



**ANALISIS EFISIENSI PANEL SURYA TERHUBUNG *GRID TIE*  
MENGUNAKAN KONFIGURASI *MICRO INVERTER* DAN *STRING INVERTER*  
TERHADAP DAYA LISTRIK YANG DIHASILKAN DAN PENGARUH CUACA**

**TESIS**

Tesis diajukan untuk memenuhi persyaratan  
memperoleh gelar Magister Teknik



**Setyo Purnomo  
210121801005**

**PRODI MAGISTER TEKNIK ELEKTRO  
FAKULTAS TEKNIK DAN ILMU KOMPUTER  
UNIVERSITAS GLOBAL JAKARTA  
2023**

## HALAMAN PENGESAHAN PEMBIMBING

Tesis ini diajukan oleh:

Nama : Setyo Purnomo  
NIM : 210121801005  
Program Studi : Magister Teknik Elektro  
Judul Tesis : ANALISIS EFISIENSI PANEL SURYA TERHUBUNG  
GRID TIE MENGGUNAKAN KONFIGURASI MICRO  
INVERTER DAN STRING INVERTER TERHADAP  
DAYA LISTRIK YANG DIHASILKAN DAN  
PENGARUH CUACA

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Magister Teknik pada Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer, Universitas Global Jakarta.

Pembimbing 1



Dr. Yanuar Zulardiansyah Arief, CEng  
NIK. S092019110003

Pembimbing 2



Arie Jaenul, S.Pd., M.Sc.Eng  
NIK. S092019030004

Ketua Program Studi  
Magister Teknik Elektro



Sinka Wilyanti. S.T., M.T.  
NIK. S092012120066

Ditetapkan di : Depok

Tanggal : 28 Agustus 2023

## HALAMAN PENGESAHAN DEWAN PENGUJI

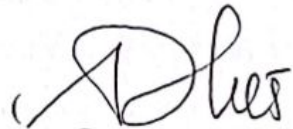
Tesis ini diajukan oleh:

Nama : Setyo Purnomo  
NIM : 210121801005  
Program Studi : Magister Teknik Elektro  
Judul Tesis : ANALISIS EFISIENSI PANEL SURYA TERHUBUNG  
*GRID TIE* MENGGUNAKAN KONFIGURASI *MICRO*  
*INVERTER* DAN *STRING INVERTER* TERHADAP  
DAYA LISTRIK YANG DIHASILKAN DAN  
PENGARUH CUACA

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Magister Teknik pada Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer, Universitas Global Jakarta.

### DEWAN PENGUJI

Penguji 1 : Adhes Gamayel, Ph.D

(  )

Penguji 2 : Mauludi Manfaluthy, S.T., M.T.

(  )

Penguji 3 : Dian Nugraha, S.S.T., MIT

(  )

Ditetapkan di : Depok

Tanggal : 28 Agustus 2023

## HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TESIS UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai mahasiswa Universitas Global Jakarta, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Setyo Purnomo  
NIM : 210121801005  
Program Studi : Magister Teknik Elektro  
Fakultas : Teknik dan Ilmu Komputer  
Jenis Karya : Tesis

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Global Jakarta **Hak Bebas Royalti Non-eksklusif** (*None-exclusive Royalty Free Right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul:

ANALISIS EFISIENSI PANEL SURYA TERHUBUNG *GRID TIE* MENGGUNAKAN KONFIGURASI *MICRO INVERTER* DAN *STRING INVERTER* TERHADAP DAYA LISTRIK YANG DIHASILKAN DAN PENGARUH CUACA

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Non-eksklusif ini Universitas Global Jakarta berhak menyimpan, mengalihmediakan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat dan mempublikasikan tesis saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis dan sebagai pemilik hak cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Depok  
Pada Tanggal : 28 Agustus 2023

Yang menyatakan,



Setyo Purnomo

## PERNYATAAN ORISINALITAS TESIS

Saya menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa berdasarkan hasil penelusuran berbagai karya ilmiah, gagasan dan masalah ilmiah yang diteliti dan diulas di dalam Naskah Tesis ini adalah asli dari pemikiran saya. Tidak terdapat karya ilmiah yang pernah diajukan oleh orang lain untuk memperoleh gelar akademik disuatu Perguruan Tinggi, dan tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis dikutip dalam naskah ini dan disebutkan dalam sumber kutipan dan daftar pustaka.

Apabila ternyata di dalam naskah Tesis ini dapat dibuktikan terdapat unsur-unsur jiplakan, saya bersedia Tesis dibatalkan, serta diproses sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku (UUNo. 20 Tahun 2003, pasal 25 ayat 2 dan pasal 70).

Depok, 28 Agustus 2023

Mahasiswa,



**Setyo Purnomo**  
NIM. 210121801005

## KATA PENGANTAR

Segala puji bagi Allah Tuhan seluruh alam, atas rahmat dan berkat yang telah diterima serta rasa syukur atas terselesaikannya penulisan tesis ini dalam rangka memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar Magister Teknik pada Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer. Tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, sangat sulit bagi saya untuk menyelesaikan tesis ini. Untuk itu perkenankan saya untuk mengucapkan terimakasih sebesar-besarnya kepada:

1. Bp. Adhes Gamayel, Ph.D., selaku Wakil Rektor 1 JGU.
2. Ibu. Sinka Wilyanti., S.T., M.T., selaku Kepala Program Studi Magister Teknik Elektro.
3. Bp. Dr. Yanuar Zulardiansyah Arief, CEng, selaku Pembimbing 1, atas bimbingan dan arahannya.
4. Bp. Arief Jaenul, S.Pd., M.Sc. Eng, selaku Pembimbing 2, atas bimbingan dan arahannya.
5. Teman-teman mahasiswa Magister Teknik Elektro JGU atas kerjasamanya.

