

SKRIPSI

**RANCANG BANGUN MODUL PEMBANGKIT HYBRID SOLAR CELL DENGAN
GENSET PADA LABORATORIUM UNISMUH MAKASSAR**



MUHAMMAD BAYU SAPUTRA

105 82 11031 21

HASMIRANDI GUSTI

105 82 11039 21

PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR

2025

**RANCANG BANGUN MODUL PEMBANGKIT HYBRID SOLAR CELL DENGAN
GENSET PADA LABORATORIUM UNISMUH MAKASSAR**

SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu syarat
Untuk memperoleh gelar sarjana Teknik (S.T)
Program studi Teknik Elektro
Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Makassar

Disusun dan di ajukan oleh

MUHAMMAD BAYU SAPUTRA

105 82 11031 21

HASMIRANDI GUSTI

105 82 11039 21

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMADIYAH MAKASSAR
2025**

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan untuk memenuhi syarat ujian guna memperoleh gelar Sarjana Teknik (ST) Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar.

Judul Skripsi : **RANCANG BANGUN MODUL PEMBANGKIT HYBRID SOLAR CELL DENGAN GENSET PADA LABORATORIUM UNISMUH MAKASSAR**

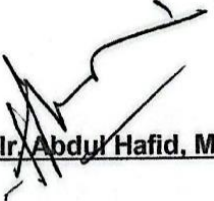
Nama : 1. Muhammad Bayu Saputra
2. Hasmirandi Gusti

Stambuk : 1. 105 82 11031 21
2. 105 82 11039 21

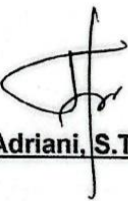
Makassar, 04 September 2025

Telah Diperiksa dan Disetujui
Oleh Dosen Pembimbing;

Pembimbing I


Ir. Abdul Hafid, M.T

Pembimbing II


Ir. Adriani, S.T., M.T., IPM.

Mengetahui,

Ketua Prodi Teknik Elektro



Ir. Rahmania, S.T., M.T
NBM : 1005 971



MAJELIS PENDIDIKAN TINGGI PIMPINAN PUSAT MUHAMMADIYAH
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR
FAKULTAS TEKNIK



بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

PENGESAHAN

Skripsi atas nama **Muhammad Bayu Saputra** dengan nomor induk Mahasiswa 105 82 11031 21 dan **Hasmirandi Gusti** dengan nomor induk Mahasiswa 105 82 11039 21, dinyatakan diterima dan disahkan oleh Panitia Ujian Tugas Akhir/Skripsi sesuai dengan Surat Keputusan Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar Nomor : 0006/SK-Y/20201/091004/2025, sebagai salah satu syarat guna memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar pada hari Sabtu, 30 Agustus 2025.

Panitia Ujian :

1. Pengawas Umum

Makassar, 12 Rabiul Awwal 1447 H
04 September 2025 M

a. Rektor Universitas Muhammadiyah Makassar

Dr. Ir. H. Abd. Rakhim Nanda, ST., MT., IPU

b. Dekan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin

Prof. Dr. Eng. Muhammad Isran Ramli, S.T., M.T., ASEAN, Eng

2. Penguji

a. Ketua : Lisa Fitriani Ishak, ST., MT

b. Sekretaris : Dr. Hj. Rossy Timur Wahyuningsih, S.T., M.T

3. Anggota

1. Dr. Ir. Ridwang, S.Kom, M.T., IPM

2. Ir. Rahmania, S.T., M.T.

3. Dr. Umar Katu, S.T., M.T.

Mengetahui

Pembimbing I

Pembimbing II

Ir. Abdul Hafid, M.T

Ir. Adriani, S.T., M.T., IPM.

Dekan



Dr. Ir. Muh. Syarif S Kuba, S.T., M.T., IPM
NPM : 975 288



RANCANG BANGUN MODUL PEMBANGKIT HYBRID SOLAR CELL DENGAN GENSET PADA LABORATORIUM UNISMUH MAKASSAR

Muhammad Bayu Saputra dan Hasmirandi Gusti

Mahasiswa Program Studi Teknik Elektro Unismuh Makassar

ABSTRAK

Sistem hybrid dengan memadukan solar cell dan genset menjadi alternatif yang aktif. Genset berfungsi sebagai sumber cadangan ketika daya dari solar cell tidak mencukupi kebutuhan beban. Agar kedua sumber energi ini dapat digunakan secara bersama – sama dan efisien, dibutuhkan Grid Tie Inverter (GTI) sebagai perangkat sinkronisasi. Dalam perancangan ini memiliki tujuan untuk memahami kinerja pembangkit listrik sistem hybrid solar cell dengan genset dalam keadaan daya kecil dengan menggunakan Grid Tie Inverter untuk sinkronisasi. Hasil pengukuran panel surya mendapatkan rata – rata daya 10,25 Watt, hasil pengukuran genset mendapatkan daya 48,9 Watt pada beban satu lampu dan 81,0 pada beban dua lampu, sedangkan hasil pengujian sistem hybrid mendapatkan rata tegangan 20 V pada cuaca terang dan 6 V pada cuaca mendung. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa modul pembangkit hybrid berhasil dirancang dan dibuat dengan menggabungkan sumber energi dari panel surya dengan genset menggunakan Grid Tie Inverter sehingga dapat berpindah sumber daya secara otomatis

Kata Kunci : Pembangkit hybrid solar cell, genset, Grid Tie Inverter

RANCANG BANGUN MODUL PEMBANGKIT HYBRID SOLAR CELL DENGAN GENSET PADA LABORATORIUM UNISMUH MAKASSAR

Muhammad Bayu Saputra and Hasmirandi Gusti

Student of the electrical engineering study program at Unismuh Makassar

Abstract

A hybrid system combining solar cells and a generator is an active alternative. The generator serves as a backup source when the solar cell's power is insufficient to meet the load's needs. To ensure efficient use of both energy sources, a Grid Tie Inverter (GTI) is required as a synchronization device. This design aims to understand the performance of a hybrid solar cell and generator power generation system under low power conditions, using a Grid Tie Inverter for synchronization. Measurements of the solar panels yielded an average power of 10.25 watts, while measurements of the generator yielded 48.9 watts for a single lamp load and 81.0 watts for a two-lamp load. Tests of the hybrid system yielded an average voltage of 20 V on sunny days and 6 V on cloudy days. Therefore, it can be concluded that the hybrid generator module was successfully designed and manufactured by combining solar panels with a generator using a Grid Tie Inverter, enabling automatic power source switching.

Keywords: Hybrid solar cell generator, generator, Grid Tie Inverter

KATA PENGANTAR

Assalamu'Alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Dengan memanjatkan puji syukur atas ke hadirat Allah Swt. yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Skripsi dengan judul **“Rancang Bangun Modul Pembangkit Hybrid Solar Cell dengan Genset Pada Laboratorium Unismuh Makassar”** sebagai tugas akhir dan salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik, Universitas Muhammadiyah Makassar.

Penulis sampaikan rasa hormat dan terima kasih terkhusus dan teristimewa kepada kedua orang tua kami karena telah mendidik, membimbing serta selalu mendoakan dan mendukung kami sebagai anaknya tanpa henti sampai mencapai gelar Sarjana Teknik, Universitas Muhammadiyah Makassar.

Pada kesempatan ini kami sebagai penulis juga mengucapkan terima kasih sebanyak-banyaknya kepada :

1. Bapak Ir. Muhammad Syafaat S. Kuba, S.T., M.T., IPM selaku Dekan Fakultas Teknik.
2. Ibu Ir. Rahmania., S.T., M.T., IPM selaku Ketua Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik.
3. Bapak Ir. Abdul Hafid, M.T, selaku Pembimbing I yang telah mengarahkan dan membimbing kami mulai dari persiapan penulisan skripsi sampai selesai dengan baik dan berkualitas.

4. Ibu Ir. Adriani, S.T., M.T., IPM, selaku Pembimbing II yang telah mengarahkan dan membimbing kami mulai dari persiapan penulisan skripsi sampai selesai dengan baik dan berkualitas.
5. Seluruh dosen dan staf Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Makassar yang telah membimbing dan memberikan materi perkuliahan pada kami sebagai penulis.
6. Ayahanda dan ibu tercinta kami penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya atas segala limpahan kasih sayang doa dan pengorbanan terutama dalam bentuk materi dalam menyelesaikan perkuliahan kami.
7. Saudara-saudaraku serta rekan-rekan mahasiswa fakultas teknik terkhusus angkatan 2021 yang dengan keakraban dan persaudaraan banyak membantu dalam menyelesaikan tugas akhir kami ini.

