



**RANCANG BANGUN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA
HYBRID (SURYA DAN BAYU) SEBAGAI MEDIA PRAKTIKUM
DI LABORATORIUM UNIVERSITAS PEMBANGUNAN
PANCABUDI**

SKRIPSI

Disusun dan Diajukan untuk Memenuhi Persyaratan Ujian Akhir Memperoleh Gelar Sarjana
Teknik dari Fakultas Sains Dan Teknologi Universitas Pembangunan Panca Budi

OLEH :

Nama : MUHAMMAD IQBAL
N.P.M. : 1824210235
Program Studi : TEKNIK ELEKTRO

**FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS PEMBANGUNAN PANCABUDI
MEDAN
2021**

PENGESAHAN SKRIPSI

JUDUL : RANCANG BANGUN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA HYBRID (SURYA DAN BAYU) DENGAN KAPASITAS 100 WATT SEBAGAI MEDIA PRAKTIKUM DI LABORATORIUM UNIVERSITAS PEMBANGUNAN PANCA BUDI

NAMA : MUHAMMAD IQBAL
N.P.M : 1824210235
FAKULTAS : SAINS & TEKNOLOGI
PROGRAM STUDI : Teknik Elektro
TANGGAL KELULUSAN : 06 Agustus 2021

DIKETAHUI

DEKAN



Hamdani, ST., MT.

KETUA PROGRAM STUDI



Siti Anisah, S.T., M.T

**DISETUJUI
KOMISI PEMBIMBING**

PEMBIMBING I



Hj Zuraidah Tharo, ST., MT

PEMBIMBING II



Siti Anisah, S.T., M.T

PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH

Sebagai aktivitas akademik Universitas Pembangunan Panca Budi, saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : MUHAMMAD IQBAL

NPM : 1824210235

Program Studi : Teknik Elektro

Fakultas : Sains dan Teknologi

Jenis Karya : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Pembangunan Panca Budi **Hak Bebas Royalti Noneksklusif** (*Nonexclusive Royalty-free Right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul :

RANCANG BANGUN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA HYBRID (SURYA DAN BAYU) SEBAGAI MEDIA PRAKTIKUM DI LABORATORIUM UNIVERSITAS PEMBANGUNAN PANCABUDI

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Pembangunan Panca Budi berhak menyimpan, mengalih-media/ alih formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat dan mempublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/ pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Medan, 06 Agustus 2021



MUHAMMAD IQBAL
(1824210235)

Hal : Permohonan Meja Hijau

Medan, 28 Mei 2021
 Kepada Yth : Bapak/Ibu Dekan
 Fakultas SAINS & TEKNOLOGI
 UNPAB Medan
 Di -
 Tempat

Dengan hormat, saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : MUHAMMAD IQBAL
 Tempat/Tgl. Lahir : KISARAN / 04 Mei 1996
 Nama Orang Tua : IRWANSYAH TANJUNG
 N. P. M : 1824210235
 Fakultas : SAINS & TEKNOLOGI
 Program Studi : Teknik Elektro
 No. HP : 085381276067
 Alamat : Jl. Datuk Kabu Pasar III Tembung Gg. Pisang 15

Datang bermohon kepada Bapak/Ibu untuk dapat diterima mengikuti Ujian Meja Hijau dengan judul **RANCANG BANGUN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA HYBRID (SURYA DAN BAYU) SEBAGAI MEDIA PRAKTIKUM DI LABORATORIUM UNIVERSITAS PEMBANGUNAN PANCABUDI**, Selanjutnya saya menyatakan :

1. Melampirkan KKM yang telah disahkan oleh Ka. Prodi dan Dekan
2. Tidak akan menuntun ujian perbaikan nilai mata kuliah untuk perbaikan indek prestasi (IP), dan mohon diterbitkan ijazahnya setelah lulus ujian meja hijau.
3. Telah tercap keterangan bebas pustaka
4. Terlampir surat keterangan bebas laboratorium
5. Terlampir pas photo untuk ijazah ukuran 4x6 = 5 lembar dan 3x4 = 5 lembar Hitam Putih
6. Terlampir foto copy STTB SLTA dilegalisir 1 (satu) lembar dan bagi mahasiswa yang lanjutan D3 ke S1 lampirkan ijazah dan transkripnya sebanyak 1 lembar.
7. Terlampir pelunasan kwintasi pembayaran uang kuliah berjalan dan wisuda sebanyak 1 lembar
8. Skripsi sudah dijilid lux 2 exemplar (1 untuk perpustakaan, 1 untuk mahasiswa) dan jilid kertas jeruk 5 exemplar untuk penguji (bentuk dan warna penjilidan diserahkan berdasarkan ketentuan fakultas yang berlaku) dan lembar persetujuan sudah di tandatangani dosen pembimbing, prodi dan dekan
9. Soft Copy Skripsi disimpan di CD sebanyak 2 disc (Sesuai dengan Judul Skripsinya)
10. Terlampir surat keterangan BKKOL (pada saat pengambilan ijazah)
11. Setelah menyelesaikan persyaratan point-point diatas berkas di masukan kedalam MAP
12. Bersedia melunaskan biaya-biaya uang dibebankan untuk memproses pelaksanaan ujian dimaksud, dengan perincian sbb :

1. [102] Ujian Meja Hijau	: Rp.	0
2. [170] Administrasi Wisuda	: Rp.	1,500,000
3. [202] Bebas Pustaka	: Rp.	100,000
4. [221] Bebas LAB	: Rp.	5,000
Total Biaya	: Rp.	1,605,000

Ukuran Toga :

XL

Diketahui/Dsetujui oleh :



Hamdani, ST., MT.
 Dekan Fakultas SAINS & TEKNOLOGI

Hormat saya



MUHAMMAD IQBAL
 1824210235

Catatan :

- 1. Surat permohonan ini sah dan berlaku bila ;
 - a. Telah dicap Bukti Pelunasan dari UPT Perpustakaan UNPAB Medan.
 - b. Melampirkan Bukti Pembayaran Uang Kuliah aktif semester berjalan
- 2. Dibuat Rangkap 3 (tiga), untuk - Fakultas - untuk BPAA (asli) - Mhs.ybs.

PERNYATAAN ORISINILITAS

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam skripsi ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam skripsi ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Medan, 06 Agustus 2021



MUHAMMAD IQBAL
(1824210235)



UNIVERSITAS PEMBANGUNAN PANCA BUDI

FAKULTAS SAINS & TEKNOLOGI

Jl. Jend. Gatot Subroto Km 4,5 Medan Fax. 061-8458077 PO.BOX : 1099 MEDAN

PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO	(TERAKREDITASI)
PROGRAM STUDI ARSITEKTUR	(TERAKREDITASI)
PROGRAM STUDI SISTEM KOMPUTER	(TERAKREDITASI)
PROGRAM STUDI TEKNIK KOMPUTER	(TERAKREDITASI)
PROGRAM STUDI AGROTEKNOLOGI	(TERAKREDITASI)
PROGRAM STUDI PETERNAKAN	(TERAKREDITASI)

PERMOHONAN JUDUL TESIS / SKRIPSI / TUGAS AKHIR*

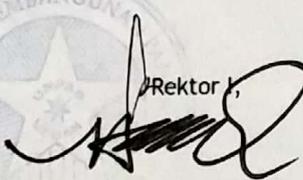
Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama Lengkap : MUHAMMAD IQBAL
 Tempat/Tgl. Lahir : KISARAN / 04 Mei 1996
 Nomor Pokok Mahasiswa : 1824210235
 Program Studi : Teknik Elektro
 Konsentrasi : Teknik Energi Listrik
 Jumlah Kredit yang telah dicapai : 128 SKS, IPK 3.34
 Nomor Hp : 085381276067
 Dengan ini mengajukan judul sesuai bidang ilmu sebagai berikut :

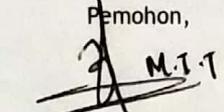
No.	Judul
1.	RANCANG BANGUN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA HYBRID (SURYA DAN BAYU) SEBAGAI MEDIA PRAKTIKUM DI LABORATORIUM UNIVERSITAS PEMBANGUNAN PANCABUDIO

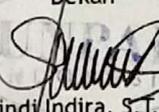
Catatan : Diisi Oleh Dosen Jika Ada Perubahan Judul

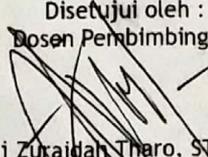
*Coret Yang Tidak Perlu


 (Ir. Bhakti Alamsyah, M.T., Ph.D.)

Medan, 15 Oktober 2019

Pemohon,

 (Muhammad Iqbal)

Tanggal :
 Disahkan oleh :
 Dekan

 (Sri Shindi Indira, S.T., M.Sc.)

Tanggal : 15 OKTOBER 2019
 Disetujui oleh :
 Dosen Pembimbing I :

 (Hj Zuraidah Tharo, ST., MT)

Tanggal : 16 Oktober 2019
Disetujui oleh:
Ka. Prodi Teknik Elektro
(Hamdani, ST., MT.)

Tanggal : 18 Oktober 2019
Disetujui oleh:
Dosen Pembimbing II,
(Siti Anisah, ST., MT.)

No. Dokumen: FM-UPBM-18-02

Revisi: 0

Tgl. Eff: 22 Oktober 2018

Sumber dokumen: <http://mahasiswa.pancabudi.ac.id>

Dicetak pada: Selasa, 15 Oktober 2019 10:35:54



YAYASAN PROF. DR. H. KADIRUN YAHYA
PERPUSTAKAAN UNIVERSITAS PEMBANGUNAN PANCA BUDI
Jl. Jend. Gatot Subroto KM. 4,5 Medan Sunggal, Kota Medan Kode Pos 20122

SURAT BEBAS PUSTAKA
NOMOR: 4187/PERP/BP/2021

Kepala Perpustakaan Universitas Pembangunan Panca Budi menerangkan bahwa berdasarkan data pengguna perpustakaan atas nama saudara/i:

Nama : MUHAMMAD IQBAL
N.P.M. : 1824210235
Tingkat/Semester : Akhir
Fakultas : SAINS & TEKNOLOGI
Jurusan/Prodi : Teknik Elektro

Bahwasannya terhitung sejak tanggal 21 Mei 2021, dinyatakan tidak memiliki tanggungan dan atau pinjaman buku sekaligus tidak lagi terdaftar sebagai anggota Perpustakaan Universitas Pembangunan Panca Budi Medan.

Medan, 21 Mei 2021
Diketahui oleh,
Kepala Perpustakaan



Rahmad Budi Utomo, ST.,M.Kom

No. Dokumen: FM-PERPUS-06-01
Revisi : 01
Tgl. Efektif : 04 Juni 2015



KARTU BEBAS PRAKTIKUM
Nomor. 25/BL/LTPE/2021

Yang bertanda tangan dibawah ini Ka. Laboratorium Elektro dengan ini menerangkan bahwa :

Nama : MUHAMMAD IQBAL
N.P.M. : 1824210235
Tingkat/Semester : Akhir
Fakultas : SAINS & TEKNOLOGI
Jurusan/Prodi : Teknik Elektro

Benar dan telah menyelesaikan urusan administrasi di Laboratorium Elektro Universitas Pembangunan Panca Budi Medan.

Medan, 27 Mei 2021
Ka. Laboratorium

[Approve By System]
D T O
Hamdani, S.T., M.T.



No. Dokumen : FM-LEKTO-06-01	Revisi : 01	Tgl. Efektif : 04 Juni 2015
------------------------------	-------------	-----------------------------

SURAT KETERANGAN PLAGIAT CHECKER

Dengan ini saya Ka.LPMU UNPAB menerangkan bahwa surat ini adalah bukti pengesahan dari LPMU sebagai pengesah proses plagiat checker Tugas Akhir Skripsi Tesis selama masa pandemi *Covid-19* sesuai dengan edaran rektor Nomor : 7594/13/R/2020 Tentang Pemberitahuan Perpanjangan PBM Online

Demikian disampaikan

NB. Segala penyalahgunaan/pelanggaran atas surat ini akan di proses sesuai ketentuan yang berlaku UNPAB.



Kitonga, BA., MSc

No. Dokumen : PM-UJMA-06-02	Revisi : 00	Tgl Eff : 23 Jan 2019
-----------------------------	-------------	-----------------------

Analyzed document: **MUHAMMAD IQBAL_1824210225_TEKNIK ELEKTRO.docx** Licensed to Universitas Pembangunan Panca Budi_License03

- Comparison: Plagiarism Rewrite Deleted language
- Check type: Internet Check



Detailed document body analysis

Relation chart



Distribution graph

Top sources of plagiarism: 28



YAYASAN PROF. DR. H. KADIRUN YAHYA

UNIVERSITAS PEMBANGUNAN PANCA BUDI

JL. Jend. Gatot Subroto KM 4,5 PO. BOX 1099 Telp. 061-30106057 Fax. (061) 4514808
MEDAN - INDONESIA

Website : www.pancabudi.ac.id - Email : admin@pancabudi.ac.id

LEMBAR BUKTI BIMBINGAN SKRIPSI

Nama Mahasiswa : MUHAMMAD IQBAL
NPM : 1824210235
Program Studi : Teknik Elektro
Jenjang Pendidikan : Strata Satu
Dosen Pembimbing : Hj Zuraidah Tharo, ST., MT
Judul Skripsi : Rancang Bangun Pembangkit Listrik Tenaga Hybrid (Surya dan Bayu) dengan Kapasitas 100 Watt sebagai Media Praktikum di Laboratorium Universitas Pembangunan Panca Budi

Tanggal	Pembahasan Materi	Status	Keterangan
29 Mei 2020	sudah sampai mana pengerjaan TA nya	Revisi	
30 Juni 2020	lakukan pengukuran ulang untuk mendapatkan data yang lebih konkrit	Revisi	
10 September 2020	Tujuan penelitian harus sinkron dengan rumusan masalah	Revisi	
10 September 2020	Data percobaan belum terlihat	Revisi	
10 September 2020	blok diagram segera selesaikan	Revisi	
10 September 2020	lanjutkan ke bab berikutnya	Revisi	
16 Desember 2020	ada tanda-tanda baca yang masih blm diperbaiki, silahkan perbaiki	Revisi	
16 Desember 2020	ACC Seminar Hasil	Revisi	
16 Desember 2020	ACC Seminar Hasil	Disetujui	
20 Mei 2021	perbaiki penulisan di bab 1, latar belakang, tdk ada kata yg digarisbawahi	Revisi	
20 Mei 2021	ACC Sidang Meja Hijau	Disetujui	
17 November 2021	ACC Julid	Disetujui	
07 Desember 2021	ACC Jilid	Disetujui	

Medan, 24 Februari 2022
Dosen Pembimbing,





YAYASAN PROF. DR. H. KADIRUN YAHYA

UNIVERSITAS PEMBANGUNAN PANCA BUDI

JL. Jend. Gatot Subroto KM 4,5 PO. BOX 1099 Telp. 061-30106057 Fax. (061) 4514808
MEDAN - INDONESIA

Website : www.pancabudi.ac.id - Email : admin@pancabudi.ac.id

LEMBAR BUKTI BIMBINGAN SKRIPSI

Nama Mahasiswa : MUHAMMAD IQBAL
NPM : 1824210235
Program Studi : Teknik Elektro
Jenjang Pendidikan : Strata Satu
Dosen Pembimbing : Siti Anisah, S.T., M.T
Judul Skripsi : Rancang Bangun Pembangkit Listrik Tenaga Hybrid (Surya dan Bayu) dengan Kapasitas 100 Watt sebagai Media Praktikum di Laboratorium Universitas Pembangunan Panca Budi

Tanggal	Pembahasan Materi	Status	Keterangan
10 September 2020	Perbaiki teori dan latar belakangnya jangan COPY PASTE	Revisi	
17 September 2020	banyak kali masih yang belim sesuai silakan diperbaku kembali, baca panduan	Revisi	
18 Desember 2020	Acc seminar hasil	Disetujui	
22 Mei 2021	ACC Sidang Meja Hijau	Disetujui	
17 November 2021	Tahunnya diperbaiki ya iqbal, abstrak bahasa asing di cetak miring, daftar isi dibuat 1 spasi, tabel dibuat 1 spasi	Revisi	
17 November 2021	silakan diperbaiki dan direupload kembali	Revisi	
22 November 2021	Acc Jilid	Disetujui	

Medan, 24 Februari 2022
Dosen Pembimbing,



Siti Anisah, S.T., M.T

RANCANG BANGUN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA HYBRID (SURYA DAN BAYU) SEBAGAI MEDIA PRAKTIKUM DI LABORATORIUM UNIVERSITAS PEMBANGUNAN PANCABUDI

ABSTRAK

Semakin berkurangnya persediaan bahan baku utama dalam pembangkitan listrik hari ini yaitu Minyak Bumi, Gas, dan Batubara memberikan dampak yang cukup besar kepada pembangkit listrik konvensional yang saat ini sedang berjalan seperti PLTU dan PLTG dalam memenuhi kebutuhan masyarakat khususnya masyarakat Indonesia. Dengan kebutuhan listrik saat ini cukup tinggi dimasyarakat dirasa perlu untuk memberikan inovasi terhadap kebutuhan listrik salah satunya dengan menggunakan Energi Baru Terbarukan (EBT). Dalam hal ini, EBT sudah mulai banyak digunakan dikalangan masyarakat Indonesia mulai dari memanfaatkan aliran-aliran air yang ada, memanfaatkan energi matahari, hingga memanfaatkan energi angin sebagai sumber daya listrik pendukung dalam kehidupan sehari-hari. Inovasi – inovasi pun lahir dari Energi Baru Terbarukan ini dan salah satunya adalah dengan menggabungkan energi Matahari dan Angin sebagai pembangkit Listrik. Tujuannya adalah agar listrik yang dihasilkan mampu memberikan minimal untuk beban listrik yang kecil dirumah tangga. Oleh karena itu pembuatan skripsi ini juga dilaksanakan dengan sebaiknya mungkin agar menghasilkan daya yang dapat memenuhi kebutuhan-kebutuhan listrik mikro seperti lampu, charger handphone dan lainnya. Dengan menggunakan *Relay Change* maka tegangan yang dihasilkan oleh kedua sumber (Panel Surya dan Turbin Angin) akan diteruskan oleh *Solar Charge Control* ke Baterai yang berkapasitas 12V 26Ah. Dengan rancangan ini diharapkan kebutuhan listrik dapat terpenuhi sepanjang hari tanpa harus bergantung pada listrik konvensional (PLN).

