

# Monitoring Sinkronisasi Tegangan Photovoltaic(Pv)-Grid(Pln)

1<sup>st</sup> David Wilson Silitonga  
Electrical Engineering Faculty  
Telkom University  
Bandung, Indonesia  
davidwilson@telkomuniversity.ac.id

2<sup>nd</sup> Basuki Rahmat  
Electrical Engineering Faculty  
Telkom University  
Bandung, Indonesia  
basukir@telkomuniversity.ac.id

3<sup>rd</sup> Kharisma Bani Adam  
Electrical Engineering Faculty  
Telkom University  
Bandung, Indonesia  
kharismaadam@telkomuniversity.ac.id

**Abstrak**— *Perubahan beban listrik dalam sistem interkoneksi bisa mengakibatkan tegangan antar sumber beresilasi, sehingga masing-masing tegangan menjadi tidak sinkron. Lebih lanjut, akibatnya terjadi rugi-rugi daya dalam sistem. Karena itu dalam sistem interkoneksi antar sumber tenaga listrik diperlukan sinkronisasi tegangan antar sumber. Selain itu guna menjaga stabilitas sistem, diperlukan monitor dan kontrol sinkronisasi tegangan dalam sistem interkoneksi antar sumber PV dengan sumber existing (PLN). Melalui penelitian Tugas Akhir ini telah dapat dibuat Prototipe sistem monitoring sinkronisasi tegangan PV inverter - Grid terhadap perubahan beban yang dapat mengakibatkan osilasi tegangan PV dengan Grid(PLN) sehingga menyebabkan rugi-rugi daya. Dengan kondisi prototipe yang sudah dibuat, didapatkan hasil bahwa monitoring frekuensi tegangan antara grid dan PV telah sinkron.*

**Kata kunci**— *Monitoring, PV, Grid, Tegangan*

## I. PENDAHULUAN

Interkoneksi antar sumber tenaga listrik memerlukan sinkronisasi tegangan antar sumber. Perubahan beban bisa saja mengakibatkan tegangan antar sumber beresilasi sehingga masing-masing tegangan menjadi tidak sinkron, akibatnya terjadi rugi-rugi daya dalam sistem. Rugi-rugi daya yang terjadi dapat menyebabkan adanya daya yang terbuang. Oleh karena itu guna menjaga stabilitas sistem, diperlukan monitor dan kontrol sinkronisasi tegangan dalam sistem interkoneksi antar sumber PV dengan sumber existing (PLN).

Daya yang dihasilkan melalui sistem Photovoltaik digunakan untuk mengoperasikan berbagai jenis beban. Solar energi dimanfaatkan melalui sistem photovoltaik (PV), yang menggunakan array panel PV yang mengubah matahari energi menjadi energi listrik. Ini murah dan lebih dapat diandalkan dibandingkan dengan sistem pembangkit lainnya. PV Sistem ini cocok untuk aplikasi seperti pengisian baterai, pencahayaan dan pemompaan air di daerah terpencil. Energi surya mengisi baterai (pasokan DC) yang selanjutnya terhubung ke inverter DC-AC yang akhirnya beroperasi Beban AC. Sistem ini dapat digunakan pada penggunaan kecil maupun untuk penggunaan domestik untuk memenuhi permintaan konsumen. Ini digunakan sebagai Sumber cadangan untuk tujuan ketika beban pada pembangkit listrik meningkat. Untuk tujuan tersebut kami menyinkronkan sistem kami ke Grid untuk mengatasi masalah daya rendah. Inverter harus mengkonversi energi terbarukan yang disimpan di bank baterai ke dalam tegangan sinusoidal murni yang melacak tegangan grid di amplitudo, frekuensi dan tegangan.[1]

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk membuat prototype Sistem Monitoring Sinkronisasi Tegangan inverter PV terhadap grid PLN. Interkoneksi sistem Photo-Voltaik (PV) dengan Grid membutuhkan pemantauan sinkronisasi guna kendali sinkronisasi yang akurat antara konverter dan grid. Parameter termasuk tegangan, tegangan dan frekuensi kedua sistem harus Disinkronisasi. Ada berbagai jenis teknik yang dikembangkan untuk mencapai sinkronisasi tetapi sistem digunakan dalam penelitian ini sederhana, dapat diandalkan, membutuhkan area kecil untuk instalasi dan membutuhkan sirkuit kecil. Salah satu fungsinya adalah untuk berbagi beban selama waktu beban puncak di pembangkit listrik serta monitor sudut tegangan tegangan grid. Untuk memastikan sinkronisasi yang efektif, parameter sistem referensi (grid) dan sistem PV harus efisien.

