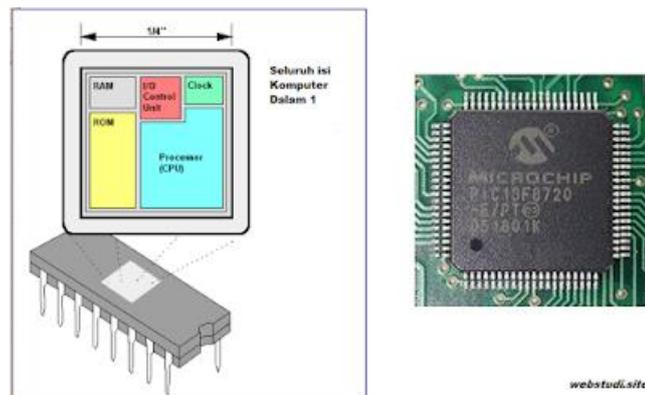
Di dalam mikrokontroler terdapat register - register yang memiliki fungsi yang khusus (Special Function Register). Sebagai contoh, untuk keluarga MCS-51 memiliki SFR dengan alamat 80H sampai FFH. Skema dari sebuah mikrokontroler dapat dilihat dari contoh berikut :



Gambar 2.22. Skema Miktkontroler

(Sumber : Chanim, 2010)

Mikrokontroler adalah sistem komputer yang dikemas dalam sebuah Integrated Circuit (IC). Dimana didalam IC terdapat komponen-komponen penting yang ada pada komputer pada umumnya seperti komputer Central Processing Unit (CPU), RAM, ROM, Port IO. Berbeda dengan PC yang umumnya dirancang untuk digunakan secara umum, mikrokontroler sendiri biasanya dirancang hanya untuk mengerjakan tugas atau fungsi yang khusus saja (special purpose) yaitu mengontrol sistem tertentu.



Gambar 2.23. Mikrokontroler

(Sumber : Chanim, 2010)

Orang-orang juga menyebut Mikrokontroler sebagai Embedded Mikrokontroler, hal ini tidak terlepas dari posisi mikrokontroler yang embedded system atau menjadi satu bagian dengan perangkat sistem atau suatu sistem yang lebih besar. Secara sederhana Mikrokontroler dapat diartikan sebagai suatu sistem komputer yang dikemas dalam IC, dimana sebelum digunakan harus diisi suatu program atau perintah terlebih dahulu sehingga mikrokontroler hanya dapat berjalan bila telah diisi suatu perintah atau program terlebih dahulu.

Suatu peralatan atau perangkat elektronik tentunya memiliki ciri khas tertentu yang membedakannya dengan perangkat lain. Adapun cirikhas mikrtokontroller adalah :

- a. Kemampuan CPU Yang Tidak Terlalu Tinggi Berbeda dengan CPU, umumnya mikrokontroler sederhana hanya dapat melakukan atau memproses beberapa perintah saja, meskipun saat ini telah banyak dibuat mikrokontroler dengan spesifikasi yang lebih canggih tapi tentunya belum dapat menyamai kemampuan CPU dalam memproses data dari perangkat lunak.

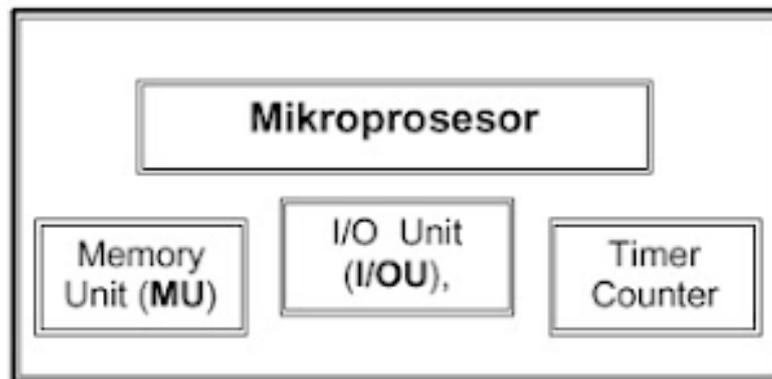
- b. Mikrokontroler Memiliki Memori Internal Yang Kecil Tentu bagi Anda yang sering melihat mikrokontroler, maka dapat melihat jumlah memori internal dari mikrokontroler terbilang kecil. Umumnya sebuah mikrokontroler hanya berisikan ukuran Bit, Byte atau Kilobyte.
- c. Mikrokontroler dibekali Memori Non-Volatile Dengan adanya memori non-volatile pada mikrokontroler maka perintah yang telah dibuat dapat dihapus ataupun dibuat ulang, selain itu dengan penggunaan memori non-volatile maka memungkinkan data yang telah disimpan dalam mikrokontroler tidak akan hilang meskipun tidak disuplai oleh power supply (Catu daya).
- d. Perintah Relatif Sederhana Dengan kemampuan CPU yang tidak terlalu tinggi maka berimbas pada kemampuan dalam melakukan pemrosesan data yang tidak tinggi pula. Meskipun begitu, mikrokontroler terus dikembangkan menjadi canggih contohnya mikrokontroler yang digunakan untuk melakukan pengolahan sinyal dan sebagainya.
- e. Program/Perintah Berhubungan Langsung Dengan Port I/O , Salah satu komponen utama mikrokontroler adalah Port I/O, Port input maupun output I/O memiliki fungsi utama sebagai jalan komunikasi. Sederhanya Port I/O membangun komunikasi antara piranti masukan dan piranti keluaran.

Pada dasarnya perbedaan mikrokontroler dan mikroprosesor ada pada kata "kontroler" pada mikrokontroler dan "Prosesor" pada mikroprosesor. Dari perbedaan kata ini saja kita sudah tahu apa perbedaan dasar antara mikrokontroler dan mikroprosesor. Dari perbedaan dua kata tersebut maka dapat kita asumsikan perbedaan dasar dari mikrokontroler dan mikroprosesor. Mikrokontroler berarti Pengendali Kecil lalu mikroprosesor berarti Pengolah Kecil. Pertanyaannya apa yang diolah atau dikendalikan ? tentu saja adalah program/data atau perintah yang diberikan/dimasukkan, dari sini tentunya sudah bisa didapat gambaran sederhana perbedaan dari kedua perangkat tersebut.

Jika ditinjau lebih dalam berdasarkan fungsinya, mikroprosesor atau umumnya dikenal lebih luas dengan nama Central Processing Unit (CPU), berguna dalam pengambilan dan kalkulasi data, melakukan perhitungan serta manipulasi data, dan menyimpan hasil pemrosesan atau perhitungan dari data tersebut sehingga dapat diperlihatkan hasilnya pada monitor. Adapun mikrokontroler sendiri berguna

dalam mengontrol perangkat atau sistem berdasarkan data yang tersimpan pada Read Only Memory (ROM).

Mikrokontroler dibangun dari beberapa komponen berikut yaitu Central Processing Unit (CPU) : ALU, CU dan Register, RWM, ROM, I/O seri, I/O paralel, counter-timer, serta rangkaian clock dalam 1 chip tunggal.



Gambar 2.24. Blok Diagram Mikro Kontroller

(Sumber : Chanim, 2010)

2.2.8 Arduino

Menurut (Kadir 2013) Arduino adalah pengendali mikro *single-board* yang bersifat *open-source*, dirancang untuk memudahkan penggunaan elektronik dalam berbagai bidang. *Hardware* dalam arduino memiliki prosesor Atmel AVR dan menggunakan *software* dan bahasa sendiri.