Kata Kunci : Energi Baru Terbarukan (EBT), Energi Matahari, Energi Bayu, Panel Surya, Turbin Angin, *Relay Change*, *Solar Charge Control*, Baterai 12V 26Ah.

DESIGN OF HYBRID POWER PLANT (SOLAR AND BAYU) AS A PRACTICUM MEDIA IN THE LABORATORIUM OF PANCABUDI DEVELOPMENT UNIVERSITY

ABSTRACT

The decreasing supply of the main raw materials in power generation today, namely Oil, Gas, and Coal has a significant impact. conventional electricity that is currently running such as PLTU and PLTG in meeting the needs of the community, especially the Indonesian people. With the current high demand for electricity in the community, it is deemed necessary to provide innovation on electricity needs, one of which is by using Renewable Energy (EBT). In this case, EBT has begun to be widely used among Indonesian people, starting from utilizing existing water flows, utilizing solar energy, to utilizing wind energy as a supporting power source in everyday life. Innovations were born from this New Renewable Energy and one of them is by combining solar and wind energy as electricity generation. The goal is that the electricity generated is able to provide a minimum for a small electrical load in the household. Therefore, the making of this thesis is also carried out as best as possible in order to produce power that can meet the needs of micro electricity such as lamps, mobile charger and others. By using *Relay Change*, the voltage generated by both sources (Solar Panel and Wind Turbine) will be transmitted by *Solar Charge Control* to a battery with a capacity of 12V 26Ah. With this design, it is hoped that electricity needs can be met throughout the day without having to rely on conventional electricity (PLN).

Keywords: New and Renewable Energy (EBT), Solar Energy, Bayu Energy, Solar Panels, Wind Turbines, *Relay Change*, *Solar Charge Control*, 12V 26Ah Battery.

KATA PENGANTAR

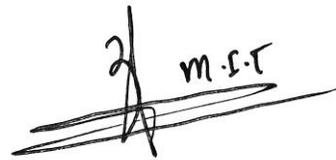
Puji dan syukur penulis ucapkan kehadiran Tuhan Yang Maha Esa atas Rahmat dan Karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi ini. Skripsi ini berjudul **“Rancang Bangun Pembangkit Listrik Tenaga Hybrid (Surya & Bayu) sebagai Media Praktikum di Laboratorium Universitas Pembangunan Pancabudi”**. Skripsi ini dimaksudkan untuk memenuhi sebagian persyaratan dalam menyelesaikan program pendidikan Strata-1 Fakultas Sains dan Teknologi, Program Studi Teknik Elektro Universitas Pembangunan Pancabudi.

Dalam proses penyelesaian skripsi ini, penulis mendapatkan bantuan baik itu materi, motivasi dan doa sehingga penulis termotivasi untuk memberikan yang terbaik. Pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak Dr. H. Muhammad Isa Indrawan, S.E, M.M selaku Rektor Universitas Pembangunan Pancabudi ;
2. Bapak Hamdani, S.T.,M.T. selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Pembangunan Pancabudi ;
3. Ibu Siti Anisah, S.T.,M.T. selaku Kepala Program Studi Teknik Elektro Universitas Pembangunan Pancabudi dan juga selaku Dosen Pembimbing 2 penulis ;
4. Ibu Zuraidah Tharo, S.T.,M.T. selaku Dosen Pembimbing 1 penulis ;
5. Bapak/Ibu Dosen, Staff dan Karyawan Fakultas Sains dan Teknologi, Program Studi Teknik Elektro Universitas Pembangunan Pancabudi;
6. Keluarga tersayang, khususnya Ayah dan Mamak tercinta yang sudah banyak berperan aktif untuk memberikan kasih sayang dan motivasinya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini;
7. Kepada sanak saudara penulis yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu nama, pangkat, gelar maupun jabatannya ;
8. Teman-teman seperjuangan di kelas KK REG II LG J/S di Program Studi Teknik Elektro Universitas Pembangunan Pancabudi yang turut memberikan dukungan kepada penulis ;
9. Pihak-pihak lain yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.

Penulis sudah berusaha memberikan yang terbaik, namun penulis menyadari sepenuhnya bahwa pengetahuan dan pengalaman belumlah cukup untuk menyempurnakan skripsi ini. Sehingga mungkin masih terdapat kekurangan isi, susunan, maupun tata bahasanya. Oleh sebab itu, dengan segala kerendahan hati penulis menerima segala bentuk kritik dan yang bersifat membangun untuk kebaikan dimasa yang akan datang.

Medan, 06 Agustus 2021

A handwritten signature in black ink, consisting of a stylized initial 'M' followed by the initials 'M.I.T'. The signature is written over a horizontal line.

MUHAMMAD IQBAL
(1824210235)

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	i
PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI.....	ii
PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH	ii
ABSTRAK.....	iv
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL.....	xi
BAB 1	1
PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	4
1.3 Batasan Masalah	4
1.4 Tujuan	5
1.5 Manfaat	5
1.6 Metode Penelitian	6
1.7 Sistematika Penulisan	7
BAB 2	9
LANDASAN TEORI.....	9
2.1 Sel Surya	9
2.1.1 Pengertian Sel Surya.....	9
2.1.2 Karakteristik Sel Surya	11
2.1.3 Cara Kerja Sel Surya.....	12
2.1.4 Faktor Pengoperasian Sel Surya	13
2.2 Inverter.....	15
2.2.1 Pengertian Inverter.....	15
2.2.2 Prinsip Kerja Inverter.....	18
2.3 Solar Charge Control (SCC).....	24
2.3.1 Pengertian Solar Charge Control (SCC).....	24
2.3.2 Teknologi Solar Charge Control (SCC).....	26
2.4 Baterai.....	27
2.4.1 Pengertian Baterai.....	27
2.4.2 Pemeriksaan dan Perawatan Baterai	30
2.5 Turbin Angin.....	31
2.5.1 Pengertian Turbin Angin.....	31

2.5.2	Klasifikasi Turbin Angin	31
2.5.3	Jenis Turbin Angin.....	32
2.6	Generator DC	34
2.6.1	Konstruksi Generator DC	34
2.6.2	Prinsip Kerja Generator DC.....	35
2.6.3	Jangkar Generator DC.....	37
2.6.4	Kelebihan dan Kekurangan Generator DC	40
2.7	Relay	41
2.7.1	Pengertian Relay	41
2.7.2	Fungsi Relay	42
2.7.3	Cara Kerja Relay.....	42
BAB 3	.....	44
METODE PENELITIAN	.....	44
3.1	Pendekatan Penelitian	44
3.2	Lokasi Penelitian.....	44
3.3	Alat dan Bahan.....	45
3.3.1	Peralatan.....	45
3.3.2	Bahan – bahan dan Spesifikasinya.....	48
3.4	Blok Diagram.....	52
3.5	Prinsip Kerja	52
BAB 4	.....	54
HASIL DAN PEMBAHASAN	.....	54
4.1	Hasil Pengujian	54
4.2	Hasil Penelitian.....	62
BAB 5	.....	64
PENUTUP	.....	64
5.1	Kesimpulan	64
5.2	Saran	64
DAFTAR PUSTAKA	.....	65

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Sel Surya Kapasitas 100 Wp	10
Gambar 2.2. Prinsip Kerja Sel Surya	11
Gambar 2.3. Karakteristik Sel Surya	11
Gambar 2.4. Inverter Satu fasa (500 W)	15
Gambar 2.5.	19
a. Rangkaian Inverter Jembatan Penuh;	19
b. Bentuk Gelombang dengan Beban Resistif;	19
c. Arus Beban dengan Beban Induktif	19
Gambar 2.6. Rangkaian Inverter 12 V (DC) / 220 V (AC).....	20
Gambar 2.7. Ilustrasi Cara Kerja <i>Grid Tie Inverter</i>	23
Gambar 2.8. Solar Charge Controller (10 A).....	25
Gambar 2.9. Dua Sel-Setengah yang Dihubungkan untuk Transfer Ion	28
Gambar 2.10. Baterai 12 V 26 Ah untuk Sel Surya.....	29
Gambar 2.11. Perancangan Turbin Angin	33
Gambar 2.12. Konstruksi Generator DC.....	34
Gambar 2.13. Pembangkitan Tegangan Induksi	35
Gambar 2.14. Tegangan Rotor yang dihasilkan melalui cincin-seret dan komutator.....	36
Gambar 2.15. Jangkar Generator DC.....	37
Gambar 2.16. Medan Eksitasi Generator DC	38
Gambar 2.17. Medan Jangkar Generator DC (a) dan Reaksi Jangkar (b)	38

Gambar 2.18. Generator dan Kutub - Kutubnya.....	39
Gambar 2.19. Simbol Relay.....	41
Gambar 2.20. Struktur Sederhana Relay.....	42
Gambar 3.1. Letak titik Lokasi Penelitian	44
Gambar 3.2. Alat Ukur Kecepatan Angin (Anemometer)	46
Gambar 3.3. Alat Ukur Intensitas Cahaya Matahari (Lux Meter)	47
Gambar 3.4. Panel Surya 100 Wp ukuran 1m x 0.7 m	48
Gambar 3.5. Rancangan Turbin Angin	49
Gambar 3.6. Generator DC 12 V	49
Gambar 3.7. SCC (<i>Solar Charge Control</i>)	50
Gambar 3.8. Inverter 500 Watt	50
Gambar 3.9. Diagram Blog.....	52
Gambar 4.1. Hasil Pengukuran Tegangan (V) saat Pengisian Baterai	57
Gambar 4.2. Hasil Pengukuran Arus (I) saat Pengisian Baterai	58
Gambar 4.3. Hasil Pengujian dengan Beban Lampu 18 Watt	60
Gambar 4.4. Hasil Pengujian dengan Beban Charger Handphone 10 Watt	61
Gambar 4.5. Hasil Rancangan Pembangkit Listrik Tenaga Hybrid (Surya dan Bayu)	63

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1. Spesifikasi Panel Surya 100 Wp	48
Tabel 4.1. Data Pengelompokkan Pengukuran Intensitas Cahaya Matahari selama 3 hari	54
Tabel 4.2. Data Pengukuran Tegangan (Non Beban dan Ber – Beban) pada Panel Surya	55
Tabel 4.3. Data Pengukuran Tegangan Turbin Angin	56
Tabel 4.4. Data Pengukuran Pengisian Batera	57
Tabel 4.5. Pengukuran / Pengujian dengan Beban Lampu 18 Watt	59
Tabel 4.6. Pengukuran / Pengujian dengan Beban Charger Handphone 10 Watt	60
Tabel 4.7. Pengukuran dengan Kedua Beban AC, lampu 18 W, Charger HP 10 W.....	61

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sejarah peradaban manusia mencatat bahwa tenaga surya sangat berpengaruh terhadap segala aspek kehidupan manusia dan lingkungan sejak awal kehidupan di dunia ini.

Matahari memancarkan energi dalam bentuk radiasi elektromagnetik. Radiasi tersebut hanya sekitar 50% yang dapat diserap oleh bumi. Menurut pengukuran radiasi surya oleh Badan Angkasa Luar Amerika Serikat NASA (*National Aeronautics and Space Administration*) melalui misi ruang angkasa tahun 1971 diperoleh data tentang besaran konstanta matahari yang harganya sama dengan 1353 Watt/m^2 . Dari besaran tersebut 7,85% atau $105,8 \text{ Watt/m}^2$ dipancarkan melalui sinar ultraviolet, 47,33% atau $640,4 \text{ Watt/m}^2$ dan 44,85% atau $606,8 \text{ Watt/m}^2$ dipancarkan oleh sinar inframerah.

Pada dasarnya energi radiasi yang dipancarkan oleh sinar matahari mempunyai besaran yang tetap (konstan), tetapi karena peredaran bumi mengelilingi matahari dalam bentuk elips maka besaran konstanta matahari bervariasi antara 1308 Watt/m^2 dan 1398 Watt/m^2 . Dengan berpedoman pada luas penampang bumi yang menghadap matahari dan yang berputar sepanjang tahun maka energi yang dapat diserap oleh bumi besarnya adalah $751 \times 10^{15} \text{ kW-jam}$.

Masalah utama dalam pemanfaatan energi surya adalah faktor siang dan malam yang selalu bergantian datangnya sehingga kontinuitas perolehan energi surya selalu terputus pada malam hari. Meskipun demikian manusia dapat memanfaatkan baik secara langsung maupun tak langsung dengan bantuan aneka pesawat pengubah energi, yang mengubah energi surya menjadi tenaga listrik, tenaga mekanik, dan pemanas air pada saat matahari sedang bersinar.

Konversi energi matahari merupakan pembahasan yang sangat penting di bidang energi terbarukan. Radiasi matahari umumnya diubah menjadi dua bentuk energi, yaitu : energi *thermal* dan energi listrik. Energi listrik yang dikonversi dari matahari telah diterapkan ke beberapa sistem seperti energi listrik untuk pedesaan, pompa air, dan satelit-satelit komunikasi.

Konversi energi matahari menjadi energi listrik merupakan suatu keuntungan yang dapat kita maksimalkan untuk mengatasi krisis listrik yang terjadi di Indonesia. Dewasa ini, semakin banyak industri kecil ataupun usaha mandiri skala mikro yang sangat membutuhkan energi listrik untuk menunjang hasil produksinya. Misalnya saja dapat kita lihat pada usaha-usaha bakso, minuman, gorengan dan sebagainya yang membutuhkan suplai listrik baik sebagai penerangan, pemanas ataupun pengecasan perangkat elektronik.

Tenaga angin merupakan pengumpulan energi yang berguna dari angin. Pada 2005, kapasitas generator tenaga-angin adalah 58.982 MW, hasil tersebut kurang dari 1% penggunaan listrik dunia. Meskipun masih berupa sumber energi listrik minor di kebanyakan negara, penghasilan tenaga angin lebih dari empat kali lipat antara 1999 dan 2005.

Ada ribuan turbin angin yang beroperasi, dengan kapasitas total 58.982 MW yang 69% berada di Eropa (2005). Dia merupakan cara alternatif penghasilan listrik yang paling tumbuh cepat dan menyediakan tambahan yang berharga bagi stasiun tenaga berskala besar yang berbeban besar. Penghasilan kapasitas listrik diproduksi-angin berlipat empat antara 1999 dan 2005. 90% dari instalasi tenaga angin berada di AS dan Eropa. Pada 2010, Asosiasi Tenaga Angin Dunia mengharapkan 120.000 MW akan terpasang di dunia.

Jerman, Spanyol, Amerika Serikat, India dan Denmark telah membuat investasi terbesar dalam penghasilan listrik dari angin. Denmark terkenal dalam pemroduksian dan penggunaan turbin angin, dengan sebuah komitmen yang dibuat pada 1970-an untuk menghasilkan setengah

dari tenaga negara tersebut dengan angin. Denmark menghasilkan lebih dari 20% listriknya dengan turbin angin, persentase terbesar dan ke-lima terbesar dari penghasilan tenaga angin. Denmark dan Jerman merupakan eksportir terbesar dari turbin besar.

