

TUGAS AKHIR

ANALISA PERBANDINGAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA JENIS POLIKRISTAL DENGAN MONOKRISTAL TERHADAP OUTPUT INVERTER PURE SINUS WAVE

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

Disusun Oleh:

MUHAJIR BAHO
1507220138



UMSU

Unggul | Cerdas | Terpercaya

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
MEDAN
2021**

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas akhir ini diajukan oleh :

Nama : Muhajir Baho
NPM : 1507220138
Program Studi : Teknik Elektro
Judul Tugas Akhir : Analisa Perbandingan Pembangkit Listrik Tenaga Surya
Jenis Polikristal Dengan Monokristal Terhadap Output
Inverter Pure Sinus Wave

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Tim Penguji dan diterima sebagai salah satu syarat yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, 04 Oktober 2021

Mengetahui dan menyetujui :

Dosen Pembimbing I

Noorly Evalina, S.T, M.T

Dosen Pembimbing II

Zulfikar, S.T, M.T

Dosen Pembimbing I

Ir. Abdul Aziz Hutasuhut, M.M

Dosen Pembimbing II

Ir. Yusniati, M.T

Program Studi Teknik Elektro

Ketua



Eabel Irsan Pasaribu, S.T, M.T

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertandatangan dibawah Ini :

Nama lengkap : Muhajir Baho
NPM : 1507220138
Tempat/Tgl Lahir : Simanuk-Manuk, 01 Agustus 1996
Fakultas : Teknik
Program studi : Teknik Elektro

Menyatakan dengan sesungguhnya dan sejujurnya, bahwa laporan tugas akhir saya ini yang berjudul:

“ ANALISA PERBANDINGAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA JENIS POLIKRISTAL DENGAN MONOKRISTAL TERHADAP OUTPUT INVERTER PURE SINUS WAVE”

Buka merupakan plagiarisme, pencuri hasil karya milik orang, hasil untuk kepentingan saya karena berhubungan material maupun non material, taupun segala kemungkinan lain, yang pada hakekatnya bukan merupakan karya tulis tugas akhir saya secara orisinal dan otentik.

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

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan kesadaran sendiri dan tidak atas tekanan ataupun paksaan dari pihak manapun demi menegakkan integritas Akademik di Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, 04 Oktober 2021

Saya yang menyatakan




(MUHAJIR BAHO)

ABSTRAK

Inverter merupakan sebuah alat yang dapat merubah tegangan searah (DC) menjadi bolak-balik (AC). Inverter yang baik untuk digunakan dalam pemakaian sehari-hari adalah inverter Pure Sine Wave, dimana inverter tersebut sudah menghasilkan gelombang keluran sinusoidal atau gelombang yang setara dengan PLN. Dari hasil penelitian yang telah dilakukan selama empat hari diketahui bahwa pada panel surya monokristal, peneliti memperoleh nilai rata-rata berdasarkan perhitungan yaitu Dari perhitungan secara keseluruhan diketahui rata-rata tegangan, arus dan daya pada panel surya monokristal yaitu tegangan 19,87 Volt, arus 1,92 Ampere, dan daya 30,36 Watt. Pada Inverter yaitu rata-rata tegangan 244,5 Volt, arus 2,39 Ampere, dan daya 469,76 Watt, sedangkan pada rata-rata tegangan, arus dan daya pada panel surya polikristal yaitu tegangan 18,66 Volt, arus 1,86 Ampere, dan daya 25,37 Watt. dan pada inverter yaitu rata-rata tegangan 231,9 Volt, arus 2,24 Ampere, dan daya 418,36 Watt.

Kata Kunci: Panel Surya Monokristal, Polikristal, Inverter.

ABSTRACT

Inverter is a tool that can change the direct voltage (DC) to alternating (AC). A good inverter for use in everyday use is the Pure Sine Wave inverter, where the inverter has produced sinusoidal exhaust waves or waves equivalent to PLN. From the results of research that has been conducted for four days it is known that in monocrystal solar panels, researchers obtained an average value based on calculations, namely from the overall calculation known average voltage, current and power in monocrystal solar panels namely voltage 19.87 Volts, current 1.92 Ampere, and power 30.36 Watts. Inverters are an average voltage of 244.5 Volts, current of 2.39 Ampere, and power of 469.76 Watts, while on average voltage, current and power on polycrystal solar panels are voltage 18.66 Volts, current 1.86 Ampere, and power 25.37 Watts. And on inverters the average voltage is 231.9 Volts, current 2.24 Ampere, and power 418.36 Watts.

Keywords: Monocrystal Solar Panel, Polycrystal, Inverter.

KATA PENGANTAR



Dengan nama Allah Yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang. Segala puji dan syukur penulis ucapkan kehadirat Allah SWT yang telah memberikan karunia dan nikmat yang tiada terkira. Salah satu dari nikmat tersebut adalah keberhasilan penulis dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini yang berjudul

sebagai syarat untuk meraih gelar akademik Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara (UMSU), Medan.

Banyak pihak telah membantu dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini, untuk itu penulis menghaturkan rasa terimakasih yang tulus dan dalam kepada:

1. Orangtua penulis: Ayahanda Banser Baho dan Ibunda Nurasyah Simanullang, yang telah bersusah payah membesarkan dan membiayai studi penulis.
2. Ibu Noorly Evalina ST, M.T. selaku Dosen Pembimbing I yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
3. Bapak Zulfikar, ST, M.T selaku Dosen Pembimbing II yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
4. Bapak Ir. Abdul Aziz Hutasuhut, M.M dan Ibu Yusniati S.T, M.T selaku Dosen Pembimbing yang telah memberikan arahan dan bimbingan kepada penulis.
5. Bapak Munawar Alfansury Siregar S.T.,M.T selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
6. Bapak Ade Faisal S.T., M.Sc, Ph.D selaku Wakil Dekan I Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
7. Bapak Faisal Irsan Pasaribu S.T., S.Pd., M.T selaku Ketua Program Studi S-1 Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

8. Ibu Elvy Sahnur Nasution, ST, M.Pd selaku Seketaris Program Studi S-1 Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Penulis menyadari bahwasanya tulisannya ini masih jauh dari kata sempurna, hal ini disebabkan keterbatasan kemampuan penulis, oleh karena itu penulis sangat mengharapkan kritik & saran yang membangun dari segenap pihak. Semoga Tuhan Yang Maha Esa senantiasa membalas semua kebaikan yang telah diberikan kepada Penulis.

Semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi penulis umumnya kepada para pembaca Amiin Ya Rabbal ,,Allamin.

Medan, 4 Oktober 2021

Penulis

Muhajir Baho
1507220138

DAFTAR ISI

Abstrak.....	i
Abstract.....	ii
Kata Pengantar.....	iii
Daftar Isi.....	v
Daftar Tabel.....	vii
Daftar Gambar.....	viii
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan Penelitian	2
1.5 Manfaat Penelitian	3
1.6 Metode Penulisan	3
1.7 Sistematika Penulisan	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Tinjauan Pustaka Relevan	5
2.2 Landasan Teori	8
2.2.1 Energi Terbarukan	8
2.2.2 Photovoltaic (Sel Surya)	9
2.2.3 Komponen Utama Sistem	10
2.2.4 Inverter	11
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	
3.1 Tempat Penelitian	21
3.2 Alat Dan Bahan	21
3.3 Peralatan Yang Digunakan	21
3.4 Variabel Penelitian	22
3.5 Langkah Penelitian	22
3.6 Cara Kerja Ouput Inverter Pure Sinus Wave	23
3.7 Skema Rangkaian Inverter	25
3.8 Perbandingan Input Baterai	26

3.9 Diagram Alir Penelitian (Flowchart)	26
BAB IV HASIL PENELITIAN	
4.1 Hasil Penelitian	28
4.2 Rata-Rata Tegangan dan Arus Pada Panel Surya (Solar Cell).....	60
BAB V Penutup	
5.1 Kesimpulan	69
5.2 Saran	70
Daftar Pustaka	71

DAFTAR TABEL

Tabel

2.1 Tegangan keluaran pasangan saklar pada rangkaian <i>full bridge</i>	14
4.1 Pengujian Panel Surya Jenis Monocrystal Hari Pertama.....	28
4.2 Pengamatan Panel Surya Jenis Polikristal Hari Pertama	32
4.3 Pengamatan Panel Surya Jenis monocrystal Hari Kedua	36
4.4 Pengamatan Panel Surya Jenis Polikristal Hari Kedua.....	40
4.5 Pengamatan Panel Surya Jenis Monocrystal Hari Ketiga.....	44
4.6 Pengamatan Panel Surya Jenis Polikristal Hari Ketiga.....	48
4.7 Pengamatan Panel Surya Jenis Monocrystal Hari Keempat	52
4.8 Pengamatan Panel Surya Jenis Polikristal Hari Keempat.....	56
4.9 Pengamatan Hasil rata-rata Panel Surya Jenis monocrystal	60
4.10 Pengamatan Hasil rata-rata Inverter.....	62
4.11 Pengamatan Hasil rata-rata Inverter	64
4.12 Pengamatan Hasil rata-rata Inverter	66

DAFTAR GAMBAR

Gambar

2.1 Monokristal	9
2.2 Polikristal	10
2.3 Panel Surya	11
2.4 Baterai	11
2.5 Rangkaian Inverter	14
2.6 Pure Sine Wave	16
2.7 Spektrum cahaya matahari	19
2.8 Matahari	20
2.9 Lapisan Matahari.....	20
3.1 Diagram blok rangkaian kerja inverter pure sinus wave.....	23
3.2 Rangkaian Inverter <i>Pure Sinus Wave</i>	25
3.1 Diagram Alir Penelitian	27
4.1 Grafik Hasil Pengukuran Tegangan Pada Panel Surya Monocrystal dan Inverter hari pertama	35
4.2 Grafik Hasil Pengukuran Arus Pada Panel Surya Monocrystal dan Inverter hari pertama	35
4.3 Grafik Hasil Pengukuran Tegangan Pada Panel Surya Polikristal dan Inverter hari pertama	39
4.4 Grafik Hasil Pengukuran Arus Pada Panel Surya Polikristal dan Inverter hari pertama	39
4.5 Grafik Hasil Pengukuran Tegangan Pada Panel Surya Monocrystal dan Inverter hari kedua	43
4.6 Grafik Hasil Pengukuran Arus Pada Panel Surya Monocrystal dan Inverter hari kedua	43
4.7 Grafik Hasil Pengukuran Tegangan Pada Panel Surya Polikristal dan Inverter hari kedua	47
4.8 Grafik Hasil Pengukuran Arus Pada Panel Surya Polikristal dan Inverter hari kedua	47
4.9 Grafik Hasil Pengukuran Tegangan Pada Panel Surya monocrystal dan Inverter hari ketiga	51

4.10 Grafik Hasil Pengukuran Arus Pada Panel Surya monocristal dan Inverter hari ketiga	51
4.11 Grafik Hasil Pengukuran Tegangan Pada Panel Surya Polikristal dan Inverter hari ketiga	55
4.12 Grafik Hasil Pengukuran Arus Pada Panel Surya Polikristal dan Inverter hari ketiga	55
4.13 Grafik Hasil Pengukuran Tegangan Pada Panel Surya monocristal dan Inverter hari keempat	59
4.14 Grafik Hasil Pengukuran Arus Pada Panel Surya monocristal dan Inverter hari keempat	59
4.15 Grafik Hasil Pengukuran Tegangan Pada Panel Surya Polikristal dan Inverter hari keempat	61
4.16 Grafik Hasil Pengukuran Arus Pada Panel Surya Polikristal dan Inverter hari keempat	61
4.17 Grafik Rata-rata Tegangan Panel Surya Monocristal	67
4.19 Grafik Rata-rata Arus Panel Surya Monocristal	67
4.20 Grafik Rata-rata Daya Panel Surya Monocristal.....	68
4.21 Grafik Rata-rata Tegangan Inverter	69
4.22 Grafik Rata-rata Arus Inverter	69
4.23 Grafik Rata-rata Daya Inverter	70
4.24 Grafik Rata-rata Tegangan Panel Surya Polikristal	71
4.25 Grafik Rata-rata Arus Panel Surya Polikristal	71
4.26 Grafik Rata-rata Daya Panel Surya Polikristal	72
4.27 Grafik Rata-rata Tegangan Inverter	73
4.28 Grafik Rata-rata Arus Inverter	73
4.29 Grafik Rata-rata Daya Inverter	74

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Listrik merupakan salah satu kebutuhan yang tidak dapat dipisahkan dari kehidupan masyarakat di era globalisasi ini. Penggunaan listrik bertambah seiring dengan meningkatnya permintaan pasang baru. Masyarakat menggunakan energi listrik mulai dari mengisi ulang baterai ponsel, menyetrika, menonton televisi, mencuci, dan memasak. (Fachry Noor, dkk 2017). Berbagai cara telah dilakukan untuk mencari sumber energi alternatif sebagai pengganti dari bahan bakar fosil. Dimana diharapkan sumber energi alternatif tersebut tetap dapat memberikan performa yang baik dan tentunya emisi gas buang yang dihasilkan ramah terhadap lingkungan. dengan demikian dibutuhkan energi alternatif seperti matahari yang dapat digunakan menggunakan PLTS (Noorly, E dkk, 2020).

Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) di Indonesia, paling populer digunakan untuk listrik pedesaan (terpencil), sistem seperti ini populer dengan sebutan SHS (Solar Home Sistem). SHS umumnya berupa sistem berskala kecil, dengan menggunakan modul surya 50-100 Wp (*Watt Peak*) dan menghasilkan listrik harian sebesar 150-300 Wh. Karena skalanya yang kecil, sistem DC (*Direct Current*) lebih disukai, untuk menghindari *losses* dan *self consumption* akibat digunakannya inverter. Karena sistemnya yang kecil dan dipasang secara desentralisasi (satu rumah satu pembangkit, sehingga tidak memerlukan jaringan distribusi) SHS ideal digunakan untuk listrik dipedesaan dimana jarak rumah satu dengan lainnya. Berjauhan, dan keperluan listriknya relatif kecil, yakni untuk memenuhi kebutuhan dasar (lampu).

Meskipun secara pengertian SHS dapat saja berupa sistem yang besar (sejauh masih digunakan untuk listrik rumah), namun kebanyakan orang cenderung tidak menggunakan istilah SHS untuk sistem yang menggunakan modul lebih besar dari 100Wp (atau produksi energi harian >400Wh). Kecilnya listrik yang dapat disediakan oleh SHS (kecil menurut definisi orang kota yang sering menggunakan listrik jauh diatas produksi SHS, padahal bagi orang desa listrik sejumlah itu sangat bermanfaat, karena dibandingkan lampu minyak tanah, yakni

(lamputeplok/petromak), ditambah lagi dengan relatif sulitnya mencari peralatan elektronik rumah tangga (TV, Radio/Tape dll) yang menggunakan sistem DC, membuat SHS tidak menarik untuk penggunaan di desa-desa dekat kota atau di perkotaan, dimana kebutuhan listrik sudah tidak melulu hanya untuk lampu penerangan. Meskipun belum ada batasan yang jelas, PLTS yang menggunakan modul surya lebih dari 100Wp (Output energi >400Wh), dan oleh karenanya lebih memungkinkan digunakan sistem AC (*Alternating Current*; karena listrik yang dapat digunakan setelah dikurangi *losses* dan *self consumption* inverter masih cukup memadai), dalam tulisan ini, termasuk dalam kategori PLTS skala menengah-besar.

PLTS pada skala ini umumnya tidak lagi menggunakan sistem desentralisasi, tetapi menggunakan sistem sentralisasi dan dikombinasikan dengan sistem pembangkit lainnya (sistem hibrid). Sistem Hibrid dapat melibatkan 2 atau lebih sistem pembangkit listrik, umumnya sistem pembangkit yang banyak digunakan untuk hybrid adalah genset, PLTS, mikrohydro, Tenaga Angin. Sehingga sistem hybrid bisa berarti PLTS-Genset, PLTS-Mikrohydro, PLTS Tenaga Angin dst. Di Indonesia sistem hybrid telah banyak digunakan, baik PLTS-Genset, PLTS-Mikrohydro, maupun PLTS-Tenaga Angin-MikroHydro. Namun demikian hybrid PLTS-Genset yang paling banyak dipakai.

Umumnya digunakan pada *captive genset/isolated grid (stand alone genset*, yakni genset yang tidak di interkoneksi). Tujuan dari Hybrid PV-Genset adalah mengkombinasikan keunggulan dari setiap pembangkit (dalam hal ini genset & PLTS) sekaligus menutupi kelemahan masing-masing pembangkit untuk kondisi-kondisi tertentu, sehingga secara keseluruhan sistem dapat beroperasi lebih ekonomis dan efisien

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas maka rumusan masalah yang akan di teliti yaitu:

1. Bagaimana output tegangan, arus, dan daya terhadap solar sell jenis monokristal beserta inverternya?
2. Bagaimana output tegangan, arus, dan daya terhadap solar sell jenis polikristal beserta inverternya?

1.3. Batasan Masalah

Dikarenakan banyaknya cakupan permasalahan yang terdapat pada perancangan alat ini, maka penulis perlu untuk membatasi batasan masalah yaitu:

1. *Pure sinus wave* 220 volt.
2. *Pure sinus wave* bernilai 600 watt.

1.4. Tujuan Penelitian

Berdasarkan perumusan masalah diatas maka tujuan yang ingin di capai pada penulisan skripsi ini adalah sebagai :

1. Menganalisa output tegangan, arus, dan daya terhadap solar sell jenis monokristal beserta inverternya
2. Menganalisa output tegangan, arus, dan daya terhadap solar sell jenis polikristal beserta inverternya

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang di ambil dalam penulisan skripsi ini adalah :

1.5.1 Manfaat Bagi Mahasiswa

1. Dapat merakit rangkaian listrik tenaga surya ke inverter.
2. Dapat menerapkan ilmu pengetahuan yang di dapat dengan merancang rangkaian listrik tenaga surya.
3. Dapat mengintegrasikan rangkaian listrik tenaga surya sebagai energi baru terbarukan.

1.5.2 Manfaat Bagi Perguruan Tinggi

1. Alat serta bahan yang telah di buat dapat di aplikasikan dalam sehari-hari sebagai pengganti energi listrik cadangan apabila terjadi mati lampu.
2. Penelitian ini di harapkan dapat membantu mahasiswa dalam praktikum tentang adanya energi baru terbarukan.
3. Alat serta bahan yang di buat dapat menjadi solusi sebagai pengganti listrik utama.

1.6 Metode Penulisan

Dalam penulisan skripsi, menggunakan beberapa metode untuk mengumpulkan data-data yang akan diperlukan untuk menyelesaikan skripsi ini.

1. Metode Studi Pustaka

Penulis melakukan studi pustaka untuk memperoleh data-data yang berhubungan dengan skripsi dari berbagai sumber bacaan seperti: Jurnal, dan website yang berkaitan dengan judul yang di angkat sebagai referensi.

2. Metode Eksperimen

Yaitu membuat alat dan bahan secara langsung dan menguji apakah alat dan bahan tersebut bekerja sesuai dengan keinginan.

3. Metode Pengujian sistem

Yaitu melakukan pengujian alat dan bahan yang bertujuan untuk mengetahui apakah kinerja alat yang di buat sesuai dengan apa yang diharapkan atau belum.

1.7 Sistematika Penulisan

Skripsi ini tersusun atas beberapa bab pembahasan secara garis besar tentang, *Solar cell, inverter, solar charger control*, dan baterai.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Tinjauan Pustaka Relevan

Berbagai penelitian terkait dengan penggunaan sel surya telah banyak dilakukan. Hal ini disebabkan karena penggunaannya yang merupakan bentuk alternatif guna mengurangi permintaan energi pada PLN serta optimalisasi potensi alam sehingga sangat bermanfaat untuk mengurangi penggunaan energi fosil yang saat ini sudah semakin menipis. Oleh sebab itu, beberapa penelitian sebelumnya yang dijadikan acuan dalam penelitian ini di antaranya adalah sebagai berikut.

Sampeallo, AS. dkk (2019) dengan judul penelitian Analisis Kinerja PLTS 25 Kwp Di Gedung Laboratorium Riset Terpadu Lahan Kering Kepulauan Undana Terhadap Variasi Beban dalam penelitian ini menyebutkan bahwa dilakukan analisis terhadap kinerja sistim dengan melakukan pengukuran-pengukuran terhadap daya output PV (yang merupakan Input inverter), output arus , tegangan inverter, output daya inverter, serta efisiensi inverter. Pengukuran dilakukan untuk tiga kondisi selama tiga hari, dengan diberikan variasi beban. Berdasarkan hasil pengukuran selama tiga hari, diperoleh hasil untuk kemampuan PLTS dalam mengoperasikan beban maksimal adalah 3.401 Watt pada hari ketiga (D3), dengan rata- rata daya yang disuplai dari sistim PV adalah 4,1 kW dan daya output inverter yang diberikan ke beban rata- rata adalah 2,0 kW, efisiensi rata- rata inverter dalam mensuplai daya dari PV untuk beban adalah 58,59 %.Hal ini dikarenakan daya yang disuplai dari sistim PV disuplai tidak hanya pada beban lahan kering I dan II,tetapi juga akan disuplai pada sistem baterai.Sehingga daya dari sistim PV terbagi dua.

Noorly, E. dkk. (2021) dengan judul penelitian Implementasi Pembangkit Listrik Tenaga Surya Kapasitas 200 Wp Dengan Sistem Solar Charger Pada Beban Kipas Angin. Oleh karena itu, penelitian ini dirancang menggunakan pembangkit listrik tenaga surya dengan kapasitas 200 Wp dengan sistem solar charger, mampu untuk memenuhi kebutuhan beban listrik ketika diubah menjadi tegangan 220 VAC, diujikan dengan menggunakan beban kipas angin, faktor kerja rata-rata yang didapat ialah 0,8, ketahanan baterai yang dipakai selama 4,5

jam, Alat ini diharapkan dapat menjadi energi baru yang dapat memenuhi kebutuhan listrik sehari-hari

Nilai daya dari tiap subsistem menunjukkan bahwa iradiasi menurunkan daya output pada sistem PLTS. Rekonfigurasi sistem PLTS dapat dilakukan dengan menambah, mengurangi atau mengkombinasikan jumlah array modul PV pada sistem tersebut. Penelitian ini menguntungkan dari segi biaya yang dikeluarkan karena bisa menekan pemakaian listrik dari PLN dan juga menjual listrik PLTS ke PLN. (K. Kananda and R. Nazir,2013).

Hasyim, dkk., (2014) menyelidiki besarnya energi yang mampu dihasilkan oleh sel surya untuk kebutuhan rumah tangga dengan mengukur jumlah energi yang mampu disuplai oleh energi yang dihasilkan sel surya. Sel surya dapat menghasilkan nilai maksimum bergantung pada beberapa faktor, yaitu suhu udara ambien, radiasi matahari, kecepatan angin, keadaan atmosfer, orientasi panel sel surya, dan posisi sel surya terhadap matahari. Penelitian ini dilakukan dengan merakit modul sel surya dan membuat jaringan instalasi listrik penerangan diperumahan. Daya listrik yang dihasilkan oleh sel surya merupakan hasil kali tegangan keluaran dengan banyaknya elektron yang mengalir atau besarnya arus.