Penulis menyadari masih banyak kekurangan dalam penulisan penelitian ini, kritik dan saran yang membangun dari pembaca sangat kami perlukan.

Akhirnya, penulis berharap semoga penelitian ini dapat bermanfaat dan memberikan informasi bagi rekan – rekan teknik elektro pada khususnya, serta para pembaca pada umumnya.

Depok, 28 Agustus 2023  
Penulis,

Setyo Purnomo

## ABSTRAK

Sistem PLTS terhubung *Grid Tie* lebih menguntungkan dalam hal biaya dan investasi daripada sistem *stand-alone*, karena tidak memerlukan media baterai sebagai penyimpanan energi listrik tersebut. Dalam proses instalasinya dapat dilakukan dengan konfigurasi *micro inverter*, tiap *photovoltaic module* langsung terhubung ke jaringan *grid* listrik utama melalui *inverter* dan dengan konfigurasi *string inverter*, beberapa *photovoltaic module* dirangkai seri atau paralel, kemudian dihubungkan dengan jaringan *grid* listrik utama melalui *inverter*.

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen dengan menginstalasi *photovoltaic module* dalam konfigurasi *micro inverter* dan *string inverter*. Pengukuran berupa tegangan, arus, daya, energi listrik (kWh) dan faktor daya pada titik-titik pengukuran yang telah ditentukan. Analisis dilakukan dengan berbagai kondisi cuaca baik cerah, berawan, maupun kondisi hujan untuk memperoleh performa efisiensi energi listrik yang dihasilkan serta dilakukan uji kedua-dua model konfigurasi untuk memperoleh nilai signifikansi pada kedua konfigurasi ini.

Konfigurasi *micro inverter* memiliki performa lebih baik pada berbagai kondisi cuaca, dan memiliki perbedaan yang signifikan dibanding *string inverter* sebesar 9,93%. Dalam kondisi cuaca cerah *micro inverter* juga menghasilkan daya listrik yang lebih baik sebesar 20,43%. Sebaliknya dalam kondisi cuaca berawan, konfigurasi *string inverter* menghasilkan performa daya listrik yang lebih baik sebesar 14,97%. *Photovoltaic module* dengan konfigurasi *micro inverter* memiliki efisiensi rata-rata 10,03% - 11,4% sedang *string inverter* memiliki efisiensi rata-rata 7,17% - 9%. Besarnya faktor daya konfigurasi *micro inverter* sebesar 0,35 dan *string inverter* memiliki faktor daya sebesar 0,4.

**Kata kunci:** PLTS, *grid tie*, *photovoltaic module*, *micro inverter*, *string inverter*.

## ABSTRACT

*The Grid Tie-connected PLTS system is more profitable in terms of cost and investment than a stand-alone system, because it does not require a battery medium to store the electrical energy. In the installation process it can be done with a micro inverter configuration, each photovoltaic module is directly connected to the main electricity grid network through an inverter and with a string inverter configuration, several photovoltaic modules are arranged in series or parallel, then connected to the main electricity grid network through an inverter.*

*This study uses an experimental method by installing a photovoltaic module in a micro inverter and string inverter configuration. Measurements include voltage, current, power, electrical energy (kWh) and power factor at predetermined measurement points. The analysis was carried out under a variety of weather conditions, whether sunny, cloudy or rainy to obtain the efficiency of the generated electrical energy and tested both configuration models to obtain significance values for these two configurations.*

*The micro inverter configuration has better performance in various weather conditions, and has a significant difference compared to the string inverter of 9.93%. In sunny weather conditions, the micro inverter also produces better electric power by 20.43%. In contrast, in cloudy weather conditions, the string inverter configuration resulted in a better electric power performance of 14.97%. Photovoltaic modules with a micro inverter configuration have an average efficiency of 10.03% - 11.4% while string inverters have an average efficiency of 7.17% - 9%. The power factor for the micro inverter configuration is 0.35 and the string inverter has a power factor of 0.4.*

*Keywords: PLTS, grid tie, photovoltaic module, micro inverter, string inverter.*

## DAFTAR ISI

|                                                                                    |       |
|------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| HALAMAN PENGESAHAN PEMBIMBING .....                                                | ii    |
| HALAMAN PENGESAHAN DEWAN PENGUJI .....                                             | iii   |
| HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TESIS UNTUK<br>KEPENTINGAN AKADEMIS ..... | iv    |
| PERNYATAAN ORISINALITAS TESIS .....                                                | v     |
| HALAMAN PERSEMBAHAN .....                                                          | vi    |
| HALAMAN MOTTO .....                                                                | vii   |
| KATA PENGANTAR .....                                                               | viii  |
| ABSTRAK .....                                                                      | ix    |
| ABSTRACT .....                                                                     | x     |
| DAFTAR ISTILAH .....                                                               | xi    |
| DAFTAR ISI .....                                                                   | xii   |
| DAFTAR GAMBAR .....                                                                | xvi   |
| DAFTAR TABEL .....                                                                 | xviii |
| DAFTAR LAMPIRAN .....                                                              | xix   |
| BAB I PENDAHULUAN .....                                                            | 20    |
| 1.1 Latar Belakang .....                                                           | 20    |
| 1.2 Perumusan Masalah .....                                                        | 23    |
| 1.3 Batasan Masalah .....                                                          | 24    |
| 1.4 Tujuan Penelitian .....                                                        | 24    |
| 1.5 Manfaat Penelitian .....                                                       | 25    |
| 1.6 Sistematika Penulisan .....                                                    | 25    |
| BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....                                                      | 27    |
| 2.1 Tinjauan Pustaka .....                                                         | 27    |
| 2.2 Landasan Teori .....                                                           | 29    |
| 2.2.1 <i>Photovoltaic</i> .....                                                    | 30    |

