



**RANCANG BANGUN ALAT SINKRONISASI PEMBANGKIT
LISTRIK TENAGA SURYA DENGAN JARINGAN PLN *ON
GRID* MENGGUNAKAN ARDUINO NANO**

SKRIPSI

ARISTOTELES NARANG

2010314064

UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL VETERAN JAKARTA

FAKULTAS TEKNIK

PROGRAM STUDI S1 TEKNIK ELEKTRO

2024



**RANCANG BANGUN ALAT SINKRONISASI PEMBANGKIT
LISTRIK TENAGA SURYA DENGAN JARINGAN PLN *ON
GRID* MENGGUNAKAN ARDUINO NANO**

SKRIPSI

**Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar
Sarjana Teknik**

ARISTOTELES NARANG

2010314064

UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL VETERAN JAKARTA

FAKULTAS TEKNIK

PROGRAM STUDI S1 TEKNIK ELEKTRO

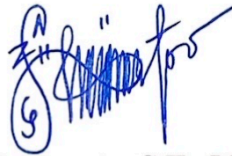
2024

HALAMAN PENGESAHAN PENGUJI

Skripsi diajukan oleh:

Nama : Aristoteles Narang
NRP : 2010314064
Program Studi : Teknik Elektro
Judul Skripsi : Rancang Bangun Alat Sinkronisasi Pembangkit Listrik Tenaga Surya Dengan Jaringan PLN *On Grid* Menggunakan Arduino Nano

Telah berhasil dipertahankan dihadapan Tim Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta.



Ferdyanto, S.T., M.T.

Penguji Utama



Silvia Anggraeni, S.T., M.Sc., Ph.D.

Penguji Lembaga



Dr. Ir. Muchamad Oktaviandri, ST., MT.,

IPM., ASEAN.Eng

Plt. Dekan Fakultas Teknik



Dr. Henry B. H. Sitorus, S.T., M.T.

Penguji I (Pembimbing)



Ir. Achmad Zuchriadi P., S.T., M.T.,

CEC.

Ka. Prodi Teknik Elektro

Ditetapkan di : Jakarta

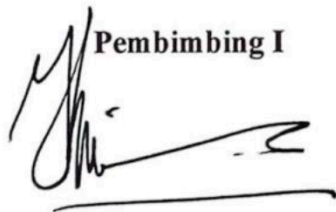
Tanggal Ujian : 9 Januari 2024

HALAMAN PENGESAHAN PEMBIMBING

Rancang Bangun Alat Sinkronisasi Pembangkit Listrik Tenaga Surya dengan Jaringan PLN *On Grid* Menggunakan Arduino Nano

Aristoteles Narang
NIM 2010314064

Disetujui Oleh


Pembimbing I

Dr. Henry Binsar H.S., S.T., M.T.
NIP. 197212191999031002


Pembimbing II

Dr. Eng. Muhamad Alif Razi, S.Pi.,
NIP. 221112020

Mengetahui,

Ketua Program Studi Teknik Elektro

Fakultas Teknik Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta



Ir. Achmad Zuchriadi P., S.T., M.T., CEC.
NIP. 218121338

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

Skripsi ini merupakan hasil karya sendiri, dan semua sumber yang dikutip maupun dirujuk telah saya nyatakan benar.

Nama : Aristoteles Narang

NIM : 2010314064

Program Studi : Teknik Elektro

Bilamana dikemudian hari ditemukan ketidaksesuaian dengan pernyataan saya ini, maka saya bersedia dituntut dan diproses sesuai dengan ketentuan yang berlaku.

Jakarta, 9 Januari 2024

Penulis,



Aristoteles Narang

HALAMAN PERSETUJUAN PUBLIKASI SKRIPSI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai civitas akademik Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Aristoteles Narang
NIM : 2010314064
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Elektro

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta Hak Bebas Royalti Noneklusif (*Non Exclusive Royalty Free Right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul:

RANCANG BANGUN ALAT SINKRONISASI PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA DENGAN JARINGAN PLN ON GRID MENGGUNAKAN ARDUINO NANO

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti ini, Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta berhak menyimpan, mengalih media/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan mempublikasikan Skripsi saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik hak cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Jakarta

Pada tanggal : 9 Januari 2024

Yang menyatakan,



(Aristoteles Narang)

