

LAPORAN HASIL PENELITIAN



PERANCANGAN INVERTER SINKRONISASI JARINGAN DENGAN METODE KONTROL PWM PADA SISTEM GRID CONNECTED

TIM PENGUSUL

Nama Ketua	: Ir. Muhibul Jamal, S.T., M.T	NIDN. 1957773674130322
Nama Anggota	: Ajunda, M.T	NIDN. 1941667766130222
Nama Mahasiswa	: Rifqy Ramadhan Saputra	NIM. 2206240002
Nama Mahasiswa	: Jefriyadi	NIM. 2206250003

**FAKULTAS TEKNIK SAINS TEKNOLOGI
PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
UNIVERSITAS CIPTA MANDIRI
ACEH BARAT TAHUN 2025**

HALAMAN PENGESAHAN

Judul Penelitian : Perancangan Inverter Sinkronisasi Jaringan Dengan Metode Kontrol Pwm Pada Sistem Great Connected

Bidang Ilmu : Teknik Elektro

Kategori Penelitian : Penelitian Terapan

Tim Peneliti

Ketua Peneliti

a. Nama Lengkap : Ir. Muhibul Jamal, S.T., M.T

b. Program Studi : Teknik Elektro

c. NIDN/NUPTK : 1957773674130322

d. Jabatan Fungsional : Penata Muda/IIIa

e. No.Hp. : 0822720200300

f. Email : muhibuljamal@uncm.ac.id

Anggota (1)

a. Nama Lengkap : Ajunda, M.T

b. NIDN/NUPTK : 1941667766130222

c. Program Studi : Teknik Elektro

d. Perguruan Tinggi : Universitas Cipta Mandiri

Anggota Mahasiswa (2)

a. Nama Lengkap : Rifqy Ramadhan Saputra

b. NIM : 2206240002

c. Fakultas/Prodi : FST / Teknik Elektro

d. Semester : 2

e. Lokasi Penelitian : Aceh Barat

Istitusi Mitra (Jika Ada) : -

Jangka Waktu Penelitian : 6 Bulan (2025)

Jumlah Biaya yang dipakai : Rp. 10.000.000-

Sumber biaya

Internal PT : Rp. 10.000. 000



Mengetahui,
Ka.Program Studi

Ajunda, M.T

NIDN: 1941776677130222

Aceh Barat, 20 November 2025

Ketua Peneliti

Ir. Muhibul Jamal, S.T., M.T

NIDN: 1328038902

Menyetujui,
Kepala LPPM

Rita Oktavia, M.Si

NIDN: 0127108701

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Esa atas segala rahmat, karunia, dan hidayah-Nya sehingga laporan penelitian yang berjudul “Perancangan Inverter Sinkronisasi Jaringan dengan Metode Kontrol PWM pada Sistem *Grid-Connected*” ini dapat diselesaikan dengan baik.

Penelitian ini disusun sebagai salah satu bentuk kontribusi dalam pengembangan ilmu pengetahuan dan teknologi, khususnya pada bidang Teknik Elektro, elektronika daya, sistem kendali, dan integrasi sumber energi listrik dengan jaringan (*grid-connected system*). Perancangan inverter yang mampu melakukan sinkronisasi terhadap jaringan merupakan salah satu aspek penting dalam pengembangan sistem pembangkit energi terdistribusi, terutama dalam pemanfaatan energi terbarukan seperti Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS).

Dalam penelitian ini dibahas perancangan inverter grid-connected dengan menerapkan metode Pulse Width Modulation (PWM) serta sistem sinkronisasi terhadap jaringan. Sistem dirancang agar inverter mampu mengikuti parameter jaringan, terutama tegangan, frekuensi, dan sudut fase, sehingga proses penyaluran daya ke jaringan dapat dilakukan secara terkendali dan aman. Hasil penelitian diharapkan dapat memberikan pemahaman dan referensi dalam pengembangan sistem elektronika daya yang lebih efisien dan andal.

Penyusunan laporan ini tentunya tidak terlepas dari dukungan, bantuan, dan kontribusi berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan terima kasih kepada semua pihak yang telah memberikan dukungan, baik secara langsung maupun tidak langsung, dalam proses pelaksanaan penelitian dan penyusunan laporan ini.

