

SKRIPSI

**MODEL PEMBANGKIT LISTRIK CEROBONG SURYA (PLCS)
DENGAN KOLEKTOR MELINGKAR**



ZAINUDDIN AHMAD SYAM

105 82 1345 14

WAHYUDDIN

105 82 1481 14

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR**

2019

**MODEL PEMBANGKIT LISTRIK CEROBONG SURYA (PLCS)
DENGAN KOLEKTOR MELINGKAR**

Skripsi

Diajukan sebagai salah satu syarat
Untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik
Program Studi Teknik Elektro
Fakultas Teknik

Disusun dan diajukan oleh

ZAINUDDIN AHMAD SYAM

105 82 1345 14

WAHYUDDIN

105 82 1481 14

PADA
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR
2019

FAKULTAS TEKNIK

GEDUNG MENARA IQRA LT. 3

Jl. Sultan Alauddin No. 259 Telp. (0411) 866 972 Fax (0411) 865 588 Makassar 90221

Website: www.unismuh.ac.id, e_mail: unismuh@gmail.com

Website: http://teknik.unismuh.makassar.ac.id

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

PENGESAHAN

Skripsi atas nama Zainuddin Ahmad Syam dengan nomor induk Mahasiswa 10582 1345 14 dan Wahyuddin dengan nomor induk Mahasiswa 10582 1481 14, dinyatakan diterima dan disahkan oleh Panitia Ujian Tugas Akhir/Skripsi sesuai dengan Surat Keputusan Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar Nomor : 0002/SK-Y/20201/091004/2019, sebagai salah satu syarat guna memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Elektro Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar pada hari Kamis tanggal 21 Februari 2019.

Panitia Ujian : Makassar, 04 Rajab 1440 H
12 Maret 2019 M

1. Pengawas Umum
a. Rektor Universitas Muhammadiyah Makassar
Prof. Dr. H. Abdul Rahman Rahim, SE., MM.

b. Dekan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin
Dr. Ir. H. Muh. Arsyad Thaha, M.T

2. Penguji
a. Ketua : Ir. Abdul Hafid, M.T

b. Sekertaris : Adriani, S.T.,M.T

3. Anggota : 1. Dr. Ir. Zahir Zainuddin, M.Sc

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

3. Suryani, S.T.,M.T

Mengetahui :

Pembimbing I

[Signature]

Dr. Ir. Hj. Hafsah Nirwana, M.T

Pembimbing II

[Signature]

Andi Faharuddin, S.T.,M.T

Dekan

[Signature]
Ir. Hamzah Al Imran, S.T., M.T.
EKNBM 855 500



UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR
PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO FAKULTAS TEKNIK

GEDUNG MENARA IQRA LT. 3

Jl. Sultan Alauddin No. 259 Telp. (0411) 866 972 Fax (0411) 865 588 Makassar 90221

Website: www.unismuh.ac.id, e_mail: unismuh@gmail.com

Website: <http://teknik.unismuh.makassar.ac.id>



HALAMAN PENGESAHAN

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

Judul Skripsi : **MODEL PEMBANGKIT LISTRIK CEROBONG SURYA (PLCS) DENGAN KOLEKTOR MELINGKAR**

Nama : 1. Zainuddin Ahmad Syam
2. Wahyuddin

Stambuk : 1. 10582 1345 14
2. 10582 1481 14

Makassar 12 Maret 2019

Telah Diperiksa dan Disetujui
Oleh Dosen Pembimbing

Pembimbing I

Pembimbing II

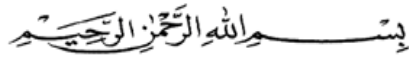
Dr. Ir. Hj. Hafsah Nirwana, M.T

Andi Faharuddin, S.T., M.T

Mengetahui,
Ketua Jurusan Elektro



KATA PENGANTAR



Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Alhamdulillah, segala puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT. karena atas berkat dan rahmat-Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “**Model Pembangkit Listrik Cerobong Surya (PLCS) Dengan Kolektor Melingkar**”. Shalawat serta salam kepada junjungan kita baginda Muhammad SAW., yang telah memberi suri tauladan atas umatnya.

Skripsi ini disusun guna melengkapi salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar. Skripsi ini dibuat berdasarkan pada data yang penulis peroleh selama melakukan penelitian, baik data yang diperoleh dari studi literatur, hasil percobaan maupun hasil bimbingan dari dosen pembimbing.

Penulis dapat menyelesaikan skripsi ini, tidak lepas dari bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih yang sebanyak-banyaknya kepada:

1. Kedua orang tua, adik serta keluarga yang telah memberikan bantuan baik berupa moril maupun materiel.
2. Bapak Ir. Hamzah Al Imran, S.T., M.T., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar.
3. Ibu Adriani, S.T., M.T., selaku ketua Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar.

4. Ibu Dr. Ir. Hj. Hafsa Nirwana, M.T., selaku Pembimbing I dan Bapak Andi Faharuddin, S.T., M.T., selaku Pembimbing II yang telah memberikan waktu, arahan serta ilmunya selama membimbing penulis.
5. Para Staf dan Dosen yang telah membantu penulis selama melakukan studi di Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar.
6. Teman-teman Vektor 2014 dan terkhususnya kelas Teknik Listrik yang telah banyak membantu penulis selama menyelesaikan studi dan skripsi ini.

Akhir kata penulis sampaikan pula harapan semoga skripsi ini dapat memberi manfaat yang cukup berarti khususnya bagi penulis dan bagi pembaca pada umumnya. Semoga Allah SWT., senantiasa selalu memberikan rahmat dan hidayah-Nya kepada kita semua. Amiin.

Billahi Fi Sabilil Haq Fastabiqul Khairat

Wassalamu 'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Makassar, Februari 2019

Penulis

MODEL PEMBANGKIT LISTRIK CEROBONG SURYA (PLCS) DENGAN KOLEKTOR MELINGKAR

Zainuddin Ahmad Syam¹, Wahyuddin²

^{1,2}Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Makassar

E-mail: ¹zyamzas@gmail.com, ²wahyuupandawa@gmail.com

ABSTRAK

Indonesia memiliki potensi sumber energi terbarukan dalam jumlah besar. Pembangkitan radiasi matahari sebagai sumber energi alternatif untuk pembangkit listrik cerobong surya. Cerobong surya bekerja dengan memanfaatkan efek rumah kaca yang ditimbulkan oleh kolektor berupa atap kaca akibat penyinaran matahari. Penelitian ini bertujuan untuk merealisasikan dan mengetahui performansi Model Pembangkit Listrik Cerobong Surya (PLCS) dengan kolektor melingkar dengan memvariasikan panjang cerobong. Hasil penelitian yang telah dilakukan menunjukkan performansi PLCS dengan cerobong surya 200 cm memiliki kecepatan angin lebih besar daripada cerobong surya 150 cm. Namun, nilai kecepatan angin terendah pada kedua jenis cerobong tetap sama. Pengaruh dari penggunaan variasi panjang cerobong yang berbeda adalah nilai daya pada cerobong surya 200 cm mencapai daya puncak 11,96 Watt sementara pada cerobong surya 150 cm memiliki daya puncak 0,241 Watt. Dengan pertimbangan tersebut, performansi dengan cerobong surya 200 cm lebih baik dibandingkan dengan cerobong surya 150 cm.

Kata kunci: PLCS, Performansi, Kolektor melingkar, Generator.

MODELLING SOLAR CHIMNEY POWER PLANT (SCPP) WITH CIRCULAR COLLECTORS

Zainuddin Ahmad Syam¹, Wahyuddin²

^{1,2}Department of Electrical Engineering, Faculty of Engineering, University of Muhammadiyah Makassar

E-mail: ¹zyamzas@gmail.com, ²wahyuupandawa@gmail.com

ABSTRACT

Indonesia has a group of renewable energy sources in large numbers. Generation solar radiation as a source of alternative energy to the solar chimney power plant. Solar chimney and begin work by utilizing the greenhouse effect caused by collectors in the form of a glass roof the fish shines the Sun. This research aims to realize and know the performance of a modeling Solar Chimney Power Plant (SCPP) with circular collectors by varying the length of the chimney. The results of the research done indicates tlah performance PLC with solar chimney 200 cm have a wind speed greater than solar chimney 150 cm. However, the value of the lowest wind speeds on both types of chimney remains the same. The influence of the use of the technique of chimney length that fruit is the value of solar chimney power 200 cm reach peak power 11.96 Watt while on solar chimney 150 cm have power tops 0.241 Watts. With these performance ever with a solar chimney 200 cm better than the solar chimney 150 cm.