|                                                                          |    |
|--------------------------------------------------------------------------|----|
| 2.2.2 Persamaan Karakteristik <i>PV Cell</i> .....                       | 31 |
| 2.2.3 <i>Photovoltaic Module (PV Module)</i> .....                       | 34 |
| 2.2.4 <i>Photovoltaic Array (PV Array)</i> .....                         | 34 |
| 2.2.5 Efisiensi <i>Photovoltaic</i> .....                                | 35 |
| 2.2.6 Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Terhubung <i>Grid</i> ..... | 36 |
| 2.2.7 <i>Boost Converter</i> .....                                       | 36 |
| 2.2.8 <i>Pulse Width Modulation (PWM)</i> .....                          | 38 |
| 2.2.9 <i>Maximum Power Point Tracking (MPPT)</i> .....                   | 40 |
| 2.2.10 MPPT Metode <i>Perturb and Observer (P&amp;O)</i> .....           | 41 |
| 2.2.11 MPPT Metode <i>Incremental Conductance (INC)</i> .....            | 42 |
| 2.2.12 <i>Voltage Source Inverter (VSI)</i> .....                        | 45 |
| 2.2.13 <i>Current Source Inverter (CSI)</i> .....                        | 48 |
| 2.2.14 <i>Phase Locked Loop (PLL)</i> .....                              | 54 |
| 2.2.15 Daya Listrik.....                                                 | 58 |
| <b>BAB III METODE PENELITIAN</b> .....                                   | 63 |
| 3.1 Lokasi Penelitian.....                                               | 63 |
| 3.2 Metode Penelitian .....                                              | 63 |
| 3.3 Bahan Penelitian .....                                               | 63 |
| 3.4 Alat Penelitian.....                                                 | 64 |
| 3.4.1 PV Modul / Panel Surya.....                                        | 64 |
| 3.4.2 <i>Inverter Grid Tie</i> .....                                     | 65 |
| 3.5 Alat Ukur dan Uji Validitas .....                                    | 65 |
| 3.5.1 <i>Clamp Meter</i> .....                                           | 66 |
| 3.5.2 <i>DC Digital Dualmeter (Volt Ampere meter)</i> .....              | 68 |
| 3.5.3 AC Digital Multifunction Meter .....                               | 69 |
| 3.5.4 <i>Energy Meter</i> .....                                          | 71 |
| 3.5.5 <i>Thermometer Hygrometer</i> .....                                | 72 |
| 3.6 Jalan Penelitian .....                                               | 73 |

|                                                                                       |            |
|---------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| 3.6.1 Tahap Menyusun Rancangan .....                                                  | 74         |
| 3.6.2 Tahap Membeli Komponen.....                                                     | 74         |
| 3.6.3 Tahap Kemajuan .....                                                            | 74         |
| 3.6.4 Tahap Prototipe .....                                                           | 74         |
| 3.6.5 Tahap Pengujian Alat.....                                                       | 74         |
| 3.6.6 Tahap Pengambilan Data .....                                                    | 74         |
| 3.6.7 Tahap Pembahasan Data .....                                                     | 74         |
| 3.7 Titik Pengukuran.....                                                             | 75         |
| 3.8 Pengambilan Data .....                                                            | 76         |
| 3.9 Analisis Data .....                                                               | 77         |
| 3.10 Jadwal Kegiatan .....                                                            | 79         |
| <b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>                                              | <b>80</b>  |
| 4.1 Hasil Penelitian .....                                                            | 80         |
| 4.2 Analisis dan Pembahasan.....                                                      | 80         |
| 4.2.1 Kondisi Cuaca Saat Pengambilan Sampel Data.....                                 | 80         |
| 4.2.2 Pengaruh Berbagai Kondisi Cuaca Terhadap Energi Listrik yang<br>Dihasilkan..... | 83         |
| 4.2.3 Pengaruh Cuaca Cerah Terhadap Energi Listrik yang Dihasilkan.....               | 87         |
| 4.2.4 Pengaruh Cuaca Berawan Terhadap Energi Listrik yang Dihasilkan..                | 88         |
| 4.2.5 Pengaruh Cuaca Hujan Terhadap Energi Listrik yang Dihasilkan .....              | 90         |
| 4.2.6 Efisiensi Daya Maksimum <i>PV Module</i> Terhadap Iradiasi Matahari....         | 91         |
| 4.2.7 Efisiensi Daya Keluaran <i>PV Module</i> Terhadap Iradiasi Matahari .....       | 93         |
| 4.2.8 Energi Listrik yang Dihasilkan Dalam kWh.....                                   | 95         |
| 4.2.9 Faktor Daya Keluaran Inverter.....                                              | 95         |
| <b>BAB V PENUTUP.....</b>                                                             | <b>98</b>  |
| 5.1 Kesimpulan .....                                                                  | 98         |
| 5.2 Saran.....                                                                        | 99         |
| <b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>                                                           | <b>101</b> |

|                                                                        |         |
|------------------------------------------------------------------------|---------|
| LAMPIRAN.....                                                          | xx      |
| Lampiran 1. Biodata Peneliti .....                                     | xx      |
| Lampiran 2. Form Bimbingan Tesis .....                                 | xxi     |
| Lampiran 3. Data Penelitian.....                                       | xxv     |
| Lampiran 4. Sertifikat Kalibrasi <i>Clamp Meter</i> Hioki 3288-20..... | xxxviii |
| Lampiran 5. t-Table.....                                               | xli     |