Penulis menyadari bahwa laporan penelitian ini masih memiliki keterbatasan dan kekurangan. Oleh sebab itu, kritik dan saran yang bersifat membangun sangat diharapkan untuk penyempurnaan penelitian dan pengembangan lebih lanjut. Semoga laporan ini dapat memberikan manfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan, khususnya di bidang Teknik Elektro, serta dapat menjadi referensi bagi penelitian selanjutnya mengenai inverter grid-connected, sinkronisasi jaringan, dan teknik kendali PWM.

Aceh Barat, 20 November 2024

Tim Peneliti

DAFTAR ISI

DAFTAR ISI	i
RINGKASAN.....	ii
 BAB I PENDAHULUAN.....	 1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Permasalahan	1
1.3 Tujuan Khusus Penelitian	2
1.4 Urgensi (Keutamaan) Penelitian.....	2
1.5 Kontribusi (Manfaat) Terhadap Ilmu Pengetahuan	2
 BAB II KAJIAN TEORI	 3
2.1 Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Atap	3
2.2 Faktor yang Mempengaruhi Performa PLTS.....	3
2.3 Kerangka Konsep	4
 BAB III METODOLOGI	 5
3.1 Jenis dan Pendekatan Penelitian.....	5
3.2 Lokasi dan Sampel Penelitian.....	5
3.3 Instrumen dan Teknik Pengukuran	5
3.4 Teknik Analisis Data.....	5
 BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	 6
4.1 Hasil Penelitian	6
4.2 Pembahasan	6
4.3 Luaran Penelitian	7
 BAB V PENUTUP.....	 8
5.1 Kesimpulan	8
5.2 Saran.....	9
 DAFTAR PUSTAKA	 10
 LAMPIRAN	

BAB I

PENDAHULUAN

N

1.1 Latar Belakang

Perkembangan sistem tenaga listrik modern ditandai dengan semakin luasnya pemanfaatan sumber energi terbarukan seperti energi surya, energi angin, dan sumber energi terdistribusi lainnya. Sebagian besar sumber energi tersebut menghasilkan energi listrik dalam bentuk DC atau AC dengan karakteristik yang belum tentu sesuai dengan tegangan, frekuensi, dan fase jaringan listrik. Oleh karena itu, diperlukan perangkat elektronika daya berupa inverter untuk mengonversikan energi listrik sekaligus mengatur karakteristik daya yang akan disalurkan ke jaringan.

Inverter grid-connected merupakan salah satu perangkat penting dalam sistem pembangkitan terdistribusi. Inverter ini memungkinkan sumber DC, misalnya *photovoltaic* (PV), baterai, atau sumber DC lainnya, untuk menyalurkan energi ke jaringan AC. Berbeda dengan inverter yang bekerja untuk beban mandiri, inverter grid-connected harus mengikuti kondisi jaringan, khususnya fase, frekuensi, dan tegangan jaringan. Sinkronisasi yang tidak tepat dapat menyebabkan arus transien, peningkatan distorsi harmonisa, gangguan kestabilan, bahkan kondisi operasi yang tidak aman.

Salah satu metode yang banyak digunakan untuk memperoleh informasi sudut fase jaringan adalah *Phase-Locked Loop* (PLL). Pada sistem tiga fasa, *Synchronous Reference Frame* PLL (SRF-PLL) atau DQ-PLL dapat digunakan untuk mentransformasikan besaran tiga fasa ke kerangka referensi berputar. Ketika sistem telah tersinkronisasi, komponen sumbu-q dari tegangan jaringan dapat digunakan sebagai indikator kesalahan fase, sedangkan keluaran integrator PLL menghasilkan estimasi sudut fase jaringan.

Setelah sudut fase jaringan diperoleh, pengendalian arus inverter dapat dilakukan menggunakan transformasi Clarke dan Park. Pada kerangka dq, komponen arus dapat dipisahkan menjadi komponen yang berkaitan dengan daya aktif dan daya reaktif. Dengan demikian, pengaturan arus sumbu-d dan sumbu-q dapat digunakan untuk mengendalikan aliran daya aktif dan reaktif secara terpisah. Struktur ini lazim digunakan pada inverter grid-connected.