RANCANG BANGUN ALAT SINKRONISASI PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA DENGAN JARINGAN PLN *ON GRID* MENGUNAKAN ARDUINO NANO

Aristoteles Narang

ABSTRAK

Energi listrik telah menjadi kebutuhan sehari-hari bagi masyarakat di seluruh dunia terutama Indonesia. Pada tahun 2022, Perusahaan Listrik Negara (PLN) menyediakan energi listrik menggunakan pembangkit listrik yang dominan menggunakan batubara dengan persentase sebesar 67,21%, sedangkan untuk penggunaan energi terbarukan hanya sebesar 12,2%. Oleh karena itu, pemerintah mengeluarkan PP Nomor 79 Tahun 2014 mengenai Kebijakan Energi Terbarukan dimana target bauran energi pada tahun 2025 paling sedikit 23% dan tahun 2050 paling sedikit 31%. Untuk meningkatkan persentase energi terbarukan dapat menggunakan Pembangkit Listrik Tenaga Surya yang diintegrasikan dengan PLN.

PLTS pada penelitian ini akan diparalelkan atau dilakukan sinkronisasi dengan jaringan PLN menggunakan Arduino Nano. Penelitian ini menggunakan sensor ZMPT101B untuk mengukur tegangan, sensor frekuensi untuk mengukur frekuensi, dan sensor sudut fasa untuk melihat beda sudut fasa antara PLTS dengan jaringan PLN. Pengujian dilakukan dengan membandingkan hasil pembacaan sensor dengan alat ukur yaitu multimeter dan osiloskop dan dibandingkan dengan standar sinkronisasi apakah alat dapat melakukan sinkronisasi. Data yang didapat adalah perbedaan tegangan sebesar $5 \text{ Volt} \pm 0,31\%$, perbedaan frekuensi sebesar $0,1 \text{ Hz} \pm 1,42\%$, dan perbedaan sudut fasa sebesar $1,35^\circ \pm 2,99\%$. Data tersebut jika dibandingkan dengan standar sinkronisasi sangat kecil dan masuk kedalam standar tersebut. Alat sinkronisasi yang dirancang pada penelitian ini layak untuk dilakukan sinkronisasi.

Kata kunci : Frekuensi, Panel Surya, Sinkronisasi, Sudut fasa, Tegangan

**DESIGN AND IMPLEMENTATION OF SYNCHRONIZATION DEVICE
FOR SOLAR POWER GENERATION WITH PLN ON GRID USING
ARDUINO NANO**

Aristoteles Narang

ABSTRACT

Electricity has become a daily necessity for people worldwide, especially in Indonesia. In 2022, the State Electricity Company (PLN) provided electricity primarily from coal-fired power plants, constituting 67.21%, while renewable energy usage accounted for only 12.2%. Therefore, the government issued Regulation No. 79 of 2014 regarding Renewable Energy Policies, setting a target of at least 23% energy mix by 2025 and at least 31% by 2050. To increase the percentage of renewable energy, integrating Solar Power Generation (PLTS) with PLN is a viable option.

This research focuses on parallelizing or synchronizing PLTS with the PLN using Arduino Nano. The study utilizes the ZMPT101B sensor for voltage measurement, a frequency sensor for frequency measurement, and a phase angle sensor to observe the phase angle difference between PLTS and the PLN. Testing is conducted by comparing sensor readings with multimeter and oscilloscope measurements and assessing synchronization standards to determine the device's synchronization capability. The obtained data reveals a voltage difference of 5 volts $\pm 0.31\%$, a frequency difference of 0.1 Hz $\pm 1.42\%$, and a phase angle difference of $1.35^\circ \pm 2.99\%$. When compared to synchronization standards, these differences are minimal and within the specified criteria. The synchronization device designed in this research is deemed suitable for synchronization.

Keywords: *Frequency, Solar Panel, Synchronization, Phase Angle, Voltage*

KATA PENGANTAR

Dengan rasa syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa atas anugerah dan kemurahan-Nya, penulis berhasil menyusun skripsi ini dengan sukses. Penyusunan skripsi ini merupakan salah satu persyaratan akademis yang harus dipenuhi dalam kurikulum program studi Teknik Elektro Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta. Adapun judul dari penelitian ini yaitu Rancang Bangun Alat Sinkronisasi Pembangkit Listrik Tenaga Surya Dengan Jaringan PLN *On Grid* Menggunakan Arduino Nano.