Keywords: SCPP, Performance, Circular Collector, Generator

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN SAMPUL	i
HALAMAN JUDUL	ii
HALAMAN PERSETUJUAN	iii
HALAMAN PENGESAHAN	iv
KATA PENGANTAR	v
ABSTRAK	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xv
DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN	xvi
BAB I: PENDAHULUAN	
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah	2
C. Tujuan Penelitian	2
D. Batasan Masalah	3
E. Manfaat Penelitian	3
F. Sistematika Penulisan	3
BAB II: TINJAUAN PUSTAKA	
A. Sumber Daya Energi	5

1. Energi Terbarukan	5
2. Energi Tak Terbarukan	9
B. Pembangkit Listrik	11
C. Pembangkit Listrik Cerobong Surya	11
D. Kolektor	13
E. Kolektor Surya Berbasis Aspal Beton	16
F. Cerobong Surya	17
G. Turbin Angin	20
H. Generator	23
BAB III: METODE PENELITIAN	
A. Waktu dan Tempat Penelitian	26
B. Data/Parameter	26
C. Peralatan dan Bahan	27
1. Alat	27
2. Bahan	27
D. Skema Penelitian	28
E. Langkah Penelitian	29
BAB IV: HASIL DAN PEMBAHASAN	
A. Hasil Realisasi Model Pembangkit Listrik Cerobong Surya (PLCS)	31
B. Pengukuran Performansi Sistem	33
1. Grafik Potensi Angin	33
BAB V: PENUTUP	

A. Simpulan	50
B. Saran	50

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN



DAFTAR GAMBAR

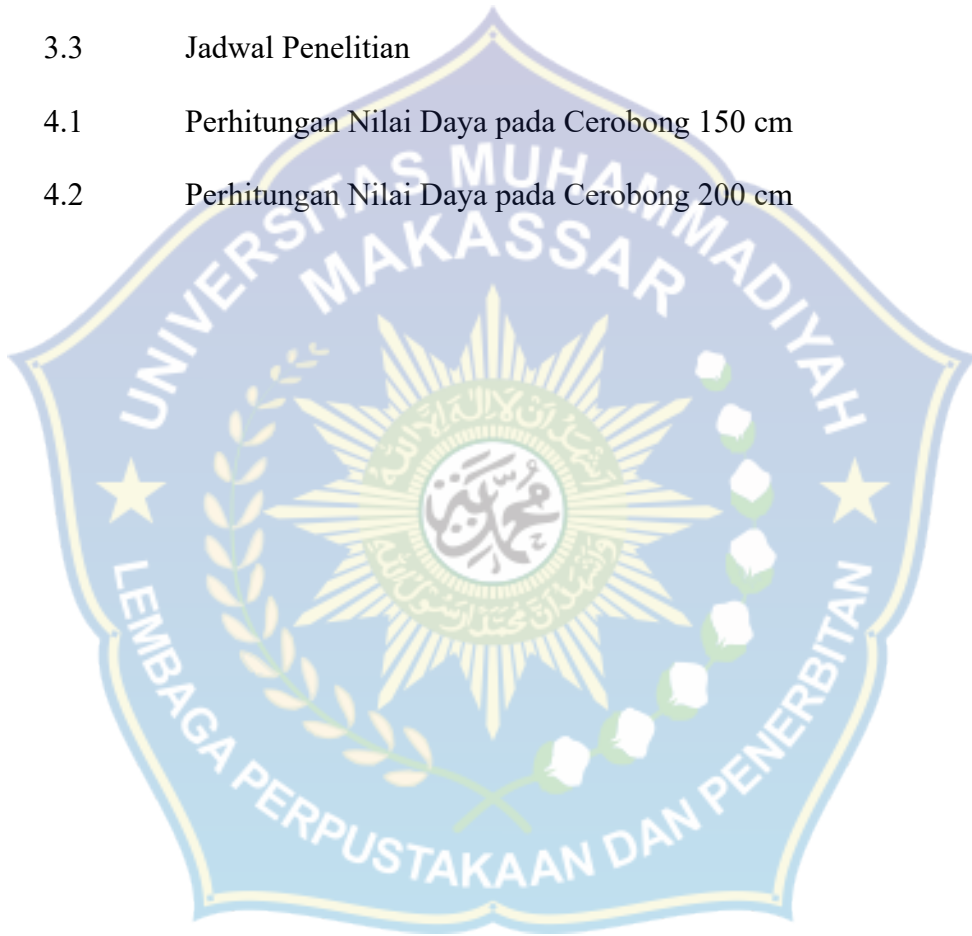
Gambar	Judul	Halaman
2.1	<i>Prototype of Manzanares</i> (Bansod dkk., 2014)	7
2.2	Komponen Utama Pembangkit Listrik Cerobong Surya (El-Ghonemy, 2016)	12
2.3	Prinsip Stasiun Tenaga Professor Dubos	13
2.4	Desain Kolektor (Dhahri & Omri, 2013)	14
2.5	Skema Keseimbangan Termal (Dhahri & Omri, 2013)	15
2.6	Penggambaran tentang pertukaran energi antara matahari dan permukaan buki (Wikipedia, 2018)	16
2.7	Skema dan prinsip kerja cerobong surya dengan memanfaatkan efek rumah kaca.	18
2.8	Sebuah Cerobong Surya Di Manzanares, Cindad Real, Spanyol, dibangun Tahun 1982, Daya Terpasang Generator 100kw. (Bansod dkk., 2014)	19
2.9	Turbin Angin (<i>Wikipedea</i> , 2016)	20
2.10	Aliran Udara melalui sebuah turbin angin	23
2.11	Generator Listrik (<i>Wikipedia</i> , 2013)	24
3.1	Diagram Skema Penelitian	27
3.2	Diagram Alir Penelitian	29
4.1	Model Pembangkit Listrik Cerobong Surya (PLCS) yang telah direalisasikan	31

4.2	Skema Model Pembangkit Listrik Cerobong Surya (PLCS)	33
4.3	Grafik Distribusi Kecepatan Angin Cerbong 150 cm selama 30 menit	34
4.4	Grafik Distribusi Kecepatan Angin Cerbong 200 cm selama 30 menit	35
4.5	Grafik Kecepatan Angin Cerbong 150 cm selama 30 menit	37
4.6	Grafik Kecepatan Angin Cerbong 200 cm selama 30 menit	38
4.7	Grafik Daya Angin Cerbong 150 cm selama 30 menit	39
4.8	Grafik Daya Angin Cerbong 200 cm selama 30 menit	44



DAFTAR TABEL

Tabel	Judul	Halaman
3.1	Alat yang digunakan dan fungsinya	26
3.2	Bahan yang digunakan dan fungsinya	26
3.3	Jadwal Penelitian	30
4.1	Perhitungan Nilai Daya pada Cerobong 150 cm	42
4.2	Perhitungan Nilai Daya pada Cerobong 200 cm	47



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Judul
1	Hasil Pengukuran selama 1 Jam
2	Foto Realisasi Model PLCS
3	Foto Alat Ukur



DAFTAR SINGKATAN

Notasi	Definisi dan Keterangan
A	Luas penampang
C_p	Batas dan koefisien daya listrik
d	Diameter atau garis tengah
dm	<i>Differential massa</i>
dt	<i>Differential time</i>
E_k	Energi kinetik
m	Massa
P	Daya
PCU	Unit konversi daya
PLCS	Pembangkit Listrik Cerobong Surya
P_t	Daya turbin
P_w	Daya angin
r	Jari-jari
SCCP	<i>Solar Chimney Power Plant</i>
SUTs	<i>Solar Updraft Towers</i>
t	waktu
V	Kecepatan angin
v	Kecepatan
π	<i>Phi</i>
ρ	Kerapatan angin

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Kerusakan lingkungan hidup di Indonesia semakin hari kian parah. Kondisi tersebut secara langsung telah mengancam kehidupan manusia. Tingkat kerusakan alam pun meningkatkan resiko bencana alam. Penyebab terjadinya kerusakan alam dapat disebabkan oleh dua faktor yaitu akibat peristiwa alam dan akibat ulah manusia. Kerusakan lingkungan hidup dapat diartikan sebagai proses deteriorasi atau penurunan mutu (kemunduran) lingkungan. (*blhkp.lebongkab.go.id*)

Bahan bakar fosil seperti minyak bumi, batu bara, dan gas alam sering digunakan untuk segala macam keperluan misalnya, untuk bahan bakar kendaraan, memasak, sumber energi listrik dan lain-lain. Penggunaan hasil olahan minyak bumi secara terus-menerus dapat mengakibatkan pasokan minyak bumi habis. Selain itu, hasil pembakarannya menghasilkan gas berbahaya yang dapat menyebabkan pemanasan global.