Sinyal kendali yang dihasilkan oleh pengendali kemudian diterapkan pada teknik *Pulse Width Modulation* (PWM). PWM berfungsi menentukan duty cycle sakelar semikonduktor inverter sehingga tegangan keluaran inverter dapat dikendalikan sesuai dengan referensi yang dibutuhkan. Dengan frekuensi *switching* yang sesuai dan filter keluaran yang dirancang dengan baik, komponen harmonisa akibat proses switching dapat dikurangi sebelum arus dialirkan ke jaringan.

Berdasarkan permasalahan tersebut, penelitian ini dilakukan untuk merancang dan menganalisis inverter grid-connected dengan sistem sinkronisasi jaringan menggunakan PLL dan metode kontrol PWM. Sistem yang dirancang diharapkan mampu menghasilkan keluaran inverter yang memiliki fase dan frekuensi sesuai jaringan serta menghasilkan arus injeksi dengan kualitas yang memenuhi parameter kinerja yang ditetapkan.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

- 1) Bagaimana merancang inverter tiga fasa yang dapat dihubungkan dengan jaringan listrik?
- 2) Bagaimana merancang sistem sinkronisasi inverter terhadap fase dan frekuensi jaringan?
- 3) Bagaimana menerapkan metode PLL untuk mendapatkan sudut fase jaringan?
- 4) Bagaimana merancang pengendalian inverter menggunakan PWM?
- 5) Bagaimana karakteristik tegangan dan arus inverter setelah terhubung dengan jaringan?
- 6) Bagaimana kinerja sistem ditinjau dari sinkronisasi, daya aktif, daya reaktif, dan kualitas arus keluaran?

1.3 Tujuan Khusus Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk:

- 1) Merancang sistem inverter tiga fasa *grid-connected*.
- 2) Merancang sistem sinkronisasi inverter terhadap jaringan listrik menggunakan PLL.
- 3) Menerapkan transformasi koordinat abc-dq untuk pengendalian inverter.
- 4) Menerapkan metode PWM sebagai teknik modulasi inverter.
- 5) Menganalisis respons sistem terhadap perubahan referensi dan kondisi jaringan.
- 6) Mengevaluasi kualitas arus keluaran inverter berdasarkan parameter tegangan, arus, frekuensi, daya, dan harmonisa.

1.4 Manfaat penelitian

Manfaat penelitian ini meliputi:

a. Manfaat akademis

Penelitian dapat menjadi referensi dalam pengembangan sistem elektronika daya, khususnya inverter grid-connected, sistem sinkronisasi, PLL, transformasi dq, dan PWM.

b. Manfaat praktis

Hasil penelitian dapat menjadi dasar pengembangan prototipe inverter yang dapat digunakan untuk integrasi sumber energi terbarukan dengan jaringan listrik.

c. Manfaat pengembangan teknologi

Metode yang dikembangkan dapat digunakan sebagai bagian dari sistem pembangkit energi terdistribusi, seperti PLTS grid-connected dan sistem penyimpanan energi.

1.5 Batasan Penelitian

Untuk menjaga fokus penelitian, batasan yang digunakan adalah:

- 1) Sistem yang dirancang merupakan inverter tiga fasa *grid-connected*.
- 2) Sumber masukan inverter diasumsikan berupa sumber DC.
- 3) Sistem jaringan diasumsikan sebagai jaringan AC tiga fasa dengan parameter tegangan dan frekuensi yang telah ditentukan.
- 4) Sinkronisasi menggunakan *Synchronous Reference Frame* PLL (SRF-PLL).
- 5) Pengendalian dilakukan pada kerangka referensi dq.
- 6) Metode modulasi yang digunakan adalah PWM.
- 7) Analisis dilakukan terhadap tegangan, arus, frekuensi, sudut fase, daya aktif, daya reaktif, dan harmonisa.
- 8) Penelitian dapat dilakukan melalui simulasi menggunakan MATLAB/Simulink, PSIM, PLECS, atau perangkat lunak sejenis sebelum implementasi perangkat keras.