Dalam proses pembuatan skripsi ini penulis banyak mendapatkan bimbingan arahan, nasihat, dan bantuan dari berbagai pihak. Oleh sebab itu, pada kesempatan ini penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada :

1. Allah SWT yang memberikan rahmat, karunia, dan kemudahan dalam menyelesaikan skripsi.
2. Bapak Dr. Henry Binsar H.S., S.T., M.T., selaku dosen pembimbing satu yang telah memberikan banyak saran dan masukan yang sangat bermanfaat.
3. Bapak Dr. Eng. Muhamad Alif Razi, S.Pi., selaku dosen pembimbing kedua yang telah memberikan banyak saran dan masukan yang sangat bermanfaat.
4. Keluarga saya yang selalu menemani dan memberikan semangat dalam penyusunan skripsi.
5. Mahasiswa dengan NIM 2010314003 yang telah bersedia memberikan semangat, masukan dalam penulisan, dan tempat untuk berkeluh kesah.
6. Teman – teman Program Studi S1 Teknik Elektro yang telah memberikan dukungan dan doa dalam menyelesaikan skripsi.
7. Teman – teman SMA peneliti yang telah memberikan dukungan semangat dan doa dalam menyelesaikan skripsi.

Jakarta, Januari 2024

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PENGESAHAN PENGUJI	ii
HALAMAN PENGESAHAN PEMBIMBING	iii
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS.....	iv
HALAMAN PERSETUJUAN PUBLIKASI SKRIPSI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS.....	v
ABSTRAK	vi
ABSTRACT	vii
KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR LAMPIRAN.....	xv
BAB 1 PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	4
1.4 Batasan Masalah.....	4
1.5 Sistematika Penulisan.....	4
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1 Penelitian Terdahulu	6
2.2 Sinkronisasi	8
2.3 Panel Surya.....	9

2.4	Solar Charge Controller	10
2.5	Inverter	10
2.6	Arduino Nano.....	11
2.7	LCD (Liquid Crystal Display)	12
2.8	Arduino IDE.....	13
2.9	Sensor Tegangan ZMPT101B.....	13
2.10	Phase Angle Detector.....	14
2.11	Zero Crossing Detector	15
2.12	Frequency Detektor.....	16
BAB 3	METODOLOGI PENELITIAN.....	17
3.1	Kerangka Berpikir.....	17
3.1.1	Identifikasi Masalah dan Rumusan Masalah.....	17
3.1.2	Studi Literatur	17
3.1.3	Perancangan <i>Software</i> dan <i>Hardware</i>	18
3.1.4	Pengujian Alat.....	19
3.1.5	Pengumpulan Data	19
3.2	Diagram Blok Alat	20
3.3	Cara Kerja Alat	21
3.3.1	Cara Kerja Pengukuran Tegangan	21
3.3.2	Cara Kerja Pengukuran Frekuensi	21
3.3.3	Cara Kerja Pengukuran dan Pergeseran Sudut Fasa	22
3.4	Tempat Penelitian.....	23
3.5	Jadwal Penelitian.....	23
BAB 4	HASIL DAN PEMBAHASAN.....	24
4.1	Perancangan <i>Software</i> dan <i>Hardware</i> Perangkat Penelitian.....	24
4.1.1	Perancangan <i>Software</i>	24
4.1.2	Perancangan <i>Hardware</i>	24

4.2	Pengujian Alat.....	27
4.3	Pengumpulan Data	28
4.3.1	Data Sensor Tegangan.....	28
4.3.2	Data Sensor Frekuensi.....	29
4.3.3	Data Sudut Fasa.....	30
4.4	Hasil Analisis Data.....	33
4.4.1	Analisis Data Tegangan	33
4.4.1.1	Analisis Akurasi Sensor Tegangan	33
4.4.1.2	Analisis Sinkronisasi Tegangan	36
4.4.2	Analisis Data Frekuensi	38
4.4.2.1	Analisis Akurasi Sensor Frekuensi	38
4.4.2.2	Analisis Sinkronisasi Frekuensi	41
4.4.3	Analisis Data Sudut Fasa	42
4.4.3.1	Analisis Akurasi Sudut Fasa	42
4.4.3.2	Analisis Sinkronisasi Sudut Fasa	43
4.4.4	Analisis Kelayakan Alat Sinkronisasi Sesuai Dengan Standar IEEE 1547	44
BAB 5	PENUTUP.....	46
5.1	Kesimpulan	46
5.2	Saran.....	46
DAFTAR PUSTAKA		
DAFTAR RIWAYAT HIDUP		
LAMPIRAN		