Indonesia memiliki potensi sumber energi terbarukan dalam jumlah besar. Beberapa diantaranya bisa segera diterapkan di tanah air, seperti: bioethanol sebagai pengganti bensin, biodiesel untuk pengganti solar, tenaga panas bumi, mikrohidro, tenaga surya, tenaga angin, bahkan sampah/limbah pun bisa digunakan untuk membangkitkan listrik.

Pemanfaatan radiasi matahari sebagai sumber energi alternatif untuk pembangkitan listrik cerobong surya adalah salah satu metode pembangkitan listrik

dengan panas matahari. Cerobong surya bekerja dengan memanfaatkan efek rumah kaca yang ditimbulkan oleh kolektor berupa atap kaca akibat penyinaran matahari. Udara panas tersebut mengalir menuju ke cerobong yang berada di tengah-tengah kolektor, dan mengalami tekanan menuju ke atas. Aliran udara ke atas tersebut dipergunakan untuk memutar turbin dan generator yang terpasang pada bagian bawah dari cerobong.

Dari permasalahan di atas, timbul suatu gagasan untuk mengetahui pengaruh panjang cerobong terhadap kecepatan angin pada pembangkit listrik cerobong surya.

B. Rumusan Masalah

Atas dasar penjelasan di atas maka dapat dirumuskan beberapa permasalahan sebagai berikut:

1. Bagaimana merealisasikan model PLCS?
2. Bagaimana performa model PLCS dengan kolektor melingkar?

C. Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian yang ingin dicapai dari perancangan PLCS ini adalah sebagai berikut:

1. Merealisasikan/mendesain model PLCS.
2. Mengetahui performa model PLCS dengan kolektor melingkar.

D. Batasan Masalah

Batasan masalah dari PLCS ini adalah sebagai berikut:

1. Daya generator yang dipakai 5 watt.
2. Rugi – rugi pada sistem PLCS diabaikan.

E. Manfaat Penelitian

1. Memberikan pengetahuan bagi penulis tentang PLCS.
2. Dapat menjadi model pemanfaatan energi surya di masa depan.

F. Sistematika Penulisan

Bab Pertama. Bab ini menjelaskan tentang latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, serta tujuan dan manfaat dari penelitian yang dilakukan serta sistematika penulisan dari laporan hasil penelitian.

Bab Kedua. Bab ini menjelaskan tentang teori-teori pendukung yang berkaitan dengan judul penelitian.

Bab Ketiga. Bab ini menjelaskan tentang waktu dan tempat penelitian, alat dan bahan yang digunakan, diagram balok dan gambar rangkaian penelitian, serta metode penelitian yang berisi langkah-langkah dalam proses melakukan penelitian.

Bab Keempat. Bab ini menjelaskan tentang hasil dari penelitian, alat dan perhitungan serta pembahasan terkait judul penelitian.

Bab Kelima. Bab ini merupakan penutup yang berisi tentang kesimpulan dan saran terkait judul penelitian.

Daftar Pustaka. Berisi tentang daftar sumber referensi penulis dalam memilih teori yang relevan dengan judul penelitian.

Lampiran. Berisi tentang dokumentasi hasil penelitian serta alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Sumber Daya Energi

Menurut Purwadarminta (1976), energi adalah tenaga, atau gaya untuk berbuat sesuatu. Definisi ini merupakan perumusan yang lebih luas daripada pengertian-pengertian mengenai energi yang ada pada umumnya dianut di dunia ilmu pengetahuan. Dalam pengertian sehari-hari energi dapat didefinisikan sebagai kemampuan untuk melakukan suatu pekerjaan (Kadir, 2010).

Berdasarkan ketersediaannya, energi dibagi menjadi energi terbarukan dan energi tak terbarukan.

1. Energi Terbarukan

Energi terbarukan merupakan sumber energi alam yang dapat langsung dimanfaatkan dengan bebas. Selain itu, ketersediaan energi terbarukan ini tak terbatas dan bisa dimanfaatkan secara terus menerus. Adapun contoh dari energi terbarukan ini adalah sebagai berikut:

a. Energi Angin

Energi angin telah lama dikenal dan dimanfaatkan manusia. Perahu layar yang menggunakan energi ini untuk melewati perairan sudah lama sekali, dan juga dijadikan sebagai tenaga kincir angin yang digunakan pada abad ke-7. Contohnya, kincir angin yang dipakai di Negeri Belanda yang digunakan untuk menggerakkan

pompa irigasi dan untuk menggiling tepung hingga kini masih tersohor, walaupun saat pada saat ini hanya sebagai objek pariwisata. Akan tetapi, dalam rangka mencari bentuk-bentuk sumber energi yang bersih dan terbarukan kembali energi angin mendapat perhatian yang besar (Kadir, 2010).

Angin adalah udara yang bergerak akibat adanya perbedaan tekanan udara dengan arah aliran angin dari tempat yang memiliki tekanan tinggi ke tempat yang bertekanan rendah atau dari daerah yang memiliki suhu/temperatur rendah ke wilayah bersuhu tinggi (Bansod dkk., 2014).

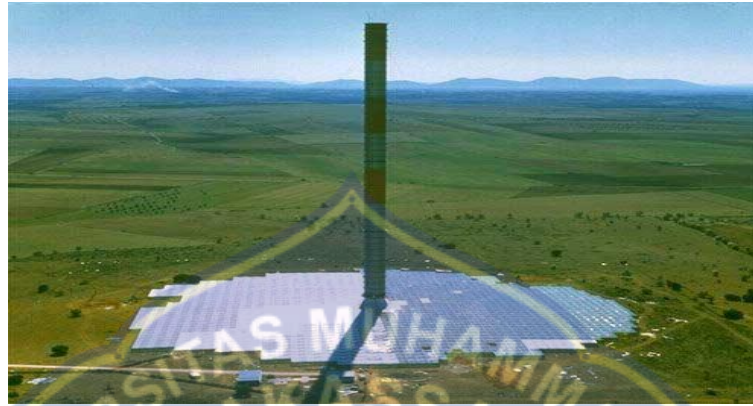
b. Energi Surya

Energi surya adalah bagian utama untuk semua kegiatan makhluk hidup, termasuk manusia dalam memenuhi kebutuhan hidupnya selalu memerlukan energi. Energi dapat didefinisikan sebagai kemampuan untuk melakukan kerja.

Energi surya adalah energi yang berupa sinar dan panas dari matahari. Energi ini dapat dimanfaatkan dengan menggunakan serangkaian teknologi seperti pemanas surya, fotovoltaik surya, listrik termal surya, arsitektur surya, dan fotosintesis buatan.

Teknologi energi surya secara umum dikategorikan menjadi dua kelompok, yakni teknologi pemanfaatan pasif dan teknologi pemanfaatan aktif. Pengelompokan ini tergantung pada proses penyerapan, perubahan, dan penyaluran energi surya. Contoh pemanfaatan energi surya secara aktif adalah penggunaan panel fotovoltaik dan panel penyerap panas. Contoh pemanfaatan energi surya secara pasif meliputi mengarahkan bangunan ke arah matahari,

memilih bangunan dengan massa termal atau kemampuan dispersi cahaya yang baik, dan merancang ruangan dengan sirkulasi udara alami.