Energi surya telah menjadi objek populer penelitian dalam bidang energi terbarukan. Latar belakang dari penelitian ini adalah bahwa ketersediaan bahan bakar fosil yang semakin sedikit mengakibatkan kebutuhan terhadap sumber energi baru meningkat. Salah satu sumber energi baru adalah sinar matahari yang ketersediaannya sangat melimpah terutama pada daerah yang terletak di garis khatulistiwa. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengubah energi matahari menjadi energi listrik tegangan arus searah yang kemudian dikonversikan ke tegangan arus bolak balik. Sebuah eksperimen panel surya telah dilakukan. Metode yang dilakukan adalah dengan memaparkan panel surya terhadap sinar matahari lalu luaran dari panel surya dimasukkan ke converter. Ketika iradiasi meningkat dari 198 W/m² ke 990 W/m², arus short circuit dan arus saat daya mencapai maksimum, masing-masing meningkat ke 0,7 A dan 0,6 A. (Sabry & Ker, 2021), tegangan pada hubungan seri lebih besar dibandingkan tegangan pada hubungan paralel, selisih perbandingan antara hubungan seri dan paralel sebesar 49,98 %, sedangkan arus pada hubungan paralel lebih besar

dibandingkan arus dengan hubungan seri, dimana selisih perbandingan arus pada hubungan seri dan paralel sebesar 83,19 % (Siregar et al., 2021)

Pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) merupakan energi baru yang tidak akan habis dan ramah terhadap lingkungan. Energi baru ini sudah banyak digunakan sebagai penerangan maupun skala besar pemakaian alat-alat elektronik. Namun pemanfaatan energi matahari ini sebagai pembangkit energi listrik masih bersifat statis (tidak mengikuti pergerakan matahari). Berdasarkan kondisi ini, maka panel surya tidak dapat menangkap cahaya secara maksimal. Keterbatasan tersebut dapat diatasi dengan pengujian dengan rotasi dinamis (mengikuti arah pergerakan matahari). Perolehan rata-rata daya keluaran yang dihasilkan sebesar 34,93 W (Harahap, 2019), dengan menggunakan simulasi rangkaian pelacak IV, menghasilkan parameter perubahan daya output untuk variasi suhu dan intensitas cahaya (Cholish et al., 2019)

Mutaz dan Ahmad (2018) melakukan penelitian tentang penggunaan photovoltaic sebagai solusi untuk mengurangi permintaan listrik yang tinggi dan juga mengurangi tarif energi listrik di Jordan. Permasalahan yang di hadapi pada kehidupan modern di Jordan adalah terbatasnya sumber yang berasal dari alam sedangkan kebutuhan akan energi listrik semakin meningkat. Tenaga surya merupakan satu-satunya energi terbarukan yang menjanjikan di Jordan karena cuaca di Jordan cerah. Penelitian ini akan mempelajari, meng-analisa dan menyelidiki puncak kebutuhan energi listrik kapan terjadi. Hasil dari penelitian ini akan menjelaskan dan meng-evaluasi permasalahan tentang kebutuhan energi listrik yang terjadi di Jordan dan mencari solusi yang cocok (M.Al Shafeey, A. M. Harb, 2018)

Samir, dkk, (2015) meneliti tentang menghubungkan antara grid dan sistem yang menggunakan photovoltaic. Bertumbuhnya penggunaan energi yang berasal dari matahari telah meningkat sebesar 60 % selama 5 tahun terakhir. Pertumbuhan ini juga mempengaruhi perubahan inverter yang dulu menjadi lebih kompleks untuk memaksimalkan efisiensi penyerapan daya agar mengurangi biaya konversi. Perkembangan konversi tenaga matahari mengalami peningkatan yang super besar yaitu 1,2 GW pada 1992 ke 136 GW pada 2013. Pada penelitian ini menunjukkan

perkembangan teknologi inverter yang sangat membantu agar penyerapan energi matahari lebih maksimal dan tidak ada energi yang sia-sia (S. Kouro,dkk,2015).

Enrique, dkk, (2015) melakukan penelitian tentang rencana menghubungkan grid dengan *photovoltaic*. Banyak pembangkit *photovoltaic* yang sudah di bangun diseluruh dunia. Pembangkit ini bisa menjadi alternatif sumber energi menggantikan pembangkit konvensional dan mengatasi masalah menipisnya energi yang tersedia dari pembangkit konvensional. Pemerintah dan organisasi publik sedang fokus untuk menghasilkan energi sebersih mungkin dan tanpa adanya polusi. Penelitian ini berkaitan bahwa sadarnya penggunaan energi terbarukan khususnya photovoltaic amatlah penting karna ketersediaan bahan bakar fosil semakin menipis (E. Romero-Cadaval,2015).

2.2 Landasan Teori

Berikut landasan teori yang digunakan dalam mendukung proses penyelesaian tugas akhir ini.

2.2.1 Energi Terbarukan

Energi terbarukan adalah energi yang berasal dari alam disekitar kita, beberapa contoh energi terbarukan adalah angin, air, geothermal, biomasa, dan matahari. Disebut energi terbarukan karena energi tersebut dapat memperbarharui energi itu sendiri dalam kurun waktu yang singkat tidak seperti energi fosil yang memerlukan waktu bertahun-tahun agar terbentuk energi lagi. Untuk di Indonesia potensi energi terbarukan sangat besar karena Negara Indonesia memiliki iklim yang bagus untuk energi terbarukan contohnya adalah Matahari di Indonesia cukup sering (M. Topi~cdkk, 2015).

Karena di Indonesia hanya terbagi menjadi 2 iklim dalam setahun, untuk air, Indonesia sebagian besar wilayahnya adalah perairan jadi sangat bisa di manfaatkan untuk menghasilkan energi. Energi terbarukan juga sangat ramah lingkungan karna tidak menghasilkan limbah yang dapat mencemarkan lingkungan. Beberapa wilayah telah mengembangkan energi terbarukan contohnya adalah di pesisir pantai yang dapat menggunakan angin sebagai energi alternatif disamping menggunakan energi dari supply PLN.

2.2.2 Photovoltaic (sel surya)

Sel Surya atau Solar Cell adalah suatu perangkat atau komponen yang dapat mengubah energi cahaya matahari menjadi energi listrik dengan menggunakan prinsip efek Photovoltaic (Noorly E. dkk. 2019). Industri photovoltaic telah berkembang sekitar 50 tahun dan bertujuan agar dapat menghasilkan energi sel surya yang ekonomis dan layak diandingkan dengan penggunaan listrik buatan seperti hidro dan nuklir dan untuk memberikan solusi agar penghasil energi yang ramah lingkungan dan dapat mencakup seluruh dunia. Sistem yang terdapat pada photovoltaic adalah listrik satu arah yang ber sumber dari energi matahari kemudian menghasilkan energi listrik. Besar energi yang dihasilkan dipengaruhi oleh jumlah energi matahari yang diserap oleh panel surya. Photovoltaic dapat digunakan menggunakan baterai sebagai sarana penyimpanan dan dapat juga digunakan tanpa baterai. Ada beberapa tipe panel yang dapat digunakan antara lain:

2.2.2.1 Monokristal

Panel monokristal merupakan panel yang paling efisien dibanding lainnya karena panel ini dapat menghasilkan energi listrik per satuan luas yang paling tinggi dengan efisiensi sampai dengan 15%-20%. Panel ini memiliki kekurangan yaitu tidak dapat digunakan di tempat yang cahaya matahari kurang serta kestabilan panel ini akan turun ketika cuaca sedang berawan dan juga harga panel monokristal juga mahal karena bahan yang digunakan adalah Kristal silicon murni dan teknologi yang digunakan juga mahal.



Gambar 2.1 Panel Surya Monokristal

2.2.2.2 Polikristal

Merupakan panel surya yang memiliki susunan kristal acak. Type Polikristal memerlukan luas permukaan yang lebih besar dibandingkan dengan jenis monokristal untuk menghasilkan daya listrik yang sama, akan tetapi dapat menghasilkan listrik pada saat mendung. (Rif'an, M. dkk 2012) panel ini terbuat dari hasil leburan dari beberapa batang Kristal silikon kemudian dicetak menjadi bentuk persegi. Tipe sel surya ini memiliki tingkat efisien sekitar 13%-16% karena tidak Kristal silikon yang digunakan tidak sempurna pada tipe monokristal dan sel surya yang dihasilkan tidak identik antara satu dan lainnya. Sel surya jenis ini paling banyak digunakan karna harganya yang lebih ekonomis dan pembuatannya lebih mudah. Agar menghasilkan energi yang sama dengan tipe monokristal, diutuhkannya wilayah yang luas. Kelebihan dari sel surya tipe ini yaitu tetap dapat menghasilkan energi listrik walau sedang dalam keadaan mendung. (M. A. Green, dkk 2015)



Gambar 2.2 Panel Surya Polikristal

2.2.2.3 Thin Film Solar Cell (TFSC)

Tipe sel surya ini dibuat dengan cara menambahkan satu atau beberapa lapisan sel surya yang tipis kelapisan dasar. Karna bentuknya yang sangat tipis tipe ini juga biasa disebut sebagai TFPV (*Thin Film Photovoltaic*). Ada 3 jenis sel surya tipe ini dibedakan berdasarkan materialnya yaitu, Amorphous Silicon (a-Si) Solar

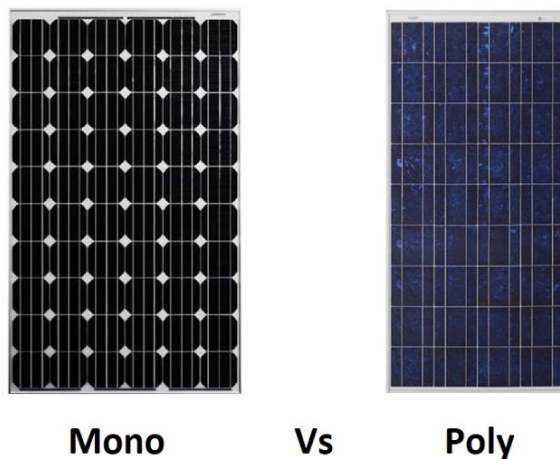
Cells yang terbuat dari Amorphous Silicon, Cadmium Telluride (CdTe) Solar Cells yang terbuat dari bahan Cadmium Telluride, dan Copper Indium Gallium Selenide (CIGS) Solar Cell yang terbuat dari bahan Copper Indium Gallium Selenide merupakan yang paling efisien dibanding dua lainnya dan juga tidak mengandung bahan yang berbahaya yaitu Cadmium seperti yang terdapat pada sel surya CdTe. (M. A. Green, dkk, 2015)

2.2.3 Komponen Utama Sistem

Ada beberapa komponen yang digunakan dalam pembangkit listrik tenaga surya:

1.2.3.1 Panel Surya

Panel surya terusun dari beberapa sel surya. Normalnya sebuah sel surya dapat memangkitkan daya sebesar 1 watt dan tegangan sebesar 0.5 volt. Beberapa sel surya yang disusun menjadi sebuah modul disebut sebagai panel surya. Bahan utama dari panel surya yaitu bahan yang bersifat semikonduktor yang berfungsi untuk menyerap cahaya matahari dan kemudian diteruskan untuk menghasilkan energi listrik (W. Shockley, dkk)



Gambar 2.3 Panel Surya

1.2.3.2 Baterai

Baterai adalah alat penting yang berfungsi menyimpan arus/energi listrik pada siang hari sebagai back up untuk digunakan malam hari, dimana pada malam hari panel surya tidak dapat menghasilkan arus/energi listrik. Penelitian ini

menggunakan baterai kering. Komponen ini berfungsi untuk menyimpan daya yang dihasilkan oleh panel surya dalam bentuk energi kimia. Daya yang masuk di baterai tidak langsung digunakan melainkan digunakan pada saat cahaya matahari sedang redup ataupun pada saat malam hari. Dua peranan baterai dalam sistem ini adalah memberikan daya kepada beban yang akan digunakan ketika daya tidak dapat di supply oleh panel surya dan untuk menyimpan kelebihan daya yang dihasilkan panel surya.



Gambar 2.4 Baterai

Struktur sarang lebah GO mengandung beberapa kelompok fungsional seperti karboksilat dan karbonil terletak di tepinya, serta gugus hidroksil dan epoksi di permukaannya. Ini fungsional kelompok berkontribusi terhadap sifat pengisolasian hidrofilik dan elektrik GO yang unik, yang dapat terjadi dikendalikan dengan memanipulasi kandungan oksigen. Aplikasi GO dalam Photonics termasuk penggunaannya sebagai SA pada laser serat berdenyut, dan sebagai elemen fungsional pada polarisasi pandu gelombang optik dan modulator.

1.2.3.3 Tipe-Tipe Baterai

1. Baterai *Lead Acid* merupakan baterai yang menggunakan asam timbal (*Lead Acid*) sebagai asam kimianya. Ada dua tipe dari jenis aki ini, yaitu *Starting Battery* atau lebih dikenal dengan aki otomotif, dan *Deep Cycle Battery*, atau dikenal juga dengan aki industry. *Starting Battery* merupakan jenis baterai yang dirancang mampu menghasilkan energy (arus listrik) yang tinggi dalam waktu yang singkat, sehingga dapat menyalakan mesin seperti mesin kendaraan, sedangkan *Deep Cycle Battery* merupakan jenis aki yang dirancang untuk

menghasilkan energy (arus listrik) yang stabil dalam waktu yang lebih lama, aki jenis ini memiliki ketahanan terhadap siklus pengisian (*charger*) – pelepasan (*discharger*) aki yang berulang-ulang dan konstan.

2. Baterai *Li-lon* merupakan baterai yang menggunakan senyawa litium interkalasi sebagai bahan elektrodanya. Baterai ini memiliki daya tahan yang cukup tinggi, dan tingkat penurunan daya saat tidak digunakan cukup rendah. Sehingga baterai jenis dapat bertahan dalam kondisi lingkungan apapun dan dapat menyimpan daya lebih lama dan lebih besar (Jahuari,2018).

2.2.4 Inverter

Inverter adalah rangkaian yang mengubah DC menjadi AC. Atau lebih tepatnya inverter memindahkan tegangan dari sumber DC ke beban AC. Inverter digunakan pada aplikasi seperti adjustable-speed AC motor drives, uninterruptible power supplies (UPS), dan aplikasi ac yang dijalankan dari baterai. Sumber tegangan input inverter bisa berupa baterai, PV, accumulator/aki, dan sumber tegangan DC lainnya. Adapun output dari inverter adalah berupa tegangan AC 220 volt atau 120 volt dan memiliki frekuensi output 50 Hz ataupun 60 Hz. Untuk memperoleh tegangan output yang bervariasi, dapat dilakukan dengan membuat variasi tegangan input DC dan menjaga penguatan inverter supaya bernilai tetap. Sebaliknya, apabila tegangan input DC tidak dikendalikan, maka dapat diperoleh tegangan output yang bervariasi dengan cara memvariasikan penguatan daripada inverter. Penguatan inverter dapat diartikan dengan rasio perbandingan antara tegangan output AC terhadap tegangan input DC (R. Safitri,2016). Variasi dari penguatan inverter ini biasanya didapatkan dengan cara pengontrolan melalui PWM (*Pulse Width Modulation*) di dalam inverter. Adapun tegangan keluaran rumus *square wave* inverter dapat dicari dengan rumus berikut: (Khairulazmi,dkk,2017)

$$V_o = (2T_o \int V_s 2T_o 20 dt)^{1/2} = V_s \dots\dots\dots(1)$$

Dimana:

V_o : adalah tegangan output inverter

T_o : adalah perioda awal

V_s : adalah tegangan sumber

Sedangkan untuk inverter yang menggunakan teknik SPWM (akan dibahas selanjutnya), maka tegangan output rms yang dihasilkan dapat dirumuskan: (Khairulazmi,dkk,2017)

$$V_o = V_s (\sum \delta m \pi 2 p m = 1)^{1/2} \dots\dots\dots(2)$$

dimana:

V_o : adalah tegangan output rms

V_s : adalah tegangan sumber

p : adalah jumlah pulsa dalam setengah siklus

δ : adalah lebar setiap pulsa

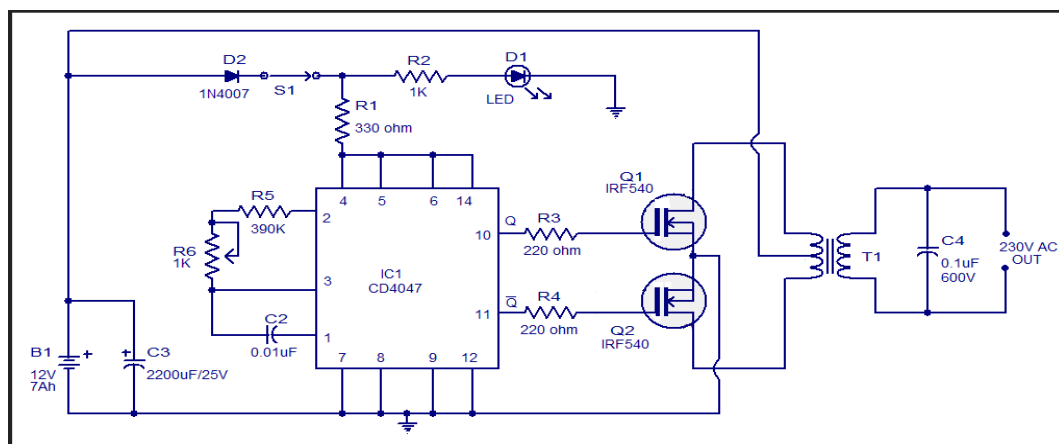
2.2.4.1 Full-Bridge Converter Theory

Full bridge converter adalah rangkaian teori dasar yang digunakan untuk mengubah DC ke AC. Full bridge converter mempunyai pasangan saklar (S1,S2) dan (S3,S4). Keluaran AC didapatkan dari masukan DC dengan membuka dan menutup saklar-saklar pada urutan yang tepat. Tegangan keluaran V_o bisa berupa $+V_{dc}$, $-V_{dc}$, atau nol, tergantung pada saklar yang mana tertutup.

Rangkaian ekivalen kombinasi saklar full bridge converter diperlihatkan pada gambar 2.1. Sebagai catatan bahwa S1 dan S4 tidak boleh menutup pada saat yang bersamaan, begitu juga dengan S2 dan S3, yang akan menyebabkan terjadinya short circuit pada sumber DC. Saklar yang nyata tidak bisa on atau off secara seketika. Tegangan keluaran dari kondisi pasangan saklar pada rangkaian full bridge converter ditampilkan pada table 2.1. (Hart,Daniel W,1997).

Tabel 2.1. Tegangan keluaran pasangan saklar pada rangkaian *full bridge converter*

Saklar Tertutup	Tegangan Keluaran (v_o)
S1 dan S2	+Vdc
S3 dan S4	-Vdc
S1 dan S3	0
S2 dan S4	0



Gambar 2.5: (a) Full-bridge converter. (b) S1 dan S2 tertutup. (c) S3 dan S4 tertutup. (d) S1 dan S3 tertutup. (e) S2 dan S4 tertutup.

Walaupun waktu transisi switching harus diberikan pada kendali saklar, overlap pada waktu saklar on juga akan mengakibatkan *short circuit*, yang disebut shoot-through. Waktu yang diberikan untuk transisi *switching* disebut *blanking time*. (Hart, Daniel W, 1997)

2.2.4.2 Inverter Gelombang Kotak (*Square-Wave Inverter*)

Merupakan pola switching yang paling sederhana agar full bridge converter dapat menghasilkan keluaran tegangan gelombang kotak. Saklar-saklar akan menghubungkan beban ke $+V_{dc}$ ketika S1 and S2 tertutup atau ke $-V_{dc}$ ketika S3 dan S4 tertutup. Periodik switching dari tegangan beban antara $+V_{dc}$ and $-V_{dc}$ menghasilkan tegangan gelombang kotak pada beban. Walaupun perselangan keluaran ini nonsinusoidal, namun mampu mencukupi bentuk gelombang AC untuk beberapa aplikasi.

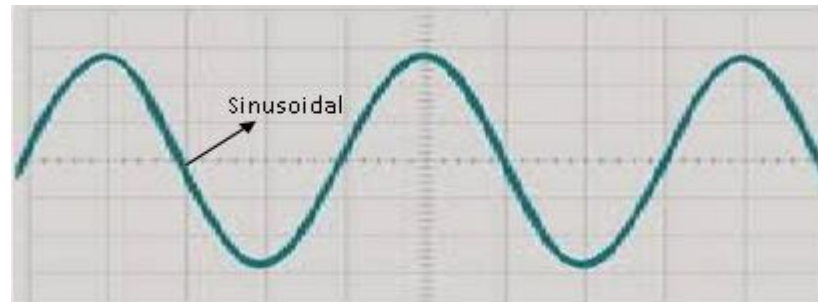
Bentuk gelombang arus pada beban tergantung pada komponen beban. Untuk beban resistif, Bentuk gelombang arus sesuai dengan bentuk tegangan keluaran. Beban induktif akan mempunyai arus yang lebih bersifat sinusoidal dari pada tegangan karena sifat *filtering* dari induktansi. Pada beban induktif ada beberapa pertimbangan dalam mendesain saklar-saklar pada rangkaian *full bridge converter* karena arus saklar harus *bidirectional*. (Hart, Daniel W, 1997).

2.2.4.3 Inverter Pure Sine Wave

Pure Sine wave inverter, yaitu inverter yang memiliki tegangan output dengan beban bentuk gelombang sinus murni. Inverter jenis ini dapat memberikan *supply* tegangan ke beban (*induktor*) atau motor listrik dengan efisiensi daya yang baik. *Pure Sine Wave* ini merupakan gelombang inverter yang hampir menyerupai bahkan lebih baik dibandingkan dengan gelombang sinusoidal sempurna pada jaringan listrik PLN dengan *Total Harmonic Distortion* (THD) $< 3\%$ sehingga cocok untuk semua alat elektronik. Oleh sebab itu inverter ini juga disebut “*clean power supply*”. Teknologi yang digunakan inverter jenis ini umumnya disebut *Pulse Width Modulation* (PWM) yang dapat mengubah tegangan DC menjadi AC dengan bentuk gelombang yang hampir sama dengan gelombang sinusoida.

Sumber daya terbaik untuk sebagian besar aplikasi adalah gelombang 50 Hz sinus murni, identik dengan sumber 120 Vrms tersedia dari perusahaan listrik Negara. Semua perangkat *plug-in* listrik rumah tangga yang rendah dirancang untuk bekerja dengan sumber ini (perangkat daya tinggi seperti oven memasak menggunakan sumber 240V) dan dengan demikian akan paling mungkin untuk bekerja dengan baik dan paling efisien pada sumber tersebut.

Inverter jenis ini memiliki keluaran gelombang sinus yang murni sehingga lebih efisien dari pada jenis inverter yang lain.



Gambar 2.6. Pure Sine Wave

Gelombang atau bentuk gelombang adalah suatu grafik yang menyatakan sinyal sebagai fungsi dari waktu. Atau disebut juga getaran selaras sederhana yang merupakan gerak harmonis dengan frekuensi dan amplitudo tetap. Sedangkan bentuk gelombang sinus merupakan pengulangan tanpa henti dari suatu osilasi antara dua nilai puncak, yaitu puncak negatif dan puncak positif. Sumber daya terbaik untuk sebagian besar aplikasi adalah gelombang sinus murni 60 Hz, identik dengan sumber 120 Vrms yang tersedia dari perusahaan listrik AS manapun.

Semua perangkat *plug-in* rumah tangga berdaya rendah dirancang untuk bekerja dengan sumber ini (perangkat dengan daya tinggi seperti oven masak menggunakan sumber 240V) dan, dengan demikian, kemungkinan besar akan bekerja dengan baik dan paling efisien pada sumber seperti itu. Sumber gelombang sinus yang benar diproduksi paling mudah untuk aplikasi daya tinggi melalui mesin listrik berputar seperti generator turbin gas angkatan laut, generator diesel tahan rumah atau generator cadangan bensin, atau berbagai generator yang digunakan oleh perusahaan listrik yang menggunakan torsi poros untuk menciptakan Arus AC. Sumber ini menyediakan gelombang sinus murni yang relatif bersih (kurang harmonik dan noise frekuensi tinggi) berkat susunan rotasi analognya.