Hardware dalam arduino memiliki beberapa jenis, yang mempunyai kelebihan dan kekurangan dalam setiap papannya. Penggunaan jenis arduino disesuaikan dengan kebutuhan, hal ini yang akan mempengaruhi dari jenis prosesor yang digunakan. Jika semakin kompleks perancangan dan program yang dibuat, maka harus sesuai pula jenis kontroler yang digunakan. Yang membedakan antara arduino yang satu dengan yang lainnya adalah penambahan fungsi dalam setiap boardnya dan jenis mikrokontroler yang digunakan. Dalam tugas akhir ini, jenis arduino yang digunakan adalah arduino uno.

Menurut (Kadir 2013) Arduino Uno adalah salah satu produk berlabel arduino yang sebenarnya adalah suatu papan elektronik yang mengandung mikrokontroler ATmega328 (sebuah keping yang secara fungsional bertindak seperti sebuah

komputer). Piranti ini dapat dimanfaatkan untuk mewujudkan rangkaian elektronik dari yang sederhana hingga yang kompleks. Pengendalian LED hingga pengontrolan robot dapat diimplementasikan dengan menggunakan papan berukuran relatif kecil ini. Bahkan dengan penambahan komponen tertentu, piranti ini bisa dipakai untuk pemantauan kondisi pasien di rumah sakit dan pengendalian alat-alat di rumah. (Sumber: B. Gustomo, 2015)

Tabel 2.1. *Index Board Arduino*

Mikrokontroler	Atmega328
Tegangan Pengoprasian	5V
Tegangan input yang disarankan	7 – 12 V
Batas tegangan input	6 – 20 V
Jumlah pin I/O digital	14 (6 diantaranya menyediakan keluaran PWM)
Jumlah pin input analog	6
Arus DC tiap pin I/O	40 mA
Arus DC untuk pin 3.3V	50 mA
Memori Flash	32KB (Atmega328), sekitar 0,5KB digunakan oleh bootloader
SRAM	2KB (Atmega328)
EEPROM	1KB (Atmega328)
Clock Speed	16Mhz

(Kadir 2013)



Gambar 2.25. Arduino Uno

(Kadir 2013)

Hardware arduino uno memiliki spesifikasi sebagai berikut:

- a. 14 pin *IO Digital* (pin 0–13) Sejumlah pin digital dengan nomor 0–13 yang dapat dijadikan *input* atau *output* yang diatur dengan cara membuat program IDE.
- b. 6 pin Input Analog (pin 0–5) Sejumlah pin analog bernomor 0–5 yang dapat digunakan untuk membaca nilai input yang memiliki nilai analog dan mengubahnya ke dalam angka antara 0 dan 1023.
- c. 6 pin Output Analog (pin 3, 5, 6, 9, 10 dan 11) Sejumlah pin yang sebenarnya merupakan pin digital tetapi sejumlah pin tersebut dapat diprogram kembali menjadi pin output analog dengan cara membuat programnya pada IDE.

Papan Arduino Uno dapat mengambil daya dari USB port pada komputer dengan menggunakan USB charger atau dapat pula mengambil daya dengan menggunakan suatu AC adapter dengan tegangan 9 volt. Jika tidak terdapat power supply yang melalui AC adapter, maka papan Arduino akan mengambil daya dari USB port. Tetapi apabila diberikan daya melalui AC adapter secara bersamaan dengan USB port maka papan Arduino akan mengambil daya melalui AC adapter secara otomatis.

mikrokontroler Arduino ATmega328 merupakan alat yang menggunakan board. Arduino Uno memiliki 14 digital pin (6 pin dapat digunakan sebagai output PWM), 6 input analog, osilator kristal 16 MHz, USB koneksi, sumber tegangan konektor, header ICSP, dan tombol reset. Arduino Uno berisi semua yang diperlukan untuk mendukung mikrokontroler. Dengan hanya menghubungkannya ke komputer melalui USB atau DC tegangan dari baterai atau adaptor AC ke DC mampu membuatnya bekerja. Arduino Uno menggunakan ATmega16U2 diprogram sebagai konverter USB-to-serial untuk komunikasi serial ke komputer melalui port USB. (Pasaribu & Roza, 2020)

Arduino Uno merupakan salah satu *board* dari keluarga Arduino. Ada beberapa macam arduino bard seperti Arduino Nano, Arduino Pro Mini, Arduino Mega, Arduino Yun, dll. Namun yang paling populer adalah Arduino Uno. **Arduino Uno R3** adalah seri terakhir dan terbaru dari seri Arduino USB. Modul

ini sudah dilengkapi dengan berbagai hal yang dibutuhkan untuk mendukung mikrokontroler untuk bekerja, tinggal colokkan ke power supply atau sambungkan melalui kabel USB ke PC, Arduino Uno ini sudah siap bekerja. Arduino Uno board memiliki 14 pin digital *input/output*, 6 analog input, sebuah resonator keramik 16 MHz, koneksi USB, colokan power input, *ICSP header*, dan sebuah tombol reset.

Berikut spesifikasi teknis dari Arduino Uno R3 board

- a) Mikrokontroler ATmega328
- b) Catu Daya 5V
- c) Tegangan Input (rekomendasi) 7-12V
- d) Tegangan Input (batasan) 6-20V
- e) Pin *I/O Digital* 14 (dengan 6 PWM output)
- f) Pin Input Analog 6
- g) Arus DC per Pin *I/O* 40 mA
- h) Arus DC per Pin *I/O* untuk PIN 3.3V 50 mA
- i) Flash Memory 32 KB (ATmega328) dimana 0.5 KB digunakan oleh *bootloader*
- j) SRAM 2 KB (ATmega328)
- k) EEPROM 1 KB (ATmega328)
- l) *Clock Speed* 16 MHz

Sebagaimana kita ketahui, dengan sebuah mikrokontroler kita dapat membuat program untuk mengendalikan berbagai komponen elektronika. Dan fungsi Arduino Uno ini dibuat untuk memudahkan kita dalam melakukan prototyping, memprogram mikrokontroler, membuat alat-alat canggih berbasis mikrokontroler. Memprogram Arduino sangat mudah, karena sudah menggunakan bahasa pemrograman tingkat tinggi C++ yang mudah untuk dipelajari dan sudah didukung oleh library yang lengkap.

Arduino Uno board didukung oleh *software* Arduino IDE (*Integrated Development Environment*). Dengan Arduino IDE inilah kita melakukan pemrograman, melakukan kompilasi program, debugging dan proses download ke Arduino boardnya. Dengan sekali klik, program yang sudah kita buat langsung tercompile dan terdownload ke mikrokontroler yang ada di Arduino Board. Dan

Arduino akan langsung bekerja sesuai dengan program yang keinginan kita. Ada banyak sekali yang bisa dibuat dengan mudah dengan Arduino :

- a) Lampu flip-flop, lampu Lalu-lintas
- b) Robot pintar; line follower, maze solver, pencari api, dll
- c) Mengontrol motor stepper,
- d) Mendeteksi suhu dan mengatur suhu ruang,
- e) Jam digital
- f) Timer alarm
- g) *display* LCD, dan masih banyak lagi contoh yang lainnya.

Arduino Uno dan ekosistemnya punya kelebihan-kelebihan yang membuat hobi elektronika menjadi lebih mudah dan menyenangkan, antara lain:

1. Pengembangan project mikrokontroler akan menjadi lebih dan menyenangkan. tinggal colok ke USB, dan tidak perlu membuat downloader untuk mendownload program yang telah kita buat.
2. Didukung oleh Arduino IDE, bahasa pemrograman yang sudah cukup lengkap librarynya.
3. Terdapat modul yang siap pakai/shield yang bisa langsung dipasang pada board Arduino
4. Dukungan dokumentasi yang bagus dan komunitas yang solid

BAB III
METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Waktu pelaksanaan penelitian Implementasi Teknologi *Maximum Power Point Tracking* (MPPT) Pada Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya Dengan Menggunakan *Zeta Converter* ini dilakukan di Kecamatan Percut Sei Tuan Kabupaten Deli Serdang Provinsi Sumatera Utara 2014/8.