## II. KAJIAN TEORI

### A. Grid

Grid atau jaringan listrik merupakan sistem listrik yang terdiri atas penghantar dan perlengkapan listrik yang terhubung satu dengan lainnya, untuk mengalirkan tenaga listrik. Biasanya tegangan listrik yang masuk ke rumah rumah sebesar 220 volt bersumber dari PLN. Di Indonesia sendiri standar listrik PLN memiliki spesifikasi 220V sama seperti di kebanyakan negara di dunia kecuali Amerika dan Jepang yang memiliki voltase listrik 100 – 127 Volt. Indonesia menerapkan listrik bolak-balik dengan frekuensi 50Hz.[2]

### B. Photovoltaik

Photovoltaik merupakan teknologi yang digunakan untuk mengubah sinar matahari menjadi energi listrik secara langsung. Peralatan Photovoltaik berbentuk kumpulan sel surya yang disusun secara seri atau paralel dan disatukan menjadi panel surya. Implementasi Photovoltaik diwujudkan menggunakan panel surya untuk energi dengan mengubah sinar matahari menjadi listrik. Panel surya merupakan peralatan yang terdiri dari kumpulan sel surya. Susunan pada panel surya dapat dirangkai secara seri maupun paralel. Pemilihan jenis rangkaian dapat disesuaikan dengan kebutuhan daya listrik yang akan digunakan. Panel surya hanya menghasilkan arus listrik berjenis arus searah, sehingga pencatu daya bagi pemakai energi listrik harus diubah terlebih dahulu menjadi arus bolak-balik dengan menggunakan konverter. Photovoltaik yang digunakan pada Solar sell juga memiliki kelebihan menjadi sumber energi yang praktis mengingat tidak membutuhkan transmisi karena dapat dipasang di lokasi yang membutuhkan. Photovoltaik yang digunakan pada solar cell memiliki kemudahan, hampir

diseiati tempat di Indonesia solar cell mampu dan cocok dalam pemasangannya dibandingkan dengan teknologi terbarukan seperti turbin angin yang hanya cocok pada tempat tertentu.[3]

### C. Inverter

Inverter adalah rangkaian elektronika daya yang memiliki fungsi untuk mengubah atau mengkonversi tegangan searah (DC) menjadi tegangan bolak balik (AC). Karena itulah rangkaian daya ini disebut juga inverter karena sesuai dengan fungsinya. Inverter adalah rangkaian elektronika daya yang memiliki fungsi untuk mengubah atau mengkonversi tegangan searah (DC) menjadi tegangan bolak balik (AC). Karena itulah rangkaian daya ini disebut juga inverter karena sesuai dengan fungsinya.[4]

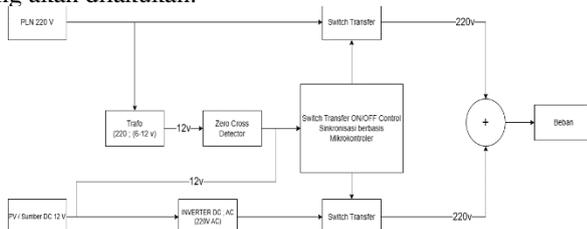
### D. Mikrokontroler

Mikrokontroler adalah sebuah komputer kecil yang dikemas dalam bentuk chip IC (Integrated Circuit) dan dirancang untuk melakukan tugas atau operasi tertentu. Pada dasarnya, sebuah IC Mikrokontroler terdiri dari satu atau lebih Inti Prosesor (CPU), Memori (RAM dan ROM) serta perangkat INPUT dan OUTPUT yang dapat diprogram. Dalam pengaplikasiannya, Pengendali Mikro yang dalam bahasa Inggris disebut dengan Microcontroller ini digunakan dalam produk ataupun perangkat yang dikendalikan secara otomatis seperti sistem kontrol mesin mobil, perangkat medis, pengendali jarak jauh, mesin, peralatan listrik, mainan dan perangkat-perangkat yang menggunakan sistem tertanam lainnya. Berikut ini adalah Diagram Blok dan Struktur Mikrokontroler beserta penjelasan singkat tentang bagian-bagian utamanya.[5]