Penggunaan tenaga angin hanya 1% dari total produksi listrik dunia (2005). Jerman merupakan produsen terbesar tenaga angin dengan 32% dari total kapasitas dunia pada 2005; targetnya pada 2010, energi terbarui akan memenuhi 12,5% kebutuhan listrik Jerman. Jerman memiliki 16.000 turbin angin, kebanyakan terletak di utara negara tersebut - termasuk tiga terbesar dunia, dibuat oleh perusahaan Enercon (4,5 MW), Multibrid (5 MW) dan Repower (5 MW). Provinsi Schleswig-Holstein Jerman menghasilkan 25% listriknya dari turbin angin.

Saat ini, London Array adalah ladang angin lepas pantai terbesar di dunia dengan kapasitas mencapai 1000 MW^[3], diresmikan oleh perdana menteri Inggris David Cameron pada tanggal 4 Juli 2013. Kebanyakan tenaga angin modern dihasilkan dalam bentuk listrik dengan mengubah rotasi dari pisau turbin menjadi arus listrik dengan menggunakan generator listrik. Pada kincir angin energi angin digunakan untuk memutar peralatan mekanik untuk melakukan kerja fisik, seperti menggiling "grain" atau memompa air.

Tenaga angin digunakan dalam ladang angin skala besar untuk penghasilan listrik nasional dan juga dalam turbin individu kecil untuk menyediakan listrik di lokasi yang terisolir. Tenaga angin banyak jumlahnya, tidak terbatas, tersebar luas, bersih, dan mengurangi efek rumah kaca. Di Indonesia, pembangkit listrik yang memanfaatkan tenaga angin disebut dengan **Pembangkit Listrik Tenaga Bayu (PLTB)**.

Atas dasar inilah penulis memilih judul **“Rancang Bangun Pembangkit Listrik Tenaga Hybrid (Surya dan Bayu) sebagai Media Praktikum di Laboratorium Universitas Pembangunan Pancabudi”** untuk berinovasi memanfaatkan tenaga Matahari dan Angin (Bayu)

sebagai penghasil listrik untuk memenuhi kebutuhan skala kecil seperti diatas. Semoga dimasa mendatang semakin banyak lagi gerakan untuk berinovasi memanfaatkan tenaga surya dan angin (bayu).

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas dapat dirumuskan permasalahan yang akan diselesaikan dalam skripsi ini adalah :

1. Bagaimana pemanfaatan tenaga gabungan surya dan bayu (Hybrid) sebagai sumber daya untuk kebutuhan media praktikum di laboratorium ?
2. Bagaimana Prinsip Kerja tenaga gabungan (Hybrid) Surya dan Bayu sebagai media praktikum di laboratorium Universitas Pembangunan Pancabudi ?
3. Bagaimana susunan atau konfigurasi dari perancangan sistem tenaga hybrid mampu diubah menjadi energi listrik untuk media praktikum diruangan laboratorium.

1.3 Batasan Masalah

Dalam penyusunan ini, penulis perlu membuat batasan-batasan masalah untuk menghindari pembahasan yang terlalu luas. Adapun pokok pembahasan masalah yang akan dibahas di dalam skripsi ini adalah :

1. Perancangan ini hanya sebagai media praktikum di Laboratorium Universitas Pembangunan Panca Budi.
2. Output Daya dari perancangan ini akan digunakan untuk kebutuhan komponen listrik di dalam Laboratorium saja
3. Beban yang akan digunakan pada perancangan alat ini sebesar 100 Watt.

1.4 Tujuan

Adapun tujuan yang akan dicapai dalam skripsi ini antara lain :

1. Memahami pemanfaatan tenaga hybrid sebagai media praktikum laboratorium Universitas Pembangunan Pancabudi;
2. Mengembangkan inovasi teknologi surya dan angin (bayu) sebagai penghasil listrik untuk membantu para mahasiswa dan juga dosen ketika melaksanakan praktikum di laboratorium agar dapat memenuhi kebutuhan listriknya secara mandiri.
3. Memahami sistem kerja Tenaga Hybrid sebagai media praktikum di Laboratorium Univesitas Pembangunan Pancabudi.

1.5 Manfaat

Adapun manfaat yang akan dicapai dalam skripsi ini antara lain :

1. Untuk menambah wawasan dalam penulisan yang bersifat ilmiah dan mampu menerapkan ilmu yang selama ini diperoleh di bangku kuliah.
2. Untuk menambah wawasan ilmu pengetahuan mengenai pemanfaatan Pembangkit Listrik Tenaga Hybrid (Surya dan Bayu).
3. Agar rancangan ini dapat menjadi bahan pembelajaran mahasiswa Teknik Elektro Universitas Pembangunan Pancabudi.

1.6 Metode Penelitian

Pelaksanaan penelitian dilakukan untuk membuat model simulasi pembangkit hybrid energi bayu dengan energi surya adalah :

1. Studi Literatur

Metode ini adalah cara untuk mengumpulkan dan mempelajari data dari berbagai sumber buku yang menjadi referensi dalam penyusunan skripsi ini.

2. Metode Bimbingan

Metode ini mendapatkan pengarahan dan petunjuk pembuatan skripsi hingga proses pembuatan skripsi ini dapat berjalan dengan lancar yang dibimbing oleh dosen pembimbing Program Studi Teknik Elektro Universitas Pembangunan Pancabudi.

3. Metode Pengambilan Data

Metode ini dilakukan pada alat Rancang Bangun Pembangkit Listrik Tenaga Hybrid.

4. Metode Perancangan Alat

Metode ini dilakukan dengan cara terlebih dahulu membuat skema rancangan untuk selanjutnya dibuatkan wujud aslinya.

5. Pengujian Alat

Metode ini dilakukan dengan cara menguji semua komponen yang terdapat pada rancangan serta melakukan pengamatan hasil kerja alat secara langsung.

1.7 Sistematika Penulisan

BAB 1 PENDAHULUAN

Bab ini membahas tentang latar belakang pemilihan judul, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan pembuatan skripsi, manfaat pembuatan skripsi, dan metode penelitian pada pembuatan skripsi.

BAB 2 LANDASAN TEORI

Bab ini membahas dan menguraikan secara singkat teori – teori dasar dan pendukung dari komponen yang ada di alat tersebut.

BAB 3 METODE PENELITIAN

Bab ini membahas bagaimana Pembangkit Listrik Tenaga Hybrid itu dirancang dengan menggabungkan dua tenaga yaitu tenaga surya dan tenaga angin sehingga menghasilkan output daya yang mampu menanggung beban yang ada di laboratorium Universitas Pembangunan Pancabudi dan dapat dipergunakan sebagai media praktikum pembelajaran.

BAB 4 ANALISA DAN HASIL PENGUJIAN

Bab ini membahas tentang pengujian alat dan hasil analisa dan pengamatan alat dalam rentang waktu yang telah di tentukan.

BAB 5 PENUTUP

Bab ini membahas kesimpulan yang didapatkan selama pengujian dan pengamatan pada keseluruhan alat dan komponen dan disempurnakan dengan saran.

BAB 2

LANDASAN TEORI

Edmund Becquerel pada tahun 1839 pernah menulis bahwa suatu tegangan listrik dapat dihasilkan bila suatu berkas cahaya diarahkan pada elektroda-elektroda suatu larutan elektrolit. Pada tahun 1877 R.E Day melanjutkan penelitian yang telah dirintis oleh Becquerel tentang pengaruh cahaya yang dapat menghasilkan tegangan listrik melalui benda padat yang dikenal dengan sebutan Selenium. Schottky, Lange, dan Grondhal menyusul pembuatan percobaan serta mengembangkan sel-sel fotovoltaik (*photovoltaic*) melalui bahan selenium dan *oksidacurprouis* dan berhasil menciptakan suatu alat pengukur fotoelektrik. Pada tahun 1954 sekelompok ahli mengadakan penelitian lanjutan dan mencoba memecahkan masalah dari pengaruh fotovoltaik sebagai satu-satunya alternatif yang paling memungkinkan untuk menyuplai tenaga listrik secara langsung melalui radiasi surya.

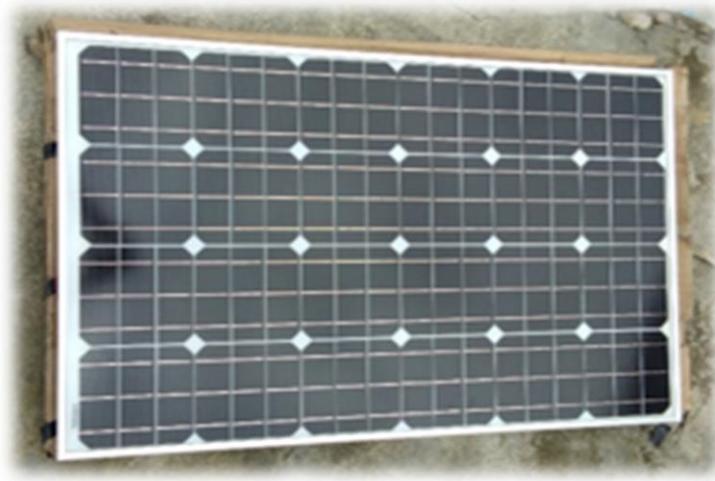
2.1 Sel Surya

2.1.1 Pengertian Sel Surya

Sel surya dapat berupa alat semikonduktor penghantar aliran listrik yang dapat secara langsung mengubah energi surya menjadi tenaga listrik secara efisien. Alat ini digunakan secara individual sebagai alat pendeteksi cahaya pada kamera, digabung seri maupun paralel untuk memperoleh suatu harga tegangan listrik yang dikehendaki sebagai pusat penghasil tenaga listrik.

Hampir semua sel surya dibuat dari bahan silikon berkrystal tunggal. Bahan ini sampai saat ini masih menduduki tempat paling atas dari urutan biaya pembuatan bila dibanding energi listrik yang diproduksi oleh pesawat konvensional.

Hal ini disebabkan harga silikon murni yang masih sangat mahal. Meskipun berbahan dasar pasir silikat (SiO_2), tetapi untuk membuatnya diperlukan biaya produksi yang cukup tinggi.

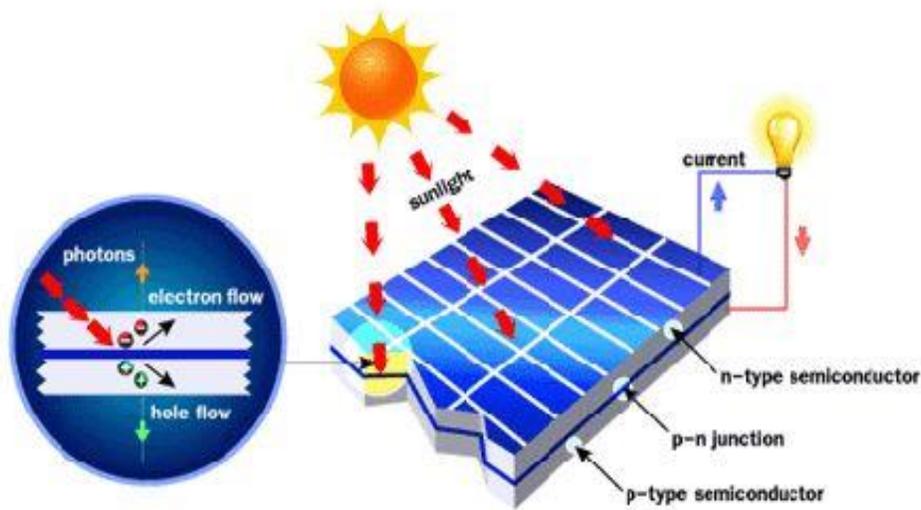


Gambar 2.1. Sel Surya Kapasitas 100 Wp.

Sumber : Penulis, 2021.

Prinsip pengkonversian tenaga surya menjadi tenaga listrik melalui sel surya dapat dilihat pada Gambar 2. dibawah ini, yang melalui tahapan proses :

- a. Adsorpsi cahaya dalam semikonduktor;
- b. Membangkitkan serta memisahkan muatan positif dan negatif beban ke daerah-daerah lain dari sel surya, untuk membangkitkan tegangan dalam sel surya;
- c. Memindahkan muatan-muatan yang terpisah tersebut ke terminal-terminal listrik dalam bentuk aliran tenaga listrik.

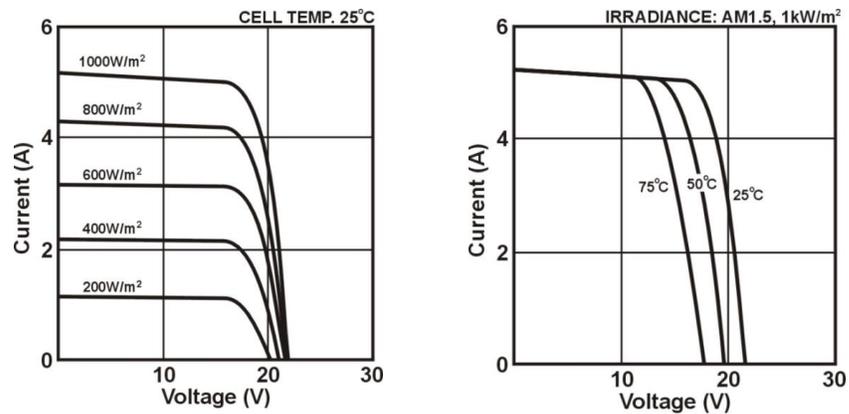


Gambar 2.2. Prinsip Kerja Sel Surya

Sumber : Tugas Akhir D-III MUHAMMAD IQBAL, 2017.

2.1.2 Karakteristik Sel Surya

Dalam kinerjanya, sel surya mempunyai karakteristik yang perlu diperhatikan dalam penggunaannya agar dapat bekerja secara efisien. Berikut karakteristik sel surya, dapat dilihat pada gambar 3. dibawah ini :



Gambar 2.3. Karakteristik Sel Surya

Sumber : Tugas Akhir D-III MUHAMMAD IQBAL, 2017.

Berdasarkan gambar 3. di atas, dapat dilihat bahwa untuk temperatur sel dimisalkan konstan pada 25°C bila radiasi cahaya matahari yang diperoleh semakin meningkat, maka daya yang diperoleh semakin besar. Sedangkan, untuk radiasi matahari dimisalkan konstan pada 5.1 kW/m^2 bila temperatur yang diperoleh semakin kecil, maka daya yang dihasilkan semakin sedikit, karena temperatur sangat mempengaruhi kinerja dari panel surya dan dapat menyebabkan penurunan efisiensi dari panel surya.

2.1.3 Cara Kerja Sel Surya

Pada saat hari cerah, radiasi matahari mampu mencapai 1000 W/m^2 . Jika sebuah piranti semikonduktor seluas satu meter persegi dengan efisiensi 10%, maka piranti sel surya ini mampu menghasilkan daya listrik sebesar 100 Watt. Piranti sel surya komersial memiliki efisiensi sekitar 5% - 15% tergantung pada material penyusunnya. Tipe silikon-kristal merupakan jenis piranti sel surya yang memiliki efisiensi tinggi meskipun biaya pembuatannya relatif lebih mahal dibandingkan dengan sel surya jenis lainnya. Masalah yang paling penting untuk merealisasikan sel surya sebagai energi alternatif adalah efisiensi piranti sel surya dan biaya pembuatannya. Efisiensi didefinisikan sebagai daya yang mampu dibangkitkan sel surya dibandingkan dengan jumlah energi cahaya yang dapat diterima dari pancaran sinar matahari. Pembangkit Listrik Tenaga Surya sebenarnya tergantung pada efisiensi konversi energi dan konsentrasi sinar matahari yang diterima sel tersebut.

Sel surya konvensional bekerja menggunakan prinsip sambungan (*junction*) semikonduktor tipe p dan tipe n (p-n Junction). Semikonduktor ini terdiri dari ikatan-ikatan atom dan terdapat elektron sebagai penyusun dasar. Semikonduktor tipe-n mengalami kelebihan elektron (bermuatan negatif) sedangkan semikonduktor tipe-p mengalami

kelebihan *hole* (bermuatan positif) dalam struktur atomnya. Kondisi kelebihan *hole* dan elektron ini bisa terjadi dengan mendoping material dengan atom dopant. Sebagai contoh untuk mendapatkan material silikon tipe-n, maka silikon didoping oleh atom fosfor.

Peran dari sambungan p-n ini adalah untuk membentuk medan listrik sehingga elektron dan hole dapat diekstrak oleh material kontak untuk menghasilkan listrik. Ketika semikonduktor tipe-p dan tipe-n terhubung, kelebihan elektron akan bergerak dari semikonduktor tipe-n menuju tipe-p sehingga membentuk kutub positif pada semikonduktor tipe-n, dan sebaliknya kutub negatif pada semikonduktor tipe-p. akibat dari aliran elektron dan hole ini maka akan terbentuk medan listrik dan pada saat cahaya matahari mengenai susunan p-n *junction* ini maka akan mendorong elektron bergerak dari semikonduktor menuju kontak negatif yang akan dimanfaatkan sebagai listrik sedangkan *hole* menuju kontak positif menunggu elektron datang, seperti ilustrasi pada gambar 2. diatas.