Tabel 3.1 Waktu Penelitian

No	Uraian	Bulan Ke								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Kajian Literatur									
2	Penyimpanan Proposal Penelitian									
3	Penelitian Bab 1 Sampai Bab 3									
4	Pengumpulan Data									
5	Pembuatan Alat									
6	Analisis Data									
7	Seminar Hasil									
8	Sidang Akhir									

3.2 Alat dan Bahan

Untuk mendukung penelitian ini, diperlukan beberapa alat yaitu sebagai berikut:

3.2.1 Alat

Adapun alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

1. Solder
Berfungsi sebagai alat untuk menghubungkan antara satu kawat dengan kawat yang lainnya.
2. Multimeter
Berfungsi sebagai alat untuk mengukur arus dan tegangan yang dihasilkan pada pembangkit listrik tenaga surya.
3. Tang Potong
Berfungsi sebagai alat untuk memotong kabel ataupun kawat yang digunakan pada proses pembuatan alat.
4. *Tollset*
Berfungsi sebagai alat bantu untuk pembuatan alat.

3.2.2 Bahan

Adapun bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

1. MPPT
Berfungsi menstabilkan daya keluaran panel surya agar panel *photovoltaic* dapat mengisi baterai dengan daya maksimal.
2. Solar Cell
Berfungsi menyerap energi radiasi dari cahaya matahari dan menghasilkan energi listrik DC.
3. Baterai
Berfungsi sebagai penyimpan listrik DC yang dihasilkan oleh solar cell selama mendapat sinar matahari.
4. Inverter
Berfungsi sebagai alat perubah listrik yang merubah listrik tegangan DC menjadi listrik tegangan AC dengan nilai frekuensi yang dapat dirubah untuk di suplai ke beban.
5. Zeta Converter

Berfungsi untuk menaikkan dan menurunkan tegangan DC yang masuk berdasarkan besar *duty cycle* PWM yang pada komponen pensaklaran.

6. Kabel

Berfungsi sebagai alat penghubung antara komponen satu ke komponen lainnya

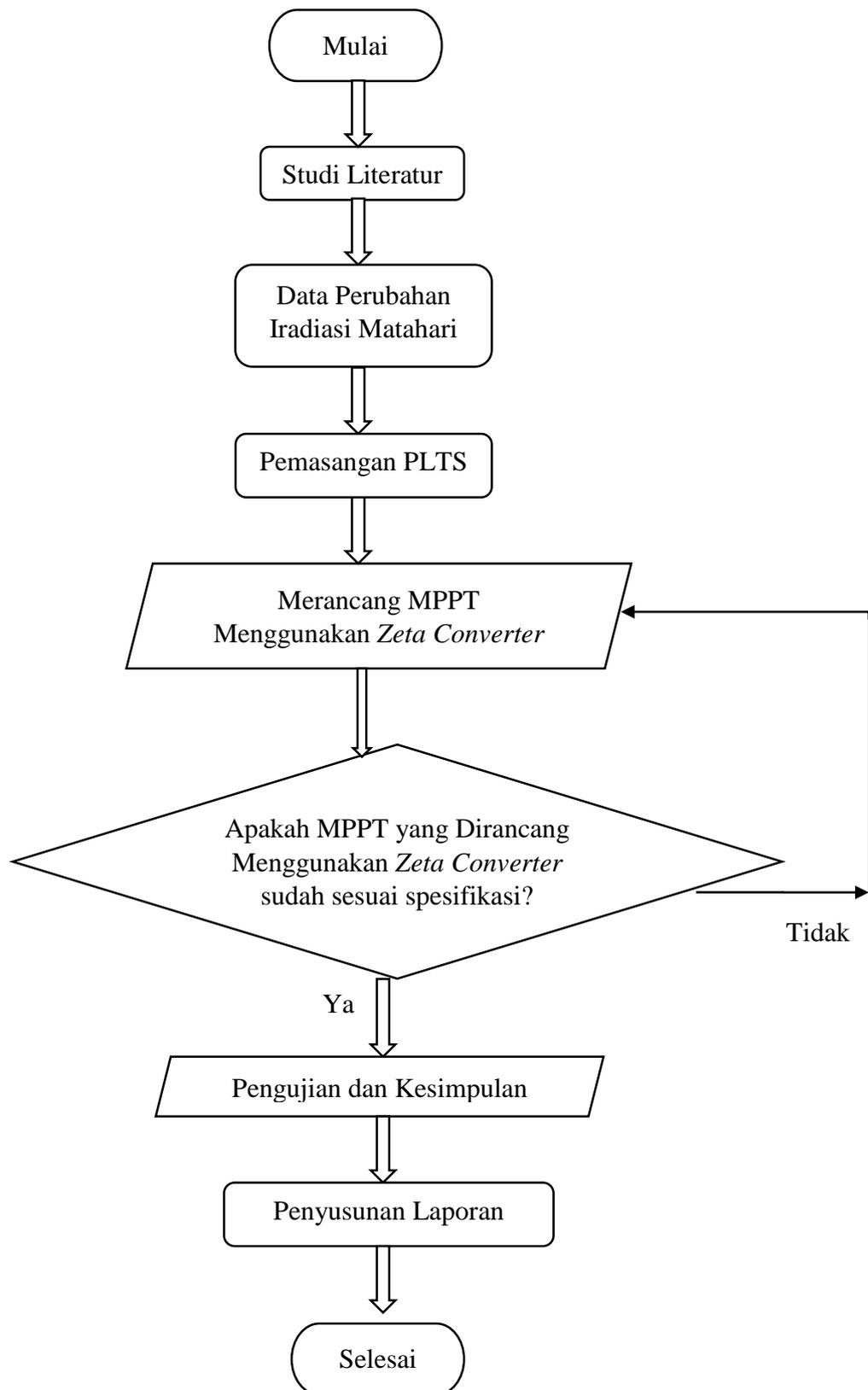
7. MCB (*Miniature Circuit Breaker*)

Berfungsi sebagai pembatas arus listrik dan pengaman ketika ada beban lebih.

3.3 Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian adalah serangkaian kegiatan yang dilaksanakan secara teratur dan sistematis untuk mencapai tujuan penelitian yang disusun secara urut dari tahap awal hingga tahap terakhir. Dengan alur penelitian, dapat ditentukan tujuan dan arah penelitian tugas akhir ini akan dilakukan.