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Bauran Energi Primer Pembangkit Listrik	1
Gambar 2.1 Panel Surya Monokristal	10
Gambar 2.2 Solar Charge Controller	10
Gambar 2.3 Inverter Gelombang Penuh.....	11
Gambar 2.4 Arduino Nano V3.0	11
Gambar 2.5 Pinout Arduino Nano	12
Gambar 2.6 LCD 16x4 Display	13
Gambar 2.7 Tampilan Arduino IDE.....	13
Gambar 2.8 Sensor Tegangan ZMPT101B.....	14
Gambar 2.9 Rangkaian Pengukuran Sudut Fasa	15
Gambar 2.10 Output Gelombang dari Rangkaian Zero Crossing Detector	16
Gambar 2.11 Periode Gelombang Tegangan AC.....	16
Gambar 2.12 Rangkaian Sensor Frekuensi	16
Gambar 3.1 Flowchart Tahapan Penelitian.....	17
Gambar 3.2 Wiring Diagram Alat Sinkronisasi.....	18
Gambar 3.3 Diagram Blok Sistem Alat Sinkronisasi.....	20
Gambar 3.4 Flowchart Alur Kerja Pengukuran Frekuensi.....	21
Gambar 3.5 Flowchart Alur Kerja Pengukuran dan Pergeseran Sudut Fasa	22
Gambar 4.1 Codingan Alat Sistem Sinkronisasi.....	24
Gambar 4.2 Perakitan Sensor Frekuensi dan Sensor Sudut Fasa Pada PCB	25
Gambar 4.3 Rangkaian PLTS	25
Gambar 4.4 Tampilan Akhir Sistem Sinkronisasi.....	26
Gambar 4.5 Pengujian Awal Setiap Sensor	27
Gambar 4.6 Gelombang Sinusoidal dari Inverter dan Grid Pada Osiloskop	31
Gambar 4.7 Fitur Cursor Pada Osiloskop Untuk Menghitung Beda Sudut Fasa..	31
Gambar 4.8 Grafik Hasil Pengukuran Tegangan Pada Grid	34
Gambar 4.9 Grafik Hasil Pengukuran Tegangan Pada Inverter.....	36
Gambar 4.10 Grafik Perbandingan Data Tegangan Antara Grid dan Inverter	37
Gambar 4.11 Grafik Hasil Pengukuran Frekuensi Pada Grid	39
Gambar 4.12 Grafik Hasil Pengukuran Frekuensi Pada Inverter.....	40

Gambar 4.13 Grafik Perbandingan Data Frekuensi Antara Grid dan Inverter	41
Gambar 4.14 Grafik Beda Sudut Fasa.....	43

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Penelitian Terdahulu	6
Tabel 2.2 Batas Parameter untuk Sinkronisasi Penyambungan.....	9
Tabel 3.1 Jadwal Penelitian.....	23
Tabel 4.1 Daftar Komponen Sistem Sinkronisasi	26
Tabel 4.2 Hasil Pengukuran Tegangan Pada Grid	28
Tabel 4.3 Hasil Pengukuran Tegangan Pada Inverter	29
Tabel 4.4 Frekuensi Pada Grid.....	30
Tabel 4.5 Frekuensi Pada Inverter	30
Tabel 4.6 Hasil Perhitungan Beda Sudut Fasa Pada Osiloskop.....	32
Tabel 4.7 Data Beda Sudut Fasa	32
Tabel 4.8 Hasil Perhitungan Tegangan Pada Grid	33
Tabel 4.9 Hasil Perhitungan Tegangan Pada Inverter.....	35
Tabel 4.10 Perbandingan Data Tegangan Antara Grid dan Inverter.....	37
Tabel 4.11 Hasil Perhitungan Frekuensi Pada Grid	38
Tabel 4.12 Hasil Perhitungan Frekuensi Pada Inverter.....	39
Tabel 4.13 Perbandingan Data Frekuensi Antara Grid dan Inverter.....	41
Tabel 4.14 Hasil Perhitungan Beda Sudut Fasa	42

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Dokumen Penelitian

Lampiran 2. Data Sudut Fasa Osiloskop

Lampiran 3. Lembar Konsultasi Dosen Pembimbing