## BAB I

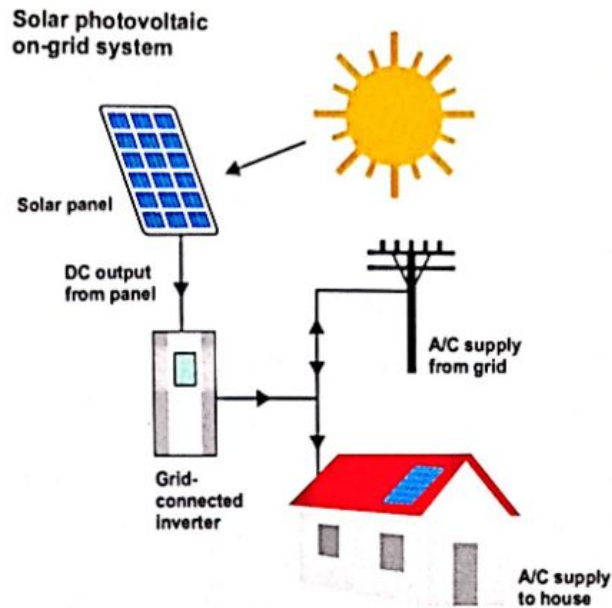
### PENDAHULUAN

#### 1.1 Latar Belakang

Total energi surya di seluruh dunia yang telah terpasang hingga akhir 2021 mencapai 942 GW, atau terjadi penambahan sekitar 175 GW dari tahun sebelumnya (Masson, 2022). Sedang pertumbuhan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) di Indonesia Mencapai 486,49% dalam 3 tahun terakhir, hingga maret 2021, total jumlah pelanggan PLTS atap tercatat sebanyak 3.472 rumah tangga dengan total kapasitas daya listrik yang dihasilkan mencapai 26,51 *megawatt peak* (MWp) (Sunardi, 2021).

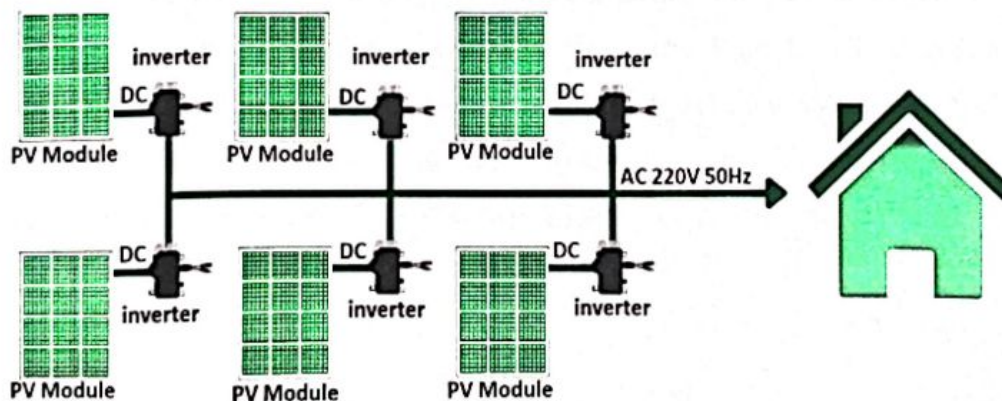
Energi surya merupakan energi yang potensial dikembangkan di Indonesia, mengingat Indonesia merupakan negara yang terletak di daerah khatulistiwa. Energi surya yang dapat dibangkitkan untuk seluruh daratan Indonesia yang mempunyai luas 1.922.570 km<sup>2</sup> adalah sebesar 3.294,36-*gigawatt peak* (GWp) yang didistribusikan (Hidayat, 2021). Energi surya memiliki keunggulan dibandingkan dengan energi fosil, diantaranya: Sumber energi yang mudah didapatkan, ramah lingkungan, sesuai untuk berbagai macam kondisi geografis, instalasi, pengoperasian dan perawatan mudah, serta listrik dari energi surya dapat disimpan dalam baterai (Artiningrum & Havianto, 2019).

Sistem PLTS terhubung *Grid Tie* lebih menguntungkan dalam hal biaya dan investasi daripada sistem PLTS *stand-alone*, Karena tidak memerlukan media baterai sebagai penyimpanan energi listrik tersebut. Dari *solar panel system* atau *photovoltaic module* melalui *Grid Tie Inverter* (GTI) langsung terhubung dengan penyedia jaringan listrik utama yaitu Pembangkit Listrik Negara (PLN). Di dalam GTI ini terjadi proses konversi arus searah menjadi arus bolak-balik, juga terjadi proses sinkronisasi dengan jaringan *grid* PLN sehingga kedua sumber listrik yang berbeda ini dapat bergabung dan otomatis berbagi beban antara PLTS sebagai yang utama dan PLN sebagai *backup*. Bila *solar panel system* kekurangan *supply* maka akan dipenuhi dari PLN (Hijau, 2022).



Gambar 1. 1 Diagram Sistem *Grid Tie* Tenaga Surya (Metcalf, 2018).