## III. METODE

### A. Desain Sistem

Dalam melakukan monitoring sinkronisasi tegangan PV dan PLN, akan dirancang beberapa proses untuk menemukan solusi terbaik dalam memecahkan permasalahan sinkronisasi tersebut. Berikut merupakan gambaran proses desain sistem yang akan dilakukan:



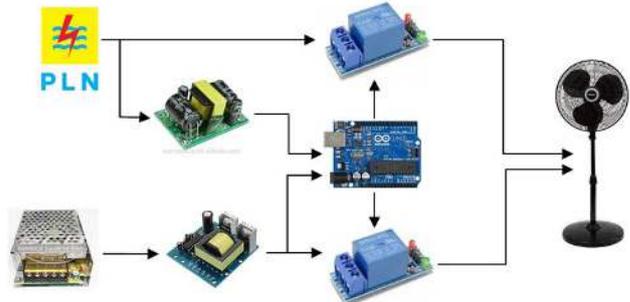
**Gambar 1** Diagram blok sistem

Sesuai dengan diagram blok yang telah dipaparkan, maka penjelasan dapat diuraikan sebagai berikut:

- Untuk masukan pada sistem ada 2, yaitu PV dan Grid
- Pada sumber PLN menggunakan trafo step-down untuk menurunkan tegangan dari 220v menjadi 12v untuk dibandingkan dengan sumber DC 12v
- Lalu pada Inverter menggunakan trafo step-up untuk menaikkan tegangan dari 12v menjadi 220v

- Input dari PV dan Grid 12v dimonitoring di mikrokontroler
- Jika sinkron maka akan terjadi switching
- Tegangan yang telah terjadi switching pada saat sinkron akan langsung dialirkan ke beban

### B. Desain Perangkat Keras



**Gambar 2** Desain Perangkat Keras

Desain perangkat keras dalam penelitian ini menggunakan mikrokontroler Arduino UNO sebagai perangkat yang melakukan kendali. Mikrokontroler akan menyalakan atau mematikan relay modul 5V sesuai dengan keadaan yang dibaca oleh Arduino UNO. Relay sebagai aktuator akan memutus atau meneruskan arus listrik sesuai perintah yang diberikan oleh mikrokontroler. Untuk ilustrasi dari desain tersebut dapat dilihat pada Gambar 3.4.

#### 1. Arduino Uno

Arduino Uno adalah papan mikrokontroler berbasis ATmega328 yang memiliki 14 pin digital input/output (di mana 6 pin dapat digunakan sebagai output PWM), 6 input analog, clock speed 16 MHz, koneksi USB, jack listrik, header ICSP, dan tombol reset. Board ini menggunakan daya yang terhubung ke komputer dengan kabel USB atau daya eksternal dengan adaptor AC-DC atau baterai.[6]

### C. Diagram Alir Sistem



Gambar 3 Diagram Alir Sistem

Adapun Langkah – Langkah alir implementasi sinkronisasi tegangan PV dan PLN :

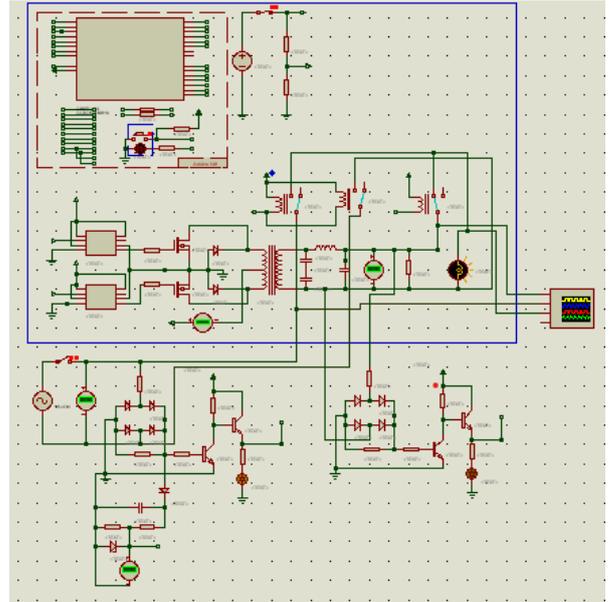
- a. Untuk masukan pada sistem ada 2, yaitu PV dan Grid
- b. Tegangan pada PV diubah oleh inverter dan tegangan pada PLN diturunkan dengan trafo
- c. Lalu tegangan tegangan keduanya dimonitor di mikrokontroler
- d. Menampilkan hasil Tegangan PV dan Grid yang sudah dibandingkan pada osiloskop