2.1.4 Faktor Pengoperasian Sel Surya

Faktor dari pengoperasian sel surya agar didapatkan nilai yang maksimum sangat bergantung kepada :

a. Temperatur Ambien Udara

Sel surya dapat beroperasi secara maksimum apabila temperatur sel tetap normal (pada 25 °C). Kenaikan temperatur lebih tinggi dari temperatur normal pada sel akan menurunkan nilai tegangan (V_{oc}). Setiap kenaikan temperatur sel surya 1 °C (dari temperatur normal 25 °C) akan berkurang sekitar 0.4% pada total energi yang dihasilkan atau akan melemah dua kali (2x) lipat untuk kenaikan temperatur sel 10 °C. (Sumber : *Solar Electricity*, Lorenzo Eduardo.);

b. Radiasi Matahari

Pada dasarnya energi radiasi yang dipancarkan oleh sinar matahari memiliki besaran yang konstan, tetapi karena peredaran bumi mengelilingi matahari dalam bentuk elips maka besaran konstanta matahari bervariasi antara 1308 W/m^2 dan 1398 W/m^2 . Berpedoman kepada luas penampang bumi yang menghadap matahari dan yang berputar sepanjang tahun maka energi yang dapat diserap oleh bumi besarnya adalah 751×10^{15} kW-Jam.

c. Kecepatan Angin

Kecepatan angin berhembus disekitar pemasangan sel surya dapat membantu mendinginkan temperatur permukaan kaca sel surya.

d. Keadaan Atmosfer Bumi

Apabila keadaan atmosfer bumi berawan, mendung, berkabut ataupun terdapat polusi udara seperti debu, hal ini akan mempengaruhi intensitas cahaya matahari yang dapat diterima sel surya untuk menghasilkan arus listrik maksimum.

e. Posisi Sel Surya

Sel surya pada equator (latitude 0 derajat) yang diletakkan mendatar (*tilt angle* = 0) akan menghasilkan energi yang maksimum. Untuk lokasi dengan *latitude* yang berbeda maka harus ditentukan *tilt angle* yang optimum.

2.2 Inverter

2.2.1 Pengertian Inverter

Inverter merupakan suatu rangkaian yang digunakan untuk mengubah sumber tegangan input DC menjadi tegangan output AC. Tegangan output dapat diperoleh dengan mengubah tegangan DC atau merubah metode pensaklaran (*switching*) pada Inverter. Inverter dapat diklasifikasikan menjadi dua jenis, yaitu : inverter satu fasa dan inverter tiga fasa. Setiap jenis inverter tersebut dapat dikelompokkan dalam empat kategori ditinjau dari jenis rangkaian komutasi pada *Sillicon Control Rectifier* (SCR), yaitu :

- a. Inverter resonansi ;
- b. Inverter komutasi bantu ;
- c. Inverter komutasi komplemen.



Gambar 2.4. Inverter Satu fasa (500 W)

Sumber : Penulis, 2021.

Untuk daya rendah atau daya medium, tegangan output dengan bentuk gelombang persegi atau *quasi* persegi sudah cukup, akan tetapi untuk daya yang besar maka tegangan

output berbentuk sinus dengan harmonisa yang rendah benar-benar harus menjadi perhitungan. Inverter secara luas digunakan dalam industri seperti untuk penggerak motor dengan kecepatan variable, *Uninterruptible Power Supply* (UPS). Sumber tegangan input pada inverter dapat berupa *fuel cell*, *Solar cell*, dan sumber DC lainnya.

Penggunaan Inverter dalam Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) adalah untuk perangkat yang menggunakan sumber tenaga AC. Beberapa hal yang harus diperhatikan dalam pembelian inverter adalah sebagai berikut:

- a. Kapasitas beban yang akan digunakan (dalam satuan Watt), usahakan memilih inverter yang beban kerjanya mendekati beban kerja yang hendak kita gunakan agar efisiensi kerjanya maksimal;
- b. Input DC 12 volt atau 24 volt;
- c. Bentuk gelombang AC output, *Sine Wave* atau *Square Wave*.

Inverter dengan bentuk gelombang keluaran sinus murni (*Pure Sine Wave*) digunakan untuk beban-beban yang menggunakan motor agar bekerja lebih mudah dan tidak cepat panas. Gelombang sinus yang dihasilkan inverter ini sama dengan gelombang sinus listrik dari PLN. Oleh karena itu, dari segi harga maka inverter dengan gelombang keluaran sinus murni sangat mahal dibandingkan dengan inverter jenis lainnya.

Dalam perkembangannya di pasaran juga beredar *modified sine wave inverter* yang merupakan kombinasi antara *square wave* dan *pure sine wave*. Perangkat yang menggunakan kumparan masih bisa beroperasi dengan *modified sine wave inverter*, hanya saja kurang maksimal.

Sedangkan pada *square wave inverter* beban-beban listrik yang menggunakan kumparan / motor tidak dapat bekerja sama sekali.

Selain itu dikenal juga istilah *Grid Tie Inverter* yang merupakan inverter khusus yang biasanya digunakan dalam sistem energi listrik terbarukan, yang mengubah arus listrik DC menjadi AC yang kemudian diumpankan ke jaringan listrik yang sudah ada. *Grid Tie Inverter* juga dikenal sebagai *synchronous inverter* dan perangkat ini tidak dapat berdiri sendiri, apalagi bila jaringan tenaga listriknya tidak tersedia. Dengan adanya *Grid Tie Inverter* kelebihan kWh yang diperoleh dari sistem PLTS ini bisa disalurkan kembali ke jaringan listrik PLN untuk dinikmati bersama dan sebagai penggantinya besarnya kWh yang disuplai harus dibayar PLN ke penyedia PLTS, tentunya dengan tarif yang telah disepakati sebelumnya.

Rugi-rugi yang terjadi pada inverter biasanya berupa disipasi daya dalam bentuk panas. Efisiensi tertinggi dipegang oleh *grid tie inverter* yang diklaim bisa mencapai 95-97% bila beban outputnya hampir mendekati *rated* bebannya. Sedangkan pada umumnya efisiensi inverter adalah berkisar 50-90% tergantung dari beban outputnya. Bila beban outputnya semakin mendekati beban kerja inverter yang tertera maka efisiensinya semakin besar, demikian pula sebaliknya. *Modified sine wave inverter* ataupun *square wave inverter* bila dipaksakan untuk beban-beban induktif maka efisiensinya akan jauh berkurang dibandingkan dengan *pure sine wave inverter*. Perangkatnya akan menyedot daya 20% lebih besar dari yang seharusnya. Dalam rancang bangun ini, kami memutuskan untuk menggunakan inverter dengan gelombang sinus yang dimodifikasi (*Modified sine wave inverter*) karena harganya yang relative terjangkau.

2.2.2 Prinsip Kerja Inverter

Inverter pada dasarnya berfungsi untuk mengubah arus dan tegangan searah menjadi arus dan tegangan bolak-balik. Prinsip kerja dari Inverter satu fasa sebagai berikut:

- a. Inverter satu fasa setengah jembatan;
- b. Inverter satu fasa jembatan penuh.

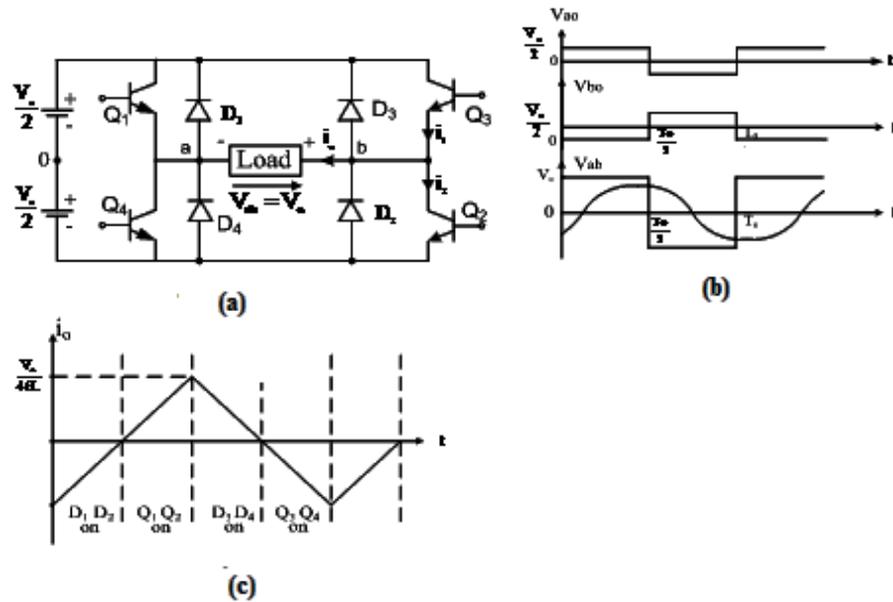
Dalam penelitian ini yang akan dibahas hanya Inverter Satu Fasa Jembatan Penuh.

Inverter Satu Fasa Jembatan Penuh

Prinsip kerja *inverter* satu fasa dapat dijelaskan dengan Gambar. Rangkaian terdiri dari 4 (empat) buah saklar transistor. Pada saat transistor Q_1 dan Q_2 dinyalakan pada waktu $T_o/2$, tegangan sesaat (*instantaneous voltage*) muncul pada beban v_o yaitu sebesar V_s . Bila transistor Q_3 dan Q_4 dinyalakan pada waktu $T_o/2$, maka tegangan yang muncul pada beban adalah $-V_s$.

Rangkaian pengendali harus didisain sedemikian rupa sehingga transistor Q_1 , Q_2 dan transistor Q_3 , Q_4 tidak menyala pada saat yang bersamaan. *Inverter* seperti ini membutuhkan sumber dc tiga kawat (*three-wire dc source*), ketika transistor padam tegangan baliknya sebesar V_s bukan $V_s/2$.

Bentuk gelombang untuk tegangan keluaran dan arus transistor dengan beban resistif dapat dilihat pada Gambar 2.5(b). Inverter ini dikenal sebaga inverter satu fasa jembatan penuh (*full-bridge inverter*).



Gambar 2.5. (a) Rangkaian Inverter Jembatan Penuh; (b) Bentuk Gelombang dengan Beban Resistif; (c) Arus Beban dengan Beban Induktif.

Sumber : Tugas Akhir MUHAMMAD IQBAL, 2017.

Tegangan keluaran efektif (*root mean square = rms*) dapat ditentukan dari persamaan :

$$V_o = \left(\frac{2}{T_o} \int_0^{T_o} V_s^2 dt \right)^{\frac{1}{2}} = V_s \dots\dots\dots (1)$$

dimana:

V_o = Tegangan keluaran efektif [volt]

V_s = Tegangan masukan dc [volt]

Tegangan keluaran sesaat dapat dinyatakan dalam bentuk deret *Fourier*, yaitu:

$$v_o = \sum_{n=1,3,5,\dots}^{\infty} \frac{4V_s}{n\pi} \sin n\omega t \dots\dots\dots (2)$$

dimana:

$\omega = 2\pi \cdot f_o$ adalah frekuensi tegangan keluaran dalam rad/s.

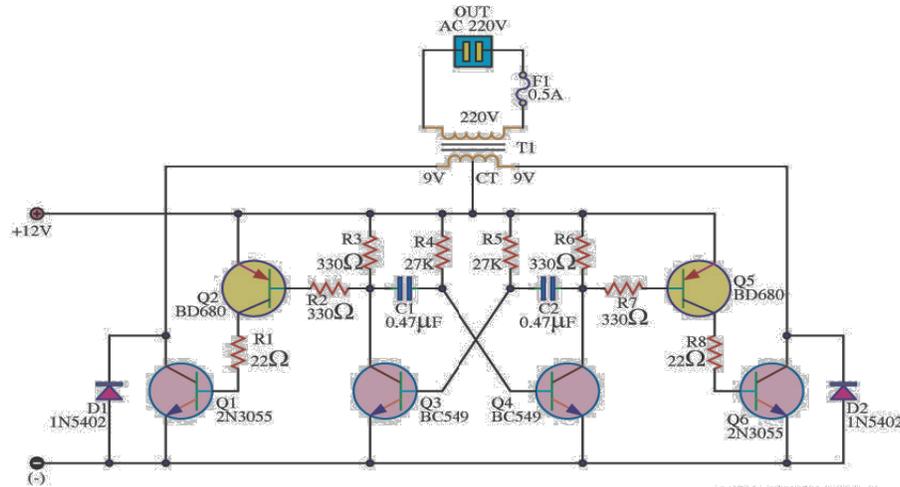
Untuk $n=1$, maka persamaan (2) memberikan nilai efektif dari komponen dasar, yaitu :

$$V_1 = \frac{4V_s}{\pi\sqrt{2}} = 0,9V_s \dots\dots\dots(3)$$

dimana:

V_1 = tegangan keluaran efektif pada frekuensi fundamental [volt].

V_s = tegangan masukan dc [volt].



Gambar 2.6. Rangkaian Inverter 12 V (DC) / 220 V (AC)

Sumber : Tugas Akhir D-III MUHAMMAD IQBAL, 2017.

Jika tegangan searah (DC) sebesar 12 Volt diberikan pada rangkaian, maka tegangan ini akan dirubah menjadi tegangan bolak-balik (AC) sebesar 9V. Tegangan keluaran dari rangkaian ini akan dihubungkan dengan transformator penaik tegangan (step up) 9V-220V

seperti yang diperlihatkan pada gambar 6. Sehingga tegangan keluaran dari inverter sebesar 220 V AC.

Untuk beban induktif, arus beban tidak dapat berubah bersamaan dengan perubahan tegangan keluaran. Jika transistor Q_1 , Q_2 padam saat $t = T_o/2$ arus beban akan selalu mengalir secara kontinu melalui D_3 dan D_4 , beban, dan ke sumber dc bagian bawah sampai arus beban menjadi nol. Sama halnya jika Q_3 , Q_4 padam saat $t = T_o$, arus beban mengalir melalui D_1 dan D_2 , beban, dan ke bagian sumber dc bagian atas.

Ketika dioda D_1 , D_2 atau D_3 , D_4 konduksi, daya akan dialirkan kembali ke sumber dc, dan dioda-dioda ini dikenal sebagai dioda umpan balik (*feedback diode*). Arus beban dan interval konduksi tiap komponen untuk beban induktif dapat dilihat pada Gambar 5c. Gambar 5c, ini memperlihatkan transistor konduksi hanya selama $T_o/2$ (atau 90°).

Periode konduksi dari transistor dapat berubah dari 90° sampai 180° tergantung pada faktor daya beban.

Bila waktu padam transistor adalah t_q , maka harus ada keterlambatan dari t_q antara pemadaman transistor dan penyalaan transistor berikutnya.

Kondisi hubung singkat akan dialami oleh kedua transistor bila tidak ada keterlambatan dari t_q .