Adapun prosedur penelitian yang akan dilakukan oleh peneliti pada penelitian ini dapat dilihat melalui blok diagram berikut:



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

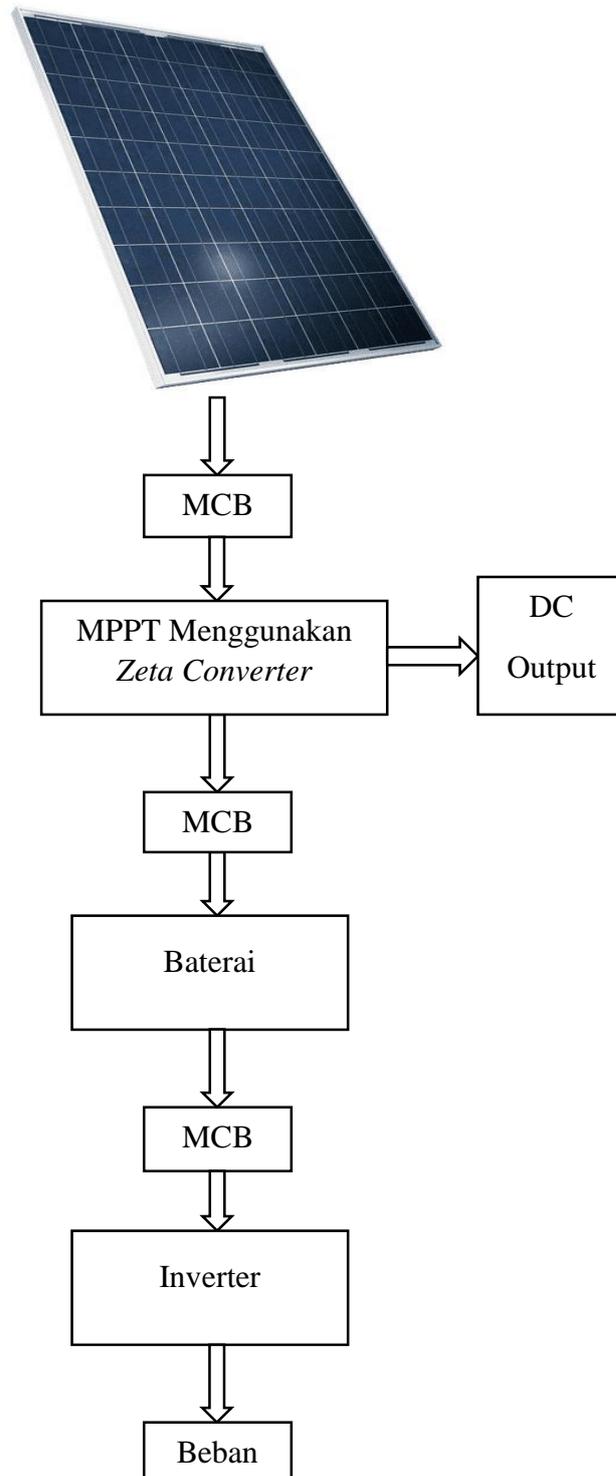
3.4 Analisis Kebutuhan Alat dan Sistem

Analisis kebutuhan alat dan sistem adalah tahap menentukan alat, komponen serta media yang dibutuhkan dalam perancangan serta sistem yang akan dibangun, kebutuhan sistem, meliputi :

- ❖ Kebutuhan perangkat lunak, terdiri dari perangkat lunak sistem operasi yang digunakan baik untuk membuat desain alat penelitian maupun rangkaian alat penelitian.
- ❖ Kebutuhan perangkat keras, meliputi semua komponen yang diperlukan untuk merangkai alat penelitian.

3.5 Perancangan PLTS

Dalam perancangan sistem pembangkit tenaga surya dengan kapasitas daya keluaran sebesar 100 watt ini menggunakan *solar cell* yang terhubung dengan MPPT kemudian dialirkan ke baterai/*accu* dan selanjutnya dihubungkan lagi ke inverter dialirkan ke beban, sehingga menghasilkan tegangan listrik. Tegangan listrik ini dimanfaatkan untuk menghidupkan lampu, sehingga dalam proses penelitian ini dapat mengukur tegangan listrik serta arus listrik yang dihasilkan. Arus listrik ini dihasilkan oleh *solar cell* yang berupa arus bolak-balik (AC).



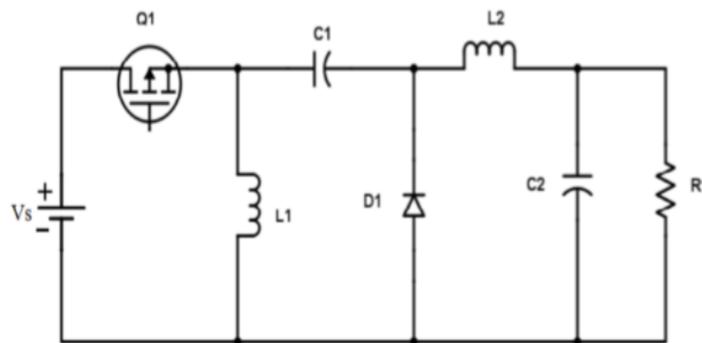
Gambar 3.2 Blok Diagram Sistem PLTS

Berdasarkan diagram diatas, maka sistem kerja PLTS yang menggunakan teknologi MPPT berbasis *Zeta Converter* dimulai dari solar panel menerima radiasi matahari yang menghasilkan listrik DC. Kemudian, diolah menggunakan MPPT

berbasis *Zeta Converter* guna menghasilkan keluaran yang maksimal yang nantinya akan digunakan untuk mengisi baterai, lalu dialirkan ke inverter untuk dikonversikan ke tegangan AC sehingga dapat diaplikasikan pada beban (resistif, induktif, kapasitif).

3.6 Perancangan *Zeta Converter*

Dalam perancangan *Zeta Converter* ini menggunakan 2 induktor, 2 kapasitor, 1 ultrafast diode, 1 resistor dan 1 MOSFET P-channel yang dirangkai seperti gambar 3.3.



Gambar 3.3 Rangkaian *Zeta Converter*

Berdasarkan gambar 3.3 diatas, *Zeta Converter* bekerja dalam keadaan *continuous conduction mode* (CCM). Dimana topologi zeta memberikan tegangan output positif dari tegangan input yang bervariasi di atas maupun dibawah tegangan output.

BAB 4 ANALISIS DAN PEMBAHASAN

4.1. Perancangan Zeta Converter

Perhitungan Zeta Converter

Perhitungan dan penentuan nilai setiap komponen pada Zeta converter sendiri dilakukan dan didapatkan dari persamaan yang telah dijelaskan pada bab sebelumnya. Parameter komponen dasar yang digunakan dalam rangkaian Zeta Converter yaitu induktor dan juga kapasitor. Berikut perhitungan nilai setiap komponen berdasarkan parameter yang sudah ditentukan

Nilai Duty Cycle

$$D = V_o / (V_{in} + V_{out})$$

$$= 12 / (23,9 + 22,6)$$

$$= 0,26$$

$$= 26\%$$

Arus Input Maksimal ($I_{in Max}$)