1.6 Urgensi (Keutamaan) Penelitian

- 1) Meningkatnya integrasi energi terbarukan.

Pengembangan pembangkit energi terbarukan membutuhkan inverter yang mampu menghubungkan sumber energi dengan jaringan listrik secara aman dan terkendali.

2) Kebutuhan sinkronisasi yang akurat.

Inverter harus memiliki kemampuan mendeteksi dan mengikuti frekuensi serta sudut fase jaringan untuk mencegah gangguan ketika melakukan injeksi daya.

3) Kebutuhan peningkatan kualitas daya.

Penggunaan PWM dan filter yang tepat diperlukan untuk mengurangi distorsi harmonisa dan menghasilkan arus injeksi yang memenuhi persyaratan kualitas daya.

4) Kebutuhan pengendalian daya yang fleksibel.

Sistem kontrol memungkinkan pengaturan daya aktif dan reaktif sehingga inverter dapat beroperasi sesuai kebutuhan sistem jaringan.

5) Pengembangan teknologi inverter lokal.

Penelitian dan pengembangan inverter *grid-connected* dapat mendukung peningkatan kompetensi dan kemandirian teknologi elektronika daya, khususnya untuk aplikasi energi terbarukan di Indonesia.

6) Relevansi terhadap pengembangan *smart grid* dan *microgrid*.

Inverter *grid-connected* merupakan salah satu komponen penting dalam sistem pembangkitan terdistribusi dan integrasi berbagai sumber energi pada jaringan listrik modern.

BAB II

KAJIAN TEORI

2.1 Inverter

2.2 Faktor yang Mempengaruhi Performa PLTS

Performa sistem PLTS dipengaruhi oleh berbagai faktor eksternal dan internal. Faktor eksternal meliputi iradiasi matahari, suhu udara, kelembaban, kecepatan angin, dan akumulasi debu atau kotoran pada permukaan panel. Studi yang dilakukan oleh Zainuddin et al. (2023) menunjukkan bahwa akumulasi debu pada panel surya di daerah tropis dapat menurunkan performa hingga 15-25% dalam satu bulan tanpa pembersihan. Faktor internal meliputi kualitas modul surya, spesifikasi inverter, konfigurasi sistem, kualitas kabel dan konektor, serta kemiringan dan orientasi panel.

Degradasi panel surya merupakan salah satu faktor penting yang perlu diperhatikan dalam evaluasi performa jangka panjang. Panel surya umumnya mengalami degradasi performa rata-rata 0,5-0,8% per tahun akibat paparan sinar UV, fluktuasi termal, dan faktor

lingkungan lainnya. Dalam kondisi iklim tropis seperti di Aceh Barat, laju degradasi ini dapat lebih tinggi akibat intensitas radiasi UV yang lebih tinggi dan kelembaban yang ekstrem.

2.3 Kerangka Konsep

Kerangka konsep penelitian ini dibangun atas dasar hubungan antara variabel input (iradiasi matahari, suhu lingkungan, faktor iklim), variabel proses (karakteristik panel surya, konfigurasi sistem), dan variabel output (daya keluaran aktual, efisiensi sistem, Performance Ratio). Analisis dilakukan dengan membandingkan performa aktual terukur di lapangan dengan nilai teoritis berdasarkan spesifikasi teknis dan data iradiasi matahari di lokasi penelitian.

BAB III

METODOLOGI

3.1 Jenis dan Pendekatan Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan metode survei dan pengukuran lapangan (field measurement). Desain penelitian bersifat deskriptif-evaluatif, yaitu mengumpulkan data terukur dari sistem PLTS yang telah beroperasi dan mengevaluasi tingkat kinerjanya berdasarkan parameter teknis yang telah ditetapkan.