Gambar 2.1 *Prototype of Manzanares*
(Bansod dkk., 2014)

Penelitian pendahuluan teoritis mendetail dan berbagai percobaan terowongan angin mengarah pada pendirian pabrik eksperimental dengan output puncak 50 kW di situs yang disediakan oleh perusahaan listrik Spanyol, Electrica Fenosa di Manzanaras sekitar 150 km sebelah selatan dari Madrid pada 1981-1982 (Schlaich & Schiel, 2000), dengan dana yang disediakan oleh Kementerian Riset dan Teknologi Jerman. Tujuan dari proyek penelitian ini adalah untuk memverifikasi, melalui pengukuran lapangan, kinerja diproyeksikan dari perhitungan berdasarkan teori dan untuk menguji pengaruh dari masing-masing komponen pada output dan efisiensi pabrik di bawah rekayasa realistis dan kondisi meteorologi. Hasil ini menunjukkan bahwa komponen yang sangat diandalkan dan bahwa pabrik secara keseluruhan mampu operasi yang sangat andal. Radiasi global tunggal ini dimanfaatkan dan inersia termodinamik adalah fitur karakteristik dari sistem. Operasi terus menerus sepanjang hari mungkin dan bahkan tiba-tiba

fluktuasi pasokan energi secara efektif empuk, pabrik beroperasi terus menerus bahkan pada hari berawan, meskipun dengan mengurangi output.

c. Pasang Surut Air Laut

Pemanfaatan air laut pasang atau gelombang dari air laut ini kian dijadikan sebagai sumber energi terbarukan untuk menghasilkan listrik.

d. Panas Bumi

Sumber energi panas bumi atau geothermal sendiri merupakan energi panas dari kerak bumi. Energi geothermal ini diperoleh akibat peluruhan radioaktif dan juga pelepasan kalor atau panas secara terus menerus di dalam bumi.

e. Biofuel

Macam-macam sumber energi terbarukan berikutnya adalah biofuel. Biofuel merupakan bahan bakar hayati yang dihasilkan dari bahan-bahan organik. Sumber dari energi terbarukan ini adalah tanaman yang memiliki kandungan gula tinggi seperti tebu dan sorgum serta tanaman yang memiliki kandungan minyak nabati tinggi seperti kelapa sawit, ganggang dan jarak.

f. Air

Selain air laut pasang, energi air juga energi alternatif yang dapat digunakan sebagai pengganti bahan bakar fosil. Sumber energi yang satu ini didapatkan dengan memanfaatkan energi potensial dan energi kinetik yang dimiliki oleh air. Di

Indonesia sendiri sudah terdapat puluhan PLTA untuk menghemat sumber daya tak terbarukan.

g. Biomassa

Biomassa merupakan energi terbarukan yang mengacu pada bahan biologis yang berasal dari organisme yang masih hidup ataupun yang belum lama mati. Sumber utama dari energi biomassa sendiri adalah limbah, alkohol dan j bahan bakar kayu. Saat ini di Indonesia juga terdapat pembangkit listrik biomassa salah satunya yaitu PLTBM Pulubala di Gorontalo yang memanfaatkan tongkol jagung.

2. Energi Tak Terbarukan

Selain macam-macam sumber energi terbarukan di atas, kita juga sangat familiar dengan sumber energi tak terbarukan. Kekurangan dari sumber energi tak terbarukan ini, yakni ketersediannya yang sangat terbatas. Sehingga apabila sudah habis, energi ini tak akan dapat diperbarui kembali.

Adapun contoh dari sumber energi tak terbarukan yang satu ini adalah sebagai berikut:

a. Sumber energi dari hasil fosil

Sumber energi yang satu ini sebenarnya masih dapat diperbaharui lagi, namun membutuhkan waktu sampai ratusan bahkan jutaan tahun lamanya. Sumber energi ini berasal dari makhluk hidup yang telah mati lalu terkubur di bawah tanah sampai jutaan tahun, adapun contohnya adalah batu bara dan minyak bumi.

b. Sumber energi dari mineral alam

Mineral alam dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi setelah melewati beragam tahapan proses yang sifatnya sangat lama. Adapun contohnya adalah unsur uranium yang dapat menghasilkan sebuah energi nuklir.

c. Minyak mentah

Sumber energi tak terbarukan berikutnya yaitu minyak mentah. Minyak mentah adalah sumber daya yang terbentuk dalam bentuk cair antara lapisan kerak bumi. Ini dikarenakan minyak mentah diambil dengan cara melakukan pengeboran jauh ke dalam tanah dan memompa keluar cairan. Kemudian cairan tersebut disempurnakan dan digunakan untuk membuat berbagai macam produk. Negara penghasil minyak bumi terbesar adalah Rusia, Amerika, dan Arab Saudi.

d. Gas

Sama halnya dengan minyak mentah gas juga terdapat di bawah kerak bumi dan untuk mendapatkannya harus dibor dan dipompa keluar. Metana dan etana merupakan jenis gas paling umum yang seringkali diperoleh dari proses ini.

e. Bahan bakar nuklir

Bahan bakar nuklir diperoleh melalui penambangan dan pemurnian bijih uranium. Uranium sendiri merupakan unsur alami yang ada di dalam inti bumi. Jika dibandingkan dengan sumber daya yang tidak bisa diperbarui lainnya bahan bakar nuklir adalah yang paling bersih. (<http://benergi.com>)

B. Pembangkit Listrik

Pembangkit listrik adalah bagian dari alat industri yang dipakai untuk memproduksi dan membangkitkan tenaga listrik dari berbagai sumber tenaga. Contoh pembangkit listrik seperti PLTU, PLTN, PLTA, PLTS, PLTB, PLCS dan lain-lain.

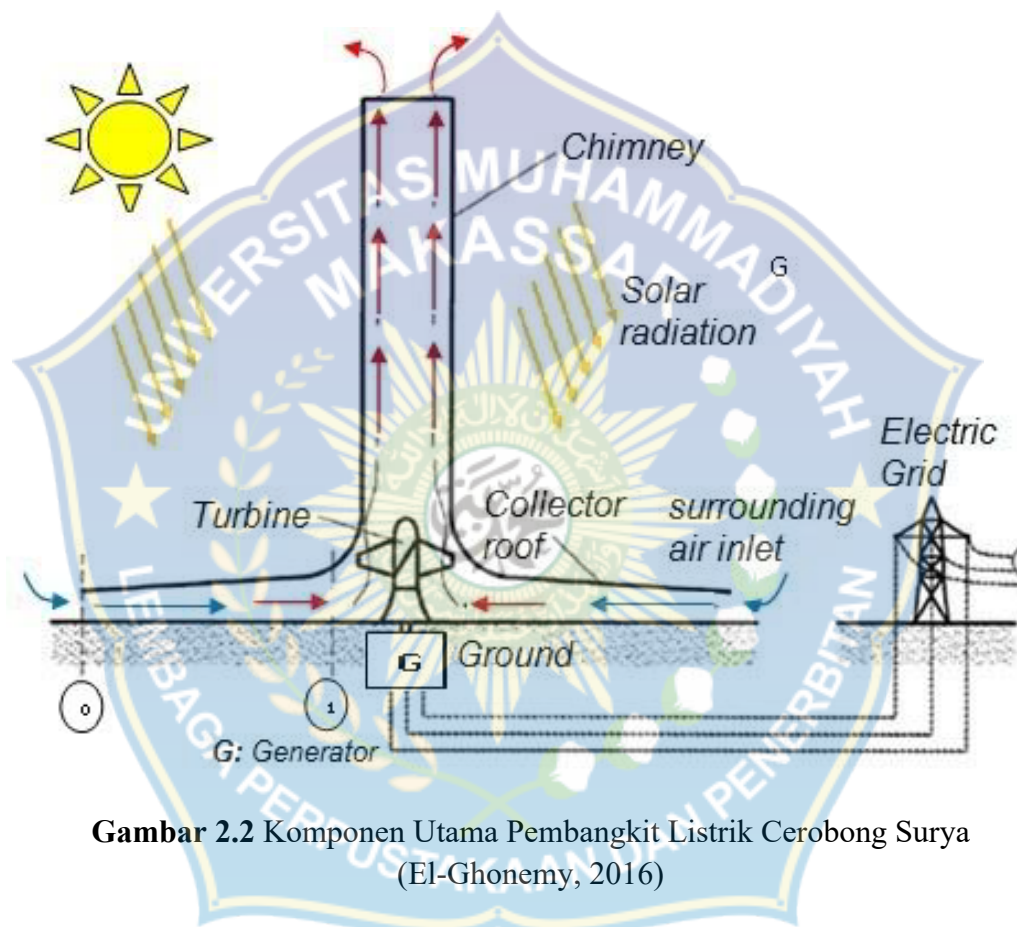
Bagian utama dari pembangkit listrik ini adalah generator, yakni mesin berputar yang mengubah energi mekanis menjadi energi listrik dengan menggunakan prinsip medan magnet dan penghantar listrik. Mesin generator ini diaktifkan dengan menggunakan berbagai sumber energi yang sangat bermanfaat dalam suatu pembangkit (Kadir, 2010).

C. Pembangkit Listrik Cerobong Surya

Tenaga listrik dapat diperoleh dari energi matahari dengan dua cara, sel surya fotovoltaik dan generator panas matahari. Namun, ada juga teknik lain, yaitu pembangkit listrik cerobong surya (PLCS). Konsep ini dirancang dan dioperasikan selama tahun 1980-an seperti yang dilaporkan oleh banyak penulis. Pengalaman operasional jenis tanaman ini menunjukkan bahwa biaya produksi listrik adalah sekitar DM 0,1 / kWh (El- Ghonemy, 2016).