$$I_{in Max} = I_{out} \times D / 1 - D$$

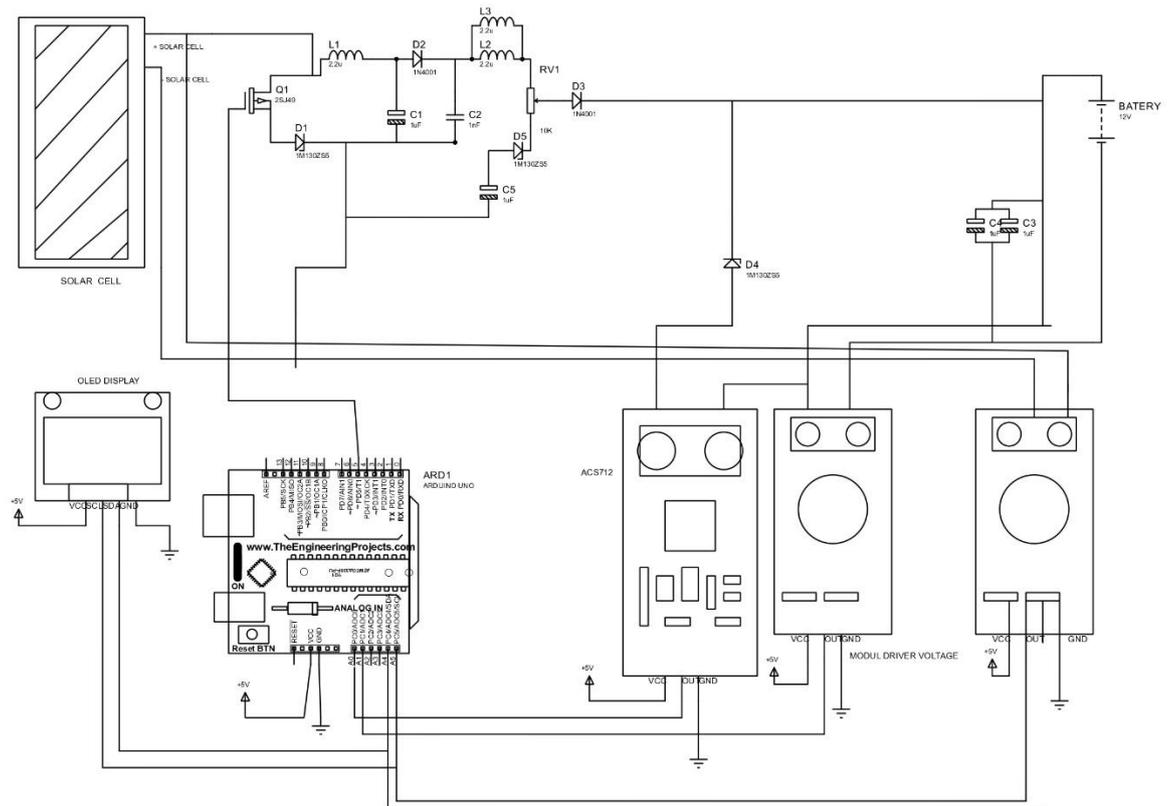
$$= 1,43 \times 0,26 / 1 - 0,26$$

$$= 5,02 \text{ A}$$

Daya nominal perangkat PV diukur dalam kondisi pengujian standar (STC), yang ditentukan dalam standar seperti IEC 61215, IEC 61646, dan UL 1703. Secara khusus, intensitas cahaya adalah 1000 W/m^2 , dengan spektrum yang mirip dengan sinar matahari yang mengenai permukaan bumi pada garis lintang 35°LU pada musim panas (massa udara 1,5), suhu selnya adalah 25°C . Daya diukur sambil memvariasikan beban resistif pada modul antara rangkaian terbuka dan tertutup (antara resistansi maksimum dan minimum). Daya tertinggi yang diukur adalah daya 'nominal' modul dalam watt. Daya nominal ini dibagi dengan daya cahaya yang jatuh pada area tertentu pada perangkat fotovoltaik ($\text{luas} \times 1000$

W/m 2) mendefinisikan efisiensinya , rasio keluaran listrik perangkat terhadap energi yang datang.

Dalam proses perencanaan dan pembuatan alat dilakukan terlebih dahulu gambar rangkaian untuk mempermudah proses pembuatan. Dimana alat yang akan dibuat disesuaikan dengan gambar rangkaian yang telah dibuat. Adapun rangkaian zeta converter adalah sebagai berikut :



Gambar 4.1 Rangkaian Mppt Menggunakan Zeta Converter

4.1.1. Proses Pembuatan MPPT Menggunakan Zeta Converter

Proses pembuatan zeta converter dilakukan dengan menyesuaikan gambar rangkaian yang telah dibuat seperti gambar 4.1, adapun proses pembuatan zeta converter ini adalah sebagai berikut :

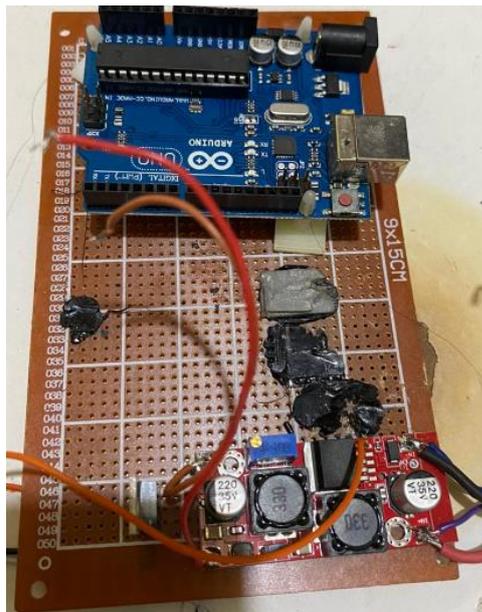
1. Hal yang pertama harus dilakukan adalah mempersiapkan perangkat dan alat – alat yang dibutuhkan dalam proses pembuatan seperti arduino, sensor arus acs dan sensor tegangan, LCD dan perangkat – perangkat lainnya.

2. Selanjutnya adalah meletakkan modul arduino ke papan rangkaian, hal ini dilakukan karna arduino adalah otak dari rangkaian zeta converter tersebut. Dimana pada arduino ini akan dimasukkan program untuk menjalankan zeta converter.



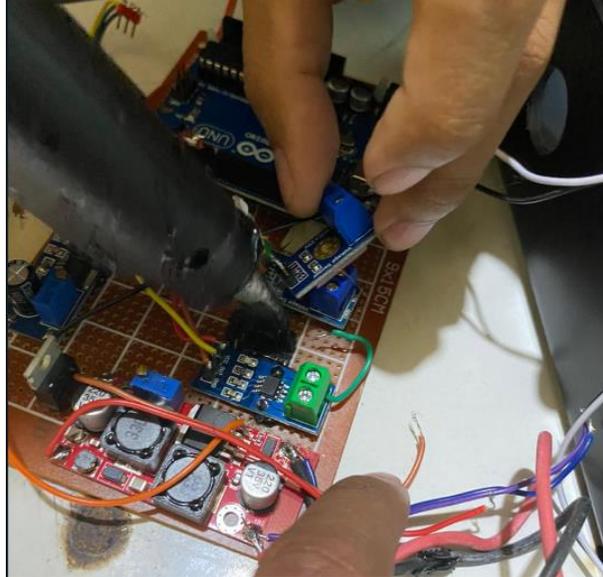
Gambar 4.2 Peletakan Arduino

3. Selanjutnya adalah merangkai rangkaian zeta converter seperti pada rangkaian pada gambar 4.1.



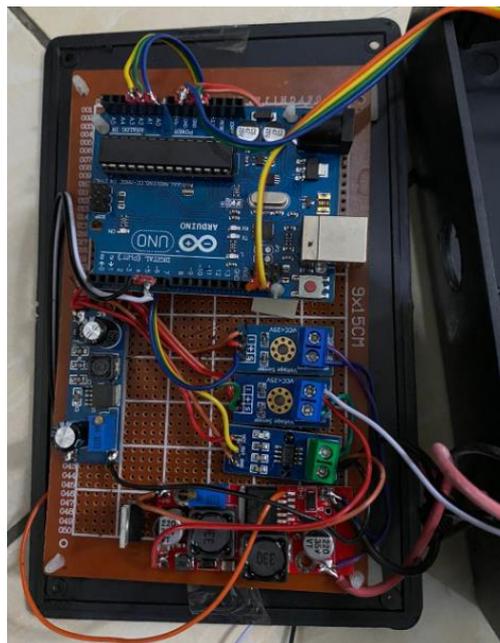
Gambar 4.3 Perangkaian Zeta Converter

4. Setelah rangkaian zeta converter dibuat, selanjutnya adalah pemasangan sensor – sensor pendukung seperti sensor arus dan tegangan.



Gambar 4.4 Pemasangan Sensor

5. Kemudian hubungan masing – masing komponen dengan arduino agar masing – masing komponen saling terkoneksi. Masukkan rangkaian kedalam box pelindung agar alat terhindar dari konsleting dan kabel terputus.