Semoga semua pihak tersebut di atas mendapatkan pahala yang berlipat ganda di sisi Allah Swt. dan skripsi yang sederhana ini dapat bermanfaat bagi kami sebagai penulis, rekan-rekan dan masyarakat serta bangsa dan negara.
Aamiin

Billahi Fii Sabilil Haq

Fastabiqul Khairat

Wassalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

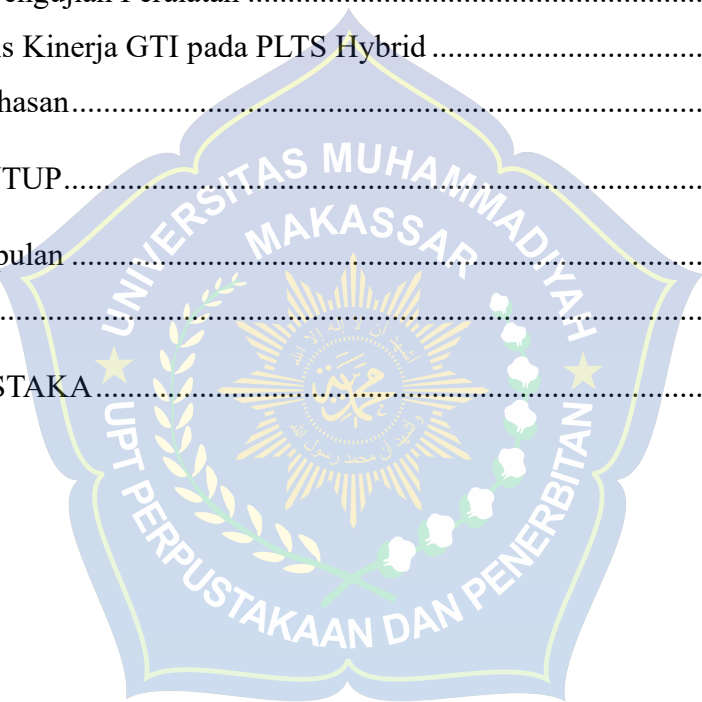
Makassar, 23 Agustus 2025

Penulis

DAFTAR ISI

SAMPUL	i
HALAMAN JUDUL.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
ABSTRAK.....	v
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL.....	xii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah	3
C. Tujuan Penelitian.....	3
D. Manfaat Penelitian.....	3
E. Batasan Masalah	4
F. Sistematika Penulisan	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	6
A. Pembangkit Tenaga Hybrid.....	6
B. Pembangkit Listrik Tenaga Surya	6
C. Grid Tie Inverter.....	10
D. Generator Sinkron	12
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	16
A. Waktu dan Tempat Penelitian.....	16

B. Alat dan Bahan.....	16
C. Metode Penelitian	17
D. Prosedur Penelitian	18
E. Bagan Alur	20
F. Cara Kerja	22
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	25
A. Hasil Perancangan.....	25
B. Hasil Pengujian Peralatan	28
C. Analisis Kinerja GTI pada PLTS Hybrid	32
D. Pembahasan.....	32
BAB V PENUTUP.....	33
A. Kesimpulan	33
B. Saran	33
DAFTAR PUSTAKA.....	34
LAMPIRAN	

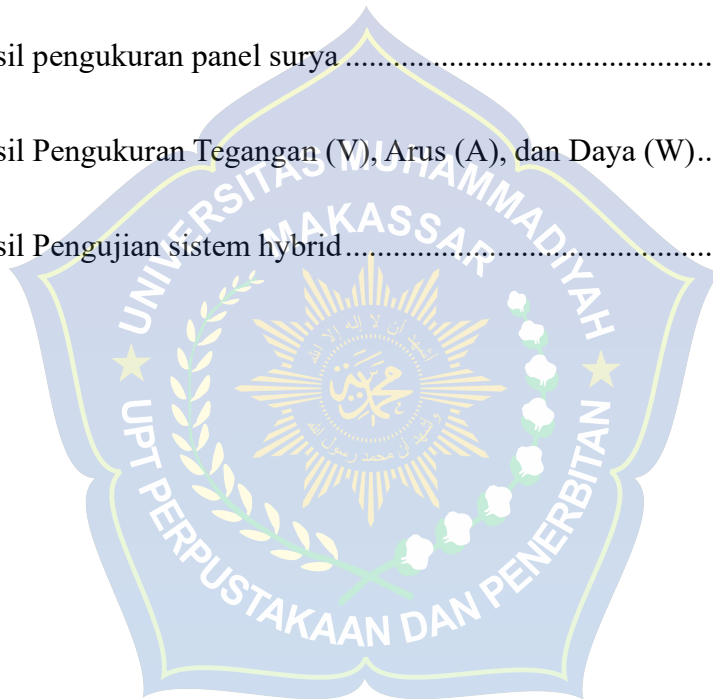


DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Proses Konversi pada Solar Cell	7
Gambar 2.2 Solar Cell Jenis Monokristal	8
Gambar 2.3 Sel Surya Jenis Polikristal	9
Gambar 2.4 Sel Surya Jenis TFSC	10
Gambar 2.5 Proses Pembangkitan GGL	13
Gambar 2.6 Rangkaian ekivalen generator sinkron	15
Gambar 3.1 Diagram Blok Perancangan Sistem	17
Gambar 3.2 Bagan Alur	20
Gambar 4.1 Skema Perancangan Sistem Pembangkit Hybrid	25

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Perbandingan Penelitian kami dengan Penelitian yang Lain	24
Tabel 4.1 Spesifikasi Sel Surya	27
Tabel 4.2 Spesifikasi Genset satu fasa	27
Tabel 4.3 Spesifikasi Grid Tie Inverter	28
Tabel 4.4 Hasil pengukuran panel surya	29
Tabel 4.5 Hasil Pengukuran Tegangan (V), Arus (A), dan Daya (W).....	30
Tabel 4.6 Hasil Pengujian sistem hybrid.....	3



BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Kebutuhan energi listrik yang terus meningkat menuntut adanya pengembangan sumber energi alternatif yang andal, efisien, dan ramah lingkungan. Salah satu solusi yang banyak dikembangkan adalah sistem pembangkit listrik *hybrid*, yang memadukan energi terbarukan dengan energi konvensional. Energi surya melalui *solar cell* (fotovoltaik) menjadi pilihan utama karena ketersediaannya melimpah dan ramah lingkungan. Namun, *solar cell* sangat dipengaruhi oleh kondisi intensitas cahaya matahari, sehingga daya *output* yang dihasilkan dapat berfluktuasi, terutama saat cuaca mendung atau sinar matahari redup.

Untuk mengatasi keterbatasan tersebut, sistem *hybrid* dengan memadukan *solar cell* dan genset (generator set) menjadi alternatif yang efektif. Genset berfungsi sebagai sumber cadangan ketika daya dari *solar cell* tidak mencukupi kebutuhan beban. Agar kedua sumber energi ini dapat digunakan secara bersama-sama dan efisien, dibutuhkan *Grid Tie Inverter* (GTI) sebagai perangkat sinkronisasi. GTI memungkinkan integrasi antara *solar cell*, genset, maupun jaringan listrik dengan menjaga kesesuaian frekuensi, tegangan, dan *fase*

Dalam konteks skala Laboratorium di Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Makassar harus menerima jaringan listrik daya besar maupun daya kecil, penelitian mengenai kinerja sistem *hyrbid* ini penting dilakukan.

Laboratorium Teknik Elektro Unismuh Makassar sebagai tempat kegiatan praktikum dan penelitian terkhususnya pada jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar. Dalam hal ini, Laboratorium membutuhkan suplai listrik yang stabil dalam hal ini membutuhkan energi daya besar maupun daya kecil untuk menunjang kegiatan akademik. Namun, sering kali terjadi pemadaman atau ketidakstabilan pasokan yang dihasilkan listrik dari PLN yang dapat mengganggu setiap proses pembelajaran dan penelitian. Oleh karena itu, pengembangan modul pembangkit *hybrid solar cell* dengan genset bisa menjadi sangat relevan dan aplikatif untuk memenuhi kebutuhan energi mandiri di lingkungan laboratorium baik daya besar maupun daya kecil. Evaluasi ini akan memberikan gambaran mengenai keandalan sistem *hyrbid* dalam menyediakan suplai listrik yang stabil, meskipun ketika daya besar maupun daya kecil dalam kondisi sumber energi terbarukan berubah – ubah.

Berbagai penelitian sebelumnya telah dilakukan terkait pemanfaatan sistem *hybrid PV–genset*. Seperti pada penelitian oleh Amin dkk. (2021) mengenai pembangkit listrik *hybrid solar cell–genset* di daerah pedesaan, menunjukkan penghematan konsumsi bahan bakar genset hingga 40% dengan adanya dukungan energi surya. Penelitian lain oleh Rahman (2022) merancang sistem *hybrid PV–genset* untuk perumahan, dan hasilnya mampu meningkatkan keandalan suplai listrik ketika terjadi pemadaman PLN. Namun, sebagian besar penelitian tersebut dilakukan pada skala perumahan atau

masyarakat umum, belum difokuskan pada lingkungan laboratorium pendidikan.

B. Rumusan Masalah

Dalam tugas akhir ini akan dilakukan rumusan masalah mengenai pembangkit listrik *hybrid solar cell* dengan genset (Generator Set) pada Laboratorium Unismuh Makassar sebagai berikut :

1. Bagaimana kinerja pembangkit listrik *hybrid* daya kecil *solar cell* dengan genset menggunakan *Grid Tie Inverter* untuk sinkronisasi ?
2. Bagaimana Cara mengevaluasi daya *output solar cell* pada kondisi sinar matahari terang dan redup ?