Teknologi *Solar Chimney Power Plant* (SCPP) juga dikenal sebagai *Solar updraft Towers* (SUTs). Dilengkapi dengan kolektor surya dan sistem penyimpanan termal dengan biaya rendah. Sehingga dapat digunakan untuk menghasilkan listrik selama 24 jam / hari. Pabrik 50 kW yang terkenal yang terletak di Manzanares dibangun dan dioperasikan pada tahun 1980-an. Pembangkit listrik ini memiliki

kolektor surya 122 m dalam radius dan cerobong dari ketinggian 194,6 m dengan radius 5,08 m. Komponen Utama SCPP yaitu kolektor udara panas sederhana, cerobong, turbin angin dengan generator, yang disebut unit konversi daya (PCU) dan sistem Penyimpanan Energi Termal.



Gambar 2.2 Komponen Utama Pembangkit Listrik Cerobong Surya
(El-Ghonemy, 2016)

Pembangkit listrik cerobong surya yang khas terdiri dari kolektor udara panas matahari, cerobong surya dan turbo-generator (turbin dengan generator), seperti ditunjukkan pada Gambar 2.2. Menggunakan penutup transparan melingkar tingkat rendah terbuka di pinggirannya, udara di bawah penutup transparan ini dipanaskan oleh radiasi matahari. Ini dikenal sebagai kolektor udara panas. Di tengah-tengah kolektor ini, dasar cerobong vertikal terhubung. Sambungan antara

kolektor dan dasar cerobong kedap udara. Karena udara panas lebih ringan dari udara dingin, udara naik di dalam cerobong asap. Akibatnya radiasi matahari menyebabkan up-draft terus menerus di dalam cerobong asap. Akhirnya, gerakan updraft udara panas yang dihasilkan diubah menjadi energi listrik menggunakan generator turbin angin yang terletak di dasar cerobong (El- Ghonemy, 2016).



Gambar 2.3 Prinsip Stasiun Tenaga Professor Dubos (Dhahri & Omri, 2013)

D. Kolektor

Salah satu komponen utama dari cerobong pembangkit listrik surya adalah kolektor surya. Kolektor energi surya adalah jenis khusus dari penukar panas yang mengubah energi radiasi matahari menjadi energi internal dari media transportasi.

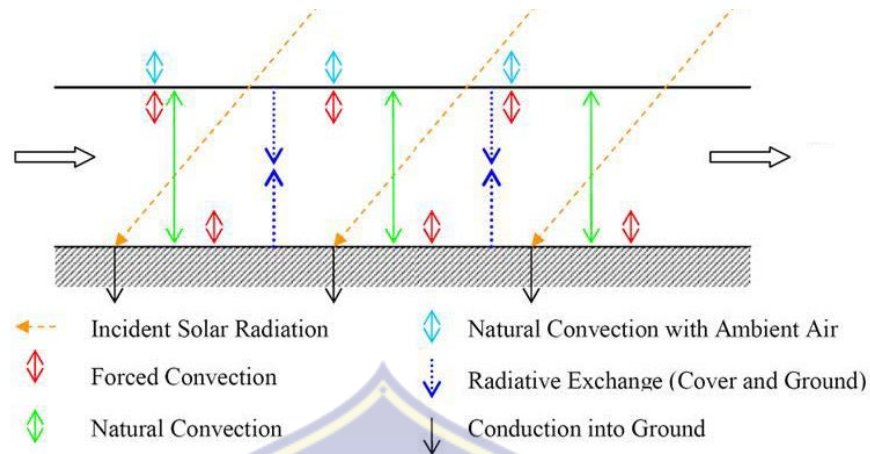
Kolektor adalah bagian dari cerobong yang menghasilkan udara panas oleh efek rumah kaca. Ini memiliki atap terbuat dari film plastik atau film plastik kaca.

Bahan atap membentang horizontal dua atau enam meter di atas tanah. Ketinggian atap meningkat berdekatan dengan dasar cerobong, sehingga udara dialihkan ke dasar cerobong dengan kerugian gesekan minimum. Penutup ini melewatkan radiasi gelombang pendek matahari dan mempertahankan radiasi panjang gelombang yang dipancarkan oleh tanah. Dengan demikian tanah di bawah atap memanaskan dan mentransfer panasnya ke udara yang mengalir secara radial di atasnya dari luar ke cerobong. Struktur kolektor berubah menjadi bahan penutup yang kita gunakan.



Gambar 2.4 Desain Kolektor
(Dhahri & Omri, 2013)

Rumah kaca (disebut juga rumah hijau dan rumah tanaman) adalah sebuah bangunan di mana tanaman dibudidayakan. Sebuah rumah kaca terbuat dari gelas atau plastik menjadi panas karena radiasi elektromagnetik yang datang dari matahari memanaskan tumbuhan, tanah, dan barang lainnya di dalam bangunan ini.



Gambar 2.5 Skema Keseimbangan Termal
(Dhahri & Omri, 2013)

Kaca yang digunakan untuk rumah kerja bekerja sebagai medium transmisi yang dapat memilih frekuensi spektral yang berbeda-beda, dan efeknya adalah untuk menangkap energi didalam rumah kaca, yang memanaskan tumbuhan dan tanah di dalamnya yang juga memanaskan udara dekat tanah dan udara ini dicegah naik ke atas dan mengalir keluar. Oleh karena itu, rumah kaca bekerja dengan menangkap radiasi elektromagnetik dan mencegah konveksi.

Penggambaran tentang pertukaran energi antara matahari (sumber), permukaan bumi, atmosfer bumi dan angkasa (tempat pelepasan). Kemampuan atmosfer untuk menangkap dan melepaskan energi merupakan karakteristik yang menentukan efek rumah kaca. (Wikipedia, 2018)

Energi yang masuk ke Bumi:

- 25% dipantulkan oleh awan atau partikel lain di atmosfer
- 25% diserap awan
- 45% diserap permukaan bumi
- 5% dipantulkan kembali oleh permukaan bumi



Gambar 2.6 Penggambaran tentang pertukaran energi antara matahari dan permukaan bumi. (Wikipedia, 2018)

E. Kolektor Surya Berbasis Aspal Beton

Aspal beton dapat menyerap sejumlah besar radiasi matahari insiden. Untuk alasan ini jalan aspal bisa digunakan sebagai kolektor surya. Ada upaya yang berbeda untuk mencapai tujuan ini. Semuanya telah dilakukan dengan mengintegrasikan pipa-pipa yang melakukan cair, melalui struktur beton aspal. Masalah sistem ini adalah bahwa semua pipa harus saling terhubung, jika salah satu rusak, cairan akan keluar dan merusak aspal beton. Untuk mengatasi keterbatasan ini (Alvaro Garcia, 2014) alternatif telah diusulkan yang saluran udara paralel, di mana udara dapat bersirkulasi akan diintegrasikan dalam struktur perkerasan. Idennya adalah untuk menghubungkan volume pori buatan ini di trotoar ke updraft atau cerobong downdraft. Perbedaan suhu antara trotoar dan lingkungan dapat digunakan untuk membuat aliran udara, yang akan memungkinkan turbin angin