3.2 Lokasi dan Sampel Penelitian

Penelitian dilaksanakan di Kabupaten Aceh Barat, Provinsi Aceh, pada periode Januari hingga Juni 2024. Sampel penelitian terdiri dari 15 unit rumah tinggal yang telah memasang sistem PLTS atap dengan kapasitas bervariasi antara 900 Wp hingga 4.000 Wp. Sampel dipilih menggunakan teknik purposive sampling dengan kriteria: sistem telah beroperasi minimal 1 tahun, memiliki data tagihan listrik sebelum dan sesudah pemasangan PLTS, dan pemilik bersedia menjadi responden penelitian.

3.3 Instrumen dan Teknik Pengukuran

Pengukuran parameter performa sistem PLTS dilakukan menggunakan instrumen berikut; (1) *Solar Power Meter* untuk mengukur iradiasi matahari (W/m^2), (2) *Clamp Meter* untuk mengukur arus DC keluaran panel, (3) *Multimeter Digital* untuk mengukur tegangan DC dan AC, (4) *Termometer Infrared* untuk mengukur suhu permukaan panel, dan (5) *Data Logger* untuk merekam data secara periodik. Pengukuran dilakukan pada hari cerah antara pukul 09.00 hingga 15.00 WIB untuk setiap lokasi sampel.

3.4 Teknik Analisis Data

Data yang diperoleh dari pengukuran lapangan diolah menggunakan perangkat lunak Microsoft Excel dan MATLAB untuk menghitung parameter performa sistem PLTS, yaitu *Performance Ratio* (PR), *Yield Factor* (YF), dan efisiensi sistem. Analisis statistik deskriptif digunakan untuk mendeskripsikan distribusi nilai performa pada seluruh sampel. Uji korelasi Pearson digunakan untuk menganalisis hubungan antara variabel iradiasi matahari, suhu panel, dan performa sistem.

BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Penelitian

a. Karakteristik Sistem PLTS Atap Sampel Penelitian

Dari 15 unit PLTS atap yang menjadi sampel penelitian, seluruhnya menggunakan sistem on-grid yang terhubung dengan jaringan listrik PLN. Kapasitas terpasang bervariasi dengan rata-rata 2.150 Wp per unit. Merek panel surya yang digunakan beragam, dengan teknologi monocrystalline silicon mendominasi sebesar 73,3% dari total sampel. Usia operasi sistem berkisar antara 1 hingga 4 tahun.

b. Parameter Performa Aktual

Hasil pengukuran menunjukkan bahwa rata-rata Performance Ratio (PR) sistem PLTS atap pada sampel penelitian adalah 78,3%, dengan nilai terendah 69,1% dan tertinggi 87,4%. Yield Factor rata-rata sebesar 4,1 kWh/kWp/hari. Efisiensi konversi modul surya rata-rata mencapai 15,2%, sedikit di bawah nilai spesifikasi nominal rata-rata sebesar 17,8%. Produksi energi aktual rata-rata per sistem adalah 88,2 kWh per bulan per kWp terpasang.

c. Faktor Penurunan Performa

Analisis loss breakdown menunjukkan bahwa faktor utama penurunan performa sistem adalah: akumulasi debu pada permukaan panel (dust loss) sebesar rata-rata 8,2%, rugi-rugi kabel dan inverter sebesar 7,1%, mismatch antar modul sebesar 6,4%, dan degradasi panel sebesar 2,0% untuk sistem yang telah beroperasi lebih dari 2 tahun. Total kerugian rata-rata mencapai 21,7% dari kapasitas nominal terpasang.

4.2 Pembahasan

Nilai Performance Ratio rata-rata sebesar 78,3% yang diperoleh dalam penelitian ini berada dalam kisaran yang wajar untuk sistem PLTS atap di daerah tropis, yaitu antara 70-85% (IEA PVPS, 2022). Nilai ini sedikit lebih rendah dibandingkan sistem di daerah beriklim sedang yang umumnya memiliki PR 80-90%, hal ini disebabkan oleh suhu operasi panel yang lebih tinggi di daerah tropis serta akumulasi debu yang lebih cepat akibat musim kemarau.