Waktu konduksi maksimum dari transistor, t_c adalah:

$$t_c = \frac{T_o}{2} - t_q$$

Untuk beban R-L arus beban sesaat i_o ditentukan dari persamaan:

$$i_o = \sum_{n=1,3,5,\dots}^{\infty} \frac{2V_s}{n\pi\sqrt{R^2 + (n\omega t)^2}} \sin(n\omega t - \theta_n) \dots\dots\dots (4)$$

Dengan: $\theta_n = \tan^{-1}\left(\frac{n\omega t}{R}\right)$

untuk besar nilai reaktansi induktif:

$$X_L = 2\pi fL \dots\dots\dots (5)$$

dimana:

X_L = nilai reaktansi induktif beban (Ω)

f = frekuensi kerja beban (Hz)

L = nilai induktansi beban (Henry)

Sedangkan untuk beban R-L nilai impedansi beban ialah:

$$Z = \sqrt{R^2 + X_L^2} \dots\dots\dots (6)$$

Bila I_{01} adalah nilai efektif dari komponen dasar, maka daya keluaran dari komponen dasar (untuk $n = 1$) dihitung dengan persamaan :

$$P_{01} = V_1 \cos \theta_1 = I_{01}^2 R \dots\dots\dots (7)$$

$$P_{01} = \left(\frac{2V_s}{\sqrt{2}\pi\sqrt{R^2 + (\omega L)^2}} \right)^2 R \dots\dots\dots (8)$$

Dimana :

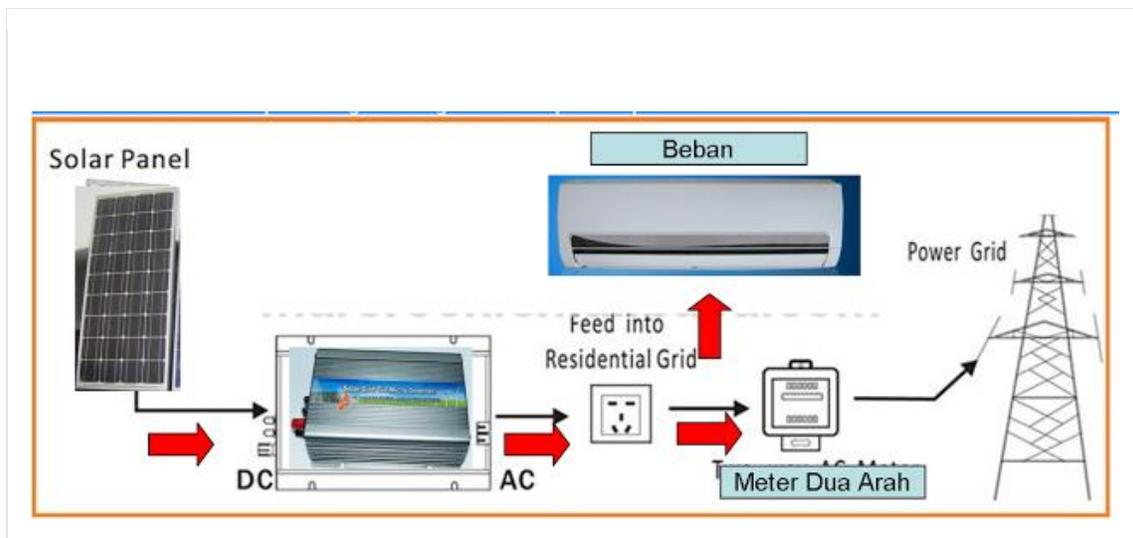
P_{01} = Daya keluaran dari komponen dasar [watt]

Rumus umum efisiensi:

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100\% \dots\dots\dots (9)$$

GRID TIE INVERTER

Grid tie inverter bekerja secara langsung dari solar panel system tanpa melalui sumber backup, juga dapat digunakan secara bersama dengan penyedia jaringan listrik utama (PLN) sehingga dapat mengurangi beban tagihan listrik. System ini bekerja secara sinkron dan otomatis berbagi beban antara solar panel system sebagai yang utama dan PLN sebagai backup, bila supply yang dihasilkan solar panel system kurang maka akan dipenuhi dari PLN. Selain hal tersebut diatas gelombang Output yang dihasilkan inverter ini pun berbentuk sinus, maka efisiensi yang dihasilkan pun tergolong tinggi sekitar 80% - 90%, sehingga Inverter ini tentu lebih baik dibandingkan jenis inverter lainnya.



Gambar 2.7. Ilustrasi Cara Kerja *Grid Tie Inverter*

Pada gambar diatas dijelaskan tentang sistem kerja solar panel menggunakan *inverter grid tie*. Energi listrik yang dihasilkan oleh solar panel sistem akan dirubah dari DC ke AC oleh *inverter grid tie* untuk selanjutnya disalurkan secara langsung melalui instalasi jaringan listrik rumah kita bersama jaringan PLN. Saat beban pemakaian listrik ada, suplai listrik utama berasal dari solar panel sistem. Saat tidak ada beban pemakaian listrik maka solar panel sistem tetap menghasilkan listrik sehingga aliran listrik akan keluar dari jaringan listrik

rumah kita. Saat itu pula meteran akan berputar terbalik (mundur) sehingga terjadilah simpanan energi listrik.

Pada malam hari, solar panel sistem tidak menghasilkan energi listrik, sehingga suplai penggunaan listrik kita murni berasal dari sumber penyedia listrik utama (PLN) saat itu pula meteran akan berputar ke arah umumnya (maju) dan cadangan listrik yang tersimpan dalam bentuk angka meter mulai berkurang bersamaan dengan pemakaian listrik.

2.3 Solar Charge Controller

2.3.1 Pengertian *Solar Charge Controller*

Solar Charge Controller adalah komponen di dalam sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya berfungsi sebagai pengatur arus listrik (*Current Regulator*) baik terhadap arus yang masuk dari panel surya maupun arus beban keluar / digunakan. *Solar Charge Controller* bekerja untuk menjaga baterai dari pengisian yang berlebihan (*Over Charge*) dan juga mengatur tegangan dan arus dari panel surya ke baterai.



Gambar 2.8. Solar Charge Controller (10 A)

Sumber : Tugas Akhir D-III MUHAMMAD IQBAL, 2017.

Sebagian besar panel surya menghasilkan tegangan keluar (V_{out}) sekitar 16 sampai 21 volt DC. Jadi, tanpa *Solar Charge Controller*, baterai akan rusak karena *overcharging* dan ketidakstabilan tegangan. Pada umumnya, berdasarkan data pengujian baterai di *charge* pada tegangan 14 – 14.7 Volt.

Beberapa fungsi penting dari *Solar Charge Controller* adalah sebagai berikut :

- a. Mengatur tegangan dan arus pengisian ke baterai untuk mencegah terjadinya *overcharging* yang akan memperpendek umur pemakaian baterai;
- b. Mengatur arus dan tegangan yang dipakai beban dari baterai agar tidak terjadi *overload*;
- c. Mencegah terjadinya arus balik, yaitu arus dari baterai masuk ke panel surya karena adanya *diode block*. Hal ini dapat menyebabkan kerusakan peralatan.

2.3.2 Teknologi *Solar Charge Controller*

Ada dua jenis teknologi yang umum digunakan pada *Solar Charge Controller*, yaitu:

a. *Pulse Wide Modulation (PWM)*

Solar Charge Controller tipe PWM adalah alat pengontrol pengisian yang berfungsi mengecras baterai dari panel surya dengan menggunakan modulasi pulsa untuk mengendalikan keberlangsungan pengisian. Pada saat baterai mendekati kondisi terisi penuh, alat PWM perlahan-lahan akan menurunkan jumlah daya yang masuk ke baterai untuk mencegah *stress* pada baterai.

b. *Maximum Power Point Tracking (MPPT)*

Merupakan perangkat elektronik yang dapat mengoptimalkan kinerja panel surya terhadap baterai. Alat ini mampu mengkonversikan tegangan tinggi output DC ke tegangan lebih rendah yang dibutuhkan baterai. Dalam proses pengisian, alat ini juga mampu melakukan peningkatan arus pengecasan baterai.

Pada *Solar Charge Controller* terdapat beberapa fitur pengecasan yang dapat disesuaikan dengan kebutuhan, yaitu:

a. *Fase Bulk* , baterai akan di-charge sesuai dengan tegangan *setup* (antara 14.2-14.6 Volt) dan arus diambil secara maksimum dari panel surya. Pada saat baterai sudah pada tegangan fase bulk, dimulailah fase absorption.

b. *Fase absorption*, pada fase ini, tegangan baterai akan dijaga sesuai dengan tegangan bulk, hingga *solar charge controller timer* tercapai, arus yang dialirkan menurun sampai tercapai kapasitas dari baterai;

- c. *Fase float*, baterai akan dijaga pada fase *float charging* (umumnya 13,4-13,8 Volt). Beban yang terhubung ke baterai dapat menggunakan arus maksimum dari panel surya pada fase ini.

Untuk membeli *Solar Charge Controller* yang harus diperhatikan adalah :

- a. Nilai Tegangan Input DC 12 Vdc/24 Vdc;
- b. Kapasitas Maksimum Arus DC, 5A, 10A, 20A, dst; (dalam percobaan ini kami menggunakan SCC 10 A)
- c. Lampu indicator pengecasan dan pemakaian beban.

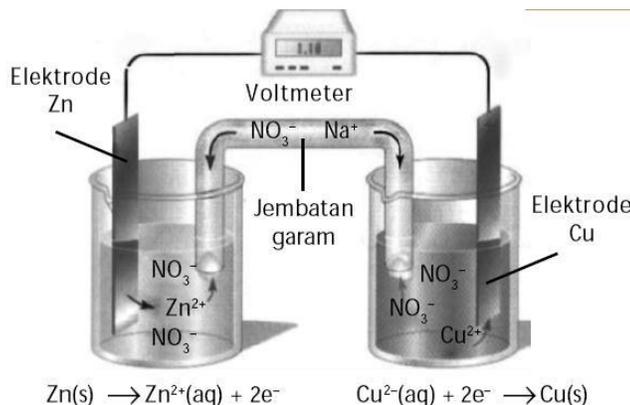
Solar Charge Controller yang baik memiliki kemampuan mendeteksi kapasitas tegangan baterai. Apabila baterai sudah terisi penuh, maka secara otomatis pengisian arus dari panel surya akan terhenti. Peristiwa ini ditandai dengan lampu indikator untuk baterai telah berubah warna menjadi hijau, dan lampu indikator pengecasan dari panel surya sudah tidak berkedip-kedip lagi.

2.4 Baterai (*Accumulator*)

2.4.1 Pengertian Baterai

Baterai listrik adalah alat yang terdiri dari dua atau lebih sel elektrokimia yang tersimpan menjadi energi listrik. Setiap sel memiliki kutub positif (katoda) dan kutub negatif (anoda), kutub positif memiliki energi potensial yang lebih tinggi dibandingkan dengan kutub negatif. Kutub bertanda negatif adalah sumber elektron yang ketika disambungkan dengan rangkaian eksternal akan mengalir dan memberikan energi ke peralatan eksternal. Ketika baterai dihubungkan dengan rangkaian eksternal, elektrolit dapat berpindah sebagai ion

didalamnya, sehingga terjadi reaksi kimia pada kedua kutubnya. Perpindahan ion dalam baterai akan mengalirkan arus listrik keluar dari baterai sehingga menghasilkan kerja. Meski sebutan *baterai* secara teknis adalah alat dengan beberapa sel, sel tunggal juga umumnya disebut baterai.



Gambar 2.9. Dua Sel-Setengah yang Dihubungkan
dengan untuk Transfer Ion

Sumber : Tugas Akhir D-III MUHAMMAD IQBAL, 2017.

Baterai mengubah energi kimia langsung menjadi energi listrik, Baterai terdiri dari sejumlah sel volta. Tiap sel terdiri dari 2 sel setengah yang terhubung seri melalui elektrolit konduktif yang berisi anion dan kation. Satu sel setengah termasuk elektrolit dan elektroda negatif, elektroda yang dimana anion berpindah, sel setengah lainnya termasuk elektrolit dan elektroda positif dimana kation berpindah. Reaksi redoks akan mengisi ulang baterai. Kation akan tereduksi (elektron akan bertambah) di katoda ketika pengisian, sedangkan anion akan teroksidasi (elektron hilang) di anoda ketika pengisian. Ketika digunakan, proses ini dibalik. Elektrodanya tidak bersentuhan satu sama lain, namun terhubung via elektrolit. Beberapa sel menggunakan elektrolit yang berbeda untuk tiap sel setengah. Sebuah separator dapat membuat ion mengalir di antara sel-setengah dan bisa menghindari pencampuran elektrolit.

Tiap sel setengah memiliki gaya gerak listrik (GGL), ditentukan dari kemampuannya untuk menggerakkan arus listrik dari dalam ke luar sel. GGL bersih sebuah sel adalah perbedaan GGL masing-masing sel setengah. Maka, jika elektroda memiliki GGL ϵ_1 dan ϵ_2 , maka GGL bersihnya adalah $\epsilon_2 - \epsilon_1$. Dengan kata lain, GGL bersih adalah perbedaan antara potensial reduksi reaksi setengah.

Perbedaan potensial ΔV_{bat} pada kutub baterai dikenal dengan (*perbedaan*) *tegangan kutub* dan diukur dalam volt. Tegangan kutub sebuah sel yang tidak sedang diisi ulang atau dipakai disebut tegangan rangkaian-terbuka dan sama dengan GGL sel. Karena adanya resistansi dalam, tegangan kutub pada sel yang dipakai lebih kecil daripada tegangan rangkaian terbuka dan ketika sel diisi ulang, akan lebih besar daripada tegangan rangkaian terbuka.



Gambar 2.10. Baterai 12 V 26 Ah untuk Sel Surya

Sumber : Penulis, 2021.

Kapasitas baterai diukur dalam Ampere-Jam (*Ampere-hour*), misalnya baterai YUASA 12V 26Ah, 12 Volt menunjukkan tegangan yang digunakan baterai karena tersusun dari 6 sel 2 Volt. Sedangkan 26 Ah menunjukkan kapasitas arus yang dapat dikeluarkan perjam, yaitu 26 Ah.

2.4.2 Pemeriksaan dan Perawatan Baterai

- a. Periksa ketinggian permukaan air baterai (elektrolit) secara berkala. Ketinggian permukaan air baterai harus antara garis batas *upper* dan *lower*. Jika air baterai dibawah permukaan garis *lower* tambahkan air murni (H₂O) kedalam baterai;
- b. Periksa keadaan kotak baterai dari keretakan dan kebocoran. Jika keadaan kotak baterai sudah retak, sebaiknya baterai diganti dengan yang baru. Kotak baterai yang retak akan menyebabkan bocornya cairan elektrolit baterai dan dapat merusak sel-sel baterai;
- c. Periksa keadaan kutub-kutub baterai. Apabila kutub-kutub baterai tertimbun endapan putih bersihkan dengan air hangat, dan jika kutub-kutub baterai berkarat bersihkan dengan amril halus dan beri pelumas sedikit agar kutub-kutub baterai tidak cepat berkarat;
- d. Ukur tegangan baterai dengan Voltmeter. Apabila teganga baterai berkurang disertai dengan menurunnya berat jenis larutan elektrolit baterai maka baterai harus di-*charge*. Pada saat pengecasan, tutup sel baterai harus dibuka agar uap larutan elektrolit dapat keluar. Jika baterai sudah penuh, akan timbul buih-buih gas ke permukaan.

2.5 Turbin Angin

2.5.1 Pengertian Turbin Angin

Turbin angin adalah kincir angin yang digunakan untuk membangkitkan tenaga listrik. Turbin angin ini pada awalnya dibuat untuk mengakomodasi kebutuhan para petani dalam melakukan penggilingan padi, keperluan irigasi, dll. Turbin angin terdahulu banyak dibangun di Denmark, Belanda, dan negara-negara Eropa lainnya dan lebih dikenal dengan Windmill. Kini turbin angin lebih banyak digunakan untuk mengakomodasi kebutuhan listrik masyarakat, dengan menggunakan prinsip konversi energi dan menggunakan sumber daya alam yang dapat diperbaharui yaitu angin. Walaupun sampai saat ini pembangunan turbin angin masih belum dapat menyaingi pembangkit listrik konvensional (Contoh: PLTD, PLTU, dll), turbin angin masih dikembangkan oleh para ilmuwan karena dalam waktu dekat manusia akan dihadapkan dengan masalah kekurangan sumber daya alam tak terbarui (Contoh : batubara, minyak bumi) sebagai bahan dasar untuk membangkitkan listrik.

2.5.2 Klasifikasi Turbin Angin

Turbin angin sebagai mesin konversi energi dapat digolongkan berdasarkan prinsip aerodinamik yang bekerja pada rotornya. Berdasarkan prinsip aerodinamik, turbin angin dibagi menjadi dua bagian yaitu jenis drag (tipe drag) dan jenis lift (tipe lift) (Hemami, 2012). Kedua prinsip aerodinamik yang dimanfaatkan turbin angin memiliki perbedaan putaran pada rotornya, dengan prinsip gaya drag memiliki putaran rotor relatif rendah dibandingkan turbin angin yang rotornya menggunakan prinsip gaya lift.

Jika dilihat dari arah sumbu rotasi rotor, turbin angin dapat dibagi menjadi dua bagian yaitu horizontal axis wind turbine (HAWT) dan vertical axis wind turbine (VAWT) (Mathew, 2006).

2.5.3 Jenis Turbin Angin

Turbin angin sumbu horizontal (TASH) memiliki poros rotor utama dan generator listrik di puncak menara. Turbin berukuran kecil diarahkan oleh sebuah baling-baling angin (baling-baling cuaca) yang sederhana, sedangkan turbin berukuran besar pada umumnya menggunakan sebuah sensor angin yang digandengkan ke sebuah servo motor. TASV sebagian besar memiliki sebuah gearbox yang mengubah perputaran kincir yang pelan menjadi lebih cepat berputar.

Karena sebuah menara menghasilkan turbulensi di belakangnya, turbin biasanya diarahkan melawan arah anginnya menara. Bilah-bilah turbin dibuat kaku agar mereka tidak terdorong menuju menara oleh angin berkecepatan tinggi. Sebagai tambahan, bilah-bilah itu diletakkan di depan menara pada jarak tertentu dan sedikit dimiringkan.

Karena turbulensi menyebabkan kerusakan struktur menara, dan realibilitas begitu penting, sebagian besar TASH merupakan mesin upwind (melawan arah angin). Meski memiliki permasalahan turbulensi, mesin downwind (menurut jurusan angin) dibuat karena tidak memerlukan mekanisme tambahan agar mereka tetap sejalan dengan angin, dan karena di saat angin berhembus sangat kencang, bilah-bilahnya bisa ditekuk sehingga mengurangi wilayah tiupan mereka dan dengan demikian juga mengurangi resintensi angin dari bilah-bilah itu.