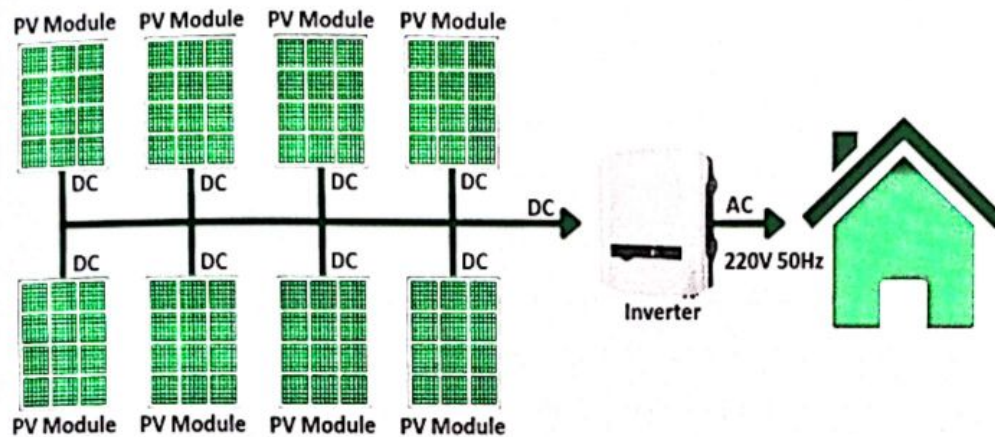
Konfigurasi panel surya terhubung *Grid Tie* dapat dilakukan dengan cara *micro inverter* dan *string inverter* (Kuntur, 2018). *Micro inverter* mengubah arus DC yang dihasilkan satu panel surya menjadi arus AC. Arus AC dari masing-masing *micro inverter* ini kemudian digabungkan bersama dengan Keluaran dari *micro inverter* lainnya untuk mengirimkannya ke jaringan *grid*.



Gambar 1. 2 Diagram *Micro Inverter* (Ramnarain, 2018).

Kelebihan dari *micro inverter* yaitu: dapat dimonitor di tingkat panel surya, satu panel surya tidak berfungsi tidak berdampak pada sistem yang lain, lebih aman karena tegangan DC lebih rendah, tiap panel surya dapat diorientasikan ke arah yang berbeda, lebih mudah merancang sistem, dan dapat menggunakan berbagai *type* panel surya.

Kekurangan dari *micro inverter* yaitu: biaya investasi lebih tinggi, peningkatan kompleksitas instalasi, beberapa *micro inverter* dapat mengalami panas yang ekstrim, dan biaya pemeliharaan lebih tinggi (Sendy, 2022).



Gambar 1. 3 Diagram *String Inverter* (Ramnarain, 2018).

*String inverter* terhubung ke serangkaian panel surya bukan hanya satu panel seperti dalam *micro inverter*. Arus AC dari *string inverter* kemudian dapat digabungkan dengan keluaran dari *String inverter* lainnya (Kuntur, 2018).

Kelebihan dari *string inverter* yaitu: biaya investasi lebih rendah, *inverter* banyak tersedia di pasaran, teknologinya standar industri. Adapun kekurangan dari *string inverter* yaitu: terhubung ke banyak panel surya tegangan DC akan lebih tinggi, jika salah satu panel surya tidak berfungsi dengan baik akan mempengaruhi sistem, tidak dapat dimonitor di tiap panel surya, tidak optimal jika salah satu panel surya berbeda arah orientasinya, dan memerlukan perancangan yang lebih rumit (Sendy, 2022).

Di wilayah Indonesia, energi listrik yang dihasilkan PLTS, mudah dipengaruhi oleh cuaca, yaitu keadaan udara di atmosfer pada waktu dan tempat tertentu yang sifatnya tidak menentu dan berubah-ubah. Penilaian terhadap kategori cuaca umumnya dinyatakan dengan memperhatikan kondisi hujan, suhu udara, jumlah tutupan awan, penguapan, kelembapan, dan kecepatan angin di suatu tempat dari hari ke hari. Unsur-unsur pembentuk cuaca yaitu suhu udara, tekanan udara, kelembapan udara, laju uap air, awan, hujan dan angin. Cuaca terjadi karena suhu dan kelembapan yang berbeda antara satu tempat dengan tempat lainnya. Perbedaan

ini bisa terjadi karena sudut pemanasan matahari yang berbeda dari satu tempat ke tempat lainnya karena perbedaan lintang bumi.

Suhu udara merupakan keadaan panas atau dingin dari suatu udara. Pengukur suhu udara atau derajat panas menggunakan alat ukur yang disebut termometer. Kelembapan udara merupakan jumlah uap air yang ada di dalam udara. Kelembapan udara merupakan pemusatan uap air di udara yang sangat memengaruhi cuaca. Awan merupakan kumpulan massa air yang berkumpul di atas permukaan Bumi. Hujan merupakan air yang jatuh dari awan ke permukaan bumi. Angin merupakan pergerakan udara yang terjadi akibat adanya perbedaan suhu dan tekanan antara suatu tempat dan pada tempat lain. Pergerakan angin terjadi dalam arah mendatar (Kaloko, 2023). Semakin cerah kondisi cuaca, intensitas cahaya matahari yang diterima oleh panel surya semakin besar. Tegangan dan arus yang dihasilkan oleh panel surya pun semakin besar (Usman, 2020).

Energi listrik yang dihasilkan dari PLTS juga dipengaruhi oleh kondisi iradiasi dari matahari. Iradiasi matahari adalah proses radiasi yang jatuh pada suatu permukaan. Semakin besar iradiasi yang diterima oleh panel surya, maka hasilnya akan berbanding lurus dengan daya listrik yang dihasilkan. Akibatnya, daya maksimum meningkat sejalan dengan radiasi yang diterima, maka efisiensi akan lebih baik pada radiasi yang besar (Sihite, 2021).

Pemasangan panel surya di Indonesia cenderung lebih datar dibandingkan dengan pemasangan panel surya pada negara dengan empat musim, karena posisinya dekat dengan khatulistiwa. Jumlah energi listrik yang dihasilkan menjadi lebih sedikit. Penyebabnya ialah posisi penyinaran pada pagi dan sore hari kurang sempurna dan tidak menyerap seluruh sinar matahari yang terpancarkan (Jamaaluddin, 2021).