Mesin rotasi semacam itu bisa tidak sesuai untuk penggunaan cadangan daya rendah karena biaya tinggi, ukuran besar dan perawatan yang dibutuhkan.

Dengan demikian, inverter gelombang sinus murni digital yang lebih kecil bisa sangat berguna. Bentuk gelombang dikelompokkan menjadi :

1. Bentuk gelombang dasar meliputi bentuk gelombang anak tangga, sinus dan eksponensial.
2. Bentuk gelombang komposit merupakan bentuk gelombang yang tersusun dari beberapa bentuk gelombang dasar.

Periode atau waktu getar (T) adalah selang waktu yang diperlukan untuk melakukan satu getaran lengkap (detik). Frekuensi (f) adalah jumlah getaran yang dilakukan dalam satu detik (Hertz). Hubungan frekuensi dan perioda $f = 1/T$.

2.2.4.3.1 Kelebihan dan Kekurangan dari Pure Sine Wave

Kelebihan dari Inverter model ini adalah :

1. Beban induktif seperti oven microwave dan motor berjalan lebih cepat, ringan, lebih halus, efisien, dan dingin.
2. Tidak merusak perangkat elektronik induksi misalnya motor kipas, lampu neon, audio amplifier, tv, fax dll.
3. Mencegah crash di komputer, hasil print out aneh, dan gangguan di monitor televisi maupun komputer.

Kekurangan dari Inverter model ini adalah :

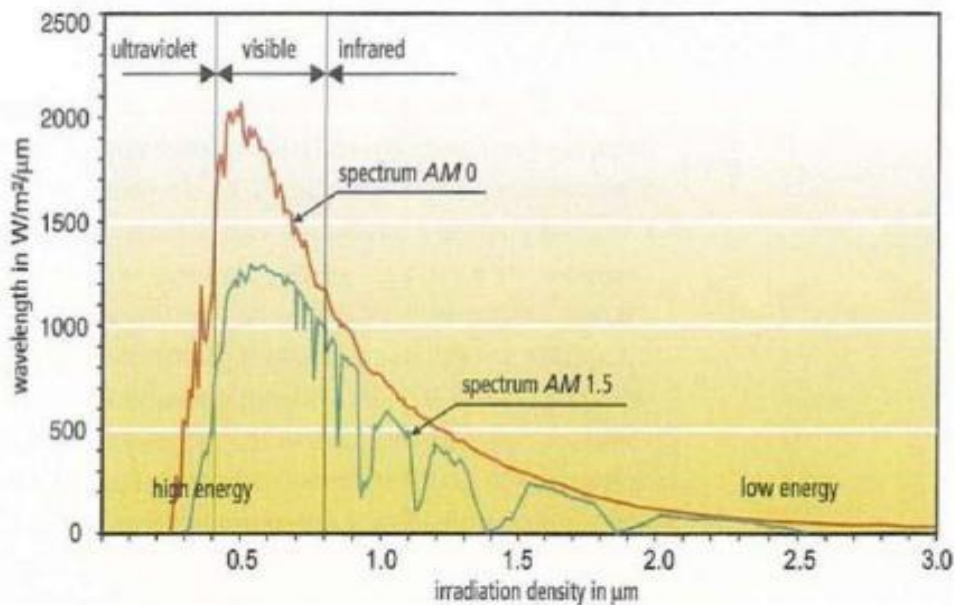
1. Gelombang sinus yang dimodifikasi tidak akan berfungsi dengan baik pada laser printer mesin fotocopy, hard drive, pembuat kopi, mesin jahit elektronik, dan transformator.
2. Gelombang sinus yang dimodifikasi dapat meningkatkan gangguan pada radio, efek pemanasan yang lebih tinggi di motor atau microwave.
3. Dapat menyebabkan overloading karena penurunan impedansi frekuensi rendah penyaring kapasitor atau perbaikan power kapasitor.

2.2.5 Matahari

Matahari adalah salah satu bintang yang merupakan sumber energi utama bagi kehidupan di bumi. Sumber energi matahari berasal dari reaksi fusi atom-atom sehingga menghasilkan tekanan dan suhu yang sangat tinggi. Dari reaksi fusi tersebut matahari menghasilkan energi yang sangat besar. Energi tersebut dipancarkan sampai di bumi dalam bentuk catuan gelombang elektromagnetik.

Matahari memancarkan radiasi cahaya dengan berbagai panjang gelombang, mulai dari radiasi ultra ungu (*ultraviolet*), cahaya tampak (*visible*) sampai

inframerah (*infrared*) dari spektrum elektromagnetik. Besar energi radiasi yang diterima dari matahari per satuan area per satuan waktu sebagai fungsi dari panjang gelombang. Energi matahari yang ditransmisikan mempunyai panjang gelombang dengan *range* 0,25 mikrometer sampai 3 mikrometer (untuk di luar atmosfer bumi), sedangkan untuk di atmosfer bumi berkisar antara 0,32 mikrometer sampai 2,53 mikrometer. Hanya 7% energi tersebut terdiri dari *ultraviolet* (Air Mass 0), 47% adalah *visible* (cahaya tampak memiliki panjang gelombang 0,4 mikrometer sampai 0,75 mikrometer), 46% merupakan cahaya *infrared*



Gambar 2.7 spektrum cahaya matahari

Spektrum cahaya matahari seperti pada gambar diatas akan menentukan beberapa jenis teknologi konversi energi yang sesuai. Teknologi yang dimaksud adalah pembuatan piranti-piranti berbasis tenaga surya. Konversi energi surya menjadi energi lain secara umum dapat dibedakan menjadi tiga proses terpisah, yakni proses *heliocemical*, *heliotermal* dan *helioelectrical*. Proses *heliocemical* terjadi pada proses fotosintesis. Proses ini merupakan sumber dari semua bahan bakar fosil. Proses *heliotermal* adalah penyerapan

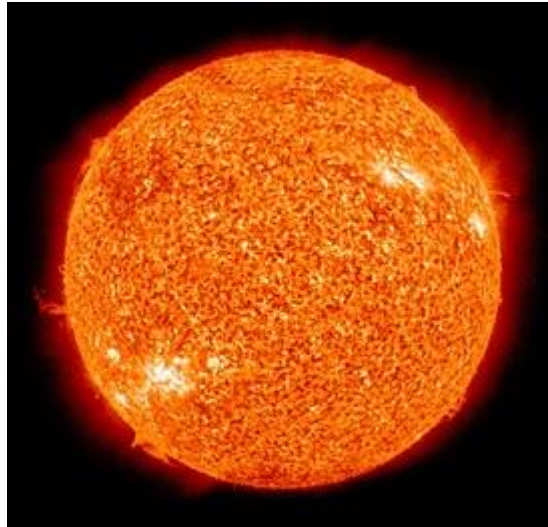
(*absorpsi*) radiasi matahari dan secara langsung dikonversi menjadi energi termal, sedangkan proses *helioelectrical* yang utama adalah produksi listrik oleh sel-sel surya dan disebut juga efek fotovoltaiik.

Matahari merupakan salah satu bintang dalam jagat raya yang bertindak sebagai pusat pada sistem tata surya kita. Matahari termasuk kategori bintang karena dapat menghasilkan cahaya sendiri. Apabila dibandingkan dengan bintang lainnya, cahaya matahari lebih terang sehingga pada waktu siang hari tidak akan terlihat bintang lain. Matahari termasuk ke dalam bintang deret utama G (G2V) atau lebih dikenal sebagai katai kuning karena spektrum radiasinya kuning-merah

Matahari generasi pertama terbentuk sekitar 14.000 juta tahun lalu yang diawali oleh gelombang kejut dari suatu supernova terdekat atau lebih. Teori ini berdasarkan kelimpahan elemen berat di tata surya, seperti emas dan uranium. Adapun matahari yang kita kenal saat ini adalah generasi kedua yang terbentuk dari ledakan matahari generasi pertama sekitar 4,6 miliar tahun lalu.

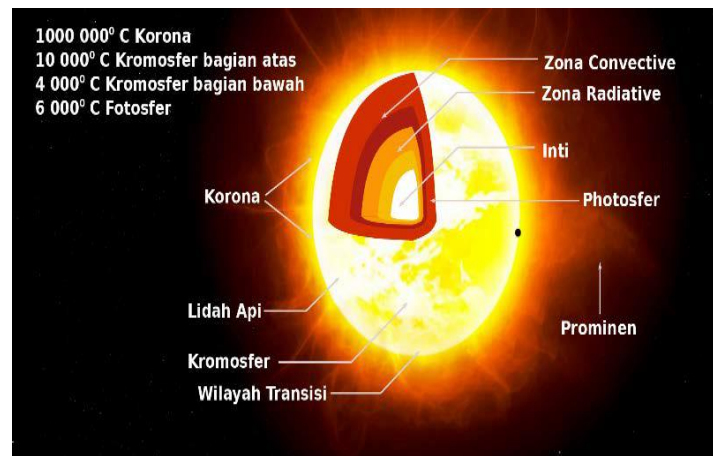
Elemen berat yang dikandung matahari generasi kedua jauh lebih sedikit dan dihasilkan oleh reaksi nuklir endotermik selama supernova atau transmutasi melalui penyerapan neutron pada bintang raksasa Gambar 2.1 menunjukkan foto matahari yang diambil oleh NASA pada tahun 2012. Matahari adalah bintang yang bentuknya hampir sempurna dengan perbedaan diameter antara kutub dan khatulistiwa sebesar 10 km. Diameter matahari sekitar 1.392.684 km atau kira-kira 109 kali diameter bumi dan massanya sekitar 2×10^{30} kg yang mewakili 99,86% massa total tata surya.

Matahari terdiri dari plasma panas bercampur medan magnet sehingga rotasi pada bagian khatulistiwa lebih cepat dibandingkan dengan rotasi pada kutubnya. Peristiwa ini dikenal sebagai rotasi diferensial dan terjadi karena konveksi pada matahari serta gerakan massanya, yang diakibatkan oleh gradasi suhu yang teramat jauh dari inti ke permukaan. Massa matahari ini mampu mendorong sebagian momentum sudut matahari sehingga berlawanan arah jarum jam apabila dilihat dari kutub utara ekliptika. Keadaan ini mengakibatkan kecepatan sudutnya didistribusikan kembali. Dibawah ini dapat kita lihat bentuk matahari. (Gambar . Matahari (Sumber: Pixabay).



Gambar 2.8 Matahari

Dibawah ini adalah struktur lapisan matahari



Gambar 2.9 Lapisan Matahari

BAB III

METODELOGI PENELITIAN

Pada bab ini akan dibahas mengenai apa yang akan dilakukan dalam penelitian "Analisa Perbandingan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Jenis Polikristal dengan Monokristal terhadap Output Inverter *Pure Sinus Wave*". Inverter yang di pakai dalam pengujian ini sudah didesain dalam bentuk gelombang sinusoidal murni (*Pure Sine Wave*). Sehingga mudah untuk diketahui gelombang keluaran yang ditampilkan oleh osiloskop pada saat terbebani peralatan rumah tangga. Ada beberapa langkah penting yang akan dilakukan guna memperoleh sebuah data yang sesuai dengan yang diinginkan penulis.

Beberapa langkah tersebut diantaranya adalah:

1. Pengecekan input baterai dan inverter menggunakan multimeter untuk memastikan semua alat yang ingin di uji dalam kondisi bagus dan tidak ada mengalami kerusakan.
2. Pengecekan alat ukur dan mengkalibrasi terlebih dahulu sebelum menggunakannya.
3. Penentuan data yang akan diambil tergantung pada input (baterai), multimeter, Amperemeter, dan osiloskop. Maka alat digunakan seefektif mungkin atau menghindari pemakaian yang terlalu lama.
4. Pengukuran input dan output dari pada alat inverter dan keluaran gelombang dari osiloskop ditulis dalam beberapa catatan dan mengambil gambar hasilnya langsung menggunakan smartphone atau kamera digital.

3.1 Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Jalan Tuamang No 129 Kelurahan Siderejo Hilir Kecamatan Medan Tembung Kota Medan Sumatera Utara, dari tanggal 5 sampai dengan tanggal 8 bulan Juli tahun 2021.

3.2 Alat dan Bahan

Alat dan bahan dalam penelitian ini dapat di uraikan sebagai berikut.

3.2.1. Alat Penelitian

Adapun alat-alat dari penelitian ini adalah :

1. Laptop

Laptop adalah alat yang digunakan untuk mengolah data dan untuk menulis laporan dari hasil penelitian skripsi.

2. *Ampereemeter*

Ampereemeter adalah alat yang digunakan untuk mengukur besarnya arus dari rangkaian inverter.

3. *Voltmeter*

Voltmeter adalah alat yang digunakan untuk mengukur besarnya tegangan dari suatu rangkaian yang telah di uji.

4. *Oscilloscope*

Oscilloscope adalah alat yang digunakan untuk memproyeksikan atau memetakan bentuk dari sinyal listrik dan frekuensi menjadi gambar grafik agar dapat dibaca dan mudah untuk dipelajari.

3.3 Peralatan Yang Digunakan

Adapun peralatan yang digunakan dalam penelitian “Analisa Perbandingan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Jenis Polikristal dengan Monokristal terhadap Output Inverter *Pure Sinus Wave*” di Jalan Tuamang No 129 Kelurahan Siderejo Hilir Kecamatan Medan Tembung adalah sebagai berikut:

1. Baterai 12V- 32Ah
2. Inverter DC 12V Pure Sine Wave
3. Cok Sambung 3 lubang
4. Kabel penghubung
5. Laptop 65 W

3.4. Variabel Penelitian

Variabel penelitian adalah objek penelitian, atau apa yang menjadi titik perhatian suatu penelitian. Dalam penelitian ini yang menjadi objek atau variable penelitiannya adalah menganalisa gelombang keluaran inverter berbentuk sinusoidal (*Pure Sinus Wave*).

1. Mengetahui input baterai ketika inverter siap untuk dijalankan.

2. Mengetahui output dari inverter ketika sebelum dibebani dan sesudah dibebani.
3. Menghitung efisiensi dari pada inverter.
4. Mengamati gelombang keluaran osiloskop ketika sesudah dibebani.

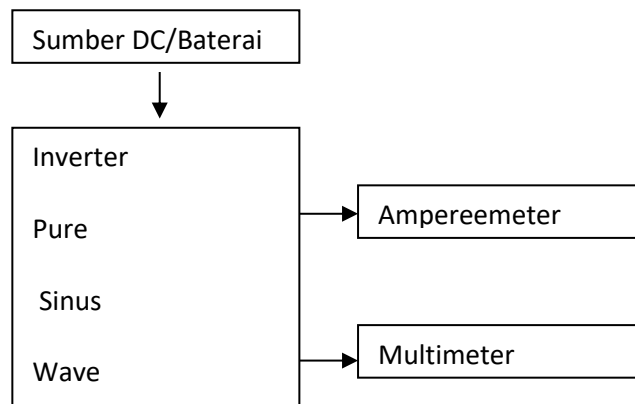
3.5. Langkah Penelitian

Adapun langkah-langkah yang harus diketahui dalam melaksanakan suatu penelitian dari alat inverter ini antara lain :

1. Menyiapkan alat dan bahan penelitian.
2. Menghubungkan input inverter dengan positif (+) dan negatif (-) baterai DC 12V- 32Ah .
3. Menghubungkan output inverter dengan cok sambung.
4. Menghubungkan beban peralatan rumah tangga dengan cok sambung.
5. Hubungkan kabel penghubung dari cok sambung ke probe osiloskop.
6. Osiloskop menampilkan gelombang keluaran dari beban peralatan rumah tangga yang diuji dalam penelitian tugas akhir ini.
7. Setelah selesai tahap pengujian cabut peralatan yang terhubung ke baterai dan ke stop kontak.

3.6. Cara Kerja Output Inverter *Pure Sinus Wave*

Dari hasil penelitian ini penulis ingin memberi tahu bagaimana cara kerja dari alat inverter tersebut dan cara merangkainya agar dapat di ketahui hasil output *pure sinus wave* yang di tampilkan.

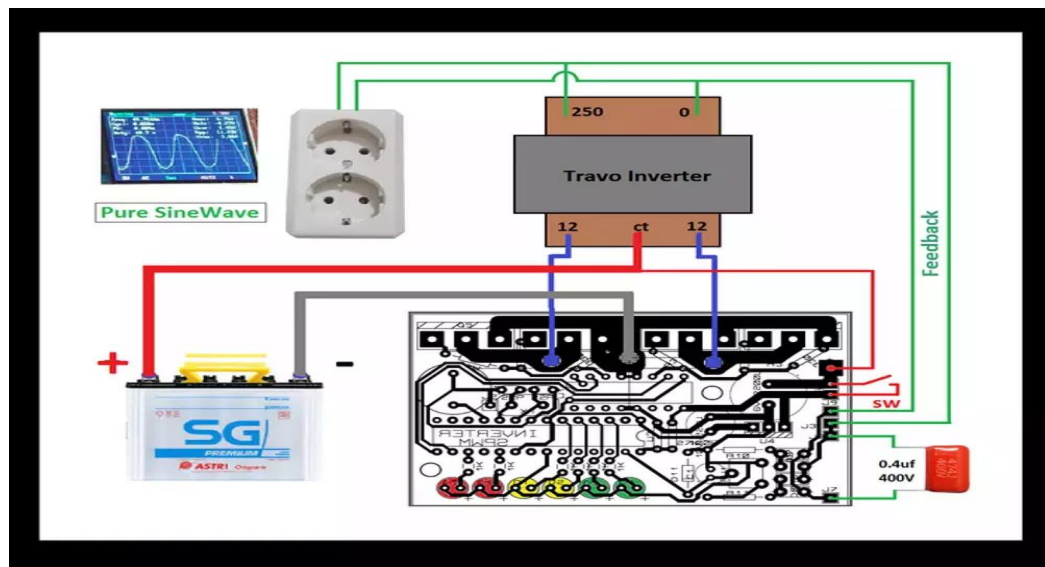


Gambar 3.1. Diagram blok rangkaian kerja inverter pure sinus wave

Langkah perakitan alat dan bahan untuk pengujian “Analisa Perbandingan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Jenis Polikristal dengan Monokristal Terhadap Output Inverter *Pure Sinus Wave*” yang pertama yaitu menghubungkan positif (+) dan negatif (-) inverter dengan baterai DC 12V 32Ah. Setelah input inverter terhubung ke baterai langkah selanjutnya hubungkan steker cok sambung dengan output inverter agar beban yang di uji gelombangnya dengan mudah untuk diganti dengan beban lain yang ingin di uji gelombang keluarannya. Setelah beban terhubung dengan cok sambung langkah selanjutnya hubungkan kabel penghubung dengan cok sambung agar kabel probe dari osiloskop dengan mudah membaca gelombang keluaran dari beban yang di uji untuk dilihat gelombang keluaran yang di tampilkan oleh osiloskop dengan bentuk gelombang keluaran sinusoidal murni. Setelah melakukan perakitan alat dan bahan inverter yang akan di analisa hasil keluarannya dengan melihat tampilan osiloskop dalam bentuk gelombang sinusoidal langkah pertama yang harus di ketahui sebagai berikut :

1. Mengukur baterai DC 12V 32Ah dengan menggunakan multimeter dan menghasilkan nilai keluaran dari pada alat ukur tersebut ialah sebesar 12,4 Vdc.
2. Mengukur arus input dari inverter sebelum terbebani dan menghasilkan nilai keluaran dari alat ukur Amperemeter tersebut ialah sebesar 0,61 Ampere.
3. Menyambungkan kabel output beban dengan cok sambung agar alat yang ingin di uji gelombang keluarannya terlihat di tampilan layar osiloskop.
4. Setelah beban terhubung dengan cok sambung posisikan beban dalam keadaan ON dan amati dalam beberapa menit dengan melihat perbedaan gelombang sinusoidal yang terlihat di tampilan layar osiloskop ketika beban dalam posisi ON.
5. Setelah mengamati gelombang keluaran dari osiloskop maka langkah selanjutnya mengambil gambar gelombang keluaran dari osiloskop dengan menggunakan camera digital untuk mengetahui perbedaan tinggi dan rendahnya gelombang pada saat terbebani.

3.7. Skema Rangkaian Inverter



Gambar 3.2 Rangkaian Inverter *Pure Sinus Wave*

Dari gambar skema rangkaian Inverter Pure Sinus Wave di atas, terlihat bahwa masukan dari inverter ini yaitu 12VDC dengan menggunakan input 12V 32Ah (baterai mobil). Dari masukan (input) inverter terdapat fuse (skring) yang mana fungsinya sebagai pemutus arus lebih ketika inverter melebihi beban yang mana kapasitas dari beban itu telah tercantum di name plate inverter.

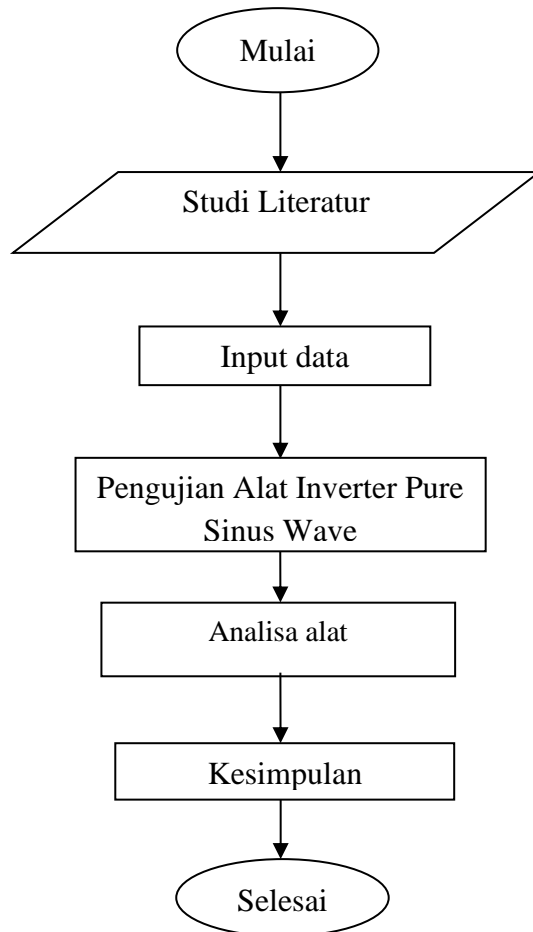
Switch yang terdapat pada inverter ini memiliki fungsi untuk menghidupkan/mematikan inverter baik ketika ada beban maupun tidak ada beban dan terhubung ke trafo yang berfungsi untuk menaikkan tegangan dari 12VDC menjadi 220VAC dan kemudian masuk ke 8 transistor yang dihubungkan secara seri dengan 8 resistor. Dari kaki-kaki transistor dihubungkan lagi seri dengan 2 resistor dan dioda yang kemudian terhubung ke dual OP AMP IC dan dihubungkan ke 2 resistor yang mana dari kaki resistor itu terhubung ke IC CD 4047 yang beroperasi sebagai multivibrator pada frekuensi 50 Hz. Keluaran dari multivibrator ini menggerakkan mosfet yang mana output (keluaran) dari inverter ini akan disaring dan direduksi menggunakan (Metal Oxide Vasitor) dan digunakan pada transformer 9 - 0,9 – 1,5A dan memiliki 2 LED yang berfungsi sebagai indikator tegangan utama untuk mengetahui kerja dari pada baterai yang digunakan sebagai input.