C. Tujuan Penelitian

Tujuan Penulisan ini adalah sebagai berikut :

1. Dapat Memahami kinerja pembangkit listrik sistem *hybrid solar cell* dengan genset dalam keadaan daya kecil dengan menggunakan *Grid Tie Inverter* untuk sinkronisasi
2. Dapat Mengetahui cara mengevaluasi daya *output solar cell* pada kondisi sinar matahari terang dan redup.

D. Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah :

1. Agar lebih mengerti kinerja sistem pembangkit listrik sistem *hybrid solar cell* dengan genset dalam keadaan daya kecil menggunakan *Grid Tie Inverter*
2. Agar dapat mengetahui sinkronisasi pada *Grid Tie Inverter*

3. Agar dapat mengetahui daya yang dihasilkan dari *solar cell* pada kondisi sinar terang dan redup

E. Batasan Masalah

Agar Penelitian ini lebih terarah dan sesuai dengan tujuan, maka batasan masalah ditetapkan sebagai berikut :

1. Menganalisis kinerja pembangkit listrik *hybrid* daya kecil solar cell dengan genset menggunakan *Grid Tie Inverter* sebagai sinkronisasi
2. Pembahasan hanya mencakup perancangan, perakitan, dan pengujian kinerja listrik dasar (Tegangan, Arus, Daya, dan Efisiensi).
3. Sistem ini dirancang dalam skala laboratorium bukan untuk kebutuhan skala besar

F. Sistem Penulisan

Adapun sistematika yang digunakan dalam penyusunan Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut :

BAB I. PENDAHULUAN

Dalam bab ini berisikan mengenai latar belakang, rumusan masalah, tujuan penulisan, batasan masalah, manfaat penelitian serta sistem.

BAB II. TINJAUAN PUSTAKA

Berisikan tentang pokok pembahasan teori atau materi yang mendasari dalam pelaksanaan penelitian ini.

BAB III. METODOLOGI PENELITIAN

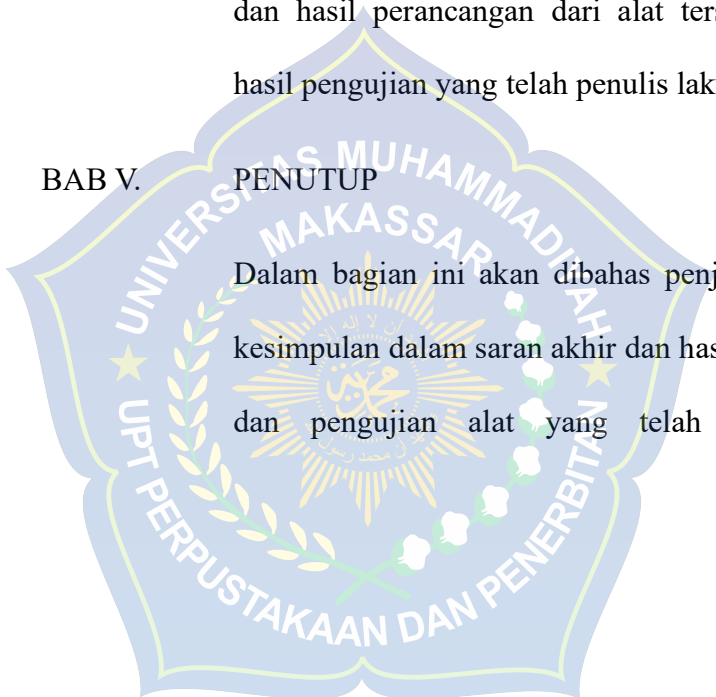
Berisikan tentang pelaksanaan penelitian serta metode yang diterapkan dalam tugas akhir ini.

BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam bab ini akan dibahas tentang perancangan dan hasil perancangan dari alat tersebut, serta hasil pengujian yang telah penulis lakukan.

BAB V. PENUTUP

Dalam bagian ini akan dibahas penjelasan atau kesimpulan dalam saran akhir dan hasil perakitan dan pengujian alat yang telah dilakukan.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Pembangkit tenaga Hybrid

Pengertian *hybrid* pada umumnya adalah penggunaan dua atau lebih pembangkit listrik dengan sumber energi yang berbeda. Tujuan utama dari sistem *hybrid* pada dasarnya adalah berusaha menggabungkan dua atau lebih sumber energi (sistem pembangkit) sehingga dapat saling menutupi kelemahan masing-masing dan dapat dicapai keandalan supply dan efisiensi ekonomis pada beban tertentu. Sistem *hybrid* atau pembangkit listrik tenaga *hybrid* merupakan salah satu alternatif sistem pembangkit yang tepat diaplikasikan pada daerah-daerah yang sukar dijangkau oleh sistem pembangkit besar seperti jaringan PLN atau PLTD. (Banartama dkk., 2010).

Salah satu pembangkit listrik tenaga *hybrid* yang bisa digunakan yaitu penggabungan antara radiasi cahaya matahari dan Genset. Sistem *hybrid* ini menggunakan dua alat pengkonversi energi yaitu *solar cell* sebagai pengkonversi radiasi cahaya matahari dan Genset, dimana Genset tersebut akan menghasilkan energi mekanik yang dikonversi melalui generator menjadi energi listrik.

B. Pembangkit Listrik Tenaga Surya

B.1 Solar cell

Solar cell (Sel Surya) merupakan suatu perangkat yang dapat mengubah sinar matahari menjadi energi listrik dengan menggunakan prinsip efek *photovoltaic*. Menurut seorang ahli fisika berkebangsaan Prancis *Bacquere*

tahun 1839, Apabila sebuah logam dikenai suatu cahaya dalam bentuk foton dengan frekuensi tertentu, maka energi kinetik dari foton akan menembak keatom-atom logam tersebut (Asmara dan Salmawati, 2018).

Secara sederhana *solar cell* terdiri dari sambungan bahan semi konduktor bertipe p dan n (*p-n junction* semikonduktor) yang jika tertimpa sinar matahari maka akan terjadi aliran elektron, aliran elektron inilah yang disebut sebagai aliran listrik (Nardi dan Harianto, 2011). Salah satu bahan semikonduktor yang biasa digunakan sebagai sel surya adalah kristal silikon. Bahan semikonduktor tersebut akan menyerap cahaya matahari yang mengenai sel *photovoltaic* sehingga menyebabkan terjadinya aliran elektron.



Gambar 2.1 Proses Konversi pada *Solar cell*

Agar dapat memperoleh sejumlah tegangan atau arus listrik yang dikehendaki, maka umumnya masing-masing sel surya dikaitkan satu sama lainnya baik secara seri maupun paralel untuk membentuk satu rangkaian PV yang biasa disebut dengan modul. Sebuah modul PV umumnya terdiri dari 36 sel surya atau 33 sel, dan 72 sel. Beberapa modul PV dihubungkan untuk membentuk rangkaian tertentu yang disebut PV panel, sedangkan jika berderet-

deret modul PV dihubungkan secara baris dan kolom disebut PV *array*. Hubungan seri pada sel surya akan memberikan efek variasi tegangan yang tinggi sedangkan rangkaian paralel untuk memberikan efek variasi arus.

B.2 Jenis- Jenis *Solar cell*

Jenis-jenis sel surya digolongkan berdasarkan teknologi pembuatannya. Secara garis besar sel surya dibagi dalam tiga jenis, yaitu :

1. Monokristal (*Mono-crystalline*)

Sel surya jenis *monocrystalline* ini dibuat dari silikon kristal tunggal yang didapat dari peleburan silikon dalam bentukan bujur. Material silikon ini diiris tipis menggunakan teknologi khusus. Dengan digunakannya teknologi inilah, kepingan sel surya yang dihasilkan akan identik satu sama lainnya dan memiliki kinerja tinggi. Sel surya jenis ini dapat dibuat setebal 200 mikron, dengan nilai efisiensi sekitar 24% (Alfatiha dkk, 2009). Namun kekurangan dari jenis ini adalah akan bekerja maksimal saat cahaya matahari sedang dalam intensitas yang tinggi. Namun setelah itu, apabila intensitas cahaya berkurang maka kinerjanya akan menurun secara drastis. Biaya sel surya ini juga lebih mahal dibandingkan dengan jenis sel surya yang lain.



Gambar 2.2 *Solar Cell* Jenis Monokristal
(Sumber : Suryautamaputra.co.id)

2. Polikristal (*Polv-crystalline*)

Sel surya jenis ini dibuat dari beberapa batang kristal silikon yang dicairkan, setelah itu dituang dalam cetakan yang berbentuk persegi kemudian dilakukan pendinginan perlahan untuk mendapatkan bahan campuran silikon yang akan timbul diatas lapisan silikon. Sel ini memiliki efektivitas 18%. Pada aplikasinya,



Gambar 2.3 Sel Surya Jenis Polikristal
(Sumber : www.greenoptimistic.com)

sel surya ini akan tetap bekerja saat intensitas matahari menurun atau dalam keadaan mendung. Jadi energi yang di hasilkan akan lebih kontinyu walaupun intensitas sinar matahari tidak konstan.