Gambar 4.5 Alat Keseluruhan

BAB 5 PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Setelah melakukan penelitian daya keluaran PLTS dengan menggunakan zeta converter dan tanpa zeta converter, adapun kesimpulan yang dapat ditarik adalah sebagai berikut :

1. Perancangan dan pembuatan alat zeta converter berhasil dilakukan dengan baik melalui penggunaan mikrokontroller arduino untuk menaikkan tingkat efisiensi daya keluaran pada PLTS.
2. Keluaran tegangan dan arus yang dihasilkan oleh MPPT tanpa menggunakan zeta converter memiliki rata-rata tegangan output sebesar 14,6 Volt dan arus output sebesar 2,22 Ampere serta nilai efisiensi berjumlah 65%. Sedangkan keluaran tegangan dan arus yang dihasilkan oleh MPPT dengan menggunakan zeta converter memiliki tegangan output sebesar 22,6 Volt dan arus output sebesar 1,43 Ampere serta efisiensi 92%.
3. Adapun nilai duty cycle yang dihasilkan adalah 0,26 atau 26% dan arus input maximal yang dihasilkan setelah perhitungan adalah 5,02 Ampere.

5.2. Saran

1. Dapat dilakukan perencanaan zeta converter dengan menggunakan jenis rangkaian dan perhitungan yang berbeda agar mendapatkan nilai perbandingan yang lebih baik.
2. Disarankan memanfaatkan zeta converter dengan pengimplementasian kepada beban yang ada agar dapat lebih bermanfaat karna tingkat efisiensi pada zeta converter relatif tinggi.

DAFTAR PUSTAKA

- Anna Nur Nazilah Cahnim “ Penggunaan Microkontroler Sebagai Pendeteksi Posisi Dengan Menggunakan Sinyal GSM” Politeknik PKKP Yogyakarta Vol 4 No.1 Januari 2010
- Abdul Kadir. 2013. Panduan Praktis Mempelajari Aplikasi Mikrokontroler dan Pemrogramannya Menggunakan Arduino. Yogyakarta: Andi Offset.
- DARMA, S. (2017). ANALISA PERKIRAAN KEMAMPUAN DAYA YANG DIBUTUHKAN UNTUK PERENCANAAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA (PLTS). *JURNAL AMPERE*, 2(1), 39–53.
- Fuad, S., Setiawan, I., & Andromeda, T. (2022). OPTIMASI ALGORITMA FIREFLY PADA MAXIMUM POWER POINT TRACKING (MPPT) SAAT KONDISI PANEL SURYA TERHALANGI SEBAGIAN. *Multitek Indonesia: Jurnal Ilmiah*, 6223(1), 21–36. <http://journal.umpo.ac.id/index.php/multitek>
- Haq, M. D., Sholikhah, E. N., Windarko, N. A., & Yanaratri, D. S. (2021). Perancangan Maximum Power Point Tracking (MPPT) Pada Panel Surya Dengan Kondisi Partial Shading Menggunakan Differential Evolution. *Jurnal Suara Teknik*, 12(1), 38–46.
- Haqq, M. R. Al, Cholissodin, I., & Soebroto, A. A. (2021). Maximum Power Point Tracking (MPPT) pada Panel Surya dalam Kondisi Berbayang Sebagian dengan Particle Swarm Optimization (PSO). *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi Dan Ilmu Komputer*, 5(8), 3524–3537. <http://j-ptiik.ub.ac.id>
- Hutagalung, s. N., panjaitan, m., (2017). Prototype rangkaian inverter dc ke ac 900 watt. 6, 64–66.
- Khair, A., Ashari, H., & Sanatang. (2021). STUDI PREDIKSI PENGGUNAAN ENERGI LISTRIK DI DESA SANGLEPONGAN KABUPATEN ENREKANG DENGAN MENGGUNAKAN METODE MOVING AVERAGE (MA). *Jurnal MEDIA ELEKTRIK*, 18(2), 63–68.
- Nandiwardhana, A. P., Suryoatmojo, H., & Ashari, M. (2016). Perancangan Zeta Converter yang dilengkapi Power Factor Correction pada Aplikasi Pengaturan Kecepatan Motor Brushless DC. *JURNAL TEKNIK ITS*, 5(2), 169–175.
- Nurjaman, H. B., & Purnama, T. (2022). Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Sebagai Solusi Energi Terbarukan Rumah Tangga. *Jurnal Edukasi Elektro*, 06(02), 136–142. <https://journal.uny.ac.id/index.php/jee>
- Otong, M., & Bajuri, R. M. (2016). Maximum Power Point Tracking (MPPT) Pada Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Angin Menggunakan Buck-Boost Converter. *Jurnal Ilmiah SETRUM*, 5(2), 103–110.
- Harahap, Partaonan (2018). Harmonisasi Pada Rangkaian Inverter Satu Fasa. *Jurnal Teknik Elektro 1(1)*, 31–36.
- Harahap, Partaonan (2019). IMPLEMENTASI KARAKTERISTIK ARUS DAN TEGANGAN PLTS TERHADAP PERALATAN TRANSFER ENERGI BARU TERBARUKAN. *SEMNAS TEK UISU*. 152–157.
- PASARIBU, C., Tharo, H. Z., & Tarigan, A. D. (2021). ANALISA PENGARUH PENDINGINAN PERMUKAAN PANEL SURYA TERHADAP DAYA KELUARAN PADA PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA MATAHARI. Universitas Pembangunan Panca Budi.
- Pradipta, A., Suryoatmojo, H., & Riawan, D. C. (2016). Perancangan dan

- Implementasi Konverter Zeta dengan Induktor Gandeng dan Kapasitor Pengali Untuk Aplikasi Fotovoltaik. *JURNAL TEKNIK ITS Vol.*, 5(2), 1–7.
- Putra, G. S., & Yuhendri, M. (2020). Implementasi Sistem Kendali MPPT Panel Surya Berbasis Algoritma Incremental Conductance. *JTEIN: Jurnal Teknik Elektro Indonesia*, 1(2), 218–223.
- Ridho, M., Winardi, B., & Setiyono, B. (2020). MAXIMUM POWER POINT TRACKING METODE PERTURB AND OBSERVE DI SMA NEGERI 4 SEMARANG MENGGUNAKAN MATLAB SIMULINK. *TRANSIENT*, 9(4), 511–517. <https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/transient>
- Rizqi, Muhammad., & Sutikno, A. T., (2022). Analisa Unjuk Kerja Charging Model Yx 1224-2 Pada 2 Tipe Baterai Aki. *JIMT: Jurnal Ilmiah Mahasiswa Teknik*, 2(6), 553–562.
- Saleh, Muhammad., & Haryanti, M., (2017). RANCANG BANGUN SISTEM KEAMANAN RUMAH MENGGUNAKAN RELAY. *Jurnal Teknologi Elektro*, 8(2), 87–94.
- SANGAJI, A. H., & RIJANTO, T. (2018). MAXIMUM POWER POINT TRACKING (MPPT) MENGGUNAKAN METODE ARTIFICIAL NEURAL NETWORK UNTUK PANEL SURYA. *Jurnal Teknik Elektro*, 07(02), 85–92.
- Santoso, G. S. R., Sunarno, E., Raharja, L. P. S., & Eviningsih, R. P. (2022). Analisa Performa MPPT Algoritma Flower Pollination Alghorithm dan Perthurb and Obserbve Menggunakan Zeta Converter. *JURNAL TEKNOLOGI TERPADU*, 10(1), 41–52.
- Subandi, & Suyanto, M. (2020). Pemasangan Solar Cell Untuk Setrika Listrik Pada Usaha Sonic Laundry Condong Catur. *ERA-ABDIMAS*, IV(II), 1–40.
- Sunarno, E., Wahjono, E., Nugraha, S. D., Sudiharto, I., Qudsi, O. A., & Hefdi, M. (2017). DESAIN DAN IMPLEMENTASI ZETA CONVERTER DENGAN METODE MPPT MODIFIED P & O PADA APLIKASI RUMAH MANDIRI. *PROSIDING SENTRINOV*, 3, 300–312.
- Susilo, Setiawan, W., & Pradana, R. A. (2022). Optimasi Pengisian Daya Panel Surya MPPT dengan Kontrol Proportional Integral Derivative. *Zetroem*, 04(02), 34–36. <https://doi.org/10.30596/rele.v2i2.4420>.
- Sutedjo1, Rizqi, A., & Wahjono, E. (2022). Implementasi Hardware Maximum Power Point Tracking Menggunakan Konverter Zeta Berbasis Fuzzy Logic Pada PV 100Wp Hardware Implementation of Maximum Power Point Tracking Using Fuzzy Logic-Based Zeta Converter at PV 100Wp. *CESS (Journal of Computing Engineering, System and Science)*, 7(January), 67–80. <https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/transient>
- Swastika, B., Suyanto, I. M., & Kristiyana, S. (2015). PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA MATAHARI SEBAGAI PENERANGAN RUMAH TERPENCIL DENGAN MENGGUNAKAN SOLAR CELL. *Jurnal Elektrikal*, 2(1), 36–41.
- Widyantoro, H., Sulaiman, S., Wahjudi, R. S., & Subrata, R. H. (2019). PERANCANGAN STABILISASI DAYA PADA SOLAR CELL MENGGUNAKAN METODE MAXIMUM POWER POINT TRACKING (MPPT). *Seminar Nasional Cendekiawan Ke 5 Buku 1: "Teknologi Dan Sains"*, 1–6.
- Wirsuyana, G. P. M., Hartati, R. S., Gede, da B., & Manuaba. (2022). Metode Maximum Power Point Tracking pada Panel Surya: Sebuah Tinjauan