3.8. Perbandingan Input Baterai

Baterai adalah input yang digunakan untuk menghubungkan inverter dengan beban untuk di uji gelombang keluarannya menggunakan osiloskop. Pada penelitian skripsi ini baterai yang pertama kali digunakan adalah baterai DC 12V 5Ah (baterai sepeda motor) untuk dihubungkan ke inverter agar beban yang di uji bisa terlihat gelombang keluarannya. Akan tetapi pada baterai 12V 5Ah inverter hanya sanggup menanggung beban hingga 100W dan tegangan baterai pun menurun ketika terjadi pembebanan lebih di atas 100W. Maka dari pada itu penulis mengganti input dari pada inverter dengan baterai DC 12V 32Ah (baterai mobil) yang mampu menanggung beban lebih hingga 280W dan bisa di uji gelombang keluarannya menggunakan osiloskop. Pengujian dengan input baterai 12V 32Ah mampu menghidupkan peralatan kebutuhan rumah tangga dengan watt yang lebih besar dari pada beban lampu yaitu kipas angin dan laptop. Masing-masing peralatan kebutuhan rumah tangga ini telah diuji gelombang keluarannya yaitu berbentuk gelombang keluaran sinusoidal murni.

3.9. Diagram Alir Penelitian (*Flowchart*)

Adapun diagram alir (*Flowchart diagram*) untuk mempermudah memahami penelitian ini adalah sebagai berikut:



Gambar 3.3 Diagram Alir Penelitian

BAB IV HASIL PENELITIAN

4.1 Hasil Penelitian

4.1.1 Penelitian Hari Pertama

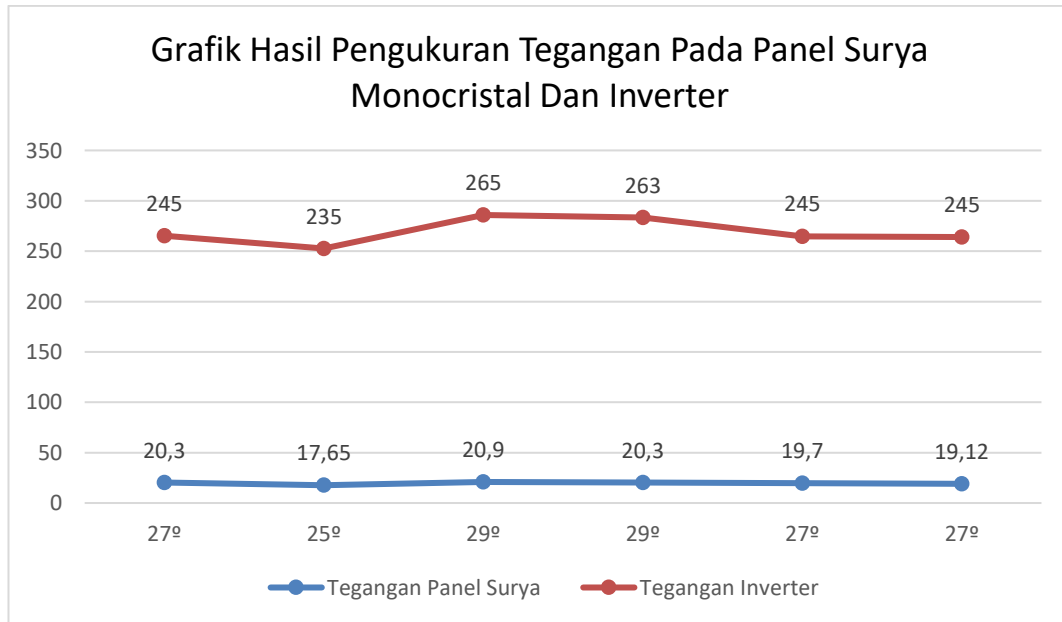
Penelitian dilakukan dengan Pengamatan Panel Surya Jenis Monocrystal dan Polikristal untuk pengukuran tegangan dan arus yang masuk. Pengujian pertama dilakukan pada hari Senin, 8 Agustus 2021. Hasil Pengujian ditampilkan pada tabel 4.1 dan 4.2 dibawah.

4.1.1.1 Perhitungan Tegangan dan arus Panel Surya Jenis Monocrystal

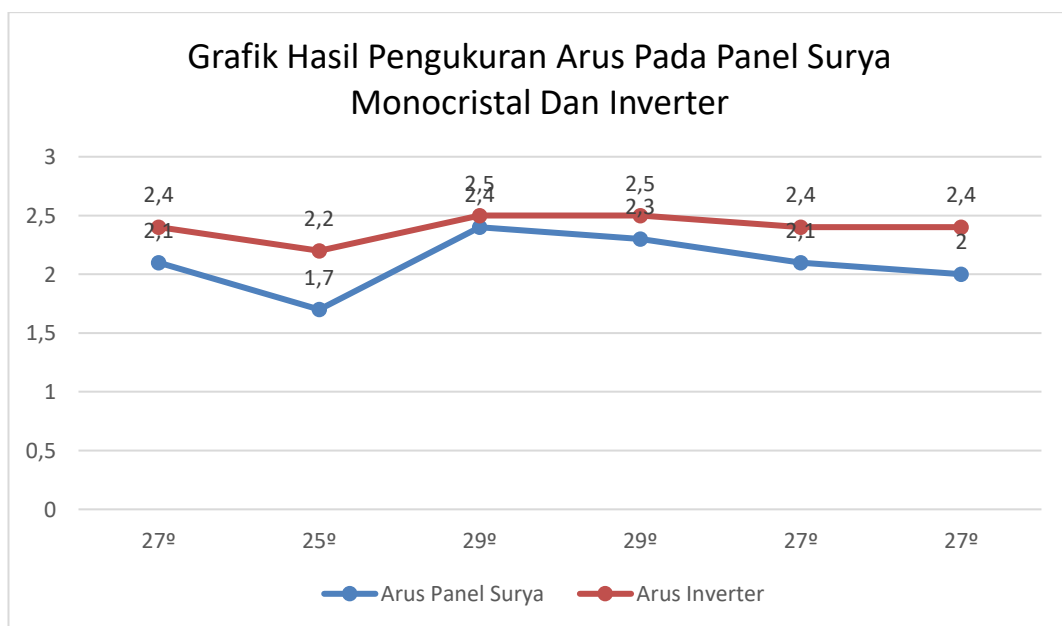
Tabel 4.1 Pengujian Panel Surya Jenis Monocrystal Hari Pertama

No	Pukul	Suhu	Tegangan dan arus pada Panel Surya (Solar Cell)		Tegangan dan arus pada Inverter	
			V (Volt)	I (Ampere)	V (Volt)	I (Ampere)
1	10.00	27°	20,3	2,1	245	2,4
2	11.00	25°	17,65	1,7	235	2,2
3	12.00	29°	20,9	2,4	265	2,5
4	13.00	29°	20,3	2,3	263	2,5
5	14.00	27°	19,70	2,1	245	2,4
6	15.00	27°	19,12	2	245	2,4

Hasil pengukuran arus dan tegangan pada panel surya jenis monocrystal dihari pertama nilai yang dihasilkan berbeda-beda. Tegangan panel surya pada jam 10.00 dengan suhu 27° adalah 20,3 V dan arus 2,1 A. Tegangan panel surya pada jam 11.00 dengan suhu 25° adalah 17,65 V dan arus 1,7 A. Tegangan panel surya pada jam 12.00 dengan suhu 29° adalah 20,9 V dan arus 2,4 A. Tegangan panel surya pada jam 13.00 dengan suhu 29° adalah 20,3 V dan arus 2,3 A. Tegangan panel surya pada jam 14.00 dengan suhu 27° adalah 19,7 V dan arus 2,1 A. Tegangan panel surya pada jam 15.00 dengan suhu 27° adalah 19,12 V dan arus 2 A.



Gambar 4.1 Grafik Hasil Pengukuran Tegangan Pada Panel Surya Monocrystal dan Inverter



Gambar 4.2 Grafik Hasil Pengukuran Arus Pada Panel Surya Monocrystal dan Inverter

A. Tegangan rata-rata pada panel surya

$$V_{\text{rata-rata}} = \frac{v_1 + v_2 + v_3 + v_4 + v_5 + v_6}{6}$$

$$= \frac{20,30 + 17,65 + 20,9 + 20,3 + 19,70 + 19,12}{6}$$

$$= \frac{117,97}{6}$$

$$= 19,66 \text{ V}$$

B. Arus Rata-rata pada panel surya

$$I_{\text{rata-rata}} = \frac{I_1 + I_2 + I_3 + I_4 + I_5 + I_6}{6}$$

$$= \frac{2,1 + 1,7 + 2,4 + 2,3 + 2,1 + 2}{6}$$

$$= \frac{12,6}{6}$$

$$= 2,10 \text{ A}$$

C. Daya Pada Panel Surya

Sebelum menentukan daya rata-rata pada panel surya , terlebih dahulu untuk menghitung daya tiap-tiap percobaan yang sudah dilakukan (sebanyak 6 percobaan).

$$P1 = V \cdot I \cdot \cos \Theta$$

$$= (20,3) (2,1) (0,8)$$

$$= 34,10 \text{ Watt}$$

$$P2 = V \cdot I \cdot \cos \Theta$$

$$= (17,65) (1,7) (0,8)$$

$$= 24 \text{ Watt}$$

$$P3 = V \cdot I \cdot \cos \Theta$$

$$= (20,9) (2,4) (0,8)$$

$$= 40 \text{ Watt}$$

$$P4 = V \cdot I \cdot \cos \Theta$$

$$= (20,3) (2,3) (0,8)$$

$$= 37 \text{ Watt}$$

$$P5 = V \cdot I \cdot \cos \Theta$$

$$= (19,7) (2,1) (0,8)$$

$$= 33 \text{ Watt}$$

$$P6 = V \cdot I \cdot \cos \Theta$$

$$= (19,12) (2) (0,8)$$

$$= 31 \text{ Watt}$$

4.1.1.2 Perhitungan Tegangan dan arus Inverter

A. Tegangan rata-rata pada inverter

$$\begin{aligned} V_{\text{rata-rata}} &= \frac{v1+v2+v3+v4+v5+v6}{6} \\ &= \frac{245+235+265+263+245+245}{6} \\ &= \frac{1498}{6} \\ &= 249,67 \text{ V} \end{aligned}$$

B. Arus Rata-rata pada inverter

$$\begin{aligned} I_{\text{rata-rata}} &= \frac{I1+I2+I3+I4+I5+I6}{6} \\ &= \frac{2,4+2,2+2,5+2,5+2,4+2,4}{6} \\ &= \frac{14,44}{6} \\ &= 2,40 \text{ A} \end{aligned}$$

C. Daya Pada Inverter

Sebelum menentukan daya rata-rata pada panel surya , terlebih dahulu untuk menghitung daya tiap-tiap percobaan yang sudah dilakukan (sebanyak 6 percobaan).

$$\begin{aligned} P1 &= V \cdot I \cdot \cos \Theta \\ &= (245) (2,4) (0,8) \\ &= 470 \text{ Watt} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P2 &= V \cdot I \cdot \cos \Theta \\ &= (235) (2,2) (0,8) \\ &= 413,60 \text{ Watt} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P3 &= V \cdot I \cdot \cos \Theta \\ &= (265) (2,5) (0,8) \\ &= 530 \text{ Watt} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P4 &= V \cdot I \cdot \cos \Theta \\ &= (263) (2,5) (0,8) \\ &= 530 \text{ Watt} \end{aligned}$$

$$P5 = V \cdot I \cdot \cos \Theta$$

$$= (245) (2,4) (0,8)$$

$$= 470 \text{ Watt}$$

$$P_6 = V \cdot I \cdot \cos \Theta$$

$$= (245) (2,4) (0,8)$$

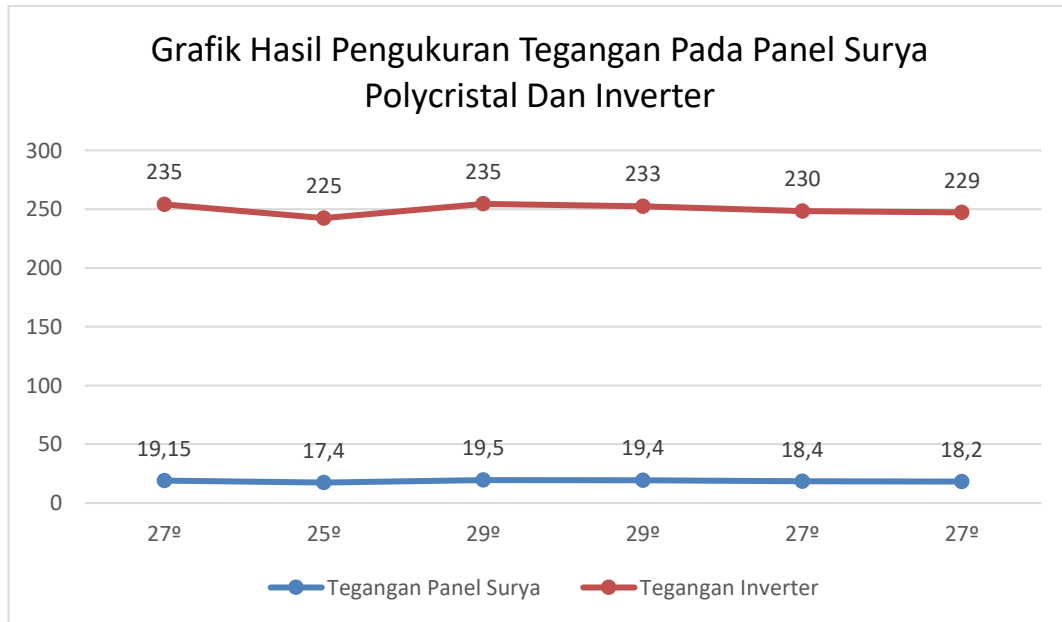
$$= 470 \text{ Watt}$$

4.1.1.3 Perhitungan Tegangan dan arus Panel Surya Jenis Polikristal

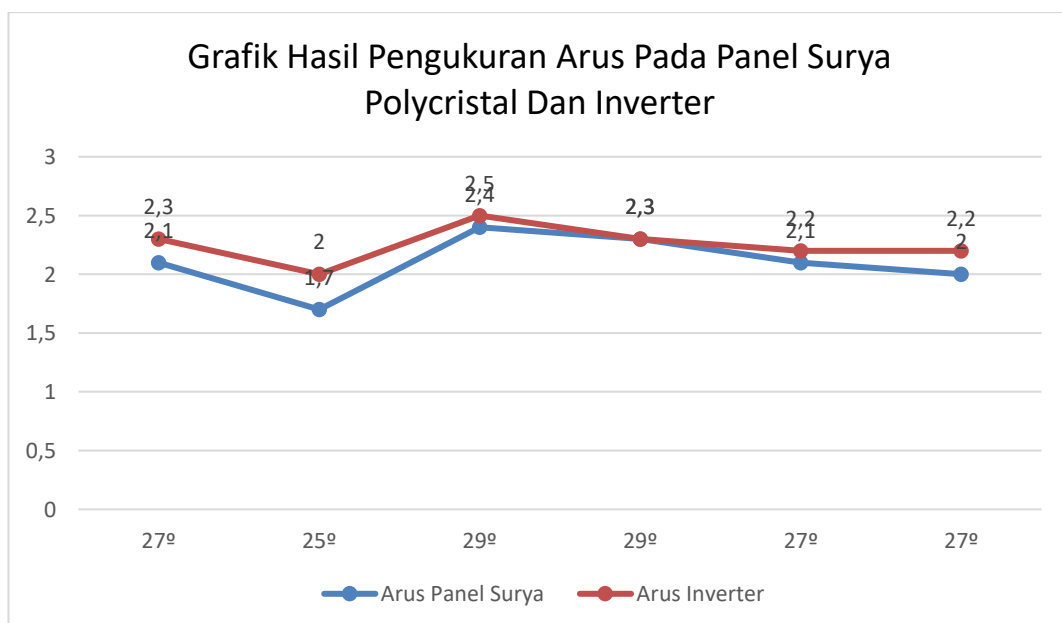
Tabel 4.2 Pengamatan Panel Surya Jenis Polikristal Hari Pertama

No	Pukul	Suhu	Tegangan dan arus pada Panel Surya (Solar Cell)		Tegangan dan arus pada Inverter	
			V (Volt)	I (Ampere)	V (Volt)	I (Ampere)
1	10.00	27°	19,15	2,1	235	2,3
2	11.00	25°	17,40	1,7	225	2,0
3	12.00	29°	19,5	2,4	235	2,5
4	13.00	29°	19,4	2,3	233	2,3
5	14.00	27°	18,4	2,1	230	2,2
6	15.00	27°	18,2	2	229	2,2

Hasil pengukuran arus dan tegangan pada panel surya jenis Polikristal dihari pertama nilai yang dihasilkan berbeda-beda. Tegangan panel surya pada jam 10.00 dengan suhu 27° adalah 19,5 V dan arus 2,1 A. Tegangan panel surya pada jam 11.00 dengan suhu 25° adalah 17,4 V dan arus 1,7 A. Tegangan panel surya pada jam 12.00 dengan suhu 29° adalah 19,5 V dan arus 2,4 A. Tegangan panel surya pada jam 13.00 dengan suhu 29° adalah 19,5 V dan arus 2,4 A. Tegangan panel surya pada jam 14.00 dengan suhu 27° adalah 18,4 V dan arus 2,1 A. Tegangan panel surya pada jam 15.00 dengan suhu 27° adalah 18,2 V dan arus 2 A.



Gambar 4.3 Grafik Hasil Pengukuran Tegangan Pada Panel Surya Polikristal dan Inverter



Gambar 4.4 Grafik Hasil Pengukuran Arus Pada Panel Surya Polikristal dan Inverter

A. Tegangan rata-rata pada panel surya

$$V_{\text{rata-rata}} = \frac{v_1 + v_2 + v_3 + v_4 + v_5 + v_6}{6}$$

$$= \frac{19,15 + 17,40 + 19,5 + 19,4 + 18,4 + 18,2}{6}$$

$$= \frac{94,65}{6}$$

$$= 18,93 \text{ V}$$

B. Arus Rata-rata pada panel surya

$$I_{\text{rata-rata}} = \frac{I_1+I_2+I_3+I_4+I_5+I_6}{6}$$

$$= \frac{2,1+1,7+2,4+2,3+2,1+2}{6}$$

$$= \frac{12,6}{6}$$

$$= 2,10 \text{ A}$$

C. Daya Pada Panel Surya

Sebelum menentukan daya rata-rata pada panel surya , terlebih dahulu untuk menghitung daya tiap-tiap percobaan yang sudah dilakukan (sebanyak 6 percobaan).

$$P_1 = V \cdot I \cdot \cos \Theta$$

$$= (19,15) (2,1) (0,8)$$

$$= 20,11 \text{ Watt}$$

$$P_2 = V \cdot I \cdot \cos \Theta$$

$$= (17,40) (1,7) (0,8)$$

$$= 14,79 \text{ Watt}$$

$$P_3 = V \cdot I \cdot \cos \Theta$$

$$= (19,5) (2,4) (0,8)$$

$$= 23,4 \text{ Watt}$$

$$P_4 = V \cdot I \cdot \cos \Theta$$

$$= (19,4) (2,3) (0,8)$$

$$= 22,31 \text{ Watt}$$

$$P_5 = V \cdot I \cdot \cos \Theta$$

$$= (18,4) (2,1) (0,8)$$

$$= 19,32 \text{ Watt}$$

$$P_6 = V \cdot I \cdot \cos \Theta$$

$$= (18,2) (2) (0,8)$$

$$= 18,2 \text{ Watt}$$

4.1.1.4 Perhitungan Tegangan dan arus Inverter

A. Tegangan rata-rata pada inverter

$$\begin{aligned} V_{\text{rata-rata}} &= \frac{v1+v2+v3+v4+v5+v6}{6} \\ &= \frac{235+225+235+233+230+229}{6} \\ &= \frac{1387}{6} \\ &= 231,17 \text{ V} \end{aligned}$$

B. Arus Rata-rata pada inverter

$$\begin{aligned} I_{\text{rata-rata}} &= \frac{I1+I2+I3+I4+I5+I6}{6} \\ &= \frac{2,3+2,0+2,5+2,3+2,2+2,2}{6} \\ &= \frac{13,5}{6} \\ &= 2,25 \text{ A} \end{aligned}$$

C. Daya Pada Inverter

Sebelum menentukan daya rata-rata pada panel surya , terlebih dahulu untuk menghitung daya tiap-tiap percobaan yang sudah dilakukan (sebanyak 6 percobaan).

$$\begin{aligned} P1 &= V \cdot I \cdot \cos \Theta \\ &= (235) (2,3) (0,8) \\ &= 432,4 \text{ Watt} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P2 &= V \cdot I \cdot \cos \Theta \\ &= (225) (2,0) (0,8) \\ &= 360 \text{ Watt} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P3 &= V \cdot I \cdot \cos \Theta \\ &= (235) (2,5) (0,8) \\ &= 470 \text{ Watt} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P4 &= V \cdot I \cdot \cos \Theta \\ &= (233) (2,3) (0,8) \\ &= 428,72 \text{ Watt} \end{aligned}$$

$$P5 = V \cdot I \cdot \cos \Theta$$

$$= (230) (2,2) (0,8)$$

$$= 404,8 \text{ Watt}$$

$$P6 = V \cdot I \cdot \cos \Theta$$

$$= (229) (2,2) (0,8)$$

$$= 403,04 \text{ Watt}$$

4.1.2 Penelitian Hari Kedua

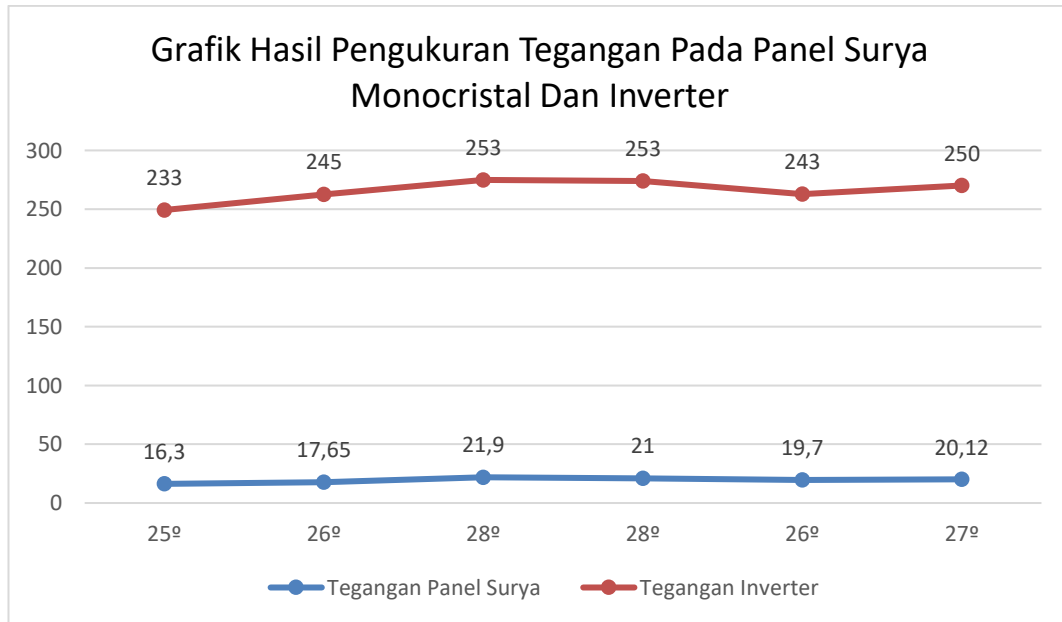
Penelitian dilakukan dengan Pengamatan Panel Surya Jenis Monocrystal dan Polikristal untuk pengukuran tegangan dan arus yang masuk. Pengujian kedua dilakukan pada hari Selasa, 9 agustus 2021. Hasil Pengujian ditampilkan pada tabel 4,3 dan 4.4 dibawah.

4.1.2.1 Perhitungan Tegangan dan arus Panel Surya Jenis Monocrystal

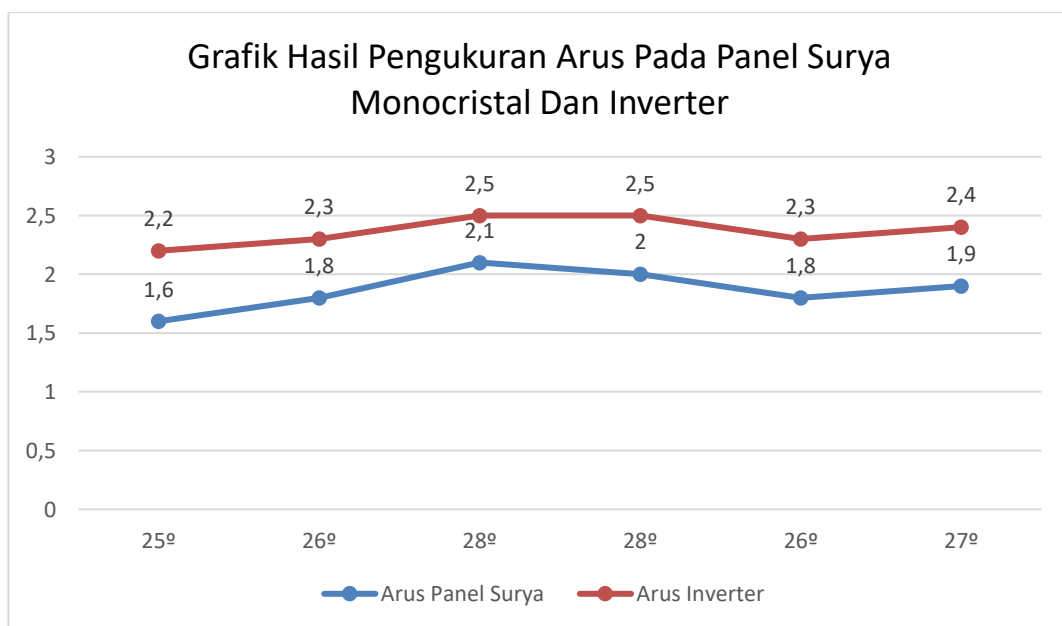
Tabel 4.3 Pengamatan Panel Surya Jenis monocrystal Hari Kedua

No	Pukul	Suhu	Tegangan dan arus pada Panel Surya (Solar Cell)		Tegangan dan arus pada Inverter	
			V0 (Volt)	I (Ampere)	V (Volt)	I (Ampere)
1	10.00	25°	16,3	1,6	233	2,2
2	11.00	26°	17,65	1,8	245	2,3
3	12.00	28°	21,9	2,1	253	2,5
4	13.00	28°	21,0	2	253	2,5
5	14.00	26°	19,70	1,8	243	2,3
6	15.00	27°	20,12	1,9	250	2,4

Hasil pengukuran arus dan tegangan pada panel surya jenis monocrystal dihari kedua nilai yang dihasilkan berbeda-beda. Tegangan panel surya pada jam 10.00 dengan suhu 25° adalah 16,3 V dan arus 1,6 A. Tegangan panel surya pada jam 11.00 dengan suhu 26° adalah 17,65 V dan arus 1,8 A. Tegangan panel surya pada jam 12.00 dengan suhu 28° adalah 21,9 V dan arus 1,8 A. Tegangan panel surya pada jam 13.00 dengan suhu 28° adalah 21 V dan arus 2 A. Tegangan panel surya pada jam 14.00 dengan suhu 26° adalah 19,7 V dan arus 1,8 A. Tegangan panel surya pada jam 15.00 dengan suhu 27° adalah 20,12 V dan arus 1,9 A.



Gambar 4.3 Grafik Hasil Pengukuran Tegangan Pada Panel Surya Monocrystal dan Inverter Hari kedua



Gambar 4.4 Grafik Hasil Pengukuran Arus Pada Panel Surya Monocrystal dan Inverter Hari Kedua

A. Tegangan rata-rata pada panel surya

$$V_{\text{rata-rata}} = \frac{v_1 + v_2 + v_3 + v_4 + v_5 + v_6}{6}$$

$$= \frac{16,3 + 17,65 + 21,9 + 21,0 + 19,70 + 20,12}{6}$$

$$= \frac{116,67}{6}$$

$$= 19,44 \text{ V}$$

B. Arus Rata-rata pada panel surya

$$I_{\text{rata-rata}} = \frac{I_1 + I_2 + I_3 + I_4 + I_5 + I_6}{6}$$

$$= \frac{1,6 + 1,8 + 2,1 + 2 + 1,8 + 1,9}{6}$$

$$= \frac{11,2}{6}$$

$$= 1,87 \text{ A}$$

C. Daya Pada Panel Surya

Sebelum menentukan daya rata-rata pada panel surya, terlebih dahulu untuk menghitung daya tiap-tiap percobaan yang sudah dilakukan (sebanyak 6 percobaan).

$$P_1 = V \cdot I \cdot \cos \Theta$$

$$= (16,3) (1,6) (0,8)$$

$$= 20,86 \text{ Watt}$$

$$P_2 = V \cdot I \cdot \cos \Theta$$

$$= (17,65) (1,8) (0,8)$$

$$= 25,41 \text{ Watt}$$

$$P_3 = V \cdot I \cdot \cos \Theta$$

$$= (20,9) (2,1) (0,8)$$

$$= 35,11 \text{ Watt}$$

$$P_4 = V \cdot I \cdot \cos \Theta$$

$$= (21) (2) (0,8)$$

$$= 33,6 \text{ Watt}$$

$$P_5 = V \cdot I \cdot \cos \Theta$$

$$= (19,7) (1,8) (0,8)$$

$$= 28,36 \text{ Watt}$$

$$P_6 = V \cdot I \cdot \cos \Theta$$

$$= (20,12) (2) (1,9)$$

$$= 30,58 \text{ Watt}$$

4.1.2.2 Perhitungan Tegangan dan arus Inverter

A. Tegangan rata-rata pada inverter

$$\begin{aligned} V_{\text{rata-rata}} &= \frac{v_1+v_2+v_3+v_4+v_5+v_6}{6} \\ &= \frac{233+245+253+253+243+250}{6} \\ &= \frac{1477}{6} \\ &= 246,17 \text{ V} \end{aligned}$$

B. Arus Rata-rata pada inverter

$$\begin{aligned} I_{\text{rata-rata}} &= \frac{I_1+I_2+I_3+I_4+I_5+I_6}{6} \\ &= \frac{2,2+2,3+2,5+2,5+2,3+2,4}{6} \\ &= \frac{14,2}{6} \\ &= 2,37 \text{ A} \end{aligned}$$

C. Daya Pada Inverter

Sebelum menentukan daya rata-rata pada panel surya , terlebih dahulu untuk menghitung daya tiap-tiap percobaan yang sudah dilakukan (sebanyak 6 percobaan).

$$\begin{aligned} P1 &= V \cdot I \cdot \cos \Theta \\ &= (233) (2,2) (0,8) \\ &= 410,08 \text{ Watt} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P2 &= V \cdot I \cdot \cos \Theta \\ &= (245) (2,3) (0,8) \\ &= 450,8 \text{ Watt} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P3 &= V \cdot I \cdot \cos \Theta \\ &= (253) (2,5) (0,8) \\ &= 506 \text{ Watt} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P4 &= V \cdot I \cdot \cos \Theta \\ &= (253) (2,5) (0,8) \\ &= 506 \text{ Watt} \end{aligned}$$

$$P5 = V \cdot I \cdot \cos \Theta$$

$$= (243) (2,3) (0,8)$$

$$= 447 \text{ Watt}$$

$$P6 = V \cdot I \cdot \cos \Theta$$

$$= (250) (2,4) (0,8)$$

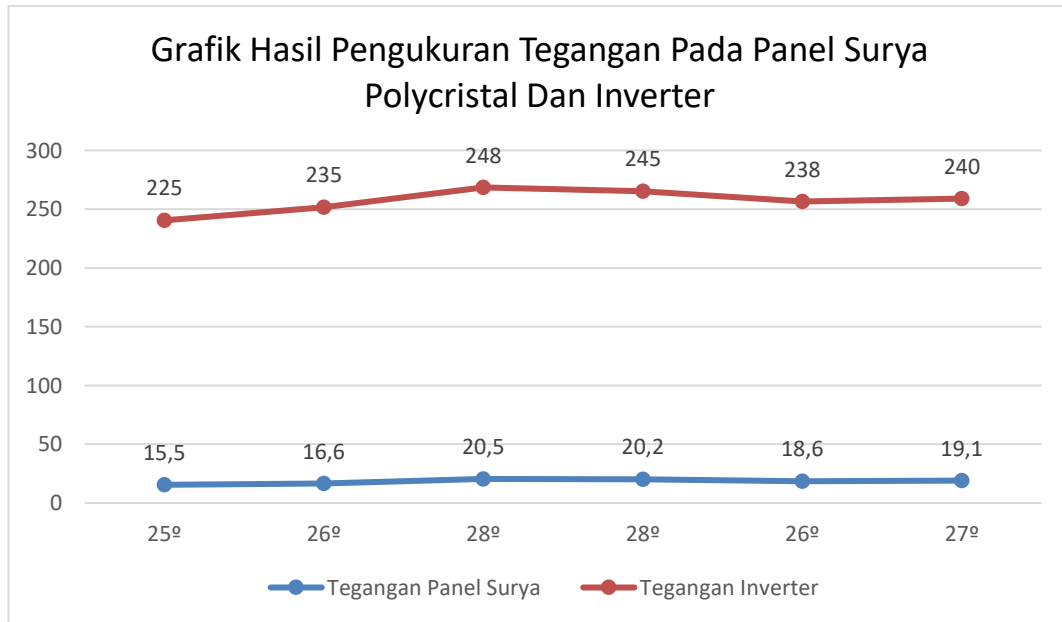
$$= 480 \text{ Watt}$$

4.1.2.3 Perhitungan Tegangan dan arus Panel Surya Jenis Polikristal

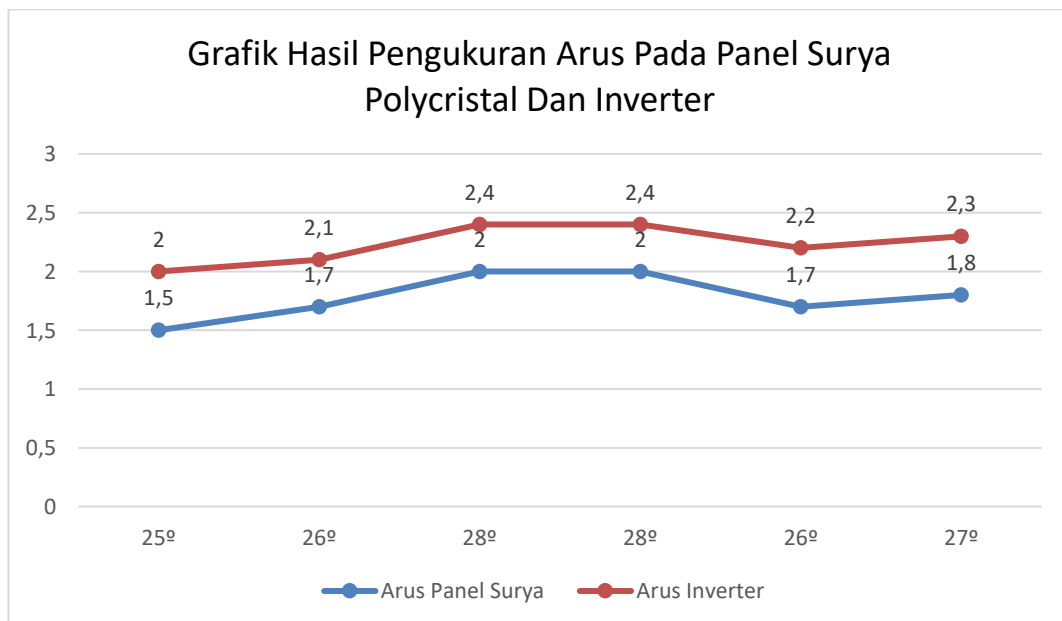
Tabel 4.4 Pengamatan Panel Surya Jenis Polikristal Hari Kedua

No	Pukul	Suhu	Tegangan dan arus pada Panel Surya (Solar Cell)		Tegangan dan arus pada Inverter	
			V0 (Volt)	I (Ampere)	V (Volt)	I (Ampere)
1	10.00	25°	15,5	1,5	225	2,0
2	11.00	26°	16,60	1,7	235	2,1
3	12.00	28°	20,5	2	248	2,4
4	13.00	28°	20,2	2	245	2,4
5	14.00	26°	18,60	1,7	238	2,2
6	15.00	27°	19,10	1,8	240	2,3

Hasil pengukuran arus dan tegangan pada panel surya jenis Polikristal dihari kedua nilai yang dihasilkan berbeda-beda. Tegangan panel surya pada jam 10.00 dengan suhu 25° adalah 15,5 V dan arus 1,5 A. Tegangan panel surya pada jam 11.00 dengan suhu 26° adalah 16,6 V dan arus 1,7 A. Tegangan panel surya pada jam 12. 00 dengan suhu 28° adalah 20,5 V dan arus 2 A. Tegangan panel surya pada jam 13.00 dengan suhu 28° adalah 20,2 V dan arus 2 A. Tegangan panel surya pada jam 14.00 dengan suhu 26° adalah 18,6 V dan arus 1,5 A. Tegangan panel surya pada jam 15.00 dengan suhu 27° adalah 19, 1V dan arus 1,8 A.



Gambar 4.5 Grafik Hasil Pengukuran Tegangan Pada Panel Surya Polikristal dan Inverter hari kedua



Gambar 4.6 Grafik Hasil Pengukuran Arus Pada Panel Surya Polikristal dan Inverter hari kedua

A. Tegangan rata-rata pada panel surya

$$V_{\text{rata-rata}} = \frac{v_1 + v_2 + v_3 + v_4 + v_5 + v_6}{6}$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{15,5+16,60+20,5+20,2+18,60+19,10}{6} \\
 &= \frac{110,5}{6} \\
 &= 18,42 \text{ V}
 \end{aligned}$$

B. Arus Rata-rata pada panel surya

$$\begin{aligned}
 I_{\text{rata-rata}} &= \frac{I_1+I_2+I_3+I_4+I_5+I_6}{6} \\
 &= \frac{1,5+1,7+2+2+1,7+1,8}{6} \\
 &= \frac{10,7}{6} \\
 &= 1,78 \text{ A}
 \end{aligned}$$

C. Daya Pada Panel Surya

Sebelum menentukan daya rata-rata pada panel surya , terlebih dahulu untuk menghitung daya tiap-tiap percobaan yang sudah dilakukan (sebanyak 6 percobaan).

$$\begin{aligned}
 P1 &= V \cdot I \cdot \cos \Theta \\
 &= (15,5) (1,5) (0,8) \\
 &= 18,6 \text{ Watt}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P2 &= V \cdot I \cdot \cos \Theta \\
 &= (16,60) (1,7) (0,8) \\
 &= 22,57 \text{ Watt}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P3 &= V \cdot I \cdot \cos \Theta \\
 &= (20,5) (2) (0,8) \\
 &= 32,8 \text{ Watt}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P4 &= V \cdot I \cdot \cos \Theta \\
 &= (20,2) (2) (0,8) \\
 &= 32,2 \text{ Watt}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P5 &= V \cdot I \cdot \cos \Theta \\
 &= (18,6) (1,7) (0,8) \\
 &= 25,9 \text{ Watt}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P6 &= V \cdot I \cdot \cos \Theta \\
 &= (19,10) (2) (1,8)
 \end{aligned}$$

$$= 27,5 \text{ Watt}$$

4.1.2.4 Perhitungan Tegangan dan arus Inverter

A. Tegangan rata-rata pada inverter

$$\begin{aligned} V_{\text{rata-rata}} &= \frac{v1+v2+v3+v4+v5+v6}{6} \\ &= \frac{225+235+248+245+238+240}{6} \\ &= \frac{1431}{6} \\ &= 238,5 \text{ V} \end{aligned}$$

B. Arus Rata-rata pada inverter

$$\begin{aligned} I_{\text{rata-rata}} &= \frac{I1+I2+I3+I4+I5+I6}{6} \\ &= \frac{2,0+2,1+2,4+2,4+2,2+2,3}{6} \\ &= \frac{13,4}{6} \\ &= 2,23 \text{ A} \end{aligned}$$

C. Daya Pada Inverter

Sebelum menentukan daya rata-rata pada panel surya , terlebih dahulu untuk menghitung daya tiap-tiap percobaan yang sudah dilakukan (sebanyak 6 percobaan).

$$\begin{aligned} P1 &= V \cdot I \cdot \cos \Theta \\ &= (225) (2,0) (0,8) \\ &= 360 \text{ Watt} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P2 &= V \cdot I \cdot \cos \Theta \\ &= (235) (2,1) (0,8) \\ &= 394,8 \text{ Watt} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P3 &= V \cdot I \cdot \cos \Theta \\ &= (248) (2,4) (0,8) \\ &= 476,16 \text{ Watt} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P4 &= V \cdot I \cdot \cos \Theta \\ &= (245) (2,4) (0,8) \\ &= 470,4 \text{ Watt} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P5 &= V \cdot I \cdot \cos \Theta \\
 &= (238) (2,2) (0,8) \\
 &= 418,88 \text{ Watt}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P6 &= V \cdot I \cdot \cos \Theta \\
 &= (240) (2,3) (0,8) \\
 &= 441,6 \text{ Watt}
 \end{aligned}$$

4.1.3 Penelitian Hari Ketiga

Penelitian dilakukan dengan Pengamatan Panel Surya Jenis Monocrystal dan Polikristal untuk pengukuran tegangan dan arus yang masuk. Pengujian ketiga dilakukan pada hari Rabu, 10 agustus 2021. Hasil Pengujian ditampilkan pada tabel 4,5 dan 4.6 dibawah.

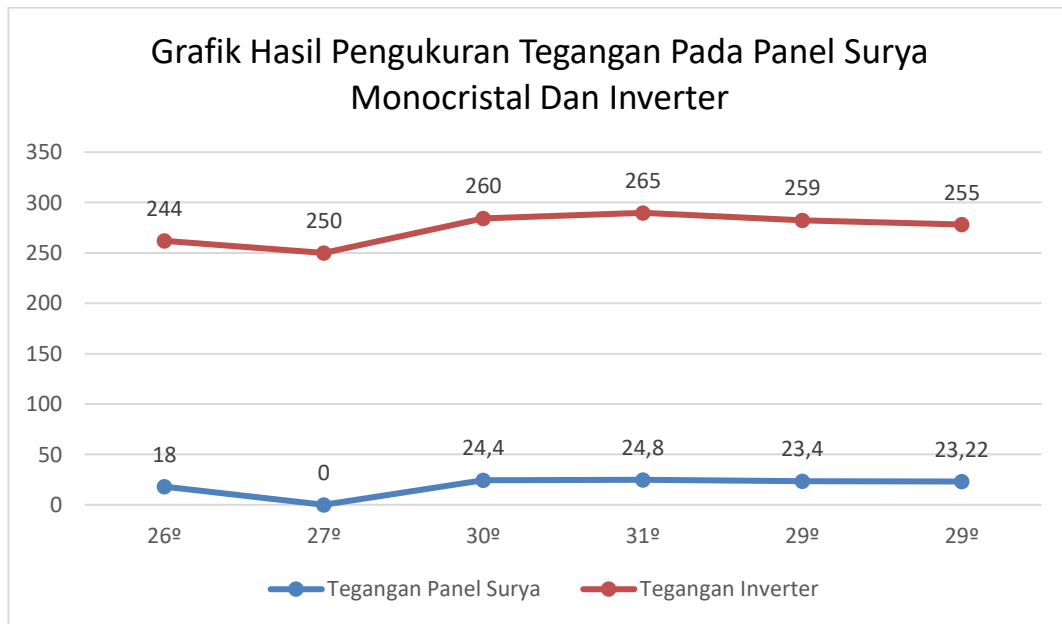
4.1.3.1 Perhitungan Tegangan dan arus Panel Surya Jenis Monocrystal

Tabel 4.5 Pengamatan Panel Surya Jenis Monocrystal Hari Ketiga

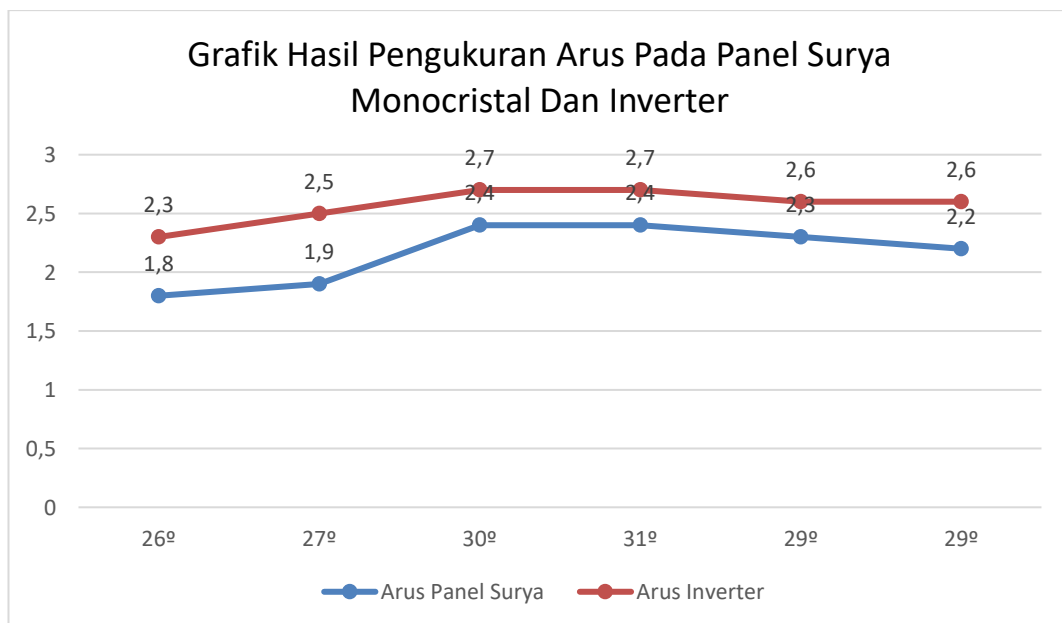
No	Pukul	Suhu	Tegangan dan arus pada Panel Surya (Solar Cell)		Tegangan dan arus pada Inverter	
			V0 (Volt)	I (Ampere)	V (Volt)	I (Ampere)
1	10.00	26°	18,0	1,8	244	2,3
2	11.00	27°	20,25	1,9	250	2,5
3	12.00	30°	24,4	2,4	260	2,7
4	13.00	31°	24,8	2,4	265	2,7
5	14.00	29°	23,40	2,3	259	2,6
6	15.00	29°	23,22	2,2	255	2,6

Hasil pengukuran arus dan tegangan pada panel surya jenis monocrystal dihari ketiga nilai yang dihasilkan berbeda-beda. Tegangan panel surya pada jam 10.00 dengan suhu 26° adalah 18 V dan arus 1,8 A. Tegangan panel surya pada jam 11.00 dengan suhu 27° adalah 20,25 V dan arus 1,9 A. Tegangan panel surya pada jam 12.00 dengan suhu 30° adalah 24,4 V dan arus 2,4 A. Tegangan panel surya pada jam 13.00 dengan suhu 31° adalah 24,8 V dan arus 2,4 A. Tegangan panel surya pada jam 14.00 dengan suhu 29° adalah 23,40 V dan arus 2,3 A.

Tegangan panel surya pada jam 15.00 dengan suhu 29° adalah 23,22 V dan arus 2,2 A.



Gambar 4.7 Grafik Hasil Pengukuran Tegangan Pada Panel Surya Monocrystal dan Inverter Hari Ketiga



Gambar 4.8 Grafik Hasil Pengukuran Arus Pada Panel Surya Monocrystal dan Inverter Hari Ketiga

A. Tegangan rata-rata pada panel surya

$$\begin{aligned}
 V_{\text{rata-rata}} &= \frac{v_1+v_2+v_3+v_4+v_5+v_6}{6} \\
 &= \frac{18+20,25+24,4+24,8+23,40+23,22}{6} \\
 &= \frac{134,07}{6} \\
 &= 22,35 \text{ V}
 \end{aligned}$$

B. Arus Rata-rata pada panel surya

$$\begin{aligned}
 I_{\text{rata-rata}} &= \frac{I_1+I_2+I_3+I_4+I_5+I_6}{6} \\
 &= \frac{1,8+1,9+2,4+2,4+2,3+2,2}{6} \\
 &= \frac{13}{6} \\
 &= 2,16 \text{ A}
 \end{aligned}$$

C. Daya Pada Panel Surya

Sebelum menentukan daya rata-rata pada panel surya , terlebih dahulu untuk menghitung daya tiap-tiap percobaan yang sudah dilakukan (sebanyak 6 percobaan).

$$\begin{aligned}
 P_1 &= V \cdot I \cdot \cos \Theta \\
 &= (18,0) (1,8) (0,8) \\
 &= 25,92 \text{ Watt}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P_2 &= V \cdot I \cdot \cos \Theta \\
 &= (20,25) (1,9) (0,8) \\
 &= 30,78 \text{ Watt}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P_3 &= V \cdot I \cdot \cos \Theta \\
 &= (24,4) (2,4) (0,8) \\
 &= 46,85 \text{ Watt}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P_4 &= V \cdot I \cdot \cos \Theta \\
 &= (24,8) (2,4) (0,8) \\
 &= 47,67 \text{ Watt}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P_5 &= V \cdot I \cdot \cos \Theta \\
 &= (23,4) (2,3) (0,8) \\
 &= 43,05 \text{ Watt}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P6 &= V \cdot I \cdot \cos \Theta \\
 &= 23,22) (2,2) (0,8) \\
 &= 40,86 \text{ Watt}
 \end{aligned}$$

4.1.3.2 Perhitungan Tegangan dan arus Inverter

A. Tegangan rata-rata pada inverter

$$\begin{aligned}
 V_{\text{rata-rata}} &= \frac{v1+v2+v3+v4+v5+v6}{6} \\
 &= \frac{244+250+260+265+259+255}{6} \\
 &= \frac{1533}{6} \\
 &= 255,5 \text{ V}
 \end{aligned}$$

B. Arus Rata-rata pada inverter

$$\begin{aligned}
 I_{\text{rata-rata}} &= \frac{I1+I2+I3+I4+I5+I6}{6} \\
 &= \frac{2,3+2,5+2,7+2,7+2,6+2,6}{6} \\
 &= \frac{15,4}{6} \\
 &= 2,56 \text{ A}
 \end{aligned}$$

C. Daya Pada Inverter

Sebelum menentukan daya rata-rata pada panel surya , terlebih dahulu untuk menghitung daya tiap-tiap percobaan yang sudah dilakukan (sebanyak 6 percobaan).

$$\begin{aligned}
 P1 &= V \cdot I \cdot \cos \Theta \\
 &= (244) (2,3) (0,8) \\
 &= 488,96 \text{ Watt}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P2 &= V \cdot I \cdot \cos \Theta \\
 &= (250) (2,5) (0,8) \\
 &= 500 \text{ Watt}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P3 &= V \cdot I \cdot \cos \Theta \\
 &= (260) (2,7) (0,8) \\
 &= 561,6 \text{ Watt}
 \end{aligned}$$

$$P4 = V \cdot I \cdot \cos \Theta$$

$$= (265) (2,7) (0,8)$$

$$= 572,4 \text{ Watt}$$

$$P5 = V \cdot I \cdot \cos \Theta$$

$$= (259) (2,6) (0,8)$$

$$= 538,72 \text{ Watt}$$

$$P6 = V \cdot I \cdot \cos \Theta$$

$$= (255) (2,6) (0,8)$$

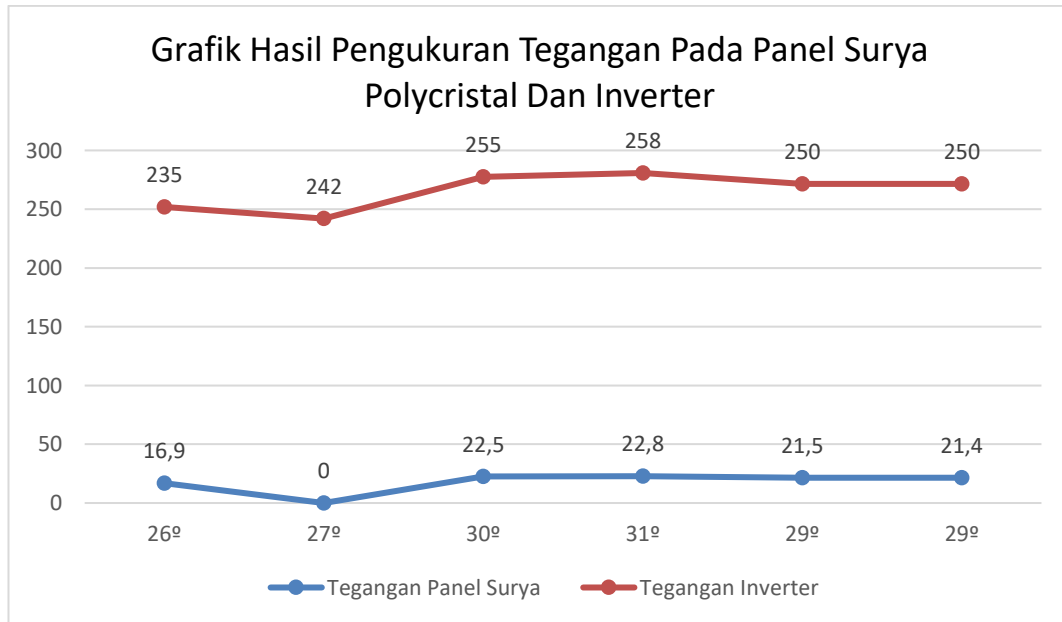
$$= 530,4 \text{ Watt}$$

4.1.3.3 Perhitungan Tegangan dan arus Panel Surya Jenis Polikristal

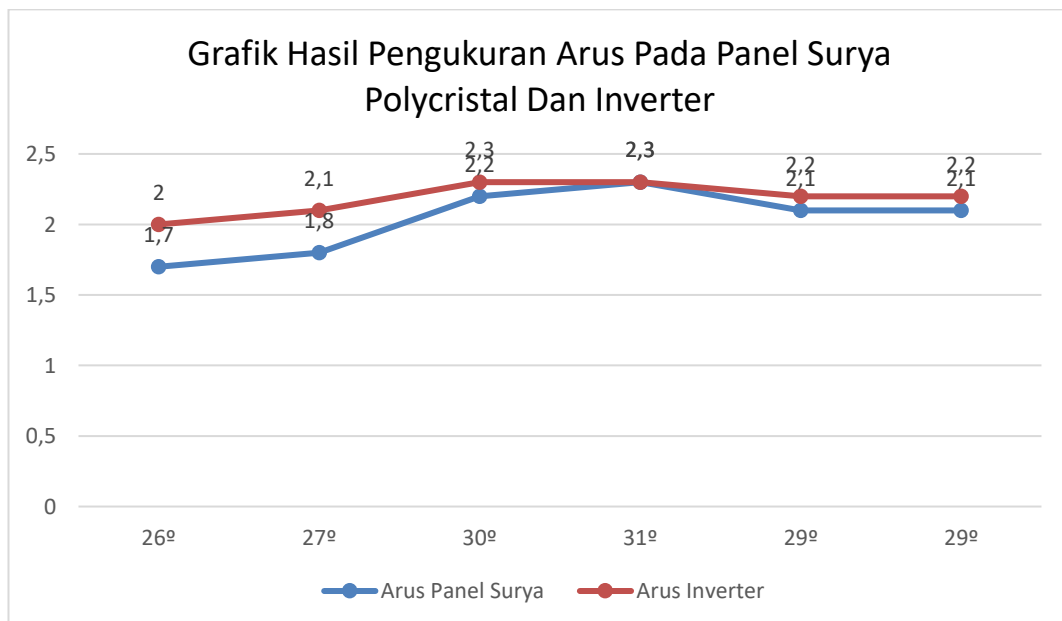
Tabel 4.6 Pengamatan Panel Surya Jenis Polikristal Hari Ketiga

No	Pukul	Suhu	Tegangan dan arus pada Panel Surya (Solar Cell)		Tegangan dan arus pada Inverter	
			V0 (Volt)	I (Ampere)	V (Volt)	I (Ampere)
1	10.00	26°	16,9	1,7	235	2,0
2	11.00	27°	19,1	1,8	242	2,1
3	12.00	30°	22,5	2,2	255	2,3
4	13.00	31°	22,8	2,3	258	2,3
5	14.00	29°	21,5	2,1	250	2,2
6	15.00	29°	21,4	2,1	250	2,2

Hasil pengukuran arus dan tegangan pada panel surya jenis Polikristal dihari ketiga nilai yang dihasilkan berbeda-beda. Tegangan panel surya pada jam 10.00 dengan suhu 26° adalah 16,9 V dan arus 1,7 A. Tegangan panel surya pada jam 11.00 dengan suhu 27° adalah 19,1 V dan arus 1,8 A. Tegangan panel surya pada jam 12.00 dengan suhu 30° adalah 22,5 V dan arus 2,2 A. Tegangan panel surya pada jam 13.00 dengan suhu 31° adalah 22,8 V dan arus 2,3 A. Tegangan panel surya pada jam 14.00 dengan suhu 29° adalah 21,5 V dan arus 2,1 A. Tegangan panel surya pada jam 15.00 dengan suhu 29° adalah 21,4 V dan arus 2,1 A.



Gambar 4.9 Grafik Hasil Pengukuran Tegangan Pada Panel Surya Polikristal dan Inverter hari ketiga



Gambar 4.10 Grafik Hasil Pengukuran Arus Pada Panel Surya Polikristal dan Inverter hari ketiga

A. Tegangan rata-rata pada panel surya

$$V_{\text{rata-rata}} = \frac{v_1 + v_2 + v_3 + v_4 + v_5 + v_6}{6}$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{16,9+19,1+22,5+22,8+21,5+21,4}{6} \\
 &= \frac{124,2}{6} \\
 &= 20,7 \text{ V}
 \end{aligned}$$

B. Arus Rata-rata pada panel surya

$$\begin{aligned}
 I_{\text{rata-rata}} &= \frac{I_1+I_2+I_3+I_4+I_5+I_6}{6} \\
 &= \frac{1,7+1,8+2,2+2,2+2,1+2,1}{6} \\
 &= \frac{12,2}{6} \\
 &= 2,02 \text{ A}
 \end{aligned}$$

C. Daya Pada Panel Surya

Sebelum menentukan daya rata-rata pada panel surya , terlebih dahulu untuk menghitung daya tiap-tiap percobaan yang sudah dilakukan (sebanyak 6 percobaan).

$$\begin{aligned}
 P1 &= V \cdot I \cdot \cos \Theta \\
 &= (16,9) (1,7) (0,8) \\
 &= 22,98 \text{ Watt}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P2 &= V \cdot I \cdot \cos \Theta \\
 &= (19,1) (1,8) (0,8) \\
 &= 27,50 \text{ Watt}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P3 &= V \cdot I \cdot \cos \Theta \\
 &= (22,5) (2,2) (0,8) \\
 &= 39,6 \text{ Watt}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P4 &= V \cdot I \cdot \cos \Theta \\
 &= (22,8) (2,3) (0,8) \\
 &= 41,95 \text{ Watt}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P5 &= V \cdot I \cdot \cos \Theta \\
 &= (21,5) (2,1) (0,8) \\
 &= 36,12 \text{ Watt}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P6 &= V \cdot I \cdot \cos \Theta \\
 &= 21,5) (2,1) (0,8)
 \end{aligned}$$

$$= 35,95 \text{ Watt}$$

4.1.3.4 Perhitungan Tegangan dan arus Inverter

A. Tegangan rata-rata pada inverter

$$\begin{aligned} V_{\text{rata-rata}} &= \frac{v1+v2+v3+v4+v5+v6}{6} \\ &= \frac{235+242+255+258+250+250}{6} \\ &= \frac{1490}{6} \\ &= 248,3 \text{ V} \end{aligned}$$

B. Arus Rata-rata pada inverter

$$\begin{aligned} I_{\text{rata-rata}} &= \frac{I1+I2+I3+I4+I5+I6}{6} \\ &= \frac{2+2,1+2,3+2,3+2,2+2,2}{6} \\ &= \frac{13,1}{6} \\ &= 2,18 \text{ A} \end{aligned}$$

C. Daya Pada Inverter

Sebelum menentukan daya rata-rata pada panel surya , terlebih dahulu untuk menghitung daya tiap-tiap percobaan yang sudah dilakukan (sebanyak 6 percobaan).

$$\begin{aligned} P1 &= V \cdot I \cdot \cos \Theta \\ &= (235) (2) (0,8) \\ &= 376 \text{ Watt} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P2 &= V \cdot I \cdot \cos \Theta \\ &= (242) (2,1) (0,8) \\ &= 406,56 \text{ Watt} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P3 &= V \cdot I \cdot \cos \Theta \\ &= (258,2) (2,3) (0,8) \\ &= 469,2 \text{ Watt} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P4 &= V \cdot I \cdot \cos \Theta \\ &= (258) (2,3) (0,8) \\ &= 474,72 \text{ Watt} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P5 &= V \cdot I \cdot \cos \Theta \\
 &= (250) (2,2) (0,8) \\
 &= 440 \text{ Watt}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P6 &= V \cdot I \cdot \cos \Theta \\
 &= (250) (2,2) (0,8) \\
 &= 440 \text{ Watt}
 \end{aligned}$$

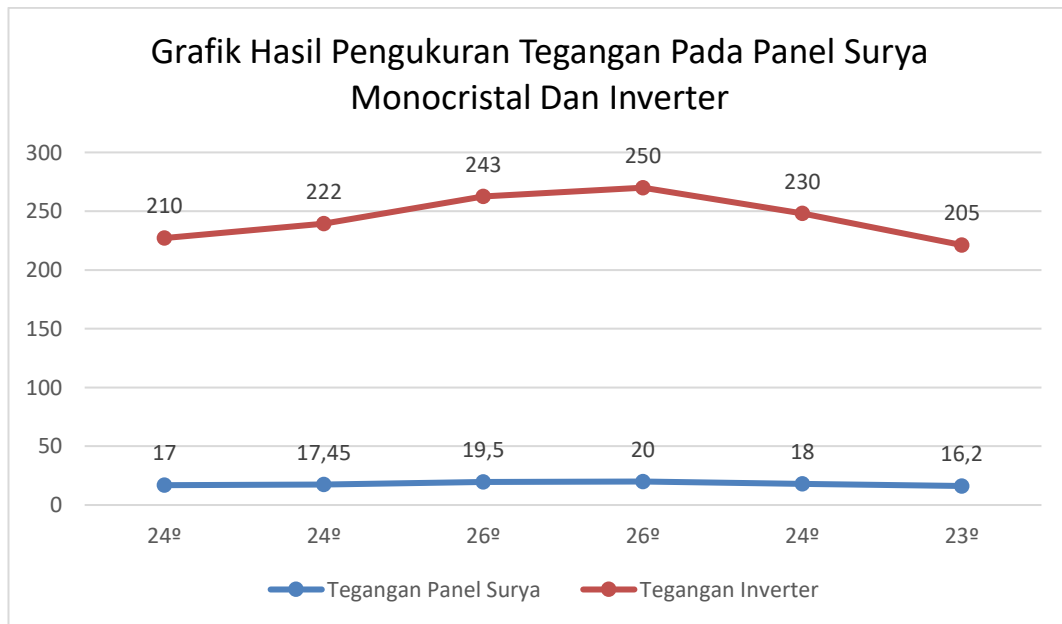
4.1.4 Penelitian Hari Keempat

4.1.4.1 Perhitungan Tegangan dan arus Panel Surya Jenis Monocrystal

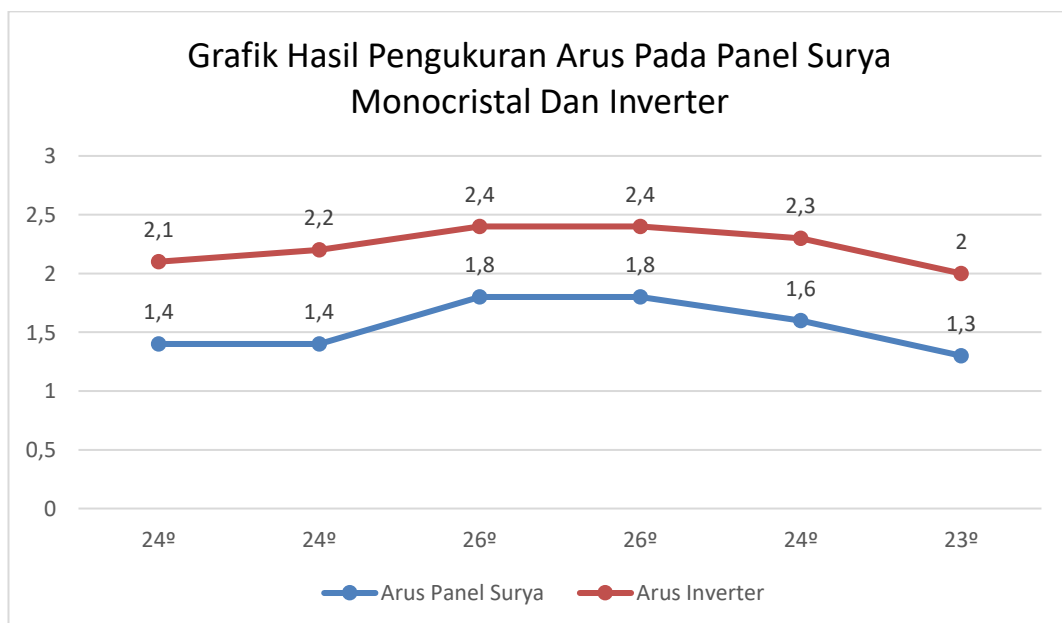
Tabel 4.7 Pengamatan Panel Surya Jenis Monocrystal Hari Keempat

No	Pukul	Suhu	Tegangan dan arus pada Panel Surya (Solar Cell)		Tegangan dan arus pada Inverter	
			V0 (Volt)	I (Ampere)	V (Volt)	I (Ampere)
1	10.00	24°	17,0	1,4	210	2,1
2	11.00	24°	17,45	1,4	222	2,2
3	12.00	26°	19,5	1,8	243	2,4
4	13.00	26°	20	1,8	250	2,4
5	14.00	24°	18	1,6	230	2,3
6	15.00	23°	16,2	1,3	205	2

Hasil pengukuran arus dan tegangan pada panel surya jenis monocrystal dihari keempat nilai yang dihasilkan berbeda-beda. Tegangan panel surya pada jam 10.00 dengan suhu 24° adalah 17,0 V dan arus 1,4 A. Tegangan panel surya pada jam 11.00 dengan suhu 24° adalah 17,45 V dan arus 1,4 A. Tegangan panel surya pada jam 12.00 dengan suhu 26° adalah 19,5 V dan arus 1,8 A. Tegangan panel surya pada jam 13.00 dengan suhu 26° adalah 20 V dan arus 1,8 A. Tegangan panel surya pada jam 14.00 dengan suhu 24° adalah 18 V dan arus 1,4 A. Tegangan panel surya pada jam 15.00 dengan suhu 23° adalah 16,2 V dan arus 1,3 A.