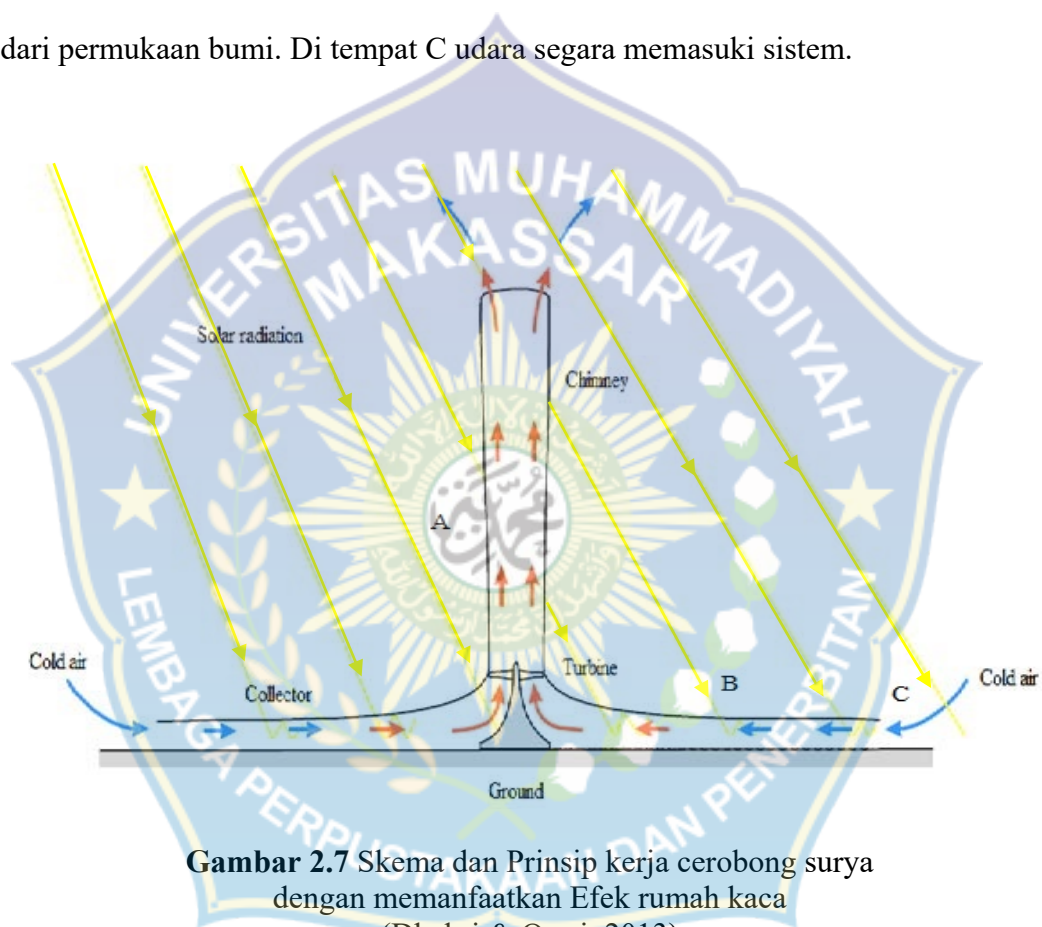
untuk menghasilkan jumlah energi dan itu akan mendinginkan trotoar turun di musim panas atau bahkan hangat itu di musim dingin. Untuk menunjukkan bahwa ini mungkin, sebuah prototipe aspal beton telah dibuat dan perhitungan dasar pada parameter yang mempengaruhi sistem telah dilakukan. Telah ditemukan bahwa temperatur yang berbeda, volume udara di dalam aspal dan perbedaan suhu antara aspal beton dan lingkungan sangat penting untuk memaksimalkan aliran udara melalui trotoar.

F. Cerobong Surya

Cerobong surya didefinisikan sebagai pembangkit listrik tenaga panas matahari suhu rendah, yang menggunakan udara atmosfer sebagai fluida kerja, di mana hanya satu bagian dari siklus termodinamika di dalam pabrik yang digunakan (Bansod dkk., 2014). Potensi kerja yang tersedia yang diperoleh udara atmosfer saat melewati kolektor telah ditentukan dan dianalisis. Ketergantungan potensial kerja pada udara yang mengalir ke kolektor udara dari panas yang diperoleh di dalam kolektor, kelembaban udara dan tekanan atmosfer sebagai fungsi ketinggian ditentukan. Berbagai jenis kolektor menggunakan udara kering dan lembab telah dianalisis (N. Nini, 2006). Pengaruh berbagai ketinggian cerobong pada potensi kerja udara didirikan. Faktor pemanfaatan yang mungkin lebih tinggi dari potensi kerja udara panas yang tersedia tanpa penggunaan cerobong asap padat tinggi dibahas. Telah ditunjukkan bahwa gerakan vortex yang mengalir ke hilir dari turbin dapat dipertahankan di bawah tekanan dan mungkin dapat mengambil alih peran dari cerobong struktur padat. Dengan demikian bagian dari potensi energi yang

tersedia diperoleh di kolektor akan digunakan untuk mempertahankan aliran vortex di kolom udara di atas turbin permukaan tanah. Kondisi dasar untuk pemeliharaan aliran vorteks dijelaskan dan dibandingkan dengan fenomena tornado.

Gambar 2.7 memperlihatkan skema dari arus udara yang mengalir melalui cerobong A ke atas disebabkan udara di bawah plastik B mengalami pemanasan dari permukaan bumi. Di tempat C udara segera memasuki sistem.



Gambar 2.7 Skema dan Prinsip kerja cerobong surya dengan memanfaatkan Efek rumah kaca (Dhahri & Omri, 2013)

Gambar 2.7 memperlihatkan skema cerobong yang dibangun di Manzares, Cindad Real, Spanyol, dibangun pada tahun 1982 oleh perusahaan listrik Spanyol dengan bantuan Kementerian Riset Dan Teknologi Jerman Barat. Cerobong surya itu mempunyai tinggi 200 meter dan garis tengah 8 meter. Garis tengah wilayah

yang ditutup lapisan plastik adalah 250 meter, sedangkan tinggi letak plastik di atas tanah di tengah adalah 8 meter dan di tepi hanya 2 meter. Luas wilayah yang ditutup plastik adalah 50.000 m². Tempat turbin terletak agak di sebelah bawah cerobong dan daya generator adalah 100kW (Kadir, 2010).



Gambar 2.8 Sebuah Cerobong Surya Di Manzanares, Cindad Real, Spanyol, dibangun Tahun 1982, Daya Terpasang Generator 100kw. (Bansod dkk., 2014)

Energi surya umumnya merujuk pada penggunaan radiasi surya untuk kebutuhan praktis. Tetapi, semua energi terbarukan, kecuali geothermal dan pasang surut, berasal dari matahari.

Teknologi surya dikategorikan secara umum menjadi: teknologi pasif dan aktif, tergantung pada cara penyerapan, konversi, dan penyaluran cahaya matahari. Teknologi aktif meliputi penggunaan panel fotovoltanik, pompa, dan kipas untuk mengubah energi surya ke bentuk yang berguna. Teknologi pasif meliputi pemilihan

bahan konstruksi yang memiliki sifat termal yang bagus, perancangan ruangan dengan sirkulasi udara secara alami, dan menghadapkan bangunan ke matahari. Teknologi aktif meningkatkan persediaan listrik dan disebut sebagai teknologi sisi suplai, sedangkan teknologi pasif mengurangi kebutuhan sumber daya alam lain dan disebut sebagai teknologi sisi permintaan (Kadir, 2010).

G. Turbin Angin



Gambar 2.9 Turbin Angin
(*Wikipedia*, 2015)

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 (PLTD, PLTU, dll) turbin angin masih lebih dikembangkan oleh para ilmuwan karena dalam waktu dekat manusia akan dihadapkan dengan masalah kekurangan sumber daya alam tak terbaharui (batubara, minyak bumi) sebagai bahan dasar untuk membangkitkan listrik.

$$P = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot A \cdot V^3 \quad (2.1)$$

Di mana P adalah daya, ρ adalah kerapatan angin pada waktu tertentu ($1,225 \text{ kg/m}^3$), A adalah luas penampang, dan V adalah kecepatan angin pada waktu tertentu (m/s), (Marisa Blackwood, 2016).

Umumnya daya efektif yang dapat dipanen oleh sebuah turbin angin hanya sebesar 20%-30%. Jadi rumus di atas dapat dikalikan dengan 0.2 atau 0.3 untuk mendapatkan hasil yang cukup eksak. Prinsip dasar kerja dari turbin angin adalah mengubah energi mekanis dari angin menjadi energi putar pada kincir, lalu putaran digunakan untuk memutar generator, yang akan menghasilkan listrik.

Persamaan mendasar dari tenaga angin.

- Tenaga angin tergantung pada:
 - Jumlah udara (volume)
 - Kecepatan udara (kecepatan)
 - Massa udara (density)
- Mengalir melalui daerah tertentu (fluks)

Defenisi energi kinetik

$$E_k = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 \quad (2.2)$$

Dimana E_k adalah energi kinetik, m adalah massa, dan v adalah kecepatan.

Daya E_k per satuan waktu:

$$P = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v_2^2 - v_1^2 \quad (2.3)$$

Mekanika fluida memberikan laju aliran massa (kerapatan volume yang fluks)

$$dm/dt = \rho \cdot A \cdot v \quad (2.4)$$

demikian: $P_w = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot A \cdot V^3 \quad (2.5)$

Kekuatan \sim kubus kecepatan

- Daya \sim kerapatan udara
- Daya \sim rotor menyapu daerah $A = \pi r^2$

Mencari luas penampang:

$$A = \pi r^2 = \pi \left(\frac{1}{2} \cdot d\right)^2 \quad A = \pi \left(\frac{1}{4} \cdot d^2\right) \quad (2.6)$$

$$A = \frac{\pi}{4} \cdot d^2 \quad (2.7)$$

Dimana A adalah luas penampang (m^2), π adalah Phi ($\frac{22}{7}$ atau 3,14), r adalah jari-jari, dan d adalah diameter atau garis tengah.