## 1.2 Perumusan Masalah

Perumusan masalah dalam penelitian ini yaitu:

1. Bagaimana mengkonfigurasi panel surya dengan *grid tie*?

2. Bagaimana mendapatkan analisis efisiensi daya listrik PLTS terhadap pengaruh waktu dan cuaca dengan konfigurasi *micro inverter* dan *string inverter*?
3. Bagaimana mendapatkan konfigurasi yang optimal untuk kondisi cuaca yang sesuai di wilayah Indonesia?

### 1.3 Batasan Masalah

Agar tidak meluas dalam pembahasan ini, maka penulis akan membatasi permasalahan sebagai berikut:

1. Konfigurasi panel surya terhubung *grid* yang diteliti adalah konfigurasi *micro inverter* dan *string inverter*. Menggunakan panel surya 100Wp *monocrystalline* dan *Grid Tie Inverter* (GTI) 350 Watt.
2. Pengukuran dilakukan pada titik titik pengukuran yang telah ditentukan berupa: arus (*ampere*), tegangan (*volt*), faktor daya, daya (*Watt*) dan pemakaian energi listrik (kWh) pada konfigurasi *micro inverter* dan *string inverter*.
3. Pengaruh cuaca berupa pengamatan, pengukuran temperatur ( $^{\circ}\text{C}$ ) dan kelembapan (%), yang diklasifikasikan dalam cuaca cerah, berawan dan hujan.
4. Analisis hasil pengukuran dilakukan pada konfigurasi *micro inverter* dan *string inverter*, serta pengaruh cuaca untuk mendapatkan performa efisiensi.

### 1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan yang akan dicapai dari penelitian ini adalah:

1. Mendesain dan membuat konfigurasi panel surya terhubung *grid tie* dengan cara *micro inverter* dan *string inverter*.
2. Mendapatkan hasil analisis efisiensi daya listrik yang dihasilkan antara konfigurasi sistem PLTS *micro inverter*, *string inverter* dan pengaruh cuaca.
3. Mendapatkan konfigurasi PLTS yang optimal antara konfigurasi *micro inverter* dan *string inverter*, yang sesuai dengan kondisi cuaca di wilayah Indonesia.

### 1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian analisis efisiensi panel surya terhubung *grid tie* menggunakan konfigurasi *micro inverter* dan *string inverter* terhadap daya listrik yang dihasilkan dan pengaruh cuaca adalah:

1. Dapat menentukan konfigurasi panel surya terhubung *grid tie* yang lebih efisien antara *micro inverter* dan *string inverter*.
2. Memberi masukan kepada masyarakat cara mengkonfigurasi panel surya terhubung *grid tie* yang lebih efisien terhadap daya listrik yang dihasilkan dan pengaruh cuaca.

### 1.6 Sistematika Penulisan

Penulisan dilakukan dengan susunan yang secara umum dapat menjelaskan permasalahan secara terperinci dengan urutan sebagai berikut:

#### BAB I. PENDAHULUAN

Pada bab ini terdiri atas latar belakang, perumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, dan sistematika penulisan.

#### BAB II. TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini terdiri atas dasar-dasar teori yang diambil dari buku-buku serta jurnal-jurnal dan sumber lain sebagai pedoman penelitian. Dan terdapat informasi singkat beberapa hasil penelitian sebelumnya yang relevan.

#### BAB III. METODE PENELITIAN

Bab ini terdiri atas lokasi penelitian, metode penelitian, bahan penelitian, alat penelitian, alat ukur dan uji validitas, jalan penelitian, titik pengukuran, pengambilan data, analisis data dan jadwal kegiatan penelitian.

#### BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Bagian ini berisi hasil penelitian, analisis, dan pembahasan data-data yang diperoleh dari hasil penelitian.

## BAB V. PENUTUP

Berisi tentang kesimpulan dan saran dari hasil pengamatan selama melakukan proses penelitian.

## DAFTAR PUSTAKA

Berisi tentang daftar buku-buku, jurnal-jurnal, dan berbagai sumber lain yang digunakan dalam penelitian ini.

## LAMPIRAN

Berisi tentang berbagai lampiran sebagai data pendukung dalam penelitian ini.

## DAFTAR PUSTAKA

- Alfa. (2022). *Digital Volt Meter Ampere Meter DC100V 10A*. (Tokopedia) Dipetik Mei 18, 2023, dari <https://www.tokopedia.com/alfaelectro/digital-volt-meter-ampere-meter-dc-100v-10a>
- Artiningrum, T., & Havianto, J. (2019). Meningkatkan Peran Energi Bersih Lewat Pemanfaatan Sinar Matahari. *Geoplantart*, 2(2), 100-115.
- EEEGuide. (2018). *What is Sinusoidal Pulse Width Modulation?* (eeeguide.com) Dipetik Mei 5, 2023, dari <https://www.eeeguide.com/what-is-sinusoidal-pulse-width-modulation/>
- Elcprocus. (2021, Desember 17). *Electronics: What is Current Source Inverter : Working & Its Applications*. (ElProCus) Dipetik Mei 17, 2023, dari Elcprocus: <https://www.elprocus.com/what-is-current-source-inverter-working-its-applications/>
- Esye, Y., & Lesmana, S. (2021). Analisa Perbaikan Faktor Daya Sistem Kelistrikan. *UNSADA E-Journal*, 103-113.
- Famoso, F., Lanzafame, R., Maenza, S., & Scandura, P. F. (2015). Performance comparison between micro-inverter and string-inverter Photovoltaic Systems. *Energy Procedia*, 81(1), 526-539.
- Fnu, V. H. (2020). *Fault Tolerant Power Conversion System With Interleaved Hybridized Energy Storage Systems for a PMSM Traction Motor Drive in Electrified Powertrain*. Dearborn: University of Michigan.
- FutureofEEE. (2020, Oktober 6). *Current Source Inverter (CSI) - Six Step - Auto Sequential Commutated*. (Youtube) Dipetik Mei 17, 2023, dari Future of EEE: <https://www.youtube.com/watch?v=0efwmECVknq>
- Hidayat, A. A. (2021, November 25). *Potensi Energi Surya RI 3.294 GWP, ESDM Sebut Tiga Lokasi Prospektif Ini*. (Tempo.co) Dipetik Oktober 31, 2022, dari <https://bisnis.tempo.co/read/1532305/potensi-energi-surya-ri-3-294-gwp-esdm-sebut-tiga-lokasi-prospektif-ini>
- Hijau, E. (2022, Oktober 14). *PLTS:11 Keunggulan dan Kelemahan PLTS On-Grid Terhubung PLN*. (Pasangpanelsurya.com) Dipetik Oktober 31, 2022, dari