1. TFSC (*Thin Film Solar Cell*)

Jenis sel surya ini dibuat dengan cara menambahkan sel surya tipis kedalam sebuah lapisan dasar. Karena bentuknya tipis, jadi panel surya ini sangat ringan dan fleksibel. Ketebalan lapisannya bisa diukur mulai dari nanometers hingga mikrometers. Ada 3 jenis sel surya, tipe ini dibedakan berdasarkan materialnya. yaitu, Amorphous Silicon (a-Si) *Solar cell* yang terbuat dari Amorphous Silicon, Cadmium Telluride (CdTe) *Solar cell* yang terbuat dari bahan Cadmium Telluride, dan Copper Indium Gallium Selenide (CIGS) *Solar cell* yang terbuat dari bahan Copper Indium Gallium Selenide merupakan yang paling efisien dibanding dua lainnya dan juga tidak

mengandung bahan yang berbahaya yaitu Cadmium seperti yang terdapat pada sel surya CdTe (Haryanto, 2018).



Gambar 2.4 Sel Surya Jenis TFSC
(Sumber : suryautamaputra.co.id)

C. Grid Tie Inverter

Mengenal *Inverter Grid-Tied*: Prinsip Kerja dan Keuntungannya

Adalah perangkat elektronik yang bertugas mengubah arus searah (DC) yang dihasilkan oleh panel surya menjadi arus bolak-balik (AC) yang dapat langsung digunakan oleh rumah tangga atau dikirimkan kembali ke jaringan listrik umum. Ini merupakan bagian krusial dari sistem tenaga surya, mengingat mayoritas peralatan rumah memerlukan arus AC. (Yee Atonergi 2021)

Prinsip Kerja *Grid Tie Inverter*

1. Panel Surya menghasilkan listrik DC.
2. *Grid Tie Inverter* mengubah DC (Arus Searah) menjadi AC (Arus Bolak-Balik) dengan frekuensi 50 Hz dan tegangan 220 V AC.
3. Inverter melakukan sinkronisasi dengan jaringan PLN Agar gelombang AC seirama (tegangan, frekuensi, dan fasa sama).

4. Energi yang dapat dihasilkan dapat digunakan untuk beban rumah / laboratorium dan kelebihan daya bisa diekspor ke jaringan PLN.

Komponen Utama *Grid Tie Inverter*

- Solar Panel / *Renewable Source* → menghasilkan DC.
- DC / DC Converter → mengatur tegangan DC agar stabil, melakukan *Maximum Power Point Tracking* (MPPT).
- DC / AC Inverter → mengubah DC ke AC.
- *Synchronization Unit* → menyamakan frekuensi dan fase dengan *grid*
- *Protection Unit* → mencegah *backfeed* listrik saat PLN padam (anti-islanding).

Keunggulan *Grid Tie Inverter*

- Efisiensi tinggi (90 – 98%)
- Tidak perlu baterai (hemat biaya)
- Ramah lingkungan, cocok untuk pemanfaatan *energy* surya
- Bisa mengurangi tagihan listrik dengan system

***Grid Tie Inverter* dalam Pengaplikasian**

Grid Tie Inverter dapat digunakan dirumah tangga untuk memanfaatkan panel surya dengan mengurangi biaya listrik PLN dan dapat digunakan

dilaboratorium kampus untuk penelitian dan pengembangan *energy* terbarukan.

D. Generator Sinkron

D.1 Pengertian Generator Sinkron

Generator sinkron adalah mesin sinkron yang mengkonversikan energi mekanik menjadi energi listrik. Dikatakan mesin sinkron karena jumlah putaran rotornya sama dengan jumlah putaran medan magnet pada stator. Generator bekerja berdasarkan prinsip kerja induksi elektromagnetik atau fluksi yang kemudian mengubah energi listrik. Azas generator yang bekerja berdasarkan : Hukum Induksi Faraday :

“Apabila jumlah garis gaya yang melalui kumparan diubah, maka gaya gerak listrik dinduksikan dalam kumparan itu (Ion, 2006). Besarnya gaya gerak listrik yang dinduksikan berbanding lurus dengan laju perubahan jumlah garis gaya melalui kumparan”.

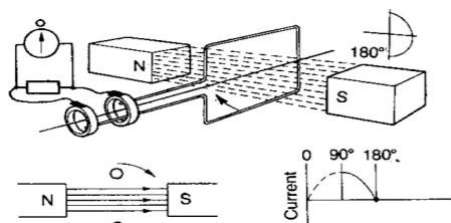
Rotor generator sinkron yang diputar dengan penggerak mula (*prime mover*) yang terdiri dari belitan medan dengan suplai arus searah akan menghasilkan medan magnet putar dengan kecepatan dan arah putar yang sama dengan putaran rotor tersebut (Chapman, 2012).

Medan putar yang dihasilkan pada rotor, akan diinduksikan pada kumparan jangkar sehingga pada kumparan jangkar yang terletak di stator akan dihasilkan fluks magnetik yang berubah-ubah besarnya terhadap waktu. Adanya perubahan fluks magnetik yang melingkupi suatu kumparan akan menimbulkan ggl induksi pada ujung-ujung kumparan tersebut.

D.2 Prinsip Kerja Generator Sinkron

Adapun prinsip kerja dari generator sinkron secara umum adalah Kumparan medan yang terdapat pada rotor dihubungkan dengan sumber eksitasi tertentu yang akan mensuplai arus searah terhadap kumparan medan. Dengan adanya arus searah yang mengalir melalui kumparan medan maka akan menimbulkan fluks yang besarnya terhadap waktu adalah tetap.

Penggerak mula (Prime Mover) yang sudah terkopel dengan rotor segera dioperasikan sehingga rotor akan berputar pada kecepatan nominalnya. Perputaran rotor tersebut sekaligus akan memutar medan magnet yang dihasilkan oleh kumparan medan. Medan putar yang dihasilkan pada rotor, akan diinduksikan pada kumparan jangkar sehingga pada kumparan jangkar yang terletak di stator akan dihasilkan fluks magnetik yang berubah- ubah besarnya terhadap waktu (Bandri, 2013). Adanya perubahan fluks magnetik yang melingkupi suatu kumparan akan menimbulkan ggl induksi pada ujung-ujung kumparan tersebut.



Gambar 2.5 Proses pembangkitan GGL

Sumber : (Chapman, 2012)

Untuk generator sinkron tiga fasa, digunakan tiga kumparan jangkar

yang ditempatkan di stator yang disusun dalam bentuk tertentu, sehingga susunan kumparan jangkar yang sedemikian akan membangkitkan tegangan induksi pada ketiga kumparan jangkar yang besarnya sama tapi berbeda fasa 120^0 satu sama lain.

D.3 Reaksi Jangkar Generator Sinkron

Saat generator sinkron bekerja pada beban nol tidak ada arus yang mengalir melalui kumparan jangkar (stator), sehingga yang ada pada celah udara hanya fluksi arus medan rotor (Bandri, 2013). Namun jika generator sinkron diberi beban, arus jangkar I_a akan mengalir dan membentuk fluksi jangkar. Fluksi jangkar ini kemudian mempengaruhi fluksi arus medan dan akhirnya menyebabkan berubahnya harga tegangan terminal generator sinkron. Reaksi ini kemudian dikenal sebagai reaksi jangkar.

Reaksi jangkar disebabkan oleh arus beban I yang mengalir pada kumparan jangkar, arus tersebut akan menimbulkan medan yang melawan medan utama sehingga seolah-olah jangkar mempunyai reaktansi sebesar X_a (Juhari, 2013). Reaktansi bocor X_L dan reaktansi karena reaksi jangkar X_a akan menimbulkan reaktansi sinkron sebesar X_S yang mengikuti persamaan sebagai berikut :

$$X_S = X_L + X_a \quad (2.1)$$

$$E = V + (R_a + jX_a) \quad (2.2)$$

dengan ;

E = GGL Jangkar (Volt)

V = Tegangan terminal (Volt)

I = Arus beban (Ampere)

R_a = Resistansi Jangkar (Ohm)

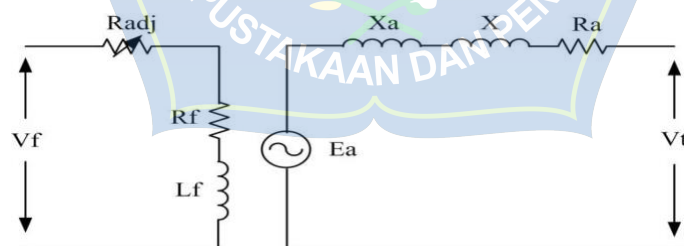
X_L = Reaktansi bocor (Ohm)

X_a = Reaktansi Jangkar (Ohm)

X_S = Reaktansi Sinkron (Ohm)

Pengaruh yang ditimbulkan oleh fluksi jangkar dapat berupa distorsi, penguatan (*magnetising*), maupun pelemahan (*demagnetising*) fluksi arus medan pada celah udara. Perbedaan pengaruh yang ditimbulkan fluksi jangkar tergantung kepada beban dan faktor daya beban.