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

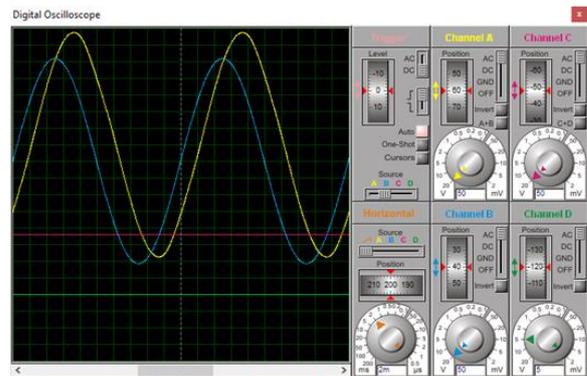
A. Simulasi Proteus

Struktur yang diusulkan telah disimulasikan di Proteus. Sketsa diagram sistem ditunjukkan pada gambar dibawah adalah pemantauan secara real time dari kedua sistem menunjukkan bahwa Sinkronisasi yang akurat tercapai. Keluaran sistem PV adalah sinusoidal murni. Hasilnya jelas menunjukkan bahwa titik awal dan titik

akhir sinyal adalah sama dan menunjukkan frekuensi Grid (biru) dan Sistem Inverter Photovoltaik (kuning).



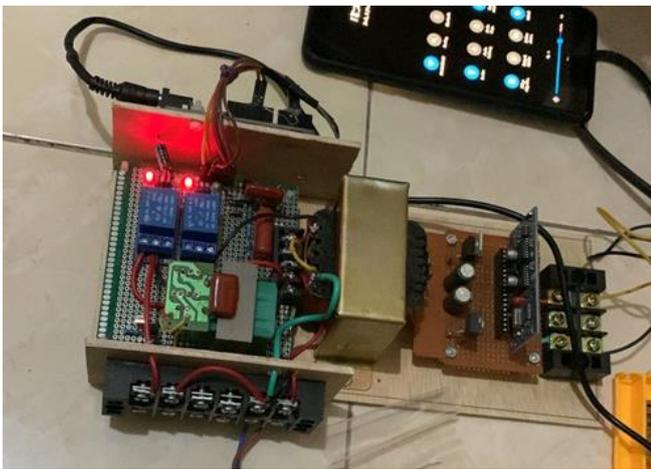
Gambar 4 Simulasi Proteus



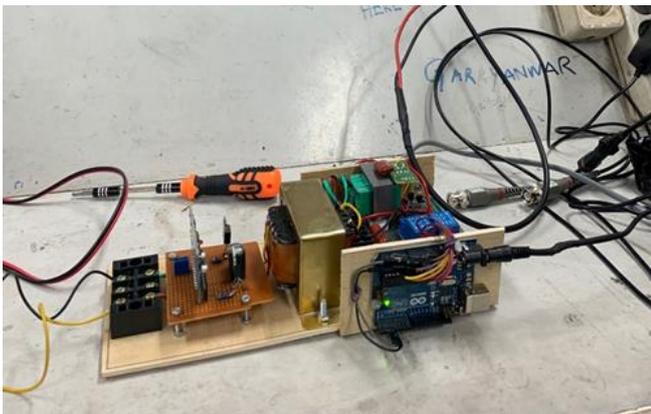
Gambar 5 Hasil Simulasi Proteus

B. Implementasi Hardware

Setelah semua alat, bahan, dan komponen yang dibutuhkan sudah tersedia semua, tahap berikutnya yaitu melakukan perancangan alat. Gambar dibawah adalah hasil alat yang telah kami buat. Setelah pembuatan alat kami melakukan perbandingan dengan menggunakan osiloskop. Dalam implementasi perangkat keras, fungsi inverter adalah untuk mengubah daya DC menjadi daya AC. Untuk itu, transformator step-down digunakan untuk menurunkan tegangan rendah yang datang dari grid. Filter low-pass RC digunakan sebagai penghilang riak dan memperoleh gelombang sinus murni untuk sinkronisasi terbaik. Tegangan dan frekuensi kedua sistem dapat dipantau pada osiloskop.