Kelebihan turbin angin sumbu horizontal (TASH) :

Dasar menara yang tinggi membolehkan akses ke angin yang lebih kuat di tempat-tempat yang memiliki geseran angin (perbedaan antara laju dan arah angin antara dua titik yang jaraknya relatif dekat di dalam atmosfer bumi. Di sejumlah lokasi geseran angin, setiap sepuluh meter ke atas, kecepatan angin meningkat sebesar 20%.

Kekurangan TASH :

- a. Menara yang tinggi serta bilah yang panjangnya bisa mencapai 90 meter sulit diangkut. Diperkirakan besar biaya transportasi bisa mencapai 20% dari seluruh biaya peralatan turbin angin.
- b. TASH yang tinggi sulit dipasang, membutuhkan derek yang sangat tinggi dan mahal serta para operator yangampil.
- c. Konstruksi menara yang besar dibutuhkan untuk menyangga bilah-bilah yang berat, gearbox, dan generator.
- d. TASH yang tinggi bisa memengaruhi radar airport
- e. Ukurannya yang tinggi merintangai jangkauan pandangan dan mengganggu penampilan lansekap.
- f. Berbagai varian downwind menderita kerusakan struktur yang disebabkan oleh turbulensi.
- g. TASH membutuhkan mekanisme kontrol *yaw* tambahan untuk membelokkan kincir ke arah angin.



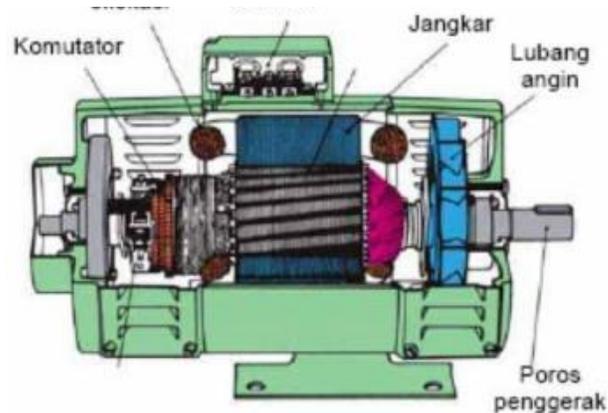
Gambar 2.11. Perancangan Turbin Angin

Sumber : Penulis, 2021.

2.6 Generator DC

2.6.1 Konstruksi Generator DC

Pada umumnya generator DC dibuat dengan menggunakan magnet permanen dengan 4-kutub rotor, regulator tegangan digital, proteksi terhadap beban lebih, starter eksitasi, penyearah, bearing dan rumah generator atau casis, serta bagian rotor. Gambar berikut menunjukkan gambar potongan melintang konstruksi generator DC.



Gambar 2.12. Konstruksi Generator DC

Sumber : pengetahuan-listrik.blogspot.com, Miftahul Huda, 2017.

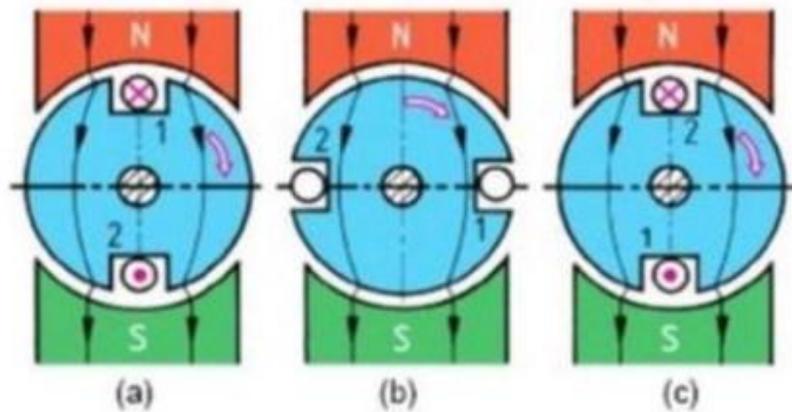
Generator DC terdiri dua bagian, yaitu stator, yaitu bagian mesin DC yang diam, dan bagian rotor, yaitu bagian mesin DC yang berputar. Bagian stator terdiri dari: rangka motor, belitan stator, sikat arang, bearing dan terminal box. Sedangkan bagian rotor terdiri dari: komutator, belitan rotor, kipas rotor dan poros rotor.

2.6.2 Prinsip Kerja Generator DC

Pembangkitan tegangan induksi oleh sebuah generator diperoleh melalui dua cara:

- Dengan menggunakan cincin-seret, menghasilkan tegangan induksi bolak-balik.
- Dengan menggunakan komutator, menghasilkan tegangan DC.

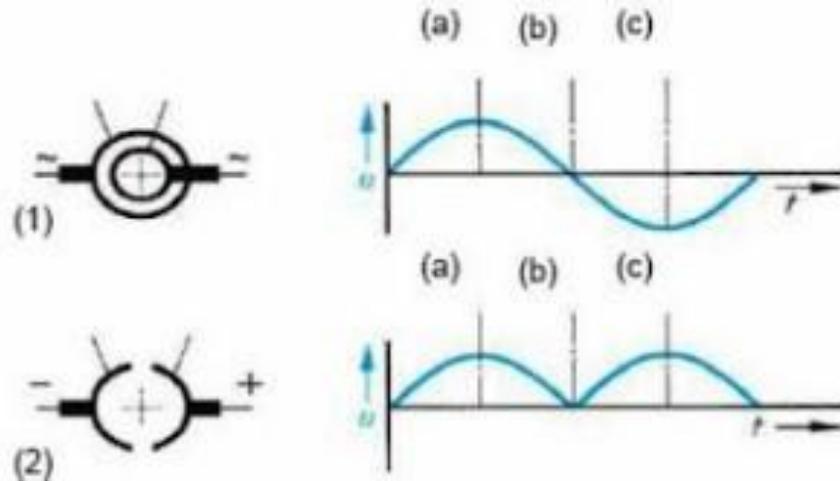
Proses pembangkitan tegangan tegangan induksi tersebut dapat dilihat pada Gambar 2.13 berikut ini:



Gambar 2.13. Pembangkitan Tegangan Induksi

Sumber : pengetahuan-listrik.blogspot.com, Miftahul Huda, 2017.

Jika rotor diputar dalam pengaruh medan magnet, maka akan terjadi perpotongan medan magnet oleh lilitan kawat pada rotor. Hal ini akan menimbulkan tegangan induksi. Tegangan induksi terbesar terjadi saat rotor menempati posisi seperti Gambar 2.13 (a) dan (c). Pada posisi ini terjadi perpotongan medan magnet secara maksimum oleh penghantar. Sedangkan posisi jangkar pada Gambar 2.13(b), akan menghasilkan tegangan induksi nol. Hal ini karena tidak adanya perpotongan medan magnet dengan penghantar pada jangkar atau rotor. Daerah medan ini disebut daerah netral.



Gambar 2.14. Tegangan Rotor yang dihasilkan melalui cincin-seret dan komutator

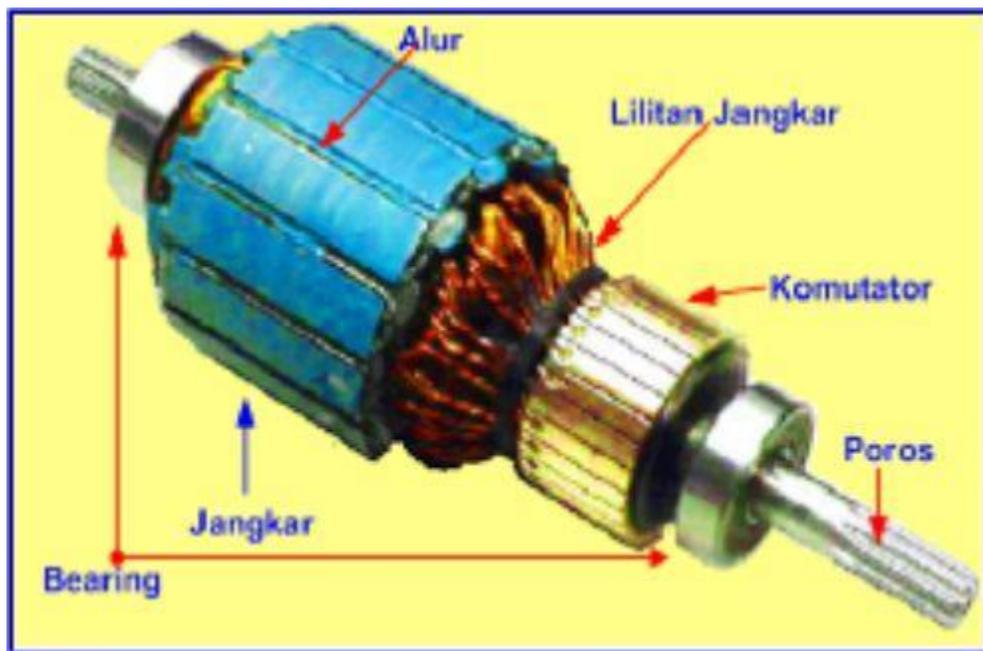
Sumber : pengetahuan-listrik.blogspot.com, Miftahul Huda, 2017.

Jika ujung belitan rotor dihubungkan dengan slip-ring berupa dua cincin (disebut juga dengan cincin seret), seperti ditunjukkan Gambar 2.14.(1), maka dihasilkan listrik AC (arus bolak-balik) berbentuk sinusoidal. Bila ujung belitan rotor dihubungkan dengan komutator satu cincin Gambar 2.14.(2) dengan dua belahan, maka dihasilkan listrik DC dengan dua gelombang positif.

- a. Rotor dari generator DC akan menghasilkan tegangan induksi bolak-balik. Sebuah komutator berfungsi sebagai penyearah tegangan AC.
- b. Besarnya tegangan yang dihasilkan oleh sebuah generator DC, sebanding dengan banyaknya putaran dan besarnya arus eksitasi (arus penguat medan).

2.6.3 Jangkar Generator DC

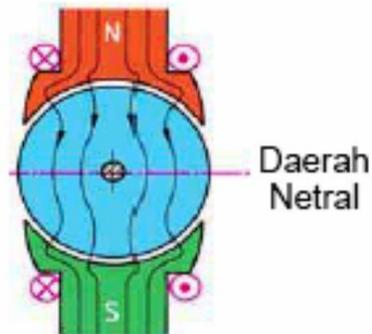
Jangkar adalah tempat lilitan pada rotor yang berbentuk silinder beralur. Belitan tersebut merupakan tempat terbentuknya tegangan induksi. Pada umumnya jangkar terbuat dari bahan yang kuat mempunyai sifat feromagnetik dengan permeabilitas yang cukup besar. Permeabilitas yang besar diperlukan agar lilitan jangkar terletak pada daerah yang induksi magnetnya besar, sehingga tegangan induksi yang ditimbulkan juga besar. Belitan jangkar terdiri dari beberapa kumparan yang dipasang di dalam alur jangkar. Tiap-tiap kumparan terdiri dari lilitan kawat atau lilitan batang.



Gambar 2.15 Jangkar Generator DC

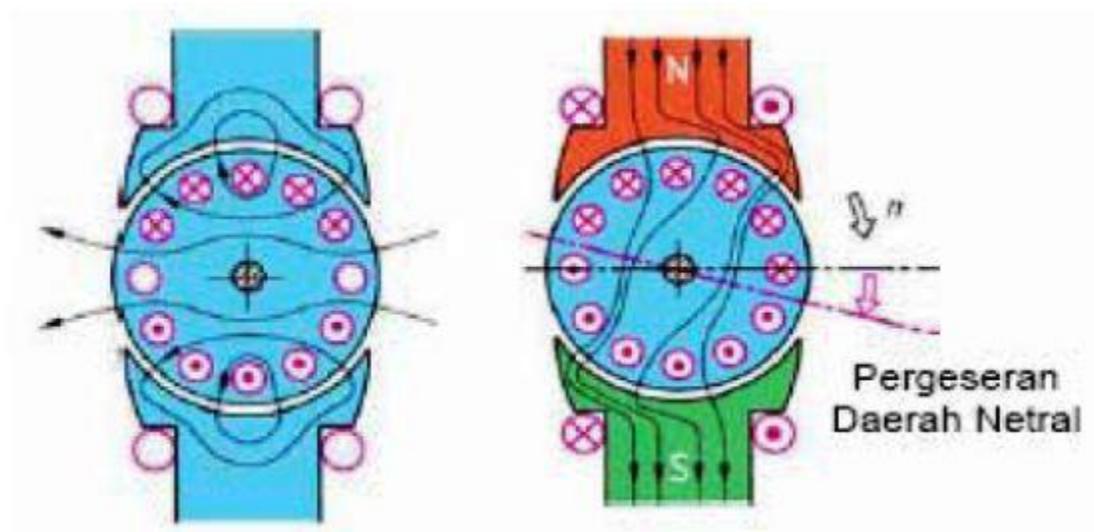
Sumber : pengetahuan-listrik.blogspot.com, Miftahul Huda, 2017.

Fluks magnet yang ditimbulkan oleh kutub-kutub utama dari sebuah generator saat tanpa beban disebut Fluks Medan Utama (Gambar 2.15). Fluks ini memotong lilitan jangkar sehingga timbul tegangan induksi.



Gambar 2.16 Medan Eksitasi Generator DC

Sumber : pengetahuan-listrik.blogspot.com, Miftahul Huda, 2017.



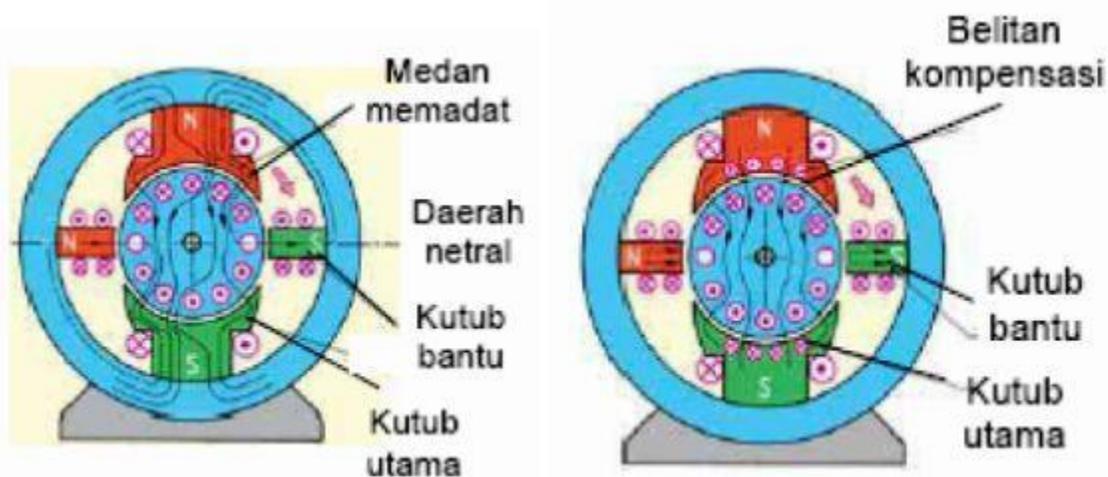
Gambar 2.17 Medan Jangkar Generator DC (a) dan Reaksi Jangkar (b)

Sumber : pengetahuan-listrik.blogspot.com, Miftahul Huda, 2017.

Pada (Gambar 2.17) diatas, bila generator dibebani maka pada penghantar jangkar timbul arus jangkar. Arus jangkar ini menyebabkan timbulnya fluks pada penghantar jangkar tersebut dan biasa disebut Fluks Medan Jangkar. Munculnya medan jangkar akan memperlemah medan

utama yang terletak disebelah kiri kutub utara, dan akan memperkuat medan utama yang terletak di sebelah kanan kutub utara. Pengaruh adanya interaksi antara medan utama dan medan jangkar ini disebut reaksi jangkar. Reaksi jangkar ini mengakibatkan medan utama tidak tegak lurus pada garis netral n , tetapi bergeser sebesar sudut α . Dengan kata lain, garis netral akan bergeser.

Pergeseran garis netral akan melemahkan tegangan nominal generator. Untuk mengembalikan garis netral ke posisi awal, dipasangkan medan magnet bantu (interpole atau kutub bantu), seperti ditunjukkan pada Gambar 2.17.(a).



Gamabr 2.18 Generator dengan Kutub Bantu (a) dan Generator dengan Kutub Utama, Kutub Bantu, Belitan Kompensasi (b)

Sumber : pengetahuan-listrik.blogspot.com, Miftahul Huda, 2017.