D.4 Rangkaian Ekuivalen Generator Sinkron



Gambar 2.6 Rangkaian ekuivalen generator sinkron

Sumber : (Bandri, 2013)

Stator merupakan grup belitan jangkar yang terbuat dari tembaga. Belitan– belitan ini diletakkan pada alur – alur (slot), dimana suatu belitan konduktor akan mengandung tahanan (R) dan induktansi (L), maka belitan stator akan mengandung tahanan stator (R_a) dan induktansi sendiri (L_f) (Chapman, 2012).

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

A. Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Mei – Agustus 2025 di Laboratorium Teknik Elektro Unismuh Makassar Jl. Sultan Alauddin No. 259 dalam Wilayah Kampus Universitas Muhammadiyah Makassar.

B. Alat dan Bahan

1. Alat

1. Multimeter,
2. Clamp meter,
3. Tang
4. Obeng Plus - Mines
5. Solder,
6. Panel Holder,

2. Bahan

1. Panel Surya 100Wp,
2. Grid Tie Inverter 1000W,
3. Charger controller MPPT,
4. Genset,
5. Kabel DC / AC,
6. MCB, dll

C. Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan rekayasa (*engineering research*) dengan metode rancang bangun (*design and build*) yang bertujuan untuk merancang dan merealisasikan sistem pembangkit listrik *hybrid* antara *solar cell* dan genset untuk memenuhi kebutuhan energi di laboratorium Unismuh Makassar dengan daya kecil maupun daya besar sebagai alat penunjang penelitian.

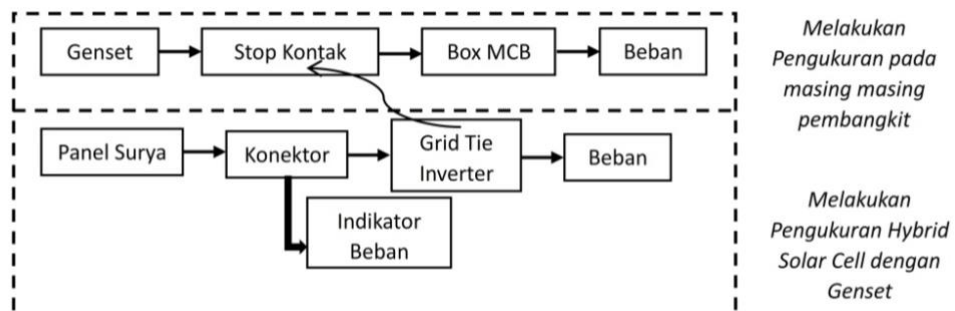
a. Studi Literatur

Mengumpulkan referensi terkait sistem pembangkit listrik tenaga surya, sistem *hybrid solar*-genset, karakteristik beban laboratorium, serta teknologi inverter dan sistem control.

b. Perancangan Sistem :

Rancang bangun modul pembangkit *hybrid solar cell* dengan genset menggabungkan *solar cell* dengan genset tanpa menggunakan media penyimpanan baterai. Sistem ini dirancang untuk mengilustrasikan penggunaan *grid tie inverter* yang langsung menyuplai energi ke beban. Alur kerja sistem menjelaskan sebagai berikut :

Blok Diagram Perancangan Sistem :



Gambar 3.1 Diagram Blok Perancangan

Dengan konfigurasi ini, *system hybrid* mampu mengoptimalkan pemanfaatan energy surya pada saat tersedia, sekaligus tetap andal karena adanya dukungan genset ketika energy matahari tidak mencukupi.

D. Prosedur Penelitian

- **Tahap Persiapan**

1. Mendeskripsikan model sistem pembangkit listrik *hybrid solar cell* dengan genset dalam kinerja maupun daya kecil dan besar
2. Membeli perlengkapan dan alat yang digunakan
3. Menyiapkan instrumen alat ukur

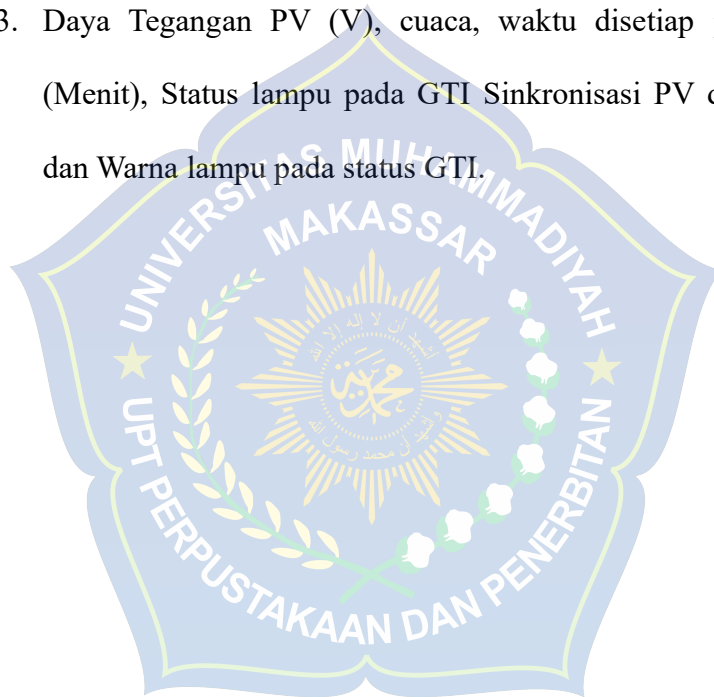
- **Tahap Pelaksanaan**

1. Mengambilan data penelitian ini dilaksanakan pada pukul 10.00 – 16.00 WITA
2. Saat memulai (*running*), papan solar panel beban itu akan menyala pada beban lampu dengan terang
3. Mengukur arus, tegangan keluaran dan intensitas energi cahaya matahari dengan menggunakan multimeter dan lux meter atau light meter setiap 5 menit dari pukul 10.00 – 16.00 WITA.
4. Saat memulai (*running*), genset akan aktif ketika cahaya matahari pada *solar cell* tidak dapat mampu menyuplai listrik, kemudian genset-lah yang akan *memback up* suplai listrik beban
5. Mengukur arus, output tegangan, Daya listrik, Faktor daya, *Frekuensi* (Hz) dengan menggunakan *Watt Meter AC KWH* dan multimeter setiap 5 menit dari pukul 10.00 – 16.00 WITA.

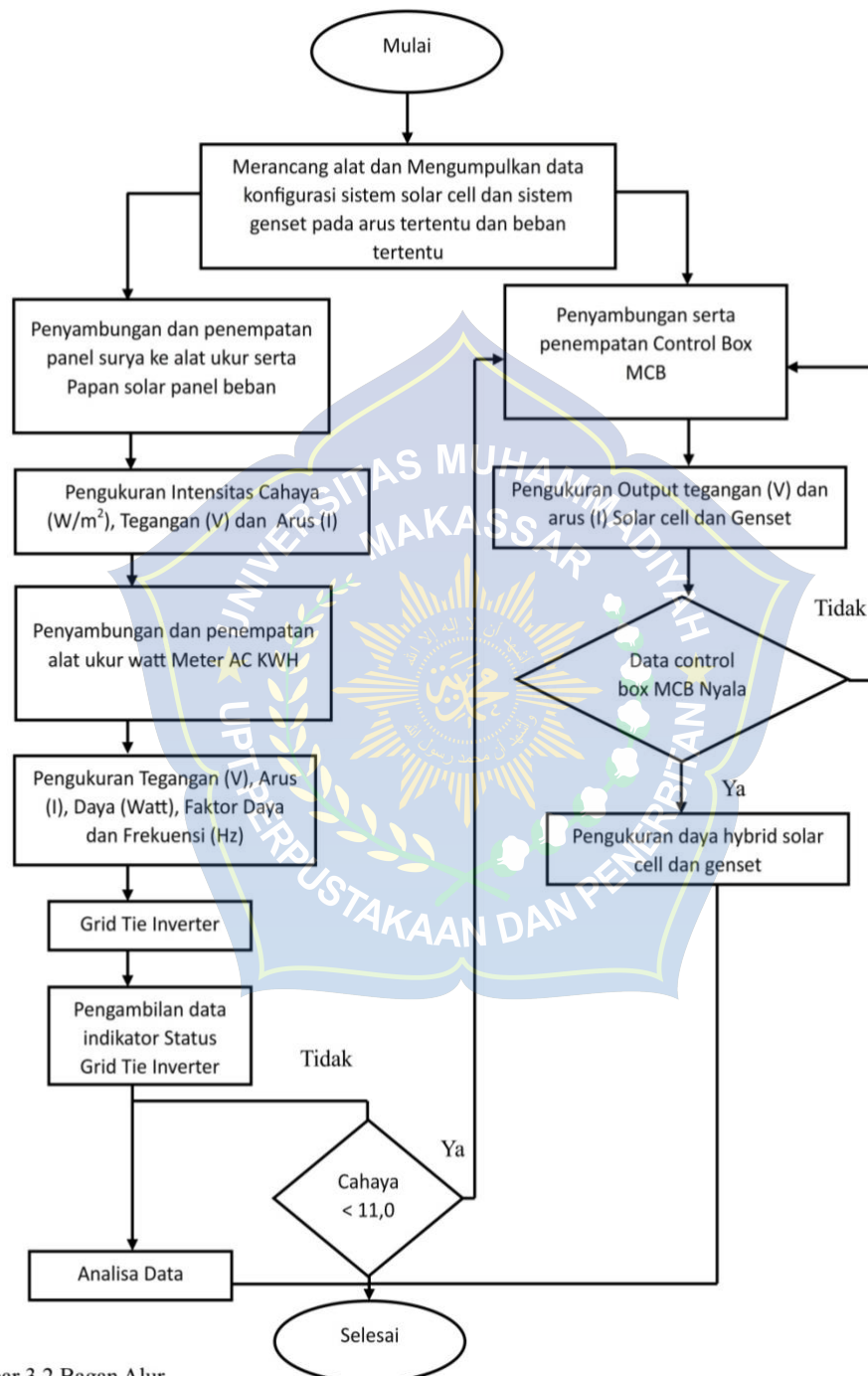
- **Tahap Analisis Data**

Analisis data adalah menganalisis semua data yang diperoleh. Data yang diperoleh antara lain :