Gambar 6 Tampak Alat dari atas

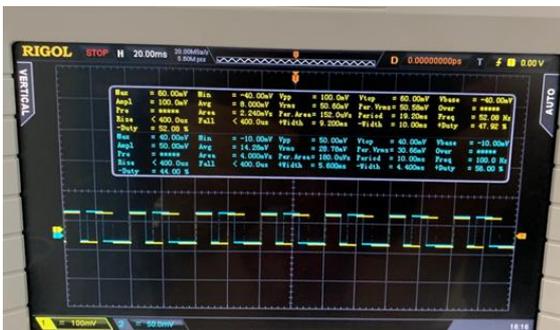


Gambar 7 Tampak Alat dari samping

C. Hasil Percobaan dan Analisis pada osiloskop

Sistem ini dirancang untuk menyinkronkan sumber PLN dan PV. Percobaan dilakukan dengan membandingkan tegangan dan frekuensi yang dihasilkan oleh PV dan PLN menggunakan osiloskop. Alat yang sudah diimplementasi membutuhkan waktu sekitar 2 detik sebelum sinkron. Maka hasil yang didapatkan ada 2, yaitu saat sumber PV-PLN belum sinkron dan saat sumber PV-PLN sudah sinkron.

1. Saat Belum Sinkron



Gambar 8 Hasil PV dan PLN yang belum sinkron

Dalam pengujian ini, kami menggunakan dua sumber yaitu PV dan PLN sebagai tegangan input. Gambar di atas menunjukkan frekuensi sistem PLN (kuning) dan PV (biru). Dikarenakan pada alat kami membutuhkan waktu sekitar 2 detik untuk sinkron maka dari data tersebut terlihat bahwa tegangan dan frekuensi yang dihasilkan masih belum sinkron dikarenakan yang dihasilkan berbeda, artinya ini kurang baik

karena bisa menyebabkan rugi-rugi daya yang berakibat adanya daya yang terbuang.

Vbase = ##### Over = ##### Freq = 51.02 Hz +Duty = 48.98 %	Vbase = ##### Over = ##### Freq = 51.02 Hz +Duty = 48.98 %	Vbase = ##### Over = ##### Freq = 51.02 Hz +Duty = 48.98 %	Vbase = ##### Over = ##### Freq = 50.00 Hz +Duty = 48.00 %	Vbase = ##### Over = ##### Freq = 50.00 Hz +Duty = 48.00 %	Vbase = ##### Over = ##### Freq = 50.00 Hz +Duty = 48.00 %
Vbase = ##### Over = ##### Freq = 71.43 Hz +Duty = 68.57 %	Vbase = ##### Over = ##### Freq = 100.0 Hz +Duty = 96.00 %	Vbase = ##### Over = ##### Freq = 71.43 Hz +Duty = 68.57 %	Vbase = ##### Over = ##### Freq = 38.46 Hz +Duty = 38.46 %	Vbase = ##### Over = ##### Freq = 38.46 Hz +Duty = 38.46 %	Vbase = ##### Over = ##### Freq = 38.46 Hz +Duty = 38.46 %

Gambar 9 Beberapa data frekuensi yang belum sinkron

Data diatas adalah data dimana frekuensi belum sinkron di 2 detik awal, bisa terlihat pada gambar bahwa frekuensi yang dihasilkan terlalu jauh perbedaannya.