Gambar 4.11 Grafik Hasil Pengukuran Tegangan Pada Panel Surya Monocrystal dan Inverter Hari Keempat



Gambar 4.12 Grafik Hasil Pengukuran Arus Pada Panel Surya Monocrystal dan Inverter Hari Keempat

A. Tegangan rata-rata pada panel surya

$$V_{\text{rata-rata}} = \frac{v_1 + v_2 + v_3 + v_4 + v_5 + v_6}{6}$$

$$= \frac{17+17,45+19,5+20+18+16,2}{6}$$

$$= \frac{108,15}{6}$$

$$= 18,02 \text{ V}$$

B. Arus Rata-rata pada panel surya

$$I_{\text{rata-rata}} = \frac{I_1+I_2+I_3+I_4+I_5+I_6}{6}$$

$$= \frac{1,4+1,4+1,8+1,8+1,6+1,3}{6}$$

$$= \frac{9,3}{6}$$

$$= 1,55 \text{ A}$$

C. Daya Pada Panel Surya

Sebelum menentukan daya rata-rata pada panel surya , terlebih dahulu untuk menghitung daya tiap-tiap percobaan yang sudah dilakukan (sebanyak 6 percobaan).

$$\begin{aligned} P1 &= V \cdot I \cdot \cos \Theta \\ &= (17) (1,4) (0,8) \\ &= 19,04 \text{ Watt} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P2 &= V \cdot I \cdot \cos \Theta \\ &= (17,45) (1,4) (0,8) \\ &= 30,78 \text{ Watt} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P3 &= V \cdot I \cdot \cos \Theta \\ &= (19,5) (1,8) (0,8) \\ &= 28,08 \text{ Watt} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P4 &= V \cdot I \cdot \cos \Theta \\ &= (20) (1,8) (0,8) \\ &= 28,8 \text{ Watt} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P5 &= V \cdot I \cdot \cos \Theta \\ &= (18) (1,6) (0,8) \\ &= 23,04 \text{ Watt} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P6 &= V \cdot I \cdot \cos \Theta \\ &= (16,2) (1,3) (0,8) \end{aligned}$$

$$= 16,84 \text{ Watt}$$

4.1.4.2 Perhitungan Tegangan dan arus Inverter

A. Tegangan rata-rata pada inverter

$$\begin{aligned} V_{\text{rata-rata}} &= \frac{v_1+v_2+v_3+v_4+v_5+v_6}{6} \\ &= \frac{210+222+243+250+230+205}{6} \\ &= \frac{1360}{6} \\ &= 226,6 \text{ V} \end{aligned}$$

B. Arus Rata-rata pada inverter

$$\begin{aligned} I_{\text{rata-rata}} &= \frac{I_1+I_2+I_3+I_4+I_5+I_6}{6} \\ &= \frac{2,1+2,2+2,4+2,4+2,3+2}{6} \\ &= \frac{13,4}{6} \\ &= 2,23 \text{ A} \end{aligned}$$

C. Daya Pada Inverter

Sebelum menentukan daya rata-rata pada panel surya , terlebih dahulu untuk menghitung daya tiap-tiap percobaan yang sudah dilakukan (sebanyak 6 percobaan).

$$\begin{aligned} P1 &= V \cdot I \cdot \cos \Theta \\ &= (210) (2,1) (0,8) \\ &= 352,8 \text{ Watt} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P2 &= V \cdot I \cdot \cos \Theta \\ &= (222) (2,2) (0,8) \\ &= 390,72 \text{ Watt} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P3 &= V \cdot I \cdot \cos \Theta \\ &= (243) (2,4) (0,8) \\ &= 466,56 \text{ Watt} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P4 &= V \cdot I \cdot \cos \Theta \\ &= (230) (2,3) (0,8) \\ &= 480 \text{ Watt} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P5 &= V \cdot I \cdot \cos \Theta \\
 &= (230) (2,3) (0,8) \\
 &= 423,2 \text{ Watt}
 \end{aligned}$$

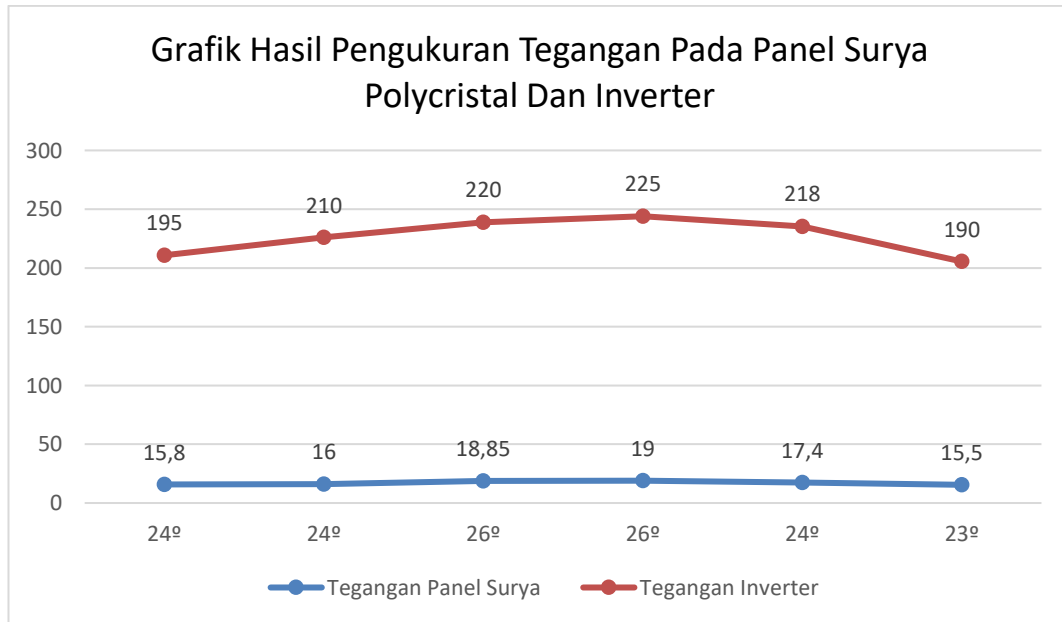
$$\begin{aligned}
 P6 &= V \cdot I \cdot \cos \Theta \\
 &= (205) (2) (0,8) \\
 &= 328 \text{ Watt}
 \end{aligned}$$

4.1.4.3 Perhitungan Tegangan dan arus Panel Surya Jenis Polikristal

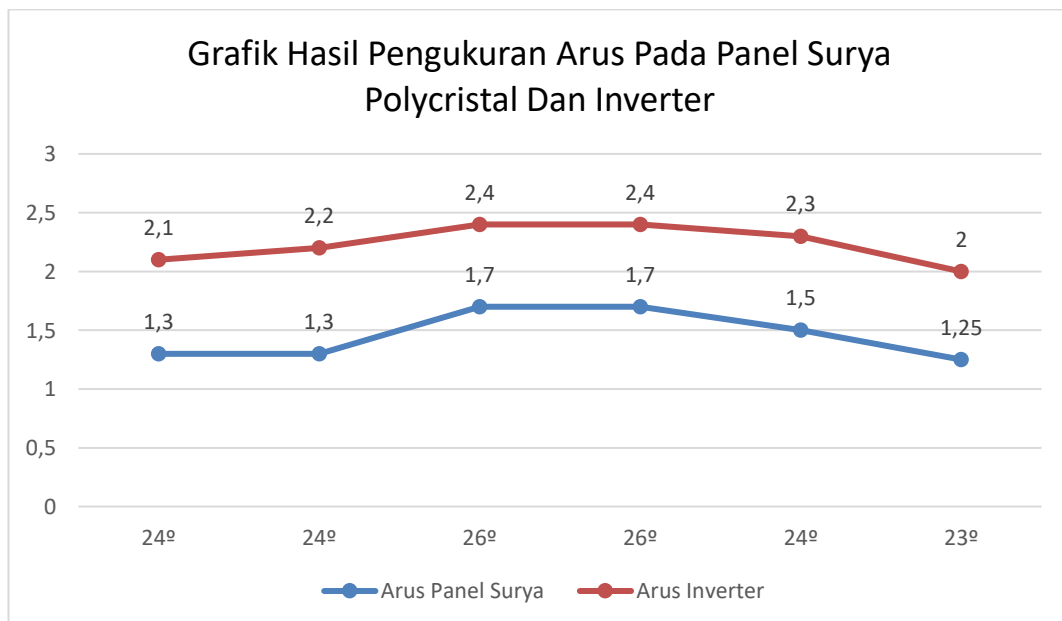
Tabel 4.8 Pengamatan Panel Surya Jenis Polikristal Hari Keempat

No	Pukul	Suhu	Tegangan dan arus pada Panel Surya (Solar Cell)		Tegangan dan arus pada Inverter	
			V0 (Volt)	I (Ampere)	V (Volt)	I (Ampere)
1	10.00	24°	15,8	1,3	195	2,1
2	11.00	24°	16	1,3	210	2,2
3	12.00	26°	18,85	1,7	220	2,4
4	13.00	26°	19	1,7	225	2,4
5	14.00	24°	17,4	1,5	218	2,3
6	15.00	23°	15,5	1,25	190	2

Hasil pengukuran arus dan tegangan pada panel surya jenis Polikristal dihari keempat nilai yang dihasilkan berbeda-beda. Tegangan panel surya pada jam 10.00 dengan suhu 24° adalah 15,8 V dan arus 1,3 A. Tegangan panel surya pada jam 11.00 dengan suhu 24° adalah 16 V dan arus 1,3 A. Tegangan panel surya pada jam 12.00 dengan suhu 26° adalah 18,85 V dan arus 1,7 A. Tegangan panel surya pada jam 13.00 dengan suhu 26° adalah 19 V dan arus 1,7 A. Tegangan panel surya pada jam 14.00 dengan suhu 24° adalah 17,4 V dan arus 1,5 A. Tegangan panel surya pada jam 15.00 dengan suhu 23° adalah 15,5 V dan arus 1,25 A.



Gambar 4.13 Grafik Hasil Pengukuran Tegangan Pada Panel Surya Polikristal dan Inverter hari keempat



Gambar 4.14 Grafik Hasil Pengukuran Arus Pada Panel Surya Polikristal dan Inverter hari keempat

A. Tegangan rata-rata pada panel surya

$$\begin{aligned}
 V_{\text{rata-rata}} &= \frac{v_1+v_2+v_3+v_4+v_5+v_6}{6} \\
 &= \frac{16,9+19,1+22,5+22,8+21,5+21,4}{6} \\
 &= \frac{102,55}{6} \\
 &= 17,09 \text{ V}
 \end{aligned}$$

B. Arus Rata-rata pada panel surya

$$\begin{aligned}
 I_{\text{rata-rata}} &= \frac{I_1+I_2+I_3+I_4+I_5+I_6}{6} \\
 &= \frac{1,3+1,3+1,7+1,7+1,5+1,25}{6} \\
 &= \frac{8,75}{6} \\
 &= 1,46 \text{ A}
 \end{aligned}$$

C. Daya Pada Panel Surya

Sebelum menentukan daya rata-rata pada panel surya , terlebih dahulu untuk menghitung daya tiap-tiap percobaan yang sudah dilakukan (sebanyak 6 percobaan).

$$\begin{aligned}
 P1 &= V \cdot I \cdot \cos \Theta \\
 &= (15,8) (1,3) (0,8) \\
 &= 16,43 \text{ Watt}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P2 &= V \cdot I \cdot \cos \Theta \\
 &= (16,1) (1,3) (0,8) \\
 &= 16,64 \text{ Watt}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P3 &= V \cdot I \cdot \cos \Theta \\
 &= (18,85) (1,7) (0,8) \\
 &= 25,64 \text{ Watt}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P4 &= V \cdot I \cdot \cos \Theta \\
 &= (19) (1,7) (0,8) \\
 &= 25,84 \text{ Watt}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P5 &= V \cdot I \cdot \cos \Theta \\
 &= (17,4) (1,5) (0,8) \\
 &= 20,8 \text{ Watt}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P6 &= V \cdot I \cdot \cos \Theta \\
 &= 15,5 (1,25) (0,8) \\
 &= 15,5 \text{ Watt}
 \end{aligned}$$

4.1.4.4 Perhitungan Tegangan dan arus Inverter

A. Tegangan rata-rata pada inverter

$$\begin{aligned}
 V_{\text{rata-rata}} &= \frac{v1+v2+v3+v4+v5+v6}{6} \\
 &= \frac{195+210+220+225+218+190}{6} \\
 &= \frac{1258}{6} \\
 &= 209,67 \text{ V}
 \end{aligned}$$

B. Arus Rata-rata pada inverter

$$\begin{aligned}
 I_{\text{rata-rata}} &= \frac{I1+I2+I3+I4+I5+I6}{6} \\
 &= \frac{2,1+2,1+2,4+2,4+2,3+2}{6} \\
 &= \frac{13,4}{6} \\
 &= 2,23 \text{ A}
 \end{aligned}$$

C. Daya Pada Inverter

Sebelum menentukan daya rata-rata pada panel surya , terlebih dahulu untuk menghitung daya tiap-tiap percobaan yang sudah dilakukan (sebanyak 6 percobaan).

$$\begin{aligned}
 P1 &= V \cdot I \cdot \cos \Theta \\
 &= (195) (2,1) (0,8) \\
 &= 327,6 \text{ Watt}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P2 &= V \cdot I \cdot \cos \Theta \\
 &= (210) (2,2) (0,8) \\
 &= 369,6 \text{ Watt}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P3 &= V \cdot I \cdot \cos \Theta \\
 &= (220) (2,4) (0,8) \\
 &= 422,4 \text{ Watt}
 \end{aligned}$$

$$P4 = V \cdot I \cdot \cos \Theta$$

$$= (225) (2,4) (0,8)$$

$$= 432 \text{ Watt}$$

$$P5 = V \cdot I \cdot \cos \Theta$$

$$= (218) (2,3) (0,8)$$

$$= 410,12 \text{ Watt}$$

$$P6 = V \cdot I \cdot \cos \Theta$$

$$= (190) (2) (0,8)$$

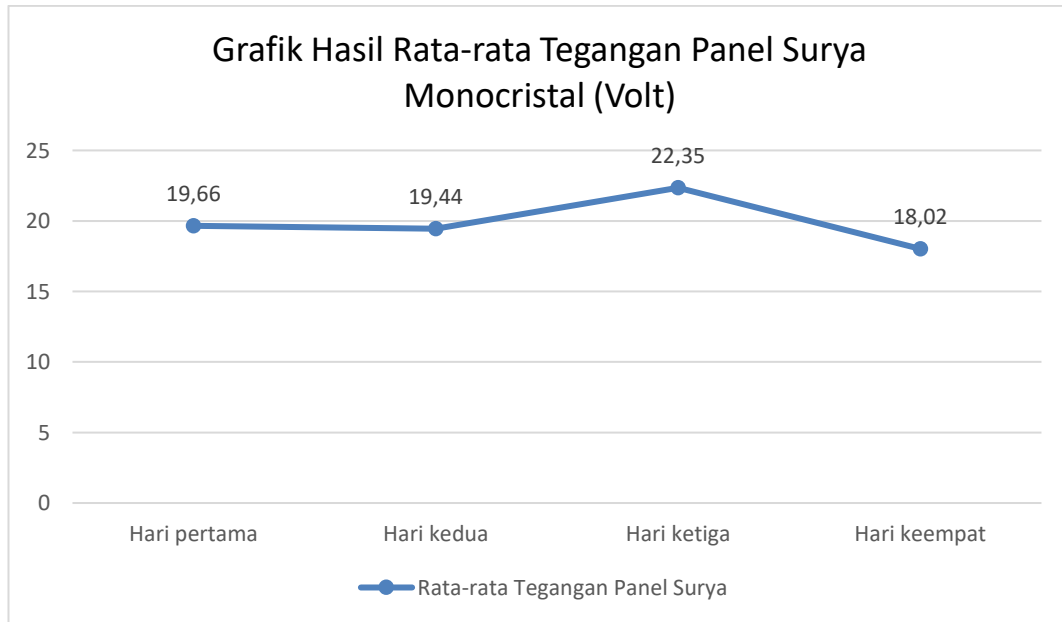
$$= 304 \text{ Watt}$$

4.2 Rata-Rata Tegangan dan Arus Pada Panel Surya (Solar Cell)

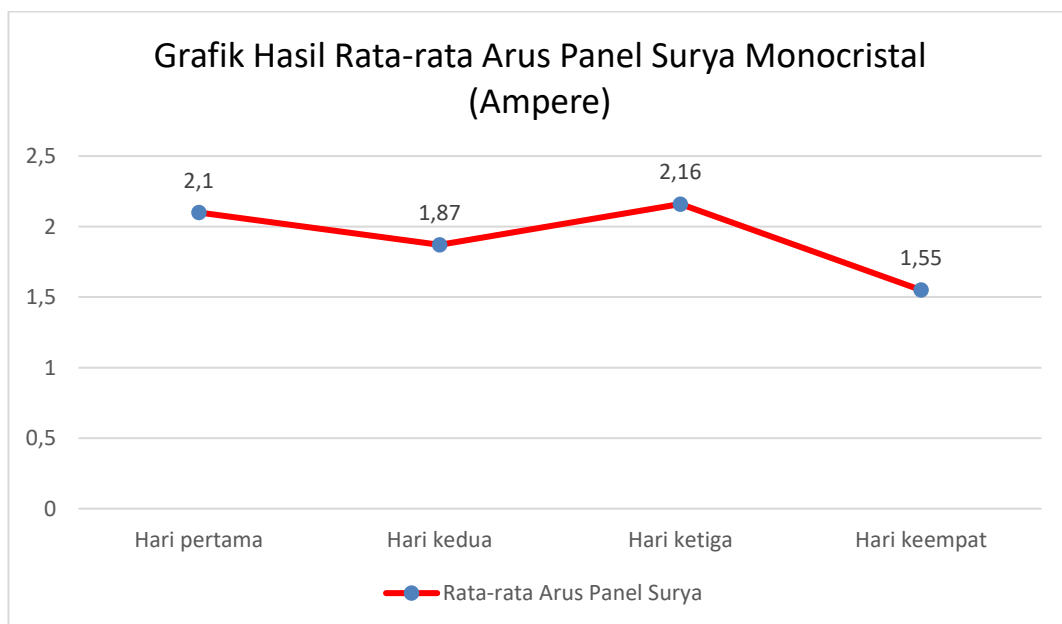
4.2.1 Rata-rata Tegangan dan Arus Pada Panel Surya Monocrystal

Tabel 4.9 Pengamatan Hasil rata-rata Panel Surya Jenis monocrystal

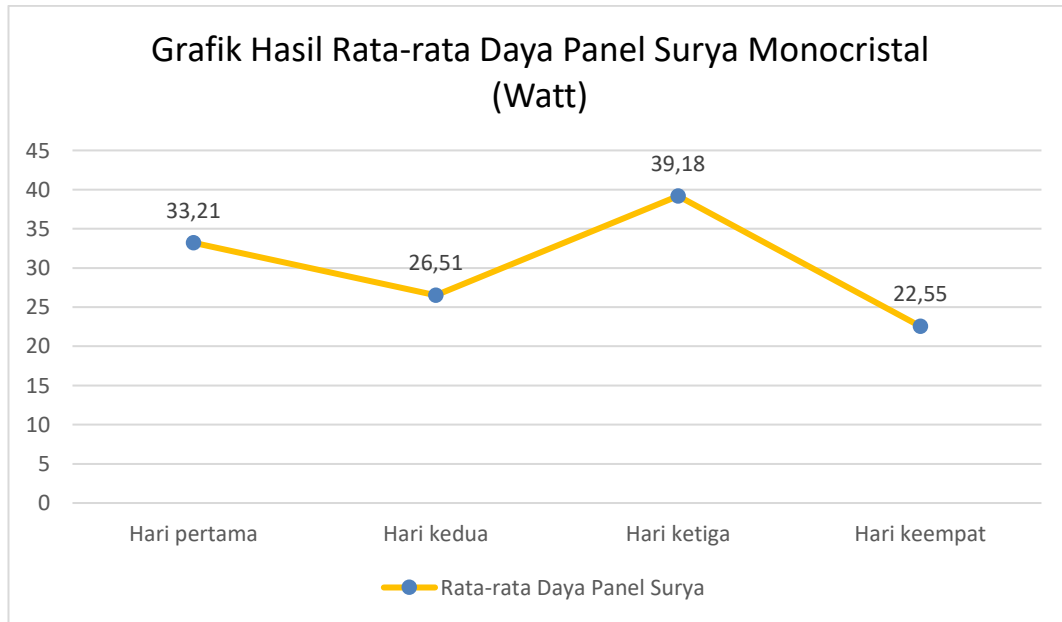
Hari	Tegangan rata-rata panel surya Monocrystal (Volt)	Arus rata-rata panel surya Monocrystal (Ampere)	Daya rata-rata panel surya Monocrystal (Watt)
Pertama	19,66	2,10	33,21
Kedua	19,44	1,87	26,51
Ketiga	22,35	2,16	39,18
Keempat	18,02	1,55	22,55
rata-rata	19,8675	1,92	30,36



Gambar 4.15 Grafik Rata-rata Tegangan Panel Surya Monocrystal



Gambar 4.16 Grafik Rata-rata Arus Panel Surya Monocrystal

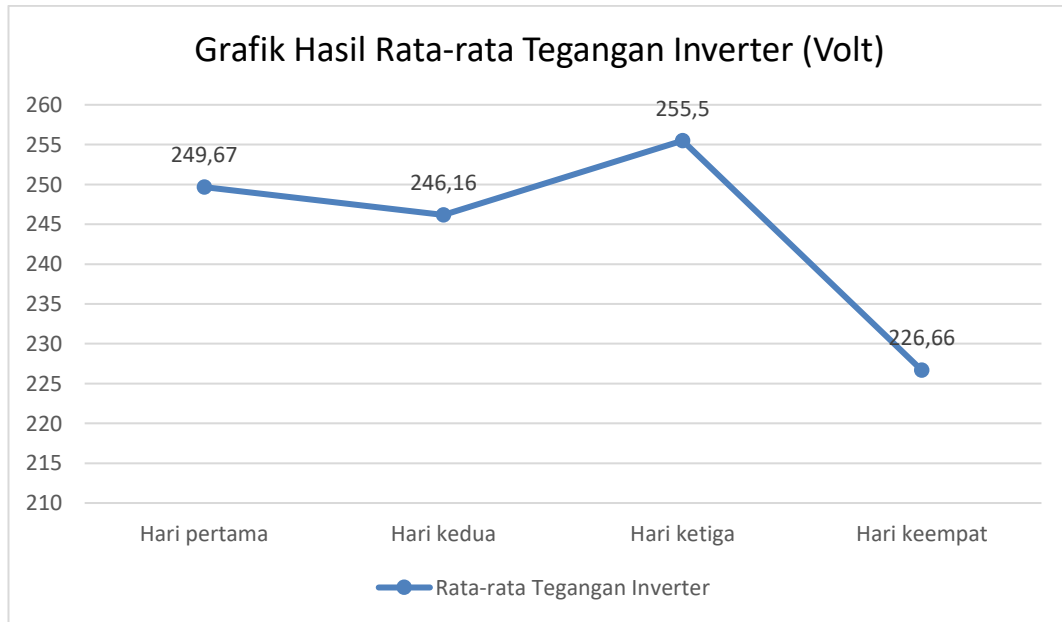


Gambar 4.17 Grafik Rata-rata Daya Panel Surya Monocrystal

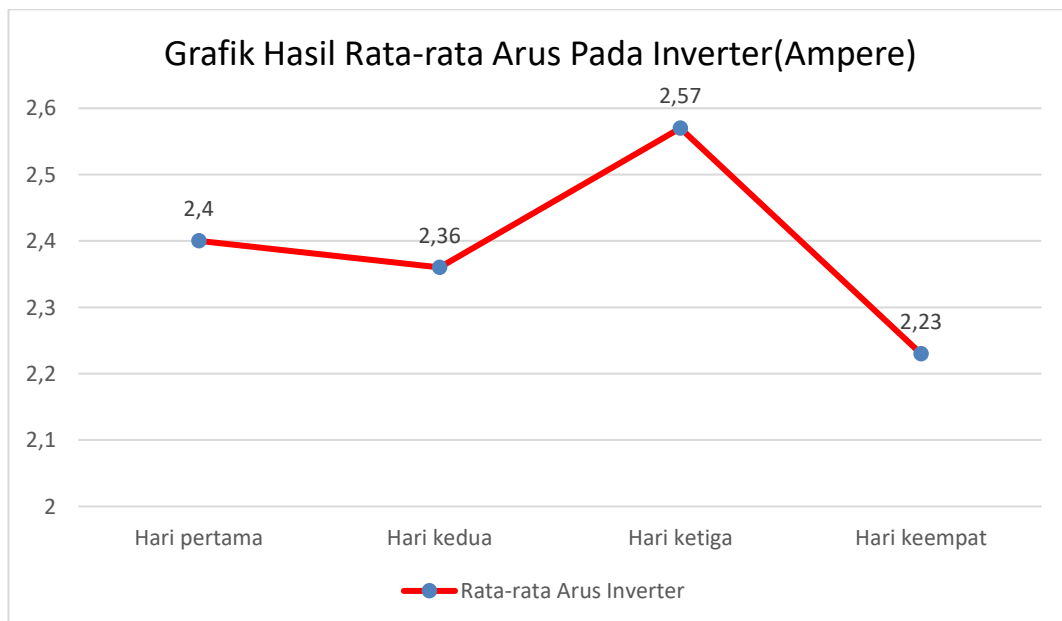
4.2.2 Rata-rata Tegangan dan Arus Pada Inverter (Panel Surya Monocrystal)