- Literatur. *Techné Jurnal Ilmiah Elektroteknika*, 21(2), 211–224.
- Zahra, E. E., Dewatama, D., & Yulianto. (2003). Zeta Converter dengan MPPT P&O untuk Mendapatkan Daya Optimal Akibat Perubahan Arus dan Tegangan. *Jurnal Elkolind*, 10(1), 9–17.
<https://doi.org/http://dx.doi.org/10.33795/elkolind.v10I1.2744>

LAMPIRAN

Program Arduino

```

#include <SPI.h>          //Library SPI
#include <Wire.h>         //Library Wire
#include <Adafruit_GFX.h>
#include <Adafruit_SSD1306.h> //Library OLED SSD1306
#include <Adafruit_INA219.h>
#include "ACS712.h"

#define SCREEN_WIDTH 128 //Panjang LCD OLED
#define SCREEN_HEIGHT 64 //Tinggi LCD OLED
#define OLED_RESET -1 //Pin reset terhubung dengan arduino
Adafruit_SSD1306 display(SCREEN_WIDTH, SCREEN_HEIGHT, &Wire, OLED_RESET);
//ACS712 sensor(ACS712_30A, A0);
const int INA_addr = 0x40; // INA219 address
Adafruit_INA219 ina219(INA_addr);
int analogPin = A1;
int analogPin2 = A0;

const int analogIn = 2; //Connect current sensor with A0 of Arduino
int mVperAmp = 185; // use 100 for 20A Module and 66 for 30A Module
int RawValue = 0;
int ACSoffset = 2500;
double Voltage = 0; //voltage measuring
double Amps = 0; // Current measuring

int I_baterai;
float tegangan = 00;
int arus = 00; // diukur menggunakan MiliAmpere
float daya = 00;

float Vmodul = 0.0;
float hasil = 0.0;
float R1 = 30000.0; //30k
float R2 = 7500.0; //7500 ohm resistor,
int value = 0;

float Vmodul2 = 0.0;
float hasil2 = 0.0;
float R12 = 30000.0; //30k
float R22 = 7500.0; //7500 ohm resistor,
int value2 = 0;

void setup() {
  Serial.begin(9600);
  ina219.begin();
  if (!display.begin(SSD1306_SWITCHCAPVCC, 0x3C)) { //Alamat OLED
    Serial.println(F("SSD1306 allocation failed"));
    for (;;) // Don't proceed, loop forever

```

```

}
//sensor.calibrate();

display.clearDisplay();
display.setTextSize(4);
display.setTextColor(WHITE);
display.setCursor(20, 0);
display.print("ZETA");
display.setTextSize(2);
display.setTextColor(WHITE);
display.setCursor(20, 40);
display.print("CONVERTER");
display.display();

delay(2000);
display.clearDisplay();
}

void loop() {

cek_arus_baterai();
cek_arus_input();
cek_tegangan_baterai();
display.clearDisplay();
display.setTextSize(2);
display.setTextColor(WHITE);
display.setCursor(20, 0);
display.print("BATTERY ");

display.setTextSize(1.5);
display.setTextColor(WHITE);
display.setCursor(5, 20);
display.print("V=");
display.print(hasil);
display.print(" V");

display.setTextSize(1.5);
display.setTextColor(WHITE);
display.setCursor(70, 20);
display.print("A=");
display.print(l_baterai);
display.print(" mA");

display.setTextSize(2);
display.setTextColor(WHITE);
display.setCursor(0, 35);
display.print("SOLAR CELL");

display.setTextSize(1.5);
display.setTextColor(WHITE);

```

```

display.setCursor(5, 55);
if (hasil2 < 0) {
  display.print("SP Not Connected");
} else {
  display.print("V=");
  display.print(hasil2);
  display.print(" V");
}

display.display();

}

void cek_arus_baterai() {
  RawValue = analogRead(analogIn); //reading the value from the analog pin
  Voltage = (RawValue / 1024.0) * 5000; // Gets you mV
  Amps = ((Voltage - ACSoffset) / mVperAmp);

  I_baterai = Amps * 1000;
  Serial.println(I_baterai);
  delay(1000);
}

void cek_arus_input() {
  tegangan = ina219.getBusVoltage_V(); //command untuk pembacaan tegangan
  arus = ina219.getCurrent_mA() * -1; //command untuk pembacaan arus
  daya = tegangan * (arus / 1000); //rumus untuk mendapatkan nilai watt

}

void cek_tegangan_baterai() {
  value = analogRead(analogPin);
  Vmodul = (value * 5.0) / 1024.0;
  hasil = Vmodul / (R2 / (R1 + R2));
}

void cek_tegangan_solar_cell() {
  value2 = analogRead(analogPin2);
  Vmodul2 = (value2 * 5.0) / 1024.0;
  hasil2 = Vmodul2 / (R22 / (R12 + R22));
}