Tabel 1 Perbandingan Tegangan dan Frekuensi yang dihasilkan

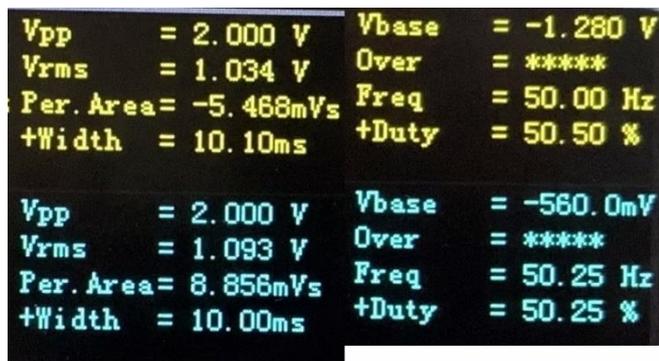
NO	Tegangan PLN	Tegangan PV	Frekuensi PLN	Frekuensi PV
1	100 mV	50 mV	51.02 Hz	71.43 Hz
2	100 mV	50 mV	51.02 Hz	100 Hz
3	100 mV	50 mV	51.02 Hz	71.43 Hz
4	2 V	1 V	50 Hz	38.46 Hz
5	2 V	1 V	50 Hz	38.46 Hz
6	2 V	1 V	50 Hz	38.46 Hz

2. Saat Sinkron



Gambar 10 Hasil PV dan PLN yang sudah sinkron

Berdasarkan hasil pendataan, frekuensi yang dihasilkan oleh sumber PLN adalah 50 Hz sedangkan sumber PV adalah 50,25 Hz. Terlihat juga bahwa tegangan yang dihasilkan oleh sumber PLN adalah 2v sedangkan tegangan yang dihasilkan oleh sumber PV adalah 2v. Perbedaan antara nilai-nilai ini menunjukkan bahwa nilai yang dihasilkan sudah disinkronkan. Artinya ini baik karena tidak ada rugi-rugi daya yang menyebabkan adanya daya yang terbuang.



**Gambar 11** Data jelas bahwa data yang dihasilkan sudah sinkron

Dikarenakan tidak ada perubahan di frekuensi dan tegangan saat sinkron, maka data yang didapatkan seperti pada gambar diatas

## V. KESIMPULAN

Berdasarkan dari perancangan, implementasi, pengujian, dan analisa yang dilakukan pada sistem monitoring sinkronisasi tegangan PV dan PLN, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Hasil Sinkronisasi sistem PV dengan grid memperlihatkan pemantauan real time dari kedua sistem dan digunakan untuk berbagi beban. Hasil simulasi dan implementasi menggambarkan dengan jelas pengoperasian sistem ini menunjukkan bahwa gelombang yang dihasilkan sudah sinkron sehingga hasil yang diinginkan sistem tercapai.
2. Sistem yang telah diimplementasikan sudah menunjukkan hasil yang kami inginkan. Dapat dilihat dari hasil

pemantauan osiloskop menunjukkan frekuensi dan tegangan sudah sinkron.

## REFERENSI

- [1] M. W. Khan, "Synchronization of Photo-voltaic system with a Grid," *IOSR J. Electr. Electron. Eng.*, vol. 7, no. 4, pp. 01–05, 2013, doi: 10.9790/1676-0740105.
- [2] G. Online, "Jaringan Listrik," 2019. <https://glosarium.org/arti-jaringan-listrik/> (accessed Jun. 06, 2022).
- [3] R. Kita, "Pembangkit Listrik Tenaga Surya – Pengertian, Cara Kerja, Komponen & Pengembangan," 2020. <https://rimbakita.com/pembangkit-listrik-tenaga-surya/> (accessed Jun. 12, 2023).
- [4] S. Berkat, "Inverter," 2014. <https://www.sinarberkat.co.id/mengenal-tentang-inverter-pengertian-fungsi-cara-kerja-dan-jenisnya/#:~:text=Inverter adalah rangkaian elektronika daya yang memiliki fungsi,ini disebut juga inverter karena sesuai dengan fungsinya.> (accessed Jun. 06, 2022).
- [5] T. Elektronika, "Mikrokontroler," 2020. <https://teknikelektronika.com/pengertian-mikrokontroler-microcontroller-struktur-mikrokontroler/> (accessed Jun. 06, 2022).
- [6] Caratekno, "Pengertian Arduino UNO Mikrokontroler ATmega328," 2015. <https://www.caratekno.com/pengertian-arduino-uno-mikrokontroler/> (accessed May 08, 2023).