- Pasang Panel Surya: <https://pasangpanelsurya.com/keunggulan-kelemahan-plts-on-grid/>
- Hioki. (2021). *Product: Clamp On AC/DC HiTester 3288*. (HIOKI) Dipetik Mei 18, 2023, dari Hioki: [https://www.hioki.com/us-en/products/clamp-meters/ac-dc-clamp/id\\_6049](https://www.hioki.com/us-en/products/clamp-meters/ac-dc-clamp/id_6049)
- Jamaaluddin. (2021). *Buku Petunjuk Pengoperasian Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS)*. Sidoarjo: UMSIDA PRESS.
- Joshep, J. (2022, Mei 27). *Build a 300W Pure Sine Wave Inverter*. (Circuit Digest) Dipetik Mei 17, 2023, dari <https://circuitdigest.com/electronic-circuits/300w-pure-sine-wave-inverter-circuit>
- Kaloko, H. (2023, 2 10). *Cuaca*. (Wikipedia Ensiklopedia Bebas) Dipetik 4 9, 2023, dari <https://id.wikipedia.org/wiki/Cuaca>
- Kuntur, H. (2018, November 08). *Types of Solar On Grid inverters*. (Eco Soch Suny Living) Dipetik January 16, 2022, dari Ecosoch: <https://www.ecosoch.com/types-of-solar-on-grid-inverters-micro-string-central-2/>
- Lagarde, Q., Beillard, B., Mazen, S., Denis, M.-S., & Leylaverigne, J. (2021). Performance Ratio of Photovoltaic Installations in France: Comparison Between Inverters and Micro-inverters. *Journal of King Saud University – Engineering Sciences*, 33(7), 1-8.
- Masson. (2022). *Snapshot of Global PV Markets 2022 Report IEA-PVPS T1-42: 2022*. Germany: International Energy Agency.
- Maxim. (2018, Juni 23). *Aplication: Pulse-Width Modulator Operates at Various Levels of Frequency and Power*. (Maxim Integrated) Dipetik Mei 5, 2023, dari <https://www.stg-maximintegrated.com/en/design/technical-documents/app-notes/3/3201.html>
- Metcalf, M. (2018, Mei 19). *Smart Inverters: Behind-the-Meter Grid Allies*. (Power Grid International) Dipetik April 1, 2023, dari Power Grid: <https://www.power-grid.com/renewable-energy/smart-inverters-behind-the-meter-grid-allies/>

- Nahela, S., Faridyan, I. F., Rachman, N. A., Risdiyanto, A., & Susanto, B. (2019). Analisis Perbandingan Supply Arus Grid Tie Inverter Panel Surya dan PLN pada beban 400-Watt Terhadap Radiasi Matahari. *Ketenagalistrikan dan Energi Terbarukan*, 18(02), 69-78.
- Nguyen, M.-K. (2018). A Single-Phase Single-Stage Switched-Boost Inverter With Four Switches. *IEEE Transaction on Power Electronics*, 33(8), 6769-6781.
- Nugraha, A. T. (2022). *Penerapan Sistem Elektronika Daya: AC Regulator, DC Chopper dan Inverter*. Yogyakarta: Deepublish.
- Pradhan, C. (2022, 02 8). *Roach Infestation Optimization MPPT Algorithm for Solar Photovoltaic System*. Narvik: Preprint. Dipetik 05 05, 2023, dari [https://www.researchgate.net/publication/358471771\\_Roach\\_Infestation\\_Optimization\\_MPPT\\_Algorithm\\_for\\_Solar\\_Photovoltaic\\_System](https://www.researchgate.net/publication/358471771_Roach_Infestation_Optimization_MPPT_Algorithm_for_Solar_Photovoltaic_System)
- Ramadhana, R. R., & Iqbal, M. (2022). *Analisis PLTS On Grid*. 2022: Universitas Muhammadiyah Makasar.
- Ramnarain, R. (2018). *Comparing String Inverter, Micro Inverter and Power Optimisers*. (Energy Matters) Dipetik April 1, 2023, dari Energy Matters: <https://www.energymatters.com.au/inverter-comparison/>
- Rezaoui, M. M. (2018). Comparative Study of Perturb-and-Observe and Incremental Conductance MPPT Methods for PV System. *ResearchGate*. Djelfa.
- Rizqiawan, A. (2019, Agustus 7). *Phase-Locked Loop*. (Konversi ITB) Dipetik Mei 17, 2023, dari <https://konversi.wordpress.com/2009/08/17/phase-locked-loop/>
- rr\_elektrik\_jelambar. (2021). *Solar Panel Solar Cell Panel Surya 100wp Monocrystalline 100Wp Mono*. (Shopee) Dipetik Mei 18, 2023, dari <https://shopee.co.id/Solar-Panel-Solar-Cell-Panel-Surya-100wp-Monocrystalline-100Wp-Mono-i.2451846.1523478133>
- Salmaa. (2023, April 4). *Penelitian Eksperimen: Tujuan, Macam, Langkah, Contoh*. (Deepublish) Dipetik Mei 17, 2023, dari <https://penerbitdeepublish.com/penelitian-eksperimen/>