Tabel 4.10 Pengamatan Hasil rata-rata Inverter

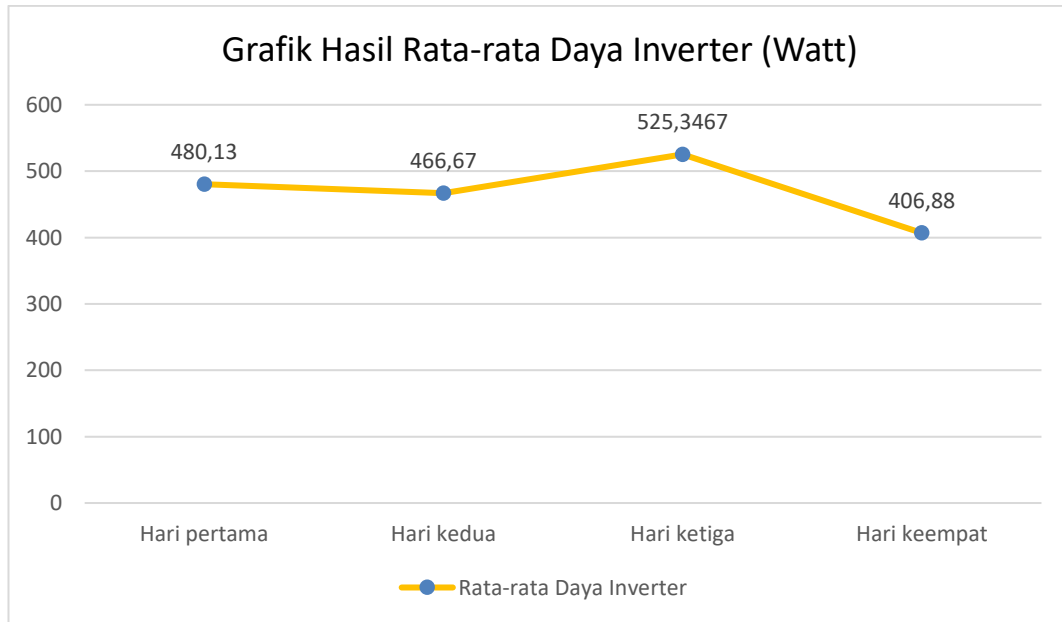
Hari	Tegangan rata-rata panel surya Monocrystal (Volt)	Arus rata-rata panel surya Monocrystal (Ampere)	Daya rata-rata panel surya Monocrystal (Watt)
Pertama	249,67	2,40	480,13
Kedua	246,16	2,36	466,67
Ketiga	255,5	2,57	525,35
Keempat	226,66	2,23	406,88
Rata-rata	244,50	2,39	469,76



Gambar 4.18 Grafik Rata-rata Tegangan Inverter



Gambar 4.19 Grafik Rata-rata Arus Inverter

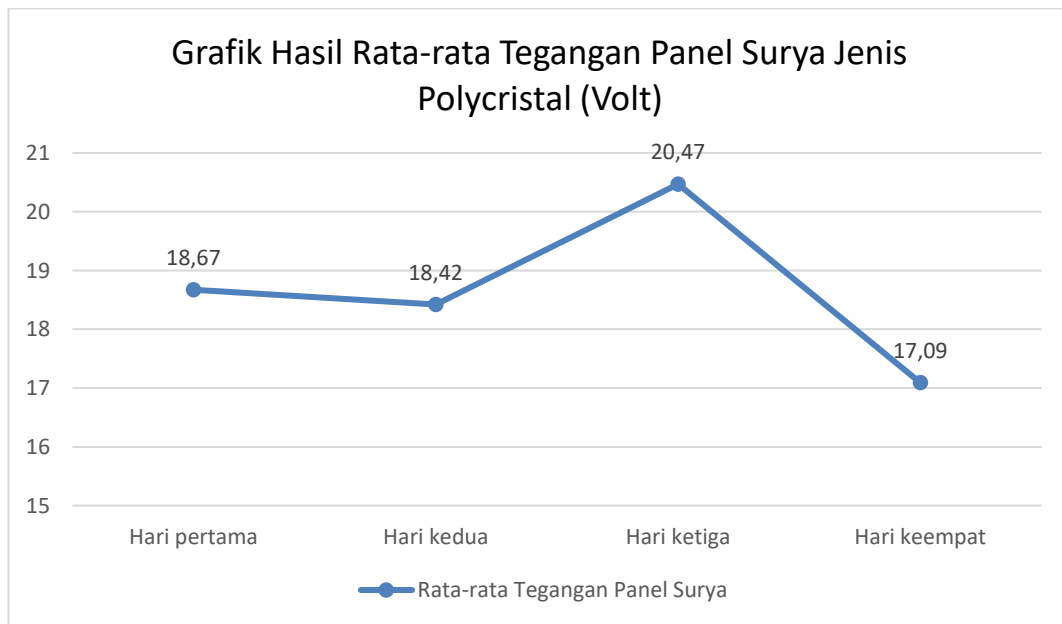


Gambar 4.20 Grafik Rata-rata Daya pada Inverter

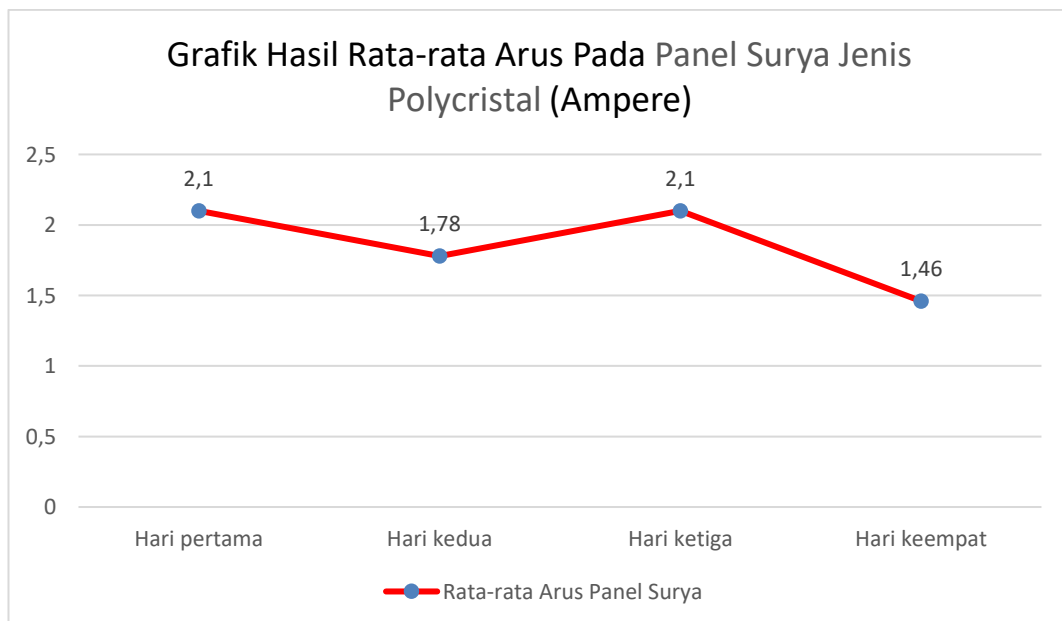
4.2.3 Rata-rata Tegangan dan Arus Pada Panel Surya Polikristal

Tabel 4.11 Pengamatan Hasil rata-rata Panel Surya Polikristal

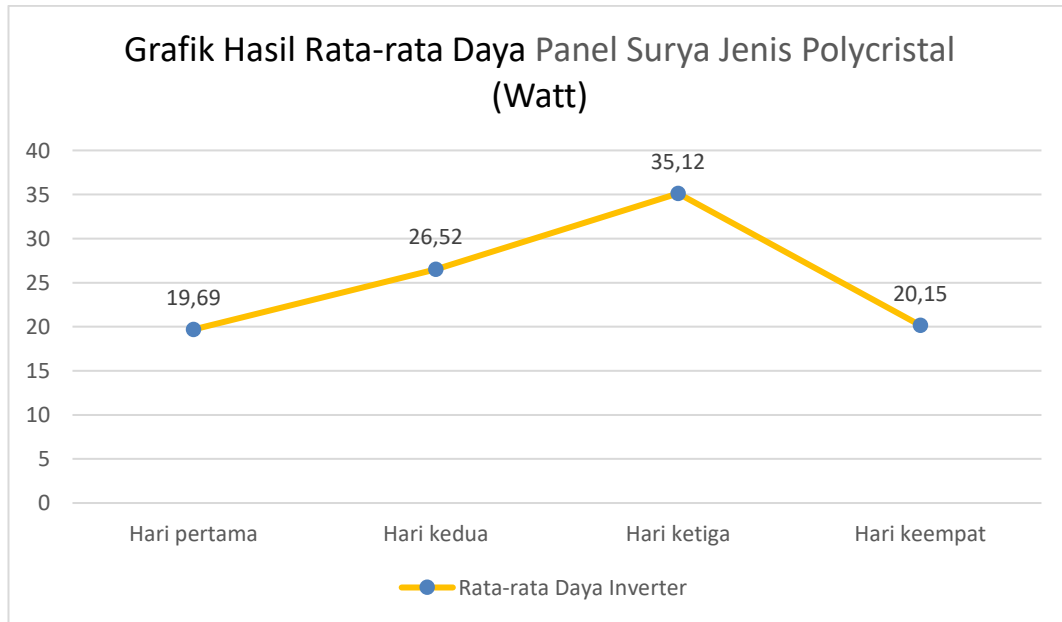
Hari	Tegangan rata-rata panel surya Polikristal (Volt)	Arus rata-rata panel surya Polikristal (Ampere)	Daya rata-rata panel surya Polikristal (Watt)
Pertama	18,67	2,1	19,69
Kedua	18,42	1,78	26,52
Ketiga	20,47	2,1	35,12
Keempat	17,09	1,46	20,15
rata-rata	18,66	1,86	25,37



Gambar 4.21 Grafik Rata-rata Tegangan Panel Surya Jenis Polikristal



Gambar 4.22 Grafik Rata-rata Arus Panel Surya Jenis Polikristal

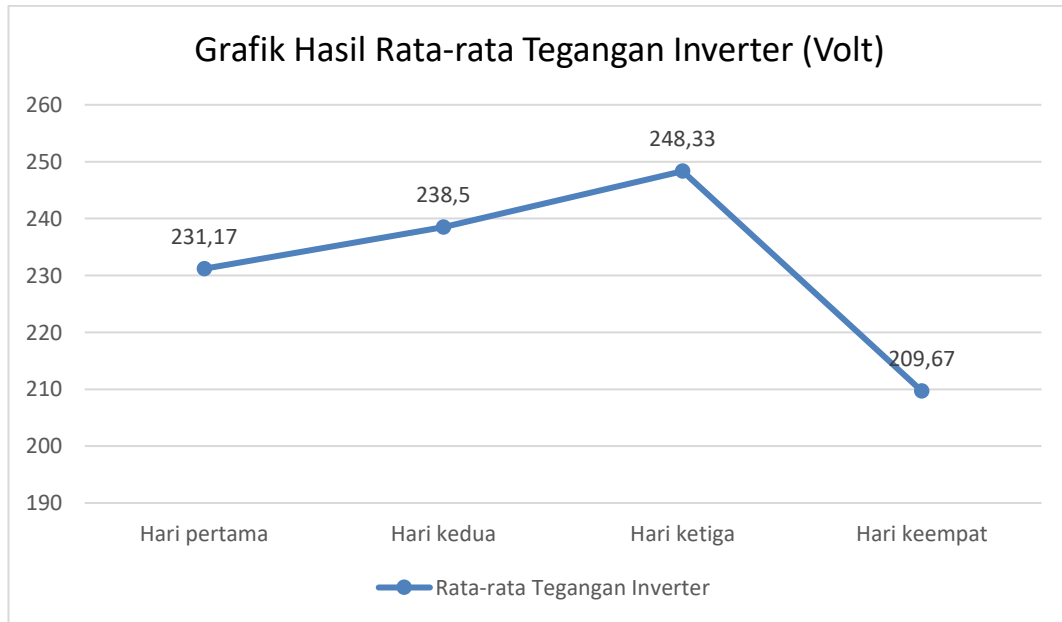


Gambar 4.23 Grafik Rata-rata Daya Panel Surya Jenis Polikristal

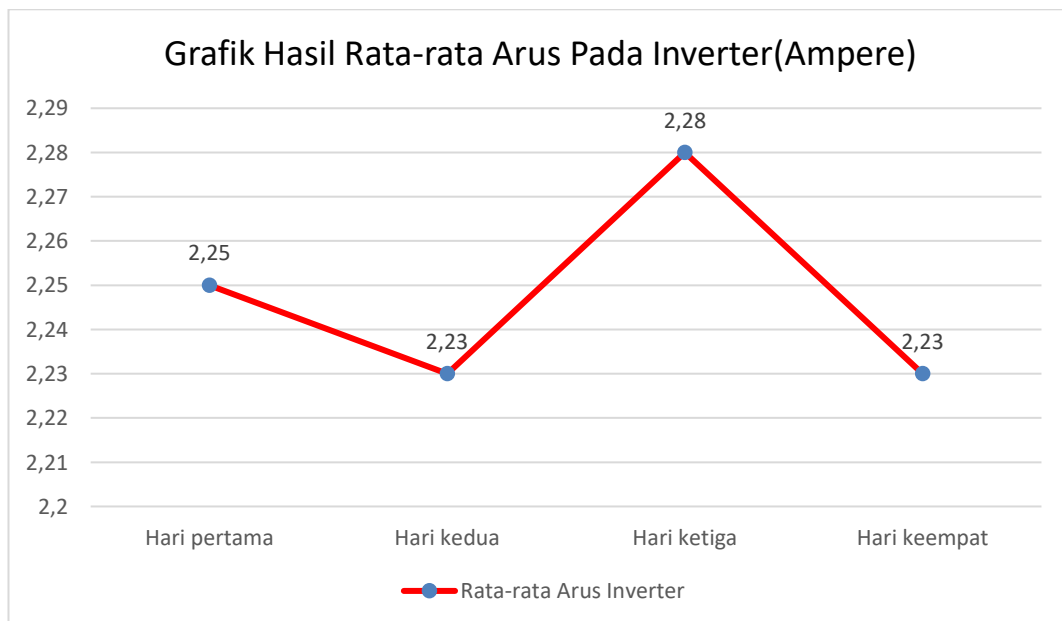
4.2.4 Rata-rata Tegangan dan Arus Pada Inverter (Panel Surya Jenis Polikristal)

Tabel 4.12 Pengamatan Hasil rata-rata Inverter

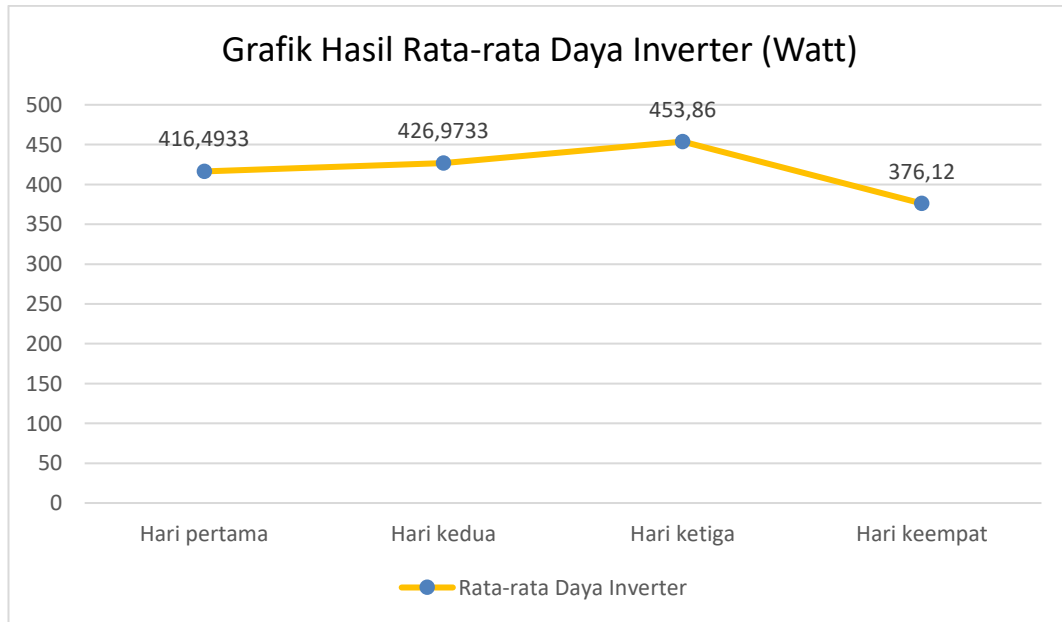
Hari	Tegangan rata-rata panel surya Polikristal (Volt)	Arus rata-rata panel surya Polikristal (Ampere)	Daya rata-rata panel surya Polikristal (Watt)
Pertama	231,17	2,25	416,49
Kedua	238,5	2,23	426,97
Ketiga	248,33	2,28	453,86
Keempat	209,67	2,23	376,12
rata-rata	231,918	2,2475	418,36



Gambar 4.24 Grafik Rata-rata Tegangan Inverter



Gambar 4.25 Grafik Rata-rata Arus Inverter



Gambar 4.26 Grafik Rata-rata Daya pada Inverter

BAB V

PENUTUP

5.1 KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang dilakukan, bisa ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Dari hasil pengukuran tegangan, arus dan daya pada panel surya monokristal selama empat hari, peneliti memperoleh nilai rata-rata berdasarkan perhitungan yaitu pada hari pertama dengan nilai rata-rata tegangan 19,66 Volt, arus 2,10 Ampere, dan daya 33,21 Watt. Hari kedua dengan nilai rata-rata tegangan 19,44 Volt, arus 1,87 Ampere, dan daya 26,51 Watt. Hari ketiga dengan nilai rata-rata tegangan 23,35 Volt, arus 2,16 Ampere, dan daya 39,18 Watt dan untuk hari keempat dengan nilai rata-rata tegangan 18,02 Volt, arus 1,55 Ampere dan daya 22,55 Watt. serta hasil perhitungan tegangan, arus dan daya rata-rata pada inverter (panel surya monokristal) selama empat hari, peneliti memperoleh hasil pada hari pertama senilai, tegangan 249,67 Volt, arus 2,40 Ampere dan daya sebesar 480,13 Watt. Hari kedua senilai, tegangan 246, 16 Volt, arus 2,36 Ampere dan daya sebesar 466,67 Watt. Hari ketiga senilai, tegangan 255,5 Volt, arus 2,57 Ampere dan daya sebesar 525,25 Watt, dan Hari keempat senilai, tegangan 226,6 Volt, arus 2,33 Ampere dan daya sebesar 406,88 Watt
2. Dari hasil pengukuran tegangan, arus dan daya pada panel surya Polikristal selama empat hari, peneliti memperoleh nilai rata-rata berdasarkan perhitungan yaitu pada hari pertama dengan nilai rata-rata tegangan 18,67 Volt, arus 2,1 Ampere, dan daya 19,69 Watt. Hari kedua dengan nilai rata-rata tegangan 18,42 Volt, arus 1,78 Ampere, dan daya 26,52 Watt. Hari ketiga dengan nilai rata-rata tegangan 20,47 Volt, arus 2,1 Ampere, dan daya 35,12 Watt dan untuk hari keempat dengan nilai rata-rata tegangan 17,09 Volt, arus 1,46 Ampere dan daya 20,15 Watt. Serta hasil perhitungan tegangan, arus dan daya rata-rata pada inverter (panel surya polikristal) selama empat hari, peneliti memperoleh hasil pada hari pertama senilai, tegangan 231,17 Volt, arus 2,25 Ampere dan daya sebesar

416,49 Watt. Hari kedua senilai, tegangan 238,5 Volt, arus 2,33 Ampere dan daya sebesar 426,97 Watt. Hari ketiga senilai, tegangan 248,33 Volt, arus 2,28 Ampere dan daya sebesar 453,86 Watt, dan Hari keempat senilai, tegangan 209,67 Volt, arus 2,23 Ampere dan daya sebesar 376,12 Watt

5.2 SARAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan maka peneliti memiliki beberapa saran yang disampaikan yaitu sebagai berikut:

1. Untuk penelitian selanjutnya dapat menambah sumber tegangan panel surya.
2. Untuk peneliti selanjutnya sebaiknya, sebelum membuat penulisan agar meneliti dengan baik, alat pengukuran, komponen Panel surya dan komponen lainnya serta perhitungan pada panel surya.
3. Pahami lebih luas tentang faktor apa saja yang mempengaruhi daya keluaran pada panel surya .
4. Penelitian tentang panel surya lebih dikembangkan lagi sehingga mampu mengurangi penggunaan pembangkit listrik fosil dan bisa menjadi energi alternatif.
5. Memanfaatkan secara maksimal energi melimpah dari panas matahari untuk berbagai kebutuhan manusia yang tidak terjangkau suplay PLN.

DAFTAR PUSTAKA

- Ardianus Yustianus Sinaga dkk.” Rancang Bangun Inverter 1 Fasa Dengan Kontrol Pembangkit *Pluse Width Modulation* (PWM), Jurnal Rekayasa Dan Teknologi Elektro, Volume 11, No. 2, Mei 2017.
- Endhah, P dan Toto W “Analisis Perhitungan Efisiensi Sel Surya Berbasis A-Si:H dalam Penentuan Temperatur Filamen Optimum Bahan. Jurnal ILMU DASAR, Vol.14 No. 1, Januari 2013: 29-32
- Fachry, Noor A. “Pengaruh Penambahan Kapasitor Terhadap Tegangan, Arus, Faktor Daya, dan Daya Aktif pada Beban Listrik di Minimarket”. Jurnal Teknik Elektro Vol. 9 No. 2. Juli - Desember 2017 P-ISSN 1411 - 0059 E-ISSN 2549 - 1571
- Hardianto Triwahju dkk, “ Optimalisasi Daya Dan Energi Listrik Pada Panel Surya Polikristal Dengan Teknologi Scanning Reflektor”, Berkala SAINSTEK 2017, V (1) : 45-49, ISSN : 2339-0069.
- Iswanto Ady. ”Analisa *Charging Time Sistem Solar Cell* Menggunakan Pencari Arah Sinar Matahari Yang Dilengkapi Dengan Pemfokus Cahaya”, Jurnal Teknik Mesin Univ. Muhammadiyah Metro, Vol.5 No. 1 2016, p-ISSN : 2477-250X.
- Iqtimal Zian dkk. ”Aplikasi Sistem Tenaga Surya Sebagai Sumber Tenaga Listrik Pompa Air”, Jurnal Online Teknik Elektro, Vol. 3 No. 1, 2018 : 18, e-ISSN : 2252-7036.
- Noorly, E dkk. “Implementasi Pembangkit Listrik Tenaga Surya Kapasitas 200 Wp Dengan Sistem Solar Charger Pada Beban Kipas Angin”. Journal SEMNASTEK UISU 2021. ISBN 978-623-7297-39-0
- Noorly, E. dkk “Analisis Karakteristik Pembangkit Listrik Hot Air Stirling Engine Dengan Bahan Bakar Metanol”. Jurnal Teknik Elektro Vol. 2, No. 2, Januari 2020, ISSN 2622 – 7002
- R.S.hartati,”Optimasi Pemasangan dan Kapasitas Kapasitor Shunt Pada Jaringan Distribusi Penjulung Menujangan “ Vol.16 ,No.2 ,2017.
- R. Uli dkk.” Pengukuran Dan Analisa Data Kalibrasi Volmeter Dengan *Multi Product Calibrator*, Volume V, Oktober 2016.
- Rinas Wayan dkk. ”Rancang Bangun Baterai *Charge Controler* Untuk Sistem Pengangkat Air Berbasis Arduino Uno Memanfaatkan Sumber PLTS”, Jurnal Teknik Elektro Universitas Udayana Jimbaran-Bali, Desember, 2015.

Stevanus And Widiyanto,” Sistem instalasi PLTS 1000Wp Sitting Ground Teknik Elektro UNDIP Semarang,2011.

Setiawan Bambang dkk. “Rancang Bangun DC *Sumbersible Pump Sistem Photovoltaic Battery Coupled* Dengan Panel Surya *Polycrystalline* Skala Laboratorium”, Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Jakarta, November 2017, e-ISSN : 2460-8416.