1. Daya yang dihasilkan pada sistem pembangkit *solar cell*
2. Arus, Output tegangan, Daya listrik, faktor daya, frekuensi (Hz) pada pembangkit listrik genset.
3. Daya Tegangan PV (V), cuaca, waktu disetiap perpindahan (Menit), Status lampu pada GTI Sinkronisasi PV dengan Grid dan Warna lampu pada status GTI.



E. Bagan Alur



Gambar 3.2 Bagan Alur

Gambar 3.2 Bagan Alur

Pada bagan alur ini, sumber energi berasal dari dua sisi yaitu panel surya dan genset

- Panel Surya

Panel Surya menangkap energi matahari dan menghasilkan arus searah (DC), kemudian panel surya menyuplai ke *Grid Tie Inverter* untuk diubah menjadi listrik arus bolak – bolak (AC) yang sesuai dengan kebutuhan beban. Setelah itu kami mengambil data dengan mengukur tegangan dan arus pada beban

- Genset

Genset menghasilkan arus listrik AC secara langsung. Pada siang hari beban lebih banyak disuplai oleh panel surya sedangkan genset berfungsi sebagai cadangan atau pendukung ketika daya pada panel surya tidak mencukupi.

Bagan alur rancang bangun modul pembangkit hybrid solar cell dengan genset pada Laboratorium Unismuh Makassar terdiri atas dua sumber energi utama, yaitu panel surya dan genset. Panel surya berfungsi mengubah energi radiasi matahari menjadi energi listrik arus searah (DC), kemudian melalui *grid tie inverter* dikonversi menjadi arus bolak-balik (AC) yang sesuai dengan parameter beban. Di sisi lain, genset menghasilkan energi listrik AC secara langsung. Kedua sumber energi ini dialirkan ke beban. Dalam operasinya, suplai energi prioritas berasal dari panel surya pada kondisi siang hari, sedangkan genset berperan sebagai sumber cadangan atau utama ketika daya dari panel surya tidak mencukupi.

F. Cara Kerja

1. Cara kerja sistem *hybrid solar cell* dengan genset

Sistem *hybrid* ini dirancang untuk menyuplai kebutuhan listrik laboratorium dengan dua sumber energi, yaitu panel surya (*solar cell*) dan genset. Tujuan utamanya adalah memaksimalkan pemanfaatan energi terbarukan dari matahari dan menjadikan genset sebagai sumber cadangan.

2. Pembangkit Utama : Panel Surya

Panel surya mengubah energi matahari menjadi listrik DC. Energi dari panel surya dialirkan ke *solar charge controller* (MPPT/PWM) untuk mengatur pengisian ke baterai dan menjaga kestabilan tegangan. Energi yang tersimpan di baterai kemudian diubah menjadi arus AC oleh inverter, lalu disuplai ke beban laboratorium.

3. Genset sebagai Backup

Genset dinyalakan secara otomatis/manual saat baterai lemah atau saat cuaca mendung berkepanjangan. Listrik dari genset langsung digunakan untuk beban atau juga dapat mengisi ulang baterai melalui *charger*.

4. Otomatisasi *Switching*

Sistem menggunakan relay otomatis atau ATS (*Automatic Transfer Switch*) untuk beralih dari solar ke genset tanpa gangguan ke beban. Setelah baterai kembali terisi atau cuaca cerah, sistem kembali beralih ke mode solar sebagai sumber utama.

5. Proteksi Sistem

Dilengkapi dengan MCB dan fuse untuk melindungi perangkat dari arus

lebih atau korsleting. Sensor suhu dan *voltase* juga dapat ditambahkan untuk mematikan sistem jika terjadi *overheat* atau *overvoltage*. Dengan sistem ini, laboratorium tetap dapat beroperasi walaupun terjadi gangguan pada salah satu sumber energi, serta lebih hemat energi karena mengandalkan tenaga surya.

6. Proteksi Keselamatan Kerja

1. Penyambungan serta penempatan control box MCB dipasang di dalam control box MCB untuk mengurangi keselamatan listrik
2. Menggunakan sarung tangan dan sepatu safety sebagai alat pelindung diri (APD)



Tabel 3.1 Perbandingan Penelitian kami dengan penelitian yang lain.

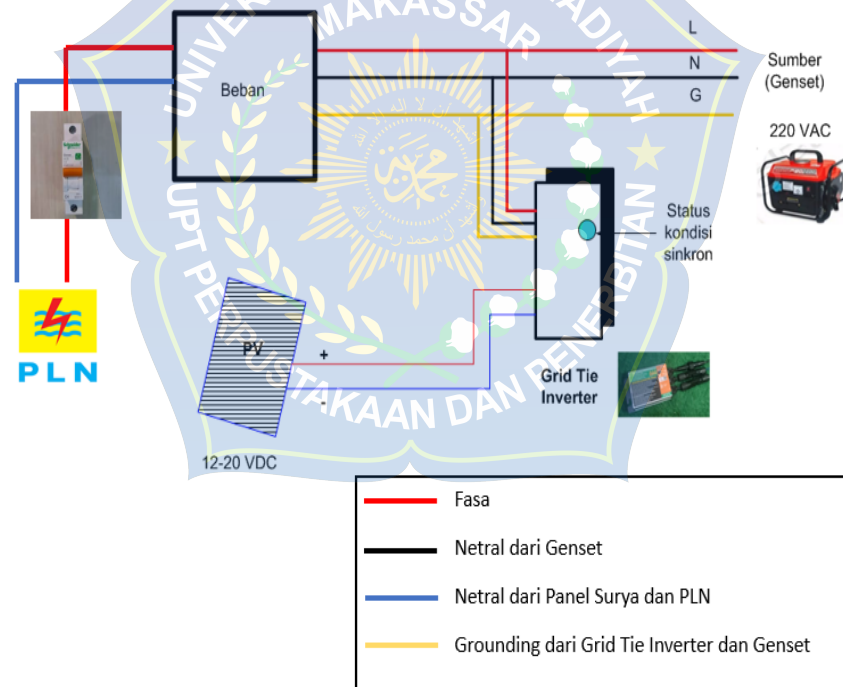
No.	Judul Penelitian	Nama Peneliti/Tahun	Sasaran dan Metodologi	Perbedaan dengan Skripsi Kami
1.	Rancang Bangun Modul Pembangkit Hybrid Solar Cell dengan Genset Pada Laboratorium Unismuh Makassar	Muhammad Bayu Saputra dan Hasmirandi Gusti / 2025	Perancangan modul pembangkit hybrid solar cell dengan genset di laboratorium Unismuh Makassar	Konteks laboratorium skala kecil, bertujuan sebagai penelitian tugas akhir kami.
2.	Pemanfaatan system hybrid PV-genset didaerah pedesaan	Amin / 2021	Pemanfaatan mengenai pembangkit hybrid solar cell-genset didaerah pedesaan.	Skala penghematan konsumsi bahan bakar genset hingga 40% dengan adanya dukungan energy surya.
3.	Merancang system hybrid PV-genset untuk perumahan	Rahman / 2022	Diperumahan untuk meningkatkan keandalan suplai listrik ketika terjadi pemadaman PLN.	Skala perumahan atau masyarakat umum, belum difokuskan pada lingkungan laboratorium

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Perancangan

Rancang bangun modul pembangkit *hybrid solar cell* dengan genset menggabungkan *solar cell* dengan genset tanpa menggunakan media penyimpanan baterai. Sistem ini dirancang untuk mengilustrasikan penggunaan *gried tie inverter* yang langsung menyuplai ke beban. Adapun gambar perancangan *solar cell* dengan genset sebagai berikut :



Gambar 4.1 Skema perancangan sistem pembangkit *hybrid*

Berikut cara penjelasan dari gambar 4.1 yaitu :

Gambar rancang bangun modul pembangkit *hybrid solar cell* dengan genset pada Laboratorium Unismuh Makassar menunjukkan integrasi dua sumber energi, yaitu panel surya (*solar cell*) dan genset, yang digabungkan melalui sistem kontrol dan penyimpanan energi untuk menyuplai beban penelitian.