Mencari volume tabung:

$$V_t = \pi r^2 t \quad (2.8)$$

Mencari volume kerucut:

$$V_k = \frac{1}{3} \pi r^2 t \quad (2.9)$$

Setelah memperoleh nilai V_t dan V_k , selanjutnya menentukan nilai volume kolektor:

$$V = V_t + V_k \quad (2.10)$$

Mencari daya input turbin:

$$P = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot A \cdot V^3$$

Efisiensi dalam penggalan tenaga angin:

Batas dan koefisien daya Listrik Koefisien, C_p , adalah rasio kekuatan diekstraksi oleh turbin dengan total yang terkandung dalam C_p sumber daya angin = P_t / P_w output daya turbin :

$$P_t = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot A \cdot V^3 \cdot C_p \quad (2.11)$$

Batas Betz adalah C_p maksimal = $16/27 = 59\%$ adalah efisiensi turbin angin konvensional dapat dilakukan di penggalan listrik dari angin. P_t adalah daya output turbin.



Gambar 2.10 Aliran udara melalui sebuah turbin angin

H. Generator

Ini adalah salah satu komponen terpenting dalam pembuatan sistem turbin angin. Generator adalah suatu perangkat mesin yang menghasilkan energi listrik dari sumber energi mekanik atau gerak melalui proses induksi elektromagnetik. Generator memperoleh energi mekanis dari *prime mover* atau penggerak mula. Energi mekanis

dapat berasal dari tenaga panas, tenaga potensial air, motor diesel, motor bensin bahkan ada yang berasal dari motor listrik. Generator ini dapat mengubah energi gerak menjadi energi listrik (Budiman A. dkk., 2012).

Prinsip kerja generator berdasarkan hukum *Faraday* yang mengandung pengertian bahwa apabila sepotong kawat penghantar listrik berada dalam medan magnet berubah-ubah, maka di dalam kawat tersebut akan terbentuk GGL induksi. Demikian pula sebaliknya bila sepotong kawat penghantar listrik digerakkan dalam medan magnet, maka kawat penghantar tersebut juga terbentuk GGL induksi.

Hukum *Faraday* dapat dinyatakan dengan :

$$e = -N \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} \quad (2.12)$$

dengan :

e = GGL induksi yang dibangkitkan (Volt)

N = banyaknya jumlah lilitan

$\Delta\Phi$ = perubahan fluks magnetik (Webber)

Δt = perubahan waktu (detik)

Atau dengan persamaan lain nilai dari GGL induksi dapat ditentukan dengan :

$$e = B \times l \times v \quad (2.13)$$

dengan :

e = GGL induksi yang dibangkitkan (Volt)

B = kerapatan medan magnet (Tesla)

l = panjang kawat penghantar (m)

v = kecepatan konduktor memotong medan (m/s)

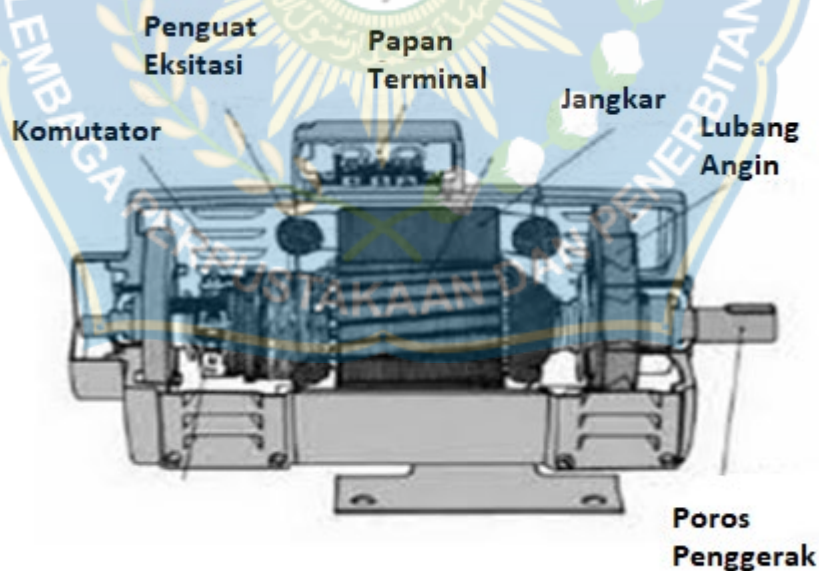
Tegangan GGL induksi yang dibangkitkan bergantung pada :

1. Jumlah dari lilitan dalam kumparan

2. Kuat medan magnetik, makin kuat medan makin besar tegangan yang diinduksikan
3. Kecepatan dari generator itu sendiri

Prinsip kerjanya dapat dipelajari dengan menggunakan teori medan elektromagnetik. Singkatnya, (mengacu pada salah satu cara kerja generator) poros pada generator dipasang dengan material ferromagnetic permanen. Setelah itu di sekeliling poros terdapat stator yang bentuk fisiknya adalah kumparan-kumparan kawat yang membentuk loop. Ketika poros generator mulai berputar maka akan terjadi perubahan fluks ini akan dihasilkan tegangan dan arus listrik tertentu.

Tegangan dan arus listrik yang dihasilkan ini disalurkan melalui kabel jaringan listrik untuk akhirnya digunakan oleh masyarakat. Tegangan dan arus listrik yang dihasilkan oleh generator ini berupa AC (alternating current) yang memiliki bentuk gelombang kurang lebih sinusoidal. (Wikipedia, 2013)



Gambar 2.11 Generator Listrik
(Wikipedia, 2013)

BAB III

METODE PENELITIAN

A. Waktu dan Tempat Penelitian

Waktu : Juli hingga Desember 2018

Tempat : Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar
Jalan Sultan Alauddin 259 Makassar

B. Data/Parameter

Data/Parameter yang akan dibutuhkan dalam perancangan ini adalah:

1. Energi
2. Daya
3. Arus
4. Tegangan
5. Suhu
6. Kecepatan Angin
7. Diameter cerobong
8. Panjang cerobong

C. Peralatan dan Bahan

1. Alat

Tabel 3.1 Alat yang digunakan dan fungsinya

No.	Alat	Fungsi
1.	Thermometer	Untuk mengukur suhu
2.	Anemometer	Untuk mengukur kecepatan angin
3.	Multimeter	Untuk mengukur tegangan
4.	Las	Untuk menyambung rangka besi
5.	Gunting	Untuk memotong plastik

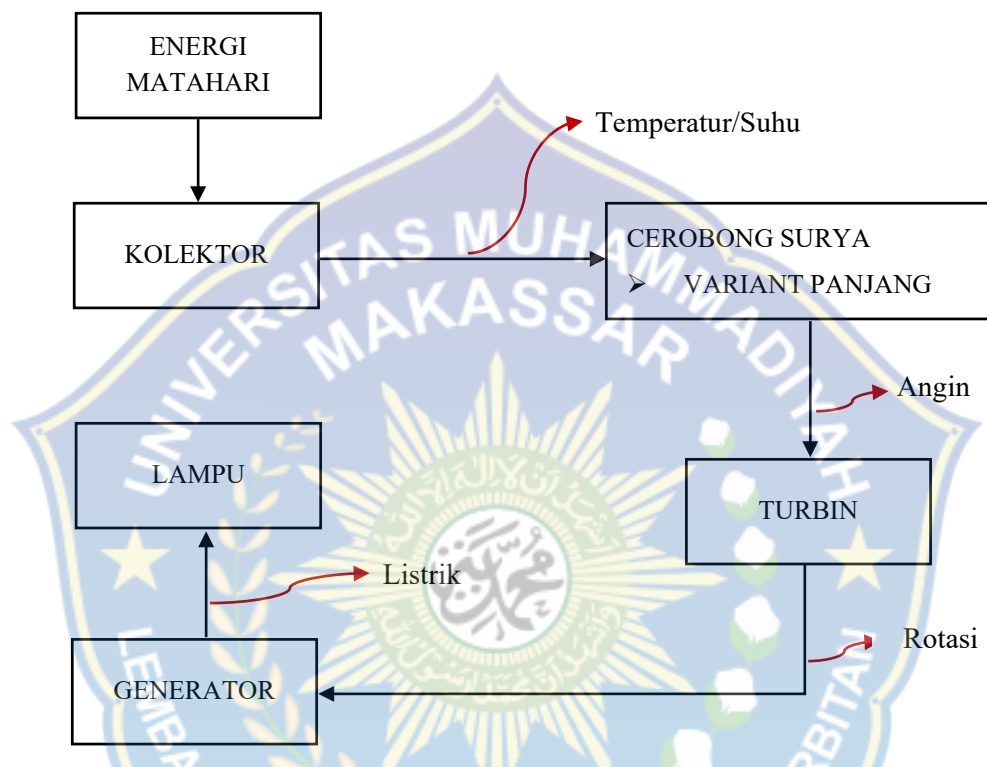
2. Bahan

Tabel 3.2 Bahan digunakan dan fungsinya

No.	Bahan	Fungsi
1.	Tabung Kaca/Pipa	Sebagai jalur lewatnya angin
2.	Generator/Dinamo 5 W	Sebagai pengubah energi listrik
3.	Turbin Angin	Untuk membangkitkan listrik
4.	Tripleks/Plastik	Untuk mengumpulkan panas
5.	Kabel	Penghubung arus tegangan
6.	Tali Tis	Untuk mengikat Corong
7.	Corong	Sebagai penghubung kolektor ke Pipa
8.	Besi Hollow 2x2 cm	Sebagai kerangka kolektor

D. Skema Penelitian

Secara garis besar skema penelitian yang akan dilakukan ditunjukkan pada Gambar 3.1 berikut.