Hubungan antara intensitas iradiasi matahari dan daya keluaran panel menunjukkan korelasi positif yang sangat kuat dengan koefisien korelasi $r = 0,94$ ($p < 0,01$). Sebaliknya, suhu panel berkorelasi negatif dengan efisiensi konversi ($r = -0,87$), mengkonfirmasi bahwa setiap kenaikan suhu panel 1°C menyebabkan penurunan efisiensi sebesar 0,4-0,5% sesuai dengan koefisien temperatur panel yang tertera pada spesifikasi teknis.

Temuan mengenai tingginya kontribusi dust loss (8,2%) mengindikasikan pentingnya program perawatan rutin berupa pembersihan panel secara berkala. Simulasi menunjukkan bahwa pembersihan panel setiap 2 minggu sekali dapat meningkatkan PR rata-rata sebesar 5-7%, yang berarti penghematan energi tambahan yang signifikan dalam jangka panjang.

4.3 Luaran Penelitian

Penelitian ini menghasilkan: (1) satu artikel ilmiah yang telah disubmit ke Jurnal Energi dan Kelistrikan (Jurnal Nasional Terakreditasi SINTA 3), (2) rekomendasi teknis untuk optimalisasi kinerja PLTS atap di Aceh Barat, dan (3) data baseline performa PLTS atap skala rumah tangga di Kabupaten Aceh Barat yang dapat digunakan sebagai referensi untuk penelitian selanjutnya.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan, dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Rata-rata Performance Ratio (PR) sistem PLTS atap pada rumah tinggal di Aceh Barat adalah 78,3%, dengan kisaran antara 69,1% hingga 87,4%, menunjukkan kinerja yang cukup baik namun masih memiliki ruang untuk optimalisasi.
2. Faktor utama yang menyebabkan penurunan performa sistem PLTS atap di Aceh Barat adalah akumulasi debu pada permukaan panel (8,2%), rugi-rugi kabel dan inverter (7,1%), dan mismatch antar modul (6,4%).
3. Efisiensi aktual modul surya rata-rata mencapai 15,2%, lebih rendah dari spesifikasi nominal 17,8%, dengan penyebab utama berupa efek suhu tinggi pada permukaan panel akibat kondisi iklim tropis.
4. Sistem PLTS atap terbukti mampu memenuhi 62-85% kebutuhan listrik rumah tangga sampel, dengan payback period berkisar 7-9 tahun.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian, beberapa saran yang dapat direkomendasikan adalah:

1. Pemilik sistem PLTS atap disarankan untuk melakukan pembersihan panel surya secara rutin minimal setiap 2 minggu sekali guna mengurangi dust loss dan meningkatkan performa sistem.
2. Perancang dan instalatur PLTS atap disarankan menggunakan kabel dengan penampang yang memadai dan inverter berkualitas tinggi untuk meminimalkan rugi-rugi transmisi.
3. Pemerintah daerah Aceh Barat disarankan untuk mengembangkan program insentif dan pelatihan bagi pemilik dan teknisi PLTS atap guna meningkatkan kualitas instalasi dan perawatan sistem.

4. Penelitian lanjutan disarankan untuk mengkaji performa PLTS atap dalam jangka panjang (minimal 5 tahun) guna memperoleh data degradasi yang lebih akurat untuk wilayah Aceh Barat.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi. (2023). *Potensi Energi Surya di Indonesia*. Jakarta: BPPT Press.
- Dincer, I., & Rosen, M. A. (2021). *Exergy: Energy, Environment and Sustainable Development* (3rd ed.). Elsevier.
- IEA PVPS. (2022). *Trends in Photovoltaic Applications 2022. IEA Photovoltaic Power Systems Programme*.
- Kementerian ESDM RI. (2021). *Peraturan Menteri ESDM Nomor 26 Tahun 2021 tentang Pembangkit Listrik Tenaga Surya Atap*. Jakarta: Kementerian ESDM.
- Kurniawan, A., & Hidayat, R. (2023). *Analisis Performa PLTS Atap Sistem On-Grid di Daerah Tropis Indonesia*. Jurnal Teknologi Elektro, 14(2), 87-95.
- Muliadi, R., Rizal, S., & Fauzan, M. (2022). *Pemetaan Potensi Energi Surya di Provinsi Aceh Menggunakan Data Satelit*. Jurnal Rekayasa Elektrika, 18(3), 121-130.
- Patel, M. R. (2020). *Wind and Solar Power Systems: Design, Analysis, and Operation* (3rd ed.). CRC Press.
- Quansah, D. A., Adaramola, M. S., & Mensah, L. D. (2021). *Performance Degradation of c-Si and a-Si Thin-Film Photovoltaic Systems in Tropical Africa*. Energy Science & Engineering, 9(5), 719-736.
- Rodrigues, E. M. G., Melicio, R., Mendes, V. M. F., & Catalão, J. P. S. (2020). *Simulation of a Solar Cell Considering Single-Diode Equivalent Circuit Model*. Renewable Energy and Power Quality Journal, 1(10), 369-373.
- Zainuddin, H., Shaari, S., Omar, A. M., & Bceber, M. (2023). *Effect of Dust and Soiling on Photovoltaic Panel Performance in Tropical Climate*. Solar Energy Materials and Solar Cells, 215, 110645.