Pada bagian panel surya, energi cahaya matahari dikonversi menjadi listrik arus searah (DC) kemudian dialirkan ke *grid tie inverter*. *Grid tie inverter* berfungsi mengubah listrik arus searah (DC) dari panel surya menjadi listrik arus bolak balik (AC) sehingga dapat digunakan untuk menyuplai beban penelitian.

Apabila intensitas cahaya matahari tidak mencukupi, maka sistem akan secara otomatis mengaktifkan genset melalui modul *Automatic Transfer Switch* (ATS). Genset berfungsi sebagai sumber energi cadangan untuk memastikan kontinuitas suplai listrik ke beban.

Dengan demikian, sistem ini dirancang agar beban tetap mendapatkan pasokan listrik secara berkelanjutan, baik dari *solar cell*, maupun genset.

Rancang bangun modul pembangkit *hybrid solar cell* dengan genset menggabungkan *solar cell* dengan genset tanpa menggunakan media penyimpanan baterai. System ini dirancang untuk mengilustrasikan penggunaan *grid tie inverter* yang langsung menyuplai energi ke beban. Alur kerja sistem menjelaskan sebagai berikut :

1. Panel Surya atau *solar cell* menghasilkan listrik arus searah (DC) dari energi cahaya matahari

2. *Grid Tie Inverter* berfungsi mengubah arus DC dari panel surya menjadi arus bolak – balik (AC). Energi listrik dari panel surya dapat langsung digunakan untuk menyuplai beban.
3. *Automatic Transfer Switch* (ATS) dan Genset ketika energi dari panel surya tidak mencukupi, system otomatis akan beralih ke genset melalui ATS. Genset menjadi sumber cadangan untuk menjamin pasokan listrik tetap berkelanjutan ke beban penelitian.

1. Sel Surya

Tabel 4.1 Spesifikasi Sel Surya

Tipe	Polycrystalin
Daya Puncak	190 W
Tegangan Nominal	12- 20V DC
Arus Maksimum	11,1 A

2. Genset satu fasa

Tabel 4.2 Spesifikasi genset satu fasa

Daya	800 W
Tegangan (V)	180- 220 VAC
Frekuensi (Hz)	48-53 Hz
Bahan bakar	Pertalite + oli mesin

3. Grid Tie Inverter

Tabel 4.3 Spesifikasi *Grid Tie Inverter*

Model	GMIL-120
Data Input (DC, PV)	
MPPT (Max power point tracking)	12,5 V – 25 V
Tegangan operasi DC	10,8 V – 30 V
Tegangan input maksimum PV	30 V
Tegangan input minimum PV	10,8 V
Daya Input Maksimum GTI	120 Watt
Arus Input Maksimum	7,5 A
Data Output (AC)	
Tegangan Grid Satu Fase Maksimum	230 V
Daya Output Maksimum	110 Watt
Arus Output Nominal	0,43 A
Frekuensi Output Nominal	50 Hz

4.2 Hasil Pengujian Peralatan

Prosedur Cara pengujian sebagai berikut :

Mempersiapkan sel surya kemudian memasang input kabel sel surya ke konektor, setelah itu disambungkan ke beban. Kabel Input dari *Grid Tie Inverter* disambung ke beban sehingga dapat mengetahui status warna lampu pada *Grid Tie Inverter*. Setelah itu output grid tie inverter disambungkan ke genset ketika cuaca lagi mendung dan di backup oleh genset. Dan mengumpulkan data tegangan (V), Arus (A), Daya (W), Faktor Daya, dan Frekuensi (Hz)

4.2.1 Pengujian Panel Surya (tanpa GTI)

Pengujian panel surya dilakukan untuk mengetahui kemampuan modul dalam menghasilkan energi listrik pada kondisi intensitas cahaya berbeda (Pagi, Siang dan Sore). Parameter yang diukur meliputi tegangan (V), Arus (A), Daya (W), dan Intensitas Cahaya.

Tabel 4.2.1 Hasil Pengukuran Panel Surya (tanpa GTI)

Waktu	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (W)	Intensitas Cahaya
10 : 00 WITA	20,5	0,50	10.25	Terang
12 : 00 WITA	20,7	0,49	10.143	Terang
14 : 00 WITA	8,6	0,00	0	Mendung
16 : 00 WITA	13,0	0,00	0	Mendung

Hasil menunjukkan bahwa pada siang hari panel surya menghasilkan daya maksimum lebih tinggi dibandingkan pagi dan sore, sesuai teori bahwa keluaran panel surya dipengaruhi intensitas cahaya matahari.

4.2.2 Pengujian Genset

Pengujian genset dilakukan dengan beban lampu. Parameter yang diukur adalah Tegangan (V), Arus (A), Daya (W), Faktor Daya, dan Frekuensi (Hz).

- Tegangan : AC 220 Volt
- Frekuensi Stabil : 50 Hz
- Konsumsi bahan bakar : 5 Liter untuk 6 jam pemakaian

Tabel 4.2.2 Hasil Pengukuran Tegangan (V), Arus (A), dan Daya (W)

No	Beban	Pengukuran				
		Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (W)	Faktor Daya	Frekuensi (Hz)
1.	Hanya satu lampu	226,9	0,414	48,9	0,81	54
2.	2 lampu	229,2	0,325	81,0	0,72	53

Output genset *relative* stabil mendekati 220 V dan frekuensi 50 Hz. Namun pada beban lebih besar mendekati kapasitasnya, terjadi sedikit penurunan tegangan

4.2.3 Pengujian PLTS Hybrid

Pengujian PLTS *hybrid* genset dan PV dengan beban lampu AC. *Grid Tie Inverter* (GTI) diuji untuk melihat kemampuan melakukan sinkronisasi dengan jaringan genset. Parameter yang diamati meliputi Tegangan PV (V), Cuaca, Waktu Perpindahan (Menit), Status Lampu pada GTI, dan warna lampu pada status GTI

Tabel 4.2.3 Hasil Pengujian system hybrid

Waktu	Tegangan PV (V)	Cuaca	Waktu Perpindahan (Menit)	Status lampu pada GTI Sinkronisasi PV dengan Grid	Warna Lampu pada Status GTI
10:00 WITA	21,6	Terang	5 Menit	ON (green)	●
	20,7	Terang	5 Menit	ON (green)	●
	20,5	Terang	5 Menit	ON (green)	●
	20,3	Terang	5 Menit	ON (green)	●
	19,8	Terang	5 Menit	ON (green)	●
	13,0	Terang	5 Menit	ON (green)	●
	21,0	Terang	5 Menit	ON (green)	●
12:00 WITA	13,0	Terang	5 Menit	ON (green)	●
	12,2	Terang	5 Menit	ON (green)	●
	6,5	Mendung	5 Menit	OFF (red)	●
	6,4	Mendung	5 Menit	OFF (red)	●
	6,1	Mendung	5 Menit	OFF (red)	●
	6,1	Mendung	5 Menit	OFF (red)	●
	5,8	Mendung	5 Menit	OFF (red)	●
14:00 WITA	10,8	Mendung	5 Menit	OFF (red)	●
	8,6	Mendung	5 Menit	OFF (red)	●
	8,7	Mendung	5 Menit	OFF (red)	●
	5,7	Mendung	5 Menit	OFF (red)	●
	5,7	Mendung	5 Menit	OFF (red)	●
	6,2	Mendung	5 Menit	OFF (red)	●
	8,6	Mendung	5 Menit	OFF (red)	●
16:00 WITA	9,1	Mendung	5 Menit	OFF (red)	●
	9,1	Mendung	5 Menit	OFF (red)	●
	8,6	Mendung	5 Menit	OFF (red)	●
	8,7	Mendung	5 Menit	OFF (red)	●
	7,6	Mendung	5 Menit	OFF (red)	●
	6,8	Mendung	5 Menit	OFF (red)	●
	6,2	Mendung	5 Menit	OFF (red)	●

Keterangan :

- Lampu Merah pada *Grid Tie Inverter* menunjukkan adanya kondisi input
- tegangan yang tidak normal lampu hijau pada *Grid Tie Inverter* menunjukkan kondisi pada tegangan Input normal dan stabil

Grid Tie Inverter (GTI) berhasil melakukan sinkronisasi dengan jaringan ketika tegangan sekitar 230 V dan frekuensi 50 Hz. Waktu sinkronisasi rata – rata 5 menit setelah sistem dinyalakan. Hasil pengujian efisiensi *grid tie inverter* dilakukan dengan menyalakan beban secara bertahap untuk melihat respon GTI.

4.3 Analisis Kinerja GTI pada PLTS Hybrid

Berdasarkan hasil pengujian yang dicantumkan dalam dalam table 4.1 proses sinkronisasi antara PV dengan grid/ tegangan genset terjadi jika tegangan output PV diatas 10,8 V. Jika proses sinkronisasi terjadi ini berarti suplai daya ke beban dipasok dari dua sumber yaitu : genset dan sel surya. Berdasarkan tabel 4.3 hasil pengujian PLTS *hybrid*, dengan menggunakan modul GTI maka sinkronisasi antara dua sumber dilakukan pada tegangan PV 13,0 V ke atas.