Lilitan magnet bantu berupa kutub magnet yang ukuran fisiknya lebih kecil dari kutub utama. Dengan bergesernya garis netral, maka sikat yang diletakkan pada permukaan komutator dan tepat terletak pada garis netral n juga akan bergeser. Jika sikat dipertahankan pada posisi

semula (garis netral), maka akan timbul percikan bunga api, dan ini sangat berpotensi menimbulkan kebakaran atau bahaya lainnya. Oleh karena itu, sikat juga harus digeser sesuai dengan pergeseran garis netral. Bila sikat tidak digeser maka komutasi akan jelek, sebab sikat terhubung dengan penghantar yang mengandung tegangan. Reaksi jangkar ini dapat juga diatasi dengan kompensasi yang dipasangkan pada kaki kutub utama baik pada lilitan kutub utara maupun kutub selatan, seperti ditunjukkan pada gambar 2.17 (a) dan (b), generator dengan komutator dan lilitan kompensasinya. Kini dalam rangkaian generator DC memiliki tiga lilitan magnet, yaitu lilitan magnet utama, lilitan magnet bantu (interpole), lilitan magnet kompensasi.

2.6.4 Kelebihan dan Kekurangan Generator DC

Komutator pada generator DC berguna untuk menjaga arah putar rotor supaya tetap satu arah putaran. Atau menyearahkan arus-tegangan dari AC menjadi DC secara mekanis pada terminalnya untuk generator DC

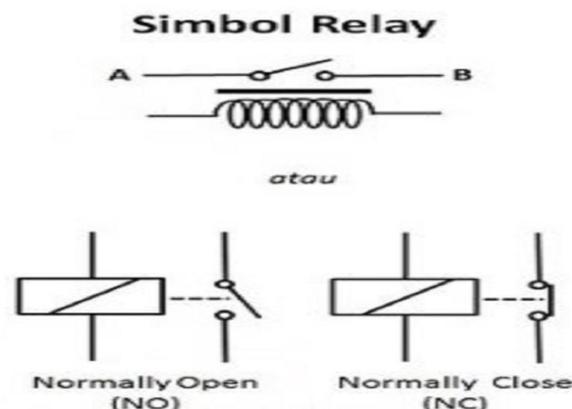
Komutator berbentuk seperti silinder yang mempunyai banyak segmen-segmen disekelilingnya. Setiap segmen dihubungkan oleh kawat atau kabel, karena jumlah segmen pada komutator jumlahnya sangat banyak maka kawat atau kabel yang dibutuhkan juga banyak sehingga ini menjadi salah satu kekurangan dari komutator yaitu konstruksinya rumit. Karena konstruksinya yang rumit dan membutuhkan kawat atau kabel yang banyak, generator DC menjadi mahal harganya. Selain itu, akibat komutator mempunyai segmen-segmen yang banyak dengan jarak yang 40energy40e dekat, ketika komutator berputar dengan kecepatan yang tinggi akan menghasilkan suara yang bising. Dan akibat jarak yang dekat antartiap segmen, kapasitas tegangannya juga rendah (max 5MW) karena dikhawatirkan akan terjadi peloncatan bunga api

listrik. Kelemahan berikutnya pada komutator adalah komutator yang sedang berputar harus dihubungkan dengan brush (yang terdiri dari material Carbon) guna untuk menyalurkan arus DC ke rotor generator. Hal ini mengakibatkan maintenance yang dilakukan harus lebih sering, karena brush akan mengalami “Aus” yang mengakibatkan adanya serpihan-serpihan karbon pada komutator. Namun, salah satu keunggulan Generator DC adalah mempunyai Torsi awal yang besar, sehingga banyak digunakan sebagai starter motor.

2.7 Relay

2.7.1 Pengertian Relay

Relay merupakan komponen elektronika berupa saklar atau switch elektrik yang dioperasikan secara listrik dan terdiri dari 2 bagian utama yaitu Elektromagnet (coil) dan mekanikal (seperangkat kontak Saklar/Switch). Komponen elektronika ini menggunakan prinsip elektromagnetik untuk menggerakkan saklar sehingga dengan arus listrik yang kecil (low power) dapat menghantarkan listrik yang bertegangan lebih tinggi. Berikut adalah simbol dari komponen relay.



Gambar 2.19 Simbol Relay

Sumber : Immersa Lab., 2018.

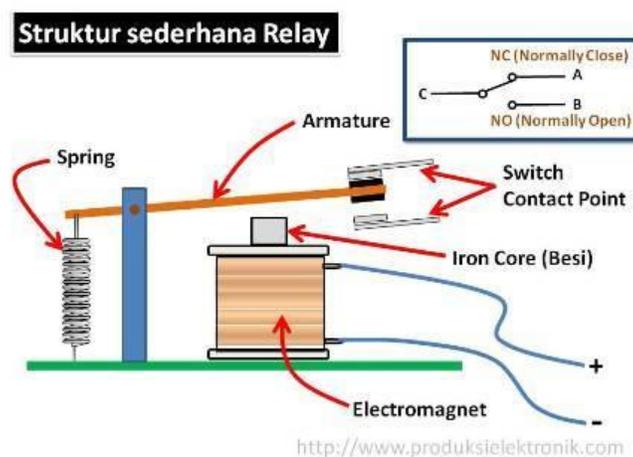
2.7.2 Fungsi Relay

Seperti yang telah di jelaskan tadi bahwa relay memiliki fungsi sebagai saklar elektrik, namun jika di aplikasikan ke dalam rangkaian elektronika, relay memiliki beberapa fungsi yang cukup unik. Berikut beberapa fungsi saat di aplikasikan ke dalam sebuah rangkaian elektronika.

1. Mengendalikan sirkuit tegangan tinggi dengan menggunakan bantuan signal tegangan rendah.
2. Menjalankan logic function atau fungsi logika.
3. Memberikan time delay function atau fungsi penundaan waktu.
4. Melindungi motor atau komponen lainnya dari korsleting atau kelebihan tegangan.

2.7.3 Cara Kerja Relay

Setelah mengetahui pengertian serta fungsi dari relay, anda juga harus mengetahui cara kerja atau prinsip kerja dari relay. Namun sebelumnya anda perlu mengetahui bahwa pada sebuah relay terdapat 4 bagian penting yaitu electromagnet (coil), Armature, Switch Contact Point (saklar) dan spring. Untuk lebih jelasnya silahkan lihat gambar di bawah ini.



Gambar 2.20 Struktur Sederhana Relay

Sumber : Immersa Lab., 2018.

Kontak point relay terdiri dari 2 jenis yaitu:

1. Normally Close (NC) yaitu kondisi awal sebelum diaktifkan akan selalu berada pada posisi close (tertutup).
2. Normally Open (NO) yaitu kondisi awal sebelum diaktifkan akan selalu berada pada posisi open (terbuka).

Berdasarkan gambar diatas, iron core(besi) yang dililitkan oleh kumparan coil berfungsi untuk mengendalikan iron core tersebut. Ketika kumparan coil di berikan arus listrik, maka akan timbul gaya elektromagnet sehingga akan menarik Armature berpindah posisi yang awalnya NC(tertutup) ke posisi NO(terbuka) sehingga menjadi saklar yang dapat menghantarkan arus listrik di posisi NO. Posisi Armature yang tadinya dalam kondisi CLOSE akan menjadi OPEN atau terhubung. Armature akan kembali keposisi CLOSE saat tidak dialiri listrik. Coil yang digunakan untuk menarik Contact Point ke posisi CLOSE umumnya hanya membutuhkan arus listrik yang relatif kecil.

Zuraidah Tharo (2019) dalam jurnalnya mengatakan tentang Tenaga Hybrid sebagai berikut :
“Pemanfaatan musim sangat membantu dalam menghasilkan kombinasi energi angin dan matahari, kombinasi ini disebut tenaga hybrid, yang mana pada saat musim kemarau, matahari akan lebih berperan, sedangkan pada musim hujan angin akan lebih berperan dalam menghasilkan sumber energi listrik. Kedua sumber energi ini bertujuan untuk saling melengkapi dalam optimalisasi energi listrik yang dihasilkan”.

BAB 3

METODE PENELITIAN

3.1 Pendekatan Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode design dan analisis, yaitu perancangan model dalam membuat sebuah objek penelitian berupa hardware dan software. Kemudian objek diuji dan diteliti. Hasil pengujian dianalisa hingga diperoleh data dan spesifikasi alat yang dirancang. Dalam hal ini , objek penelitiannya adalah intensitas matahari terhadap panel surya saat berbeban maupun non beban dan kecepatan angin menggerakkan turbin saat berbeban maupun tanpa beban.

3.2 Lokasi Penelitian

Dalam penelitian ini penulis mengambil lokasi penelitian di Jl. Pales 7, Simp. Selayang, Kec. Medan Tuntungan, Kota Medan, Sumatera Utara.



Gambar 3.1. Letak titik Lokasi Penelitian

Sumber : Google Maps, 2021.

3.3 Alat dan Bahan

Dalam perancangan ini, penulis memakai alat dan bahan seperti yang tertera dibawah ini :

3.3.1 Peralatan

1. Laptop
2. Software pendukung :
3. Obeng +/-
4. Alat Ukur Kecepatan Angin (Anemometer)

Anemometer adalah instrumen monitor cuaca yang digunakan untuk mengukur kecepatan angin. Perangkat ini pertama kali digunakan untuk mengukur kecepatan angin ratusan tahun yang lalu, namun saat ini anemometer adalah pemantau kecepatan angin yang sangat akurat yang dapat menyediakan data dengan berbagai cara. Ada beberapa jenis anemometer dan masing-masing fungsinya sedikit berbeda. Bagaimana anemometer individu bekerja untuk mengukur kecepatan angin dan terkadang arah didasarkan pada jenisnya. Dalam rancangan ini penulis mengambil jenis anemometer digital (baling-baling). Bagaimana anemometer Baling baling dan penggunaannya ? Salah satu jenis anemometer adalah anemometer baling-baling. Peralatan ini tidak dipasang secara vertikal seperti anemometer cangkir dan sebaliknya bilahnya dipasang secara horizontal dan menghadap ke angin. Perangkat ini berputar menghadap ke arah mana pun angin bertiup sehingga mereka sering menggunakan baling-baling angin di seberang baling-baling untuk bergeser ke arah angin. Anemometer baling-baling otomatis menghitung jumlah putaran per detik untuk menghitung kecepatan angin dan menampilkannya secara digital untuk Anda. Beberapa anemon pembawa baling-baling genggam juga disebut monitor angin impeller.



Gambar 3.2. Alat Ukur Kecepatan Angin (Anemometer)

Sumber : Penulis, 2021.

5 Alat Ukur Intensitas Cahaya (Lux Meter)

Luxmeter merupakan sebuah alat yang mampu mengetahui serta mengukur seberapa besar intensitas cahaya yang berada di suatu tempat. Tentunya bukan rahasia umum lagi jika setiap tempat memiliki ukuran penerangan yang berbeda-beda, hal tersebut ditentukan oleh faktor kebutuhan yang melekat. Dalam rancangan ini penulis menggunakan jenis Lux Meter Digital karena dinilai lebih cepat dan praktis. Terdapat tiga range yang berbeda pada skala pengukurannya, yakni A, B, dan C. Range yang digunakan nantinya berpengaruh pada pengukuran cahaya yang akan dihasilkan. Jika ingin mendapatkan hasil yang akurat, sebaiknya gunakan range A karena memiliki jumlah lux hingga 2000. fungsi alat tersebut adalah sebagai pengukur intensitas cahaya yang tersebar di dalam suatu tempat. Penciptaan alat ukur cahaya tersebut dilatarbelakangi kesadaran kebutuhan cahaya yang berbeda-beda di tiap ruangan, misalnya pada ruang kerja. Pencahayaan yang ada di ruang kerja tentunya harus lebih terang

daripada kamar tidur. Hal tersebut karena mata harus dengan jelas menangkap segala hal dengan baik yang nantinya digunakan untuk menunjang aktivitas kerja. Akan tetapi berbeda dengan kamar tidur yang tidak bermasalah meskipun menggunakan pencahayaan tidak terlalu terang, sebab saat tidur akan lebih baik apabila tubuh tidak menyerap terlalu banyak cahaya.

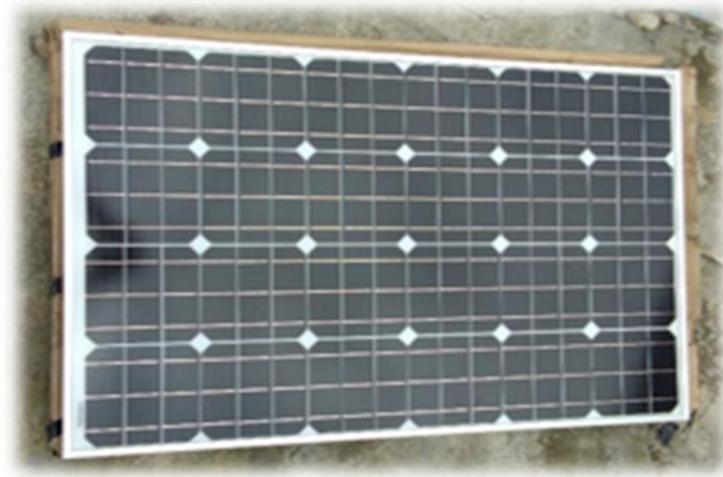


Gambar 3.3 Alat Ukur Intensitas Cahaya Matahari (Lux Meter)

Sumber : Penulis, 2021.

3.3.2 Bahan – Bahan dan Spesifikasinya

1. Panel Surya 100 Wp



Gambar 3.4. Panel Surya 100 Wp ukuran 1m x 0.7 m

Sumber : Penulis, 2021.

Model	TPS 105S - 100W - Mono
Maximum Power (Pmax)	100 W (+/- 5%)
Rated Voltage (Vmp)	17.20 V
Rated Current (Imp)	5.81 A
Open Circuit Voltage (Voc)	22.5 V
Short Circuit Current (Isc)	6.18 A
Maximum System Voltage	1000 V
Test Condition	AM1.5, 1000 W/m ² , 25 ⁰ C

Tabel 3.1. Spesifikasi Panel Surya 100 Wp

2. Turbin Angin



Gambar 3.5. Rancangan Turbin Angin

Sumber : Penulis, 2021.

3. Generator DC 12 V



Gambar 3.6. Generator DC 12 V

Sumber : Penulis, 2021.

4. SCC (*Solar Charge Control*), 12 Volt



Gambar 3.7. SCC (*Solar Charge Control*)

Sumber : Penulis, 2021.

5. Inverter 500 Watt



Gambar 3..8. Inverter 500 Watt

Sumber : Penulis, 2021.

Spesifikasi Inverter :

Merk : Suoer

Model : SDA – 500 A

Input :

- No – Load Current : < 0.5 A
- Working Volt : DC 12 V
- Voltage Range : 10.5 – 15 V
- Efficiency : >90%

Output :

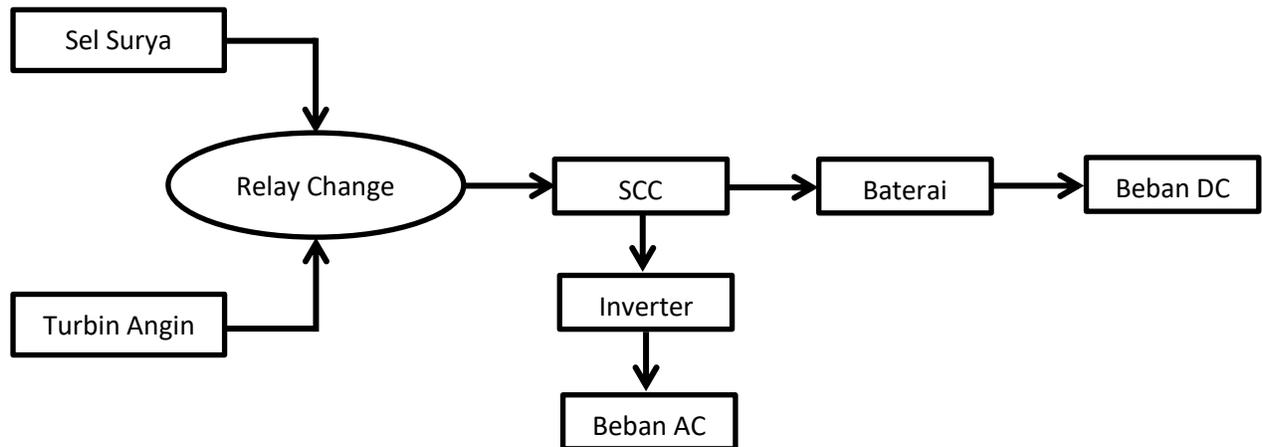
- Output Voltage : AC 220V/50 Hz
- Output Power : 500 W
- Peak Power : 1000 W

Size : 16 cm x 9.5 cm x 5.4 cm

Weight : 0.54 Kg

5. Baterai Yuasa 12V, 26 Ah
6. Lampu
7. Charger Handphone
8. Board Arduino

3.4 Blok Diagram



Gambar 3.9. Diagram Blog

Sumber : Penulis, 2021.