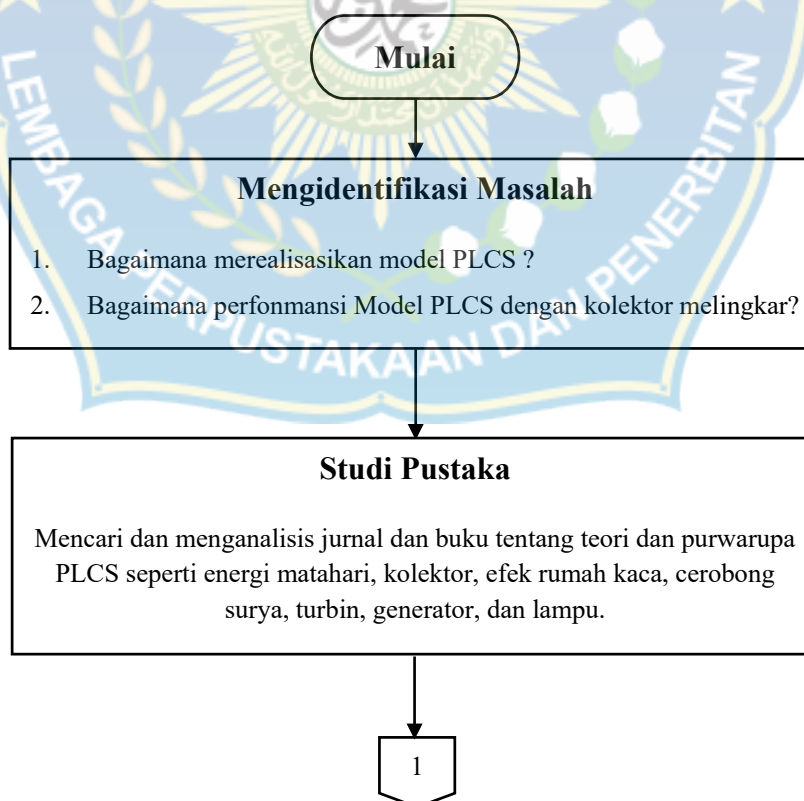
Gambar 3.1 Diagram Skema Penelitian

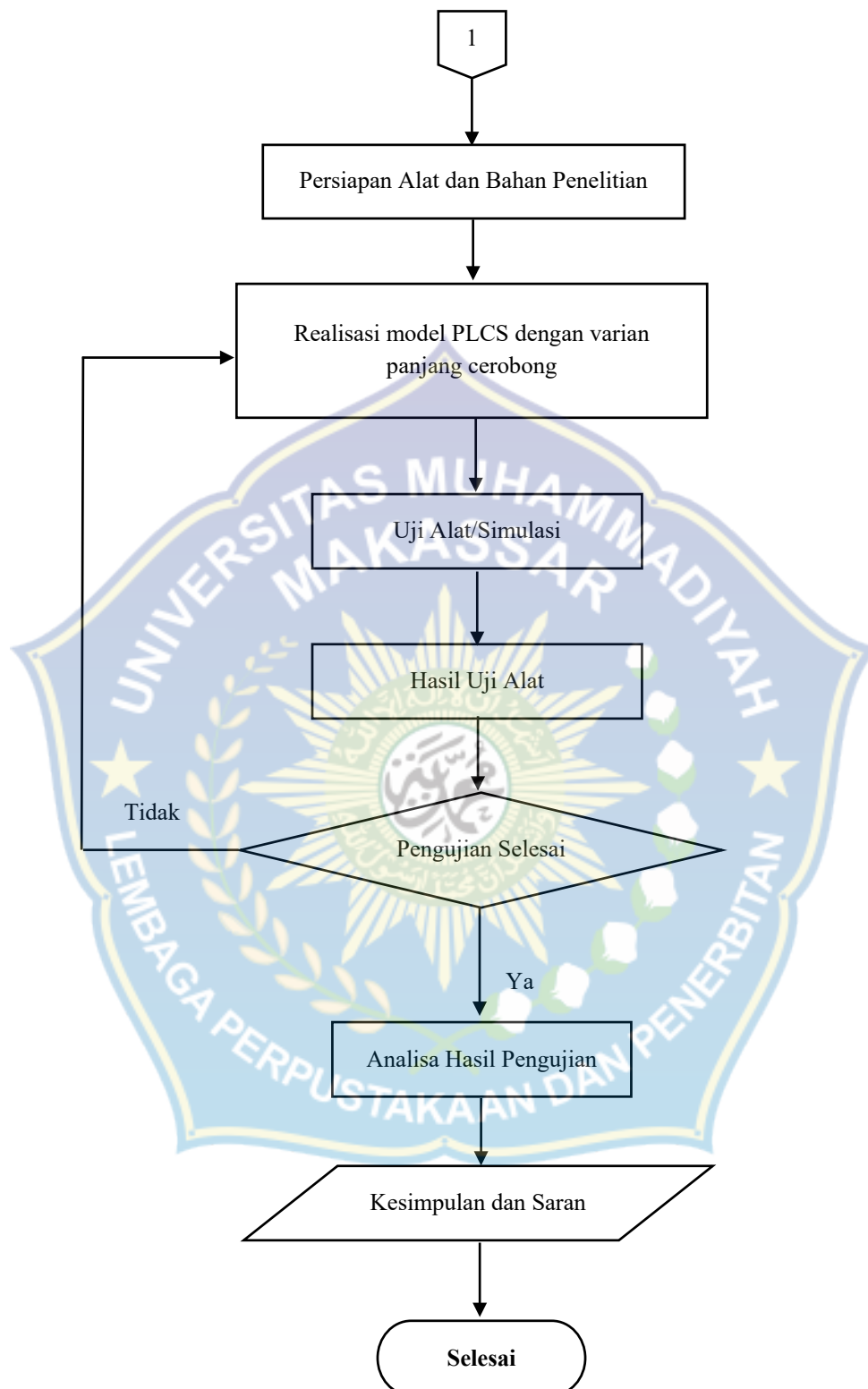
Diagram pada Gambar 3.1 di atas menjelaskan pembangkit listrik cerobong surya, dimulai dari energi matahari berupa sinar matahari ke kolektor, kemudian sinar matahari tersebut menyentuh tanah dan dipantulkan kembali, namun karena adanya kaca yang menutupi sehingga sinar matahari tersebut tidak keluar dari kolektor, sehingga sinar tersebut terperangkap didalam kolektor dan menimbulkan efek rumah kaca atau biasa disebut (*Green House Effect*) dan dari proses efek rumah kaca ini menghasilkan sinar infra merah.

Prinsip efek rumah kaca ini di manfaatkan dalam instalasi cerobong surya. Akibat dari penggunaan tenaga surya ini dalam efek rumah kaca terjadilah suatu konversi energi menjadi tenaga angin, kemudian energi angin diberi kesempatan keluar melalui sebuah cerobong yang mana dalam cerobong ini dipasang sebuah turbin disebabkan oleh udara yang mengalir ke turbin itu sehingga akan berputar pada turbin tersebut dipasang sebuah generator yang dapat membangkitkan tenaga listrik sehingga terciptalah nyala lampu akibat yang ditimbulkan oleh proses ini.

E. Langkah Penelitian

Secara garis besar tahapan yang dilakukan dalam penelitian ini di tunjukkan pada diagram alir berikut.





Gambar 3.2 Diagram Alir Penelitian

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