4.4 Pembahasan

1. Panel surya mampu menghasilkan daya maksimum pada siang hari dengan intensitas cahaya tinggi sedangkan output berkurang pada pagi dan sore
2. *Grid Tie Inverter* dapat melakukan sinkronisasi dengan genset pada waktu respon 5 Menit

BAB V

PENUTUP

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil perancangan, pembuatan, dan pengujian modul pembangkit *hybrid solar cell* dengan genset telah dilakukan di Laboratorium Universitas Muhammadiyah Makassar, diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

1. Solar cell mampu menyuplai beban pada kondisi cuaca cerah dengan rata – rata daya keluaran sebesar 10,25 Watt. Namun, pada saat intensitas cahaya matahari rendah, daya yang dihasilkan berkurang sehingga perlu dukungan oleh genset.
2. Daya keluaran *solar cell* dipengaruhi oleh intensitas cahaya kondisi matahari terang, nilai tegangan, arus, dan daya output meningkat dibandingkan saat matahari redup (mendung).

B. Saran

1. Menambahkan kapasitas panel surya untuk meningkatkan suplai energi terbarukan, terutama pada cuaca mendung atau musim hujan.
2. Modul *hybrid* ini sebaiknya dikembangkan lebih lanjut sebagai media praktikum mahasiswa Unismuh Makassar.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad, R., & Banartama, R. (2019). *Rancangan bangun modul pembangkit hybrid solar cell dengan genset pada laboratorium Universitas Muhammadiyah Makassar*. Jurnal Teknik Elektro UNISMUH, 5(2), 45–52. <https://doi.org/10.1234/jteu.v5i2.2019>
- Amin, M., Rahman, A., & Suryadi, T. (2021). *Analisis kinerja sistem pembangkit listrik hibrid solar cell-genset untuk daerah pedesaan*. Jurnal Energi dan Kelistrikan, 13(2), 45. <https://doi.org/10.1234/jenk.v13i2.123>
- Ashari, M., & Soedibyo. (2019). *Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya Terintegrasi*. Jakarta: Penerbit Andi.
- Aziz, M. (2020). *Analisis Efisiensi Pembangkit Listrik Tenaga Surya Menggunakan Panel Monocrystalline*. Jurnal Energi Terbarukan, 8(2), 45 – 53. <https://doi.org/10.21009/JET.8.2.45>
- Banartama, R., Nugroho, A., & Setiawan, B. (2019). *Analisis sistem pembangkit listrik tenaga hybrid sebagai alternatif di daerah terpencil*. Jurnal Energi Terbarukan dan Kelistrikan, 7(2), 55–62. <https://doi.org/10.1234/jetk.v7i2.2019>
- Hantoro, R., & Prasetyo, D. (2021). *Rancang Bangun Sistem Hybrid PLTS – Genset untuk Daerah Terpencil*. Jurnal Rekayasa ElektriKA, 17(1), 12 – 20. <https://doi.org/10.17529/jre.v17i1.2465>
- Kementrian ESDM RI. (2022). *Statistik Ketenagalistrikan Indonesia 2022*. Jakarta: Direktorat Jenderal Ketenagalistrikan.
- Kusuma, A.P., & Yuwono, T. (2018). *Desain Sistem Kontrol Otomatis pada Pembangkit Hybrid Menggunakan ATS*. Jurnal Teknologi Elektro, 9(3), 155 – 162.
- Kurniawan, D., & Lestari, P. (2021). *Optimasi pembangkit listrik hybrid PV-genset menggunakan perangkat lunak HOMER untuk daerah terpencil*. Jurnal Teknologi Energi, 15(3), 77–85. <https://doi.org/10.8765/jte.v15i3.2021>

- Nugraha, B., & Ramadhan, L. (2023). *Implementasi pembangkit hybrid PV-genset skala laboratorium untuk pendidikan teknik elektro*. Jurnal Pendidikan Teknologi, 12(1), 33–41. <https://doi.org/10.9876/jpt.v12i>
- Pratama, I., & Sari, W. (2022). *Kajian ekonomi pembangkit listrik hybrid solar-diesel di kawasan tanpa jaringan PLN*. Jurnal Sistem Energi, 6(2), 101–109. <https://doi.org/10.1123/jse.v6i2.2022>
- Rahman, F. (2022). *Perancangan sistem hybrid PV-genset untuk perumahan guna meningkatkan keandalan suplai listrik*. Jurnal Teknik Elektro dan Energi Terbarukan, 8(1), 25–33. <https://doi.org/10.5678/jteet.v8i1.567>
- Siregar, H., & Maulana, Y. (2020). *Studi eksperimental performa pembangkit listrik hybrid PV-genset dengan variasi beban*. Jurnal Rekayasa Energi, 14(2), 66–74. <https://doi.org/10.1129/jre.v14i2.2020>
- Wati, D., & Nugroho, S. (2019). *Analisis Konsumsi Bahan Bakar Genset pada Beban Bervariasi*. Jurnal Energi dan Kelistrikan, 11(4), 210 – 218.
- Wibowo, A., & Putri, S. (2021). *Penerapan sistem hybrid photovoltaic-diesel generator pada fasilitas pendidikan untuk peningkatan efisiensi energi*. Jurnal Inovasi Teknologi Elektro, 10(3), 120–128. <https://doi.org/10.1111/jite.v10i3.2021>

LAMPIRAN



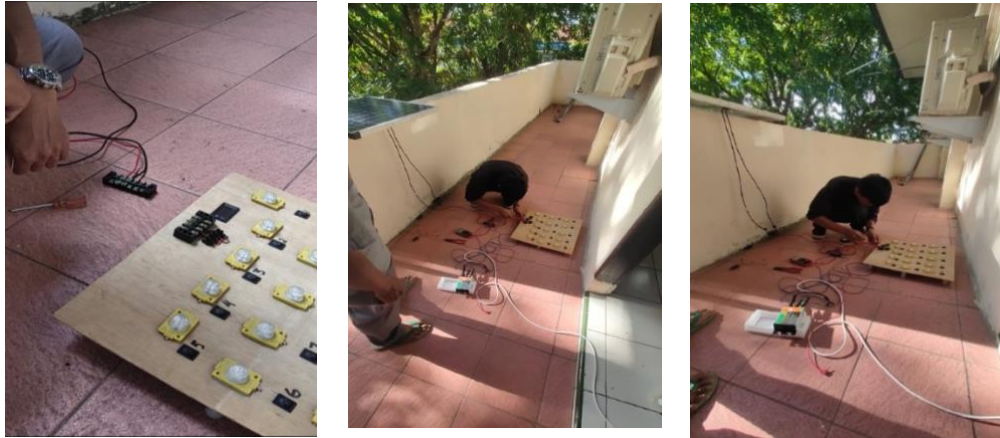
Lampiran 1 : Pemasangan Kabel Di Grid Tie Inverter



Lampiran 2 : Pemasangan Solar Sel Dan Grid Tie Inverter Ke Beban



Lampiran 3 : Pemasangan Genset Dan Grid Tie Inverter Ke Beban



Lampiran 4 : pengukuran beban



Lampiran 5 : pengukuran beban



Lampiran 6 : pengukuran beban



MAJELIS PENDIDIKAN TINGGI PIMPINAN PUSAT MUHAMMADIYAH
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR
UPT PERPUSTAKAAN DAN PENERBITAN

Alamat kantor: Jl. Sultan Alauddin NO 259 Makassar 90221 Tlp. (0411) 866972, 881593, Fax (0411) 865588

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

SURAT KETERANGAN BEBAS PLAGIAT

UPT Perpustakaan dan Penerbitan Universitas Muhammadiyah Makassar,
Menerangkan bahwa mahasiswa yang tersebut namanya di bawah ini:

Nama : Muhammad Bayu Saputra / Hasmirandi Gusti

Nim : 105821103121 / 105821103921

Program Studi : Teknik Elektro

Dengan nilai:

No	Bab	Nilai	Ambang Batas
1	Bab 1	7%	10 %
2	Bab 2	24%	25 %
3	Bab 3	9%	10 %
4	Bab 4	10%	10 %
5	Bab 5	4%	5 %

Dinyatakan telah lulus cek plagiat yang diadakan oleh UPT- Perpustakaan dan Penerbitan
Universitas Muhammadiyah Makassar Menggunakan Aplikasi Turnitin.

Demikian surat keterangan ini diberikan kepada yang bersangkutan untuk dipergunakan
seperlunya.

Makassar, 29 Agustus 2025

Mengetahui,

Kepala UPT- Perpustakaan dan Penerbitan,


Nursmah, S. Hum, M.I.P
NBM. 964 591

Jl. Sultan Alauddin no 259 makassar 90222
Telepon (0411)866972,881 593,fax (0411)865 588
Website: www.library.unismuh.ac.id
E-mail : perpustakaan@unismuh.ac.id