3.5 Prinsip Kerja

Pada saat matahari sedang bersinar cerah, sel surya akan menangkap cahaya matahari menjadi energi listrik dengan menggunakan prinsip *photovoltaic effect*. Namun pada perancangan ini, penulis memodifikasi sistem tangkapan sinar matahari oleh sel surya dengan menambahkan RTC (*Real Time Clock*) yang berfungsi untuk menjaga pencahayaan matahari setiap waktunya agar tetap optimal.

Begitu juga dengan turbin angin, saat angin bertiup kencang dan memutar baling-baling (sudu) turbin maka akan menggerakkan poros yang dihubungkan dengan gearbox dan juga yang bekerja untuk menaikkan kecepatan rotasi putaran generatornya sehingga berubah menjadi energi listrik.

Sebelum memasuki SCC (*Solar Charge Control*), tegangan yang dihasilkan oleh 2 sumber tenaga tadi akan dibaca oleh Relay Chance yang telah disetting untuk mengambil tegangan maksimum sebesar 12 Volt DC yang selanjutnya akan ditransferkan ke SCC, bila tegangan sel surya lebih besar dari bayu maka Relay akan mengambil tegangan Sel Surya untuk mengisi daya baterai dan sebaliknya.

Baterai akan menyuplai daya ke beban AC (Inverter, lampu, charger handphone) dan DC (Arduino, Servo Motor MG 996).

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Pengujian

Dalam Penelitian Rancangan Bangun Pembangkit Listrik Tenaga Hybrid (Bayu & Surya) terdapat beberapa data sebagai berikut :

Tabel 4.1. Data Pengelompokkan Pengukuran Intensitas Cahaya Matahari selama 3 hari

JAM	PENGUKURAN INTENSITAS CAHAYA (Lumen)			RATA - RATA
	HARI 1	HARI 2	HARI 3	
11.00	7217	5240	4332	5596
12.00	8097	5259	4898	6084
13.00	7399	5206	4140	5581
14.00	6606	5163	4023	5264

Sumber : Penulis, 2021.

Dari Tabel 1 terlihat intensitas cahaya matahari dengan rata-rata paling tinggi terdapat pada pukul 12.00 siang sebesar 6084 dan yang rata-rata terendah pada pukul 14.00 sebesar 5246. Pada saat Hari 3 Pengambilan data, juga terlihat intensitas cahaya matahari pada saat itu yang paling rendah daripada Hari 1 dan Hari 2 dikarenakan diwaktu itu sinar matahari tertutupi oleh awan.

Selain melakukan pengujian / pengukuran Intensitas Cahaya Matahari dalam hal ini penulis juga melakukan pengujian / pengukuran tegangan saat Berbeban dan Non Beban pada Panel Surya dengan mengambil 1 (satu) sampel data pengujian / pengukuran yakni pada Hari 1 dari Tabel 1. Data Pengukuran Intensitas Cahaya sebagai berikut :

Tabel 4.2. Data Pengukuran Tegangan (Non Beban dan Ber – Beban) pada Panel Surya.

JAM	INTENSITAS CAHAYA MATAHARI	TEGANGAN (Volt)	
		Non Beban	Ber – Beban
11.00	7217	18,02 V	14,28 V
12.00	8097	19,08 V	15,31 V
13.00	7399	18,67 V	14,37 V
14.00	6606	18,42 V	13,85 V

Sumber : Penulis, 2021.

Dalam pengujian / pengukuran ini maksud dari Non Beban dan Ber – Beban adalah pada saat matahari menyinari panel surya, posisi pengukuran Non Beban dilakukan saat tegangan yang dikeluarkan panel surya belum diteruskan ke baterai, sedangkan posisi pengukuran Ber – Beban terjadi saat tegangan yang dikeluarkan oleh panel surya diteruskan ke Baterai melalui SCC (*Solar Charger Control*).

Selanjutnya, penulis juga melakukan pengujian / pengukuran pada Turbin Angin yang telah dirancang untuk media praktikum di Universitas Pembangunan Pancabudi, dimana diperoleh data hasil pengujian / pengukuran sebagai berikut :

Tabel 4.3. Data Pengukuran Tegangan Turbin Angin

NO	KECEPATAN ANGIN (m/s)	TEGANGAN (Volt)	
		Non Beban	Ber – Beban
1.	3,7 m/s	2,42 V	2,13 V
2.	4,1 m/s	2,85 V	2,82 V
3.	4,5 m/s	13,24 V	12,72 V

Dalam pengujian / pengukuran kecepatan ini, penulis menggunakan sumber tenaga angin (bayu) dari sebuah kipas listrik yang dihadapkan langsung ke Turbin Angin dengan 3 Speed dimana kecepatan angin pada Speed 1 sebesar 3,7 m/s, Speed 2 sebesar 4,1 m/s, Speed 3 sebesar 4,5 m/s. Ketika Speed 1 dan 2 dinyalakan, maka posisi tegangan Non Beban sebesar 2,42 V dan 2,85 V, sedangkan saat dinyalakan pada Speed 3 maka posisi tegangan Non beban yang dikeluarkan oleh Turbin Angin sebesar 13,24 V. Pada saat posisi berbeban tegangan yang muncul pada Speed 1 dan 2 adalah sebesar 2,13 V dan 2,42 V, sedangkan posisi berbeban pada Speed 3 tegangannya adalah 12,72 V.

Selanjutnya penulis juga melakukan pengujian / pengukuran untuk pengisian baterai dari Panel Surya sebagai sampel data percobaan dalam perancangan dimana data-datanya sebagai berikut :

Tabel 4.4. Data Pengukuran Pengisian Baterai

Jam	Cuaca	Vsc1 (V)	Isc1 (A)	Vsc2 (V)	Isc2 (A)	Daya = Vsc2 x Isc2 (Watt)
11.00	Cerah	14,02 V	2,98 A	13,39 V	2,28 A	28,20 W
12.00	Cerah	14,38 V	3,64 A	13,62 V	2,44 A	33,23 W
13.00	Mendung	13,84 V	2,05 A	12,48 V	1,88 A	23,46 W
14.00	Mendung	13,48 V	1,68 A	12,07 V	0,97 A	11,07 W
Total Daya yang masuk ke Baterai (Aki)						95,96 W
Rata-Rata Daya Per Jam						23,99 W

Sumber : Penulis, 2021.



Gamabar 4.1 Hasil Pengukuran Tegangan (V) saat Pengisian Baterai

Sumber : Penulis, 2021.



Gambar 4.1 Hasil Pengukuran Arus (I) saat Pengisian Baterai

Sumber : Penulis, 2021.

Keterangan :

Vsc1 : Tegangan pada Panel Surya

Isc1 : Arus pada Panel Surya

Vsc2 : Tegangan pada Baterai (Aki)

Isc2 : Arus pada Baterai (Aki)

Dalam pengujian ini, baterai yang digunakan berkapasitas 12V, 26 AH dimana rentang waktu pengamatan dilakukan setiap 60 menit dan dimulai dari pukul 11.00 – 14.00 dengan alasan direntang waktu tersebut posisi matahari dalam keadaan baik untuk menyinari Panel

Surya. Dari data juga diperoleh bahwa Total Daya yang masuk ke Baterai itu sebesar 95,96 W dalam waktu 4 Jam (11.00 – 14.00) dan Rata2 daya Per Jam nya itu sebesar 23,99 W atau digenapkan menjadi 24 Watt / Jam.

Selanjutnya penulis melakukan pengujian / pengukuran dilakukan dengan beban AC dengan Lampu 18 Watt dan charger handphone 10 Watt. Adapun data-data pengujiannya sebagai berikut :

Tabel 4.5. Pengukuran / Pengujian dengan Beban Lampu 18 Watt.

NO	JAM	TEGANGAN (Volt)	ARUS (Amper)
1.	11.00	12,17 V	1,84 A
2.	12.00	12,20 V	1,87 A
3.	13.00	12,14 V	1,82 A
4.	14.00	12,11 V	1,79 A

Sumber : Penulis, 2021.



Gambar 4.3 Hasil Pengujian dengan Beban Lampu 18 Watt

Sumber : Penulis, 2021.

Tabel 4.6. Pengukuran / Pengujian dengan Beban Charger Handphone 10 Watt

NO	JAM	TEGANGAN (Volt)	ARUS (Amper)
1.	11.00	12,21 V	1,36 A
2.	12.00	12,23 V	1,38 A
3.	13.00	12,18 V	1,35 A
4.	14.00	12,15 V	1,32 A

Sumber : Penulis, 2021.



Gambar 4.4 Hasil Pengujian dengan Beban Charger Handphone 10 Watt

Sumber : Penulis, 2021.

Tabel 4.7. Pengukuran / Pengujian dengan Kedua Beban AC, lampu 18 W, Charger HP 10 W

NO	JAM	TEGANGAN	ARUS
		(Volt)	(Amper)
1.	11.00	12,08 V	2,85 A
2.	12.00	12,10 V	2,88 A
3.	13.00	12,06 V	2,83 A
4.	14.00	12,04 V	2,81 A

Sumber : Penulis, 2021.

4.2 Hasil Penelitian

Pada saat penulis melakukan pengujian pada rancangan ini, pada saat melakukan pengambilan data pada turbin angin, ada beberapa data yang penulis amati seperti tegangan yang dihasilkan pada SWITCH 1 dan 2 saat posisi BERBEBAN dan NON BERBEBAN terlihat bahwa tegangannya tidak jauh berbeda hanya terbaca sekitar 2 Volt saja. Sedangkan pada SWITCH 3 tegangan yang dihasilkan sebesar 13,24 dan 12,72 V.

Mengapa demikian ? Hal ini disebabkan karna pada rancangan ini penulis membuat rancangannya dengan menggunakan RELAY CHANGE yang berfungsi sebagai pengatur tegangan dari Panel Surya dan Turbin Angin yang akan dialirkan ke SCC (Solar Charge Control) sehingga sebelum tegangan dimasukkan ke baterai, RELAY CHANGE tadi membaca tegangan mana yang lebih besar yang akan dimasukkan. Pada Tabel 3. Pengukuran tegangan turbin angin terlihat bahwa yang terjadi pada SWITCH 3 dikarenakan tegangan tersebut lebih tinggi dari yang dihasilkan oleh Panel Surya sebesar 13,24 V sehingga RELAY CHANGE mengalirkan tegangan tersebut ke SCC. Saat tegangan yang dihasilkan oleh generator turbin lebih rendah maka tegangan yang akan dialirkan ke SCC diambil dari tegangan Panel Surya yang kemudian diteruskan ke Beban AC maupun DC melalui Baterai.

Dalam hal ini penulis juga menyampaikan bahwa ketika penulis melakukan pengujian terhadap turbin angin dengan menggunakan angin alami (Angin Alam) dengan rata-rata kecepatan angin alam sebesar 3,42 m/s, yang terjadi selanjutnya adalah turbin angin tidak berputra sebagaimana jika pengujiannya dilakukan dengan menggunakan kipas angin yang dihadapkan dan sejajar langsung dengan turbin angin. Untuk itulah data-data seperti table yang lain tidak dapat diperoleh.



Gambar. 4.5 Hasil Rancangan Pembangkit Listrik Tenaga Hybrid (Surya dan Bayu)

Sumber : Penulis, 2021.

BAB 5

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Dalam rancangan ini penulis sangat meyakini banyak kekurangan dalam pembuatan dan rancangannya, namun dengan rancangan ini penulis mendapat banyak pelajaran salah satunya potensi energi yang terdapat di Indonesia ini sangat banyak sehingga sebenarnya kebutuhan listrik kita itu sangat bisa diatasi walaupun dalam pemakaian jumlah daya yang besar. Untuk itu, cadangan EBT (Energi Baru Terbarukan) kita sangat dapat diandalkan ketika Energi Lama seperti Minyak Bumi, Gas dan Batubara sudah mulai menipis kapasitasnya. Dengan alat ini mudah-mudahan menjadi motivasi kepada rekan-rekan mahasiswa yang lain dalam membuat sebuah rancangan EBT yang jauh lebih inovatif lagi.

5.2 Saran

Sesuai dengan judul skripsi ini, RANCANG BANGUN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA HYBRID (SURYA & BAYU) SEBAGAI MEDIA PRAKTIKUM DI LABORATORIUM UNIVERSITAS PEMBANGUNAN PANCABUDI hendaknya bisa dipergunakan dengan baik dan dapat pula diinovasi oleh rekan-rekan mahasiswa yang lainnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Barus, S., Sitorus, V. M., Napitupulu, D., Mesran, M., & Supiyandi, S. (2018). Sistem Pendukung Keputusan Pengangkatan Guru Tetap Menerapkan Metode Weight Aggregated Sum Product Assesment (WASPAS). *JURNAL MEDIA INFORMATIKA BUDIDARMA*, 2(2).
- Basuki, A., & Cahyani, A. D. (2017). *Sistem Pendukung Keputusan*. Deepublish. BPJS. (2017). *Tentang Kami*. BPJS Ketenagakerjaan. <https://www.bpjsketenagakerjaan.go.id/sejarah.html>
- Hariyanto, E., Iqbal, M., Siahaan, A. P. U., Saragih, K. S., & Batubara, S. (2019, March). Comparative study of tiger identification using template matching approach based on edge patterns. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 1196, No. 1, p. 012025). IOP Publishing.
- Hatta, H. R., Rizaldi, M., & Khairina, D. M. (2016). Penerapan Metode Weighted Product Untuk Pemilihan Lokasi Lahan Baru Pemakaman Muslim Dengan Visualisasi Google Maps. *Jurnal Nasional Teknologi Dan Sistem Informasi*, 2(3), 85–94. <https://doi.org/10.25077/TEKNOSI.v2i3.2016.85-94>
- Hendrawan, J., & Perwitasari, I. D. (2019). Kajian konsep desain web responsive dalam perancangan website informasi dekranasda Kabupaten Samosir. *Jurnal Mantik Penusa*, 3(2, Des).
- Hung, N. V., van Hung, P., & Anh, B. T. (2018). Database Design For E- Governance Applications: A Framework For The Management Information Systems Of The Vietnam Commitee For Ethnic Minority Affairs (CEMA). *International Journal of Civil Service Reform and Practice*, 3(1).
- Jogiyanto, H. M. (2016). *Analisis Dan Desain Sistem Informasi, Pendekatan Terstruktur Teori Dan Praktek Aplikasi Bisnis*. Andi Offset.
- Kurniawan, T. A. (2018). Pemodelan Use Case (UML): Evaluasi Terhadap beberapa Kesalahan dalam Praktik. *Jurnal Teknologi Informasi Dan Ilmu Komputer*, 5(1), 77. <https://doi.org/10.25126/jtiik.201851610>
- Ladjamudin, A.-B. bin. (2017). *Analisis dan Desain Sistem Informasi*. Graha Ilmu. Nur, K. N. A., Andani, S. R., & Poningsih, P. (2018). Sistem Pendukung Keputusan Pemilihan Operator Seluler Menggunakan Metode Multi-Objective Optimization on the Basis of Ratio Analysis (Moora). *KOMIK (Konferensi Nasional Teknologi Informasi Dan Komputer)*, 2(1), 66–70. <https://doi.org/10.30865/komik.v2i1.942>
- Ramadhani, C. (2019). *Dasar Algoritma dan Struktur Data dengan Bahasa Java*. Andi Offset.
- Supiyandi, S., Siahaan, A. P. U., & Alfiandi, A. (2020). Sistem Pendukung Keputusan Pemilihan Pegawai Honorer Kelurahan Babura dengan Metode MFEP. *Jurnal Media Informatika Budidarma*, 4(3), 567-573.

- Setiadi, A., Yunita, Y., & Ningsih, A. R. (2018). Penerapan Metode Simple Additive Weighting(SAW) Untuk Pemilihan Siswa Terbaik. *Jurnal Sisfokom (Sistem Informasi Dan Komputer)*, 7(2), 104. <https://doi.org/10.32736/sisfokom.v7i2.572>
- Sukmawati, R., & Priyadi, Y. (2019). Perancangan Proses Bisnis Menggunakan UML Berdasarkan Fit/Gap Analysis Pada Modul Inventory Odoo. *INTENSIF: Jurnal Ilmiah Penelitian Dan Penerapan Teknologi Sistem Informasi*, 3(2), 104. <https://doi.org/10.29407/intensif.v3i2.12697>
- Yusuf, M. (2016). *Aplikasi Pelayanan Perizinan Online Berbasis Web Pada Dinas Penanaman Modal Dan Pelayanan Terpadu Satu Pintu Kota Tangerang Selatan*. Sekolah Tinggi Manajemen dan Ilmu Komputer Raharja.
- Wahyuni, S., Mesra, B., Lubis, A., & Batubara, S. (2020). Penjualan Online Ikan Asin Sebagai Salah Satu Usaha Meningkatkan Pendapatan Masyarakat Nelayan Bagan Deli. *Ethos: Jurnal Penelitian Dan Pengabdian Kepada Masyarakat*, 8(1), 89-94.