- Sendy, A. (2022, Juni 14). *Pros and cons of string inverters vs microinverters*. (SolarReviews) Dipetik Oktober 28, 2022, dari <https://www.solarreviews.com/blog/pros-and-cons-of-string-inverter-vs-microinverter>
- Shop, B. (t.thn.). *Peacefair PZEM-022 100A Power Volt Amp Watt Energy Meter AC 220V 6in1*. (Tokopedia) Dipetik Mei 18, 2023, dari [https://www.tokopedia.com/snapshot\\_product?dtl\\_id=2913764324&order\\_id=1452927349](https://www.tokopedia.com/snapshot_product?dtl_id=2913764324&order_id=1452927349)
- Sihite, J. (2021, Mei 8). *View Item: Studi Pengaruh Sudut Kemiringan Panel Surya Terhadap Intensitas Cahaya Panel Surya*. Diambil kembali dari Repository UHN: <http://repository.uhn.ac.id/handle/123456789/5251>
- Snaterm. (2019, Agustus 3). *Snaterm PVGS 260W 300W 350W MPPT Solar Grid Tie Inverter Mikro DC18V-60VDC untuk AC110V-230V 50HZ/60HZ Solar PV Inverter IP55*. (Ali Express) Dipetik Mei 18, 2023, dari [https://id.aliexpress.com/item/1005003981119284.html?spm=a2g0o.order\\_list.order\\_list\\_main.10.21ef2faeyZE9Lw&gatewayAdapt=glo2idn](https://id.aliexpress.com/item/1005003981119284.html?spm=a2g0o.order_list.order_list_main.10.21ef2faeyZE9Lw&gatewayAdapt=glo2idn)
- solar. (2023, Februari). *Global Solar Atlas*. (World Bank Group) Dipetik Mei 21, 2023, dari <https://globalsolaratlas.info/map?c=-6.436487,106.830913,11&s=-6.436487,106.830913&m=site>
- Store, T. O. (2010, Januari 18). *65A 100A 220V 230V 50HZ 60HZ voltage current Positive reverse active reactive power Single phase Din rail Watt hour energy meter*. (AliExpress) Dipetik Mei 19, 2023, dari [https://www.aliexpress.com/item/33030643387.html?spm=a2g0o.order\\_list.order\\_list\\_main.5.6d572faecFliPM&gatewayAdapt=glo2idn](https://www.aliexpress.com/item/33030643387.html?spm=a2g0o.order_list.order_list_main.5.6d572faecFliPM&gatewayAdapt=glo2idn)
- Subiyanto. (2020). *Simulasi Model Hibrida Sistem Tenaga Surya dan Bayu Terhubung Grid Menggunakan PSIM Berbasis Kontrol Cerdas*. Sleman: Deepublish.
- Sunardi, L. (2021, July 26). *Energi: Pertumbuhan Sel Surya di Indonesia Capai 486 Persen dalam 3 Tahun*. (Bisnis.com) Dipetik January 16, 2022, dari Bisnis:

- <https://ekonomi.bisnis.com/read/20210726/44/1421956/pertumbuhan-sel-surya-di-indonesia-capai-486-persen-dalam-3-tahun>
- Suprianto. (2018, Oktober 15). *Pengertian Daya Semu, Daya Nyata dan Daya Reaktif*. (Blog Unnes ) Dipetik Mei 17, 2023, dari <https://blog.unnes.ac.id/antosupri/pengertian-daya-semu-daya-nyata-dan-daya-reaktif/>
- Tambunan, H. B. (2021). *Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya*. Yogyakarta: Deepublish.
- Tarapti. (2022). *Alat Pengukur Suhu Ruangan Unik Cek Temperature Dan Kelembaban Digital*. (Tokopedia) Dipetik Mei 19, 2023, dari <https://www.tokopedia.com/taraptic/alat-pengukur-suhu-ruangan-unik-cek-temperature-dan-kelembaban-digital>
- Team, E. (2023, 1 19). *Technical Articles: What is a Current Source Inverter?* (everythingPE) Dipetik 5 17, 2023, dari <https://www.everythingpe.com/community/what-is-a-current-source-inverter>
- Tiwari, S., Pandey, R., & Goswami, A. (2021). Performance Comparison of 3kW Residential Grid-Connected Photovoltaic System between Microinverter and String Inverter Topology using System Advisor Model. *International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET)*, 08(09), 1129-1133.
- Usman, M. K. (2020). Analisis Intensitas Cahaya Terhadap Energi Listrik yang Dihasilkan Panel Surya. *Jurnal POLEKTRO: Jurnal Power Elektronik*, 9(2), 52-58.
- Wasito. (1985). *Vademikum Elektronika*. Jakarta: Elek Media Komputindo.
- Weisstein, E. W. (2022, 11 8). *Absolute Error*. (mathworld) Dipetik 12 1, 2022, dari <https://mathworld.wolfram.com/AbsoluteError.html>
- Yayat. (2022, 3 16). *Pengertian dan Fungsi Resistor Shunt*. (ruangteknisi.com) Dipetik 12 1, 2022, dari <https://www.ruangteknisi.com/resistor-shunt/>