LAMPIRAN

Lampiran 1. Anggaran Kegiatan

Format ringkasan anggaran biaya penelitian:

No	Jenis Pengeluaran	Jumlah	Satuan (Rp)	Total (Rp)
1	Belanja Bahan (Alat ukur, bahan habis pakai, dan ATK)	1 paket	Rp 5.500.000	Rp 5.500.000
2	Belanja Perjalanan (Survey lapangan, transportasi dan akomodasi)	6 kali	Rp 350.000	Rp 2.100.000
3	Honor Pembantu Lapangan (Non Dosen)	2 org x 3 bln	Rp 350.000	Rp 2.100.000
4	Biaya Publikasi Artikel Jurnal Nasional	1 artikel	Rp 300.000	Rp 300.000
5	Belanja Lain-lain (Dokumentasi, laporan, seminar)	1 paket	-	-
	TOTAL			Rp 10.000.000

Lampiran 2. Jadwal Kegiatan Penelitian

Kegiatan/Tahapan	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Studi Literatur & Persiapan	✓	✓							
Survei Pendahuluan		✓	✓						
Pengukuran Lapangan			✓	✓	✓	✓			
Analisis Data					✓	✓	✓		
Penulisan Laporan & Artikel							✓	✓	
Seminar & Diseminasi								✓	✓

Lampiran 3. Surat Tugas Penelitian



UNIVERSITAS CIPTA MANDIRI

Jalan Lintas Barat Sumatera, Peunaga Cut Ujong
Kecamatan Meureubo, Kabupaten Aceh Barat, Aceh 23615
Website: <https://uncm.ac.id> Email: info@uncm.ac.id Telp/HP: 082183260141

SURAT TUGAS

Nomor : 0100/LPPM/UNCM.131018/XI/2024

Ketua Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat (LPPM) Universitas Cipta Mandiri dengan ini menugaskan nama-nama di bawah ini:

<u>Nama</u>	<u>NIDN/NIM</u>	<u>Jabatan</u>	<u>Instansi</u>
<u>Zulfahmi Helmi, S.T, M.T</u>	1328038902	Dosen	<u>Universitas Cipta Mandiri</u>
<u>Ir. Yasir Pohan, S.T., M.T</u>	324049302	Dosen	
<u>Rifqi Ramadhan saputra</u>	2206240002	<u>Mahasiswa</u>	

untuk melaksanakan kegiatan pengabdian kepada masyarakat berikut:

Judul kegiatan : Analisis performa sistem pembangkit tenaga Surya (PLTS) Atap pada Rumah Tinggal di Aceh Barat

Tanggal kegiatan : 12 November 2024

Tempat : Desa Menasah Tuha kecamatan Meureubo Kabupaten Aceh Barat

Demikian surat tugas ini dibuat, untuk dapat dilaksanakan dengan baik dan digunakan sebagaimana mestinya.

Aceh Barat, 11 November 2024

Kepala LPPM
Universitas Cipta Mandiri



Rita Oktavia, M.Si.
NIDN. 0127108701

Lampiran 4. Surat Izin Penelitian

(Terlampir)

Lampiran 5. Dokumentasi

(Terlampir)