```



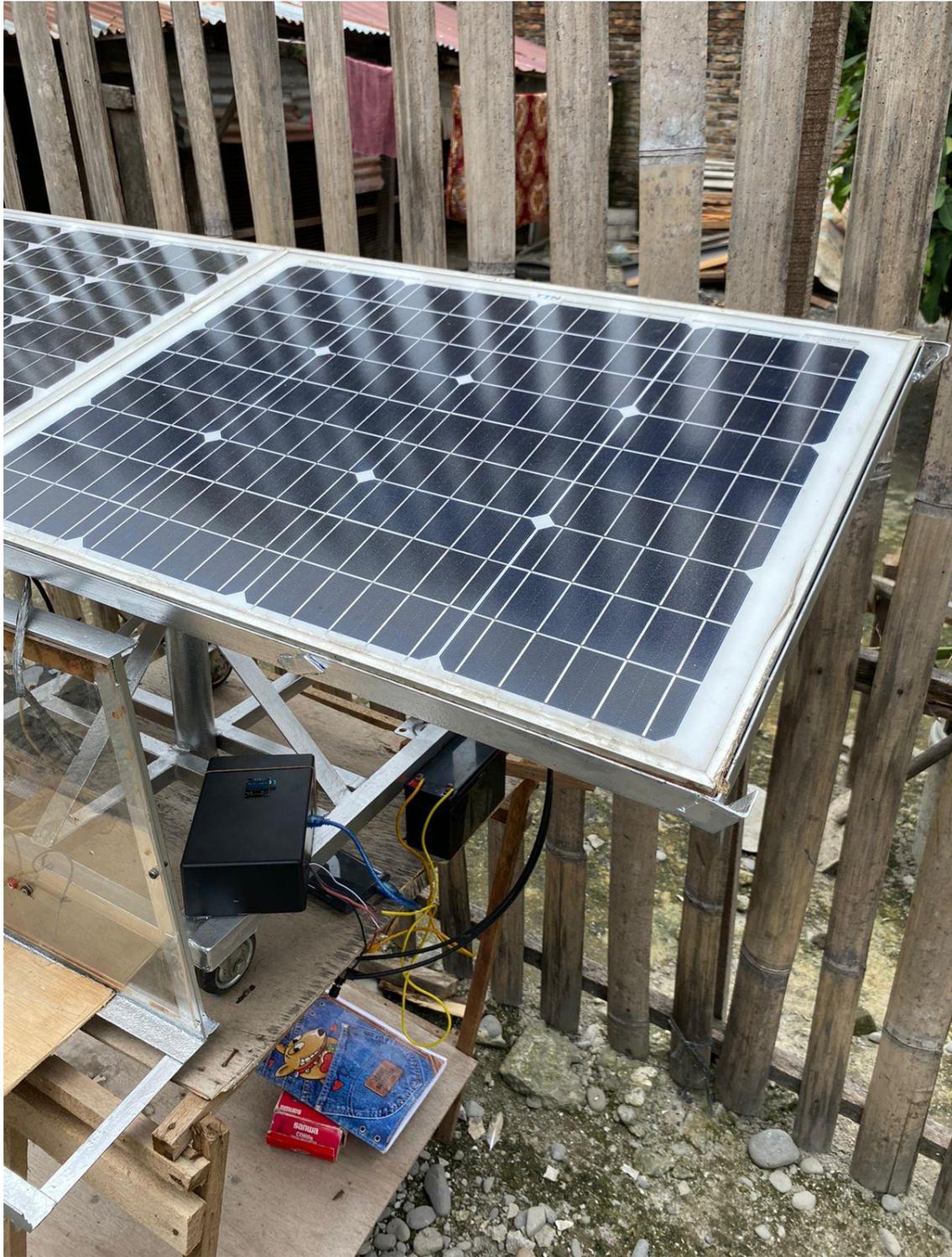
Lampiran 1



Lampiran 2



Lampiran 3



Lampiran 4



Lampiran 5



UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
 Jalan Kapten Mochtar Basri No.3 Medan Sumatera Utara 20238 Indonesia

Berita Acara Bimbingan Tugas Akhir (Skripsi)

Nama : Rahmat Ritonga

Npm : 1907220035

Judul Tugas Akhir : "IMPLEMENTASI TEKNOLOGI MAXIMUM POWER POINT TRACKING (MPPT) PADA SISTEM PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA MENGGUNAKAN ZETA CONVERTER"

No	Tanggal	Catatan	Paraf
1.	10/6/2023	Perbaiki Esop pada judul	<i>[Signature]</i>
2.	20/6/2023	Perbaiki Tiqua pada Bts2	<i>[Signature]</i>
3.	25/6/2023	Lapt buat Bts II	<i>[Signature]</i>
4.	27/6/2023	Lapt buat modul pada sistem	<i>[Signature]</i>
5.	1/7-2023	buat judul pada pulsar	<i>[Signature]</i>
6.	11/7/2023	perbaiki flow chart	<i>[Signature]</i>
7.	13/7/2023	Aa ayo	<i>[Signature]</i>

Dosen Pembimbing

[Signature]
Partoan Harahap S.T., M.T



UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
 Jalan Kapten Muchtar Basri No.3 Medan Sumatera Utara 20238 Indonesia

Berita Acara Bimbingan Tugas Akhir (Skripsi)

Nama : Rahmat Ritonga
 Npm : 1907220035
 Judul Tugas Akhir : **"IMPLEMENTASI TEKNOLOGI MAXIMUM POWER POINT TRACKING (MPPT) PADA PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA MENGGUNAKAN ZETA CONVERTER"**

No	Tanggal	Catatan	Paraf
1	28/7/2023.	Buat BAB 3 dengan flowchart	<i>[Signature]</i>
2	2/8/2023.	Buat paginasi dan ya sebelum di final.	<i>[Signature]</i>
3	10/8/2023	Buat BAB 4 hasil pulsan	<i>[Signature]</i>
4	14/8/2023.	perbaiki alat zeta tersebut yg dan MPPT tersebut.	<i>[Signature]</i>
5	20/8/2023.	perbaiki hasil power pada zeta computer.	<i>[Signature]</i>
6	2/9/2023.	Ulangi percobaan dan perbaiki pada alat zeta tersebut	<i>[Signature]</i>
7.	14/9/2023	ACE seminar final.	<i>[Signature]</i>

Dosen Pembimbing

[Signature]
 Partaonan Harahap S.T., M.T



UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
 Jalan Kapten Muchtar Basri No.3 Medan Sumatera Utara 20238 Indonesia

Berita Acara Bimbingan Tugas Akhir (Skripsi)

Nama : Rahmat Ritonga
 Npm : 1907220035
 Judul Tugas Akhir : "IMPLEMENTASI TEKNOLOGI *MAXIMUM POWER POINT TRACKING (MPPT)* PADA PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA MENGGUNAKAN *ZETA CONVERTER*"

No	Tanggal	Catatan	Paraf
1.	18/9/2023	Layout. perbaikan sesuai dengan gambar.	<i>[Signature]</i>
2.	19/9/2023	Perbaikan tabel 2 dan Abstrak	<i>[Signature]</i>
3.	20/9/2023	ACC. untuk sidang.	<i>[Signature]</i>

Dosen Pembimbing

Partaonan Harahap S.T., M.T

DAFTAR RIWAYAT HIDUP



DATA PRIBADI

Nama Lengkap : Rahmat Ritonga
 Alamat : Jl. Pimpinan gg. Suka Nikmat. No. 1A. Kec. Medan Perjuangan. Kab. Deli Serdang
 Npm : 1907220035
 Tempat/Tanggal Lahir : Negri Lama, 04 Desember 2000
 Jenis Kelamin : Laki-laki
 Agama : Islam
 Status : Belum Menikah
 No Telepon/ Watsapp : 082210104515
 Email : rahmatritonga2000@gmail.com
 Tinggi/Berat Badan : 175 cm / 65 kg
 Kewarganegaraan : Indonesia

ORANG TUA

Nama Ayah : Bendel Ritonga
 Agama : Islam
 Nama Ibu : Pia Diana Simamora
 Agama : Islam
 Alamat : Desa Martujuan. Kec. Ujung Batu. Kab. Padang Lawas Utara

RIWAYAT PENDIDIKAN

2007-2013 : SDN 101800 Ujung Batu Jae
 2013-2016 : MTs. Darussalam. Simpang Limun
 2016-2019 : SMK Negeri 1 Sei Kanan
 2019-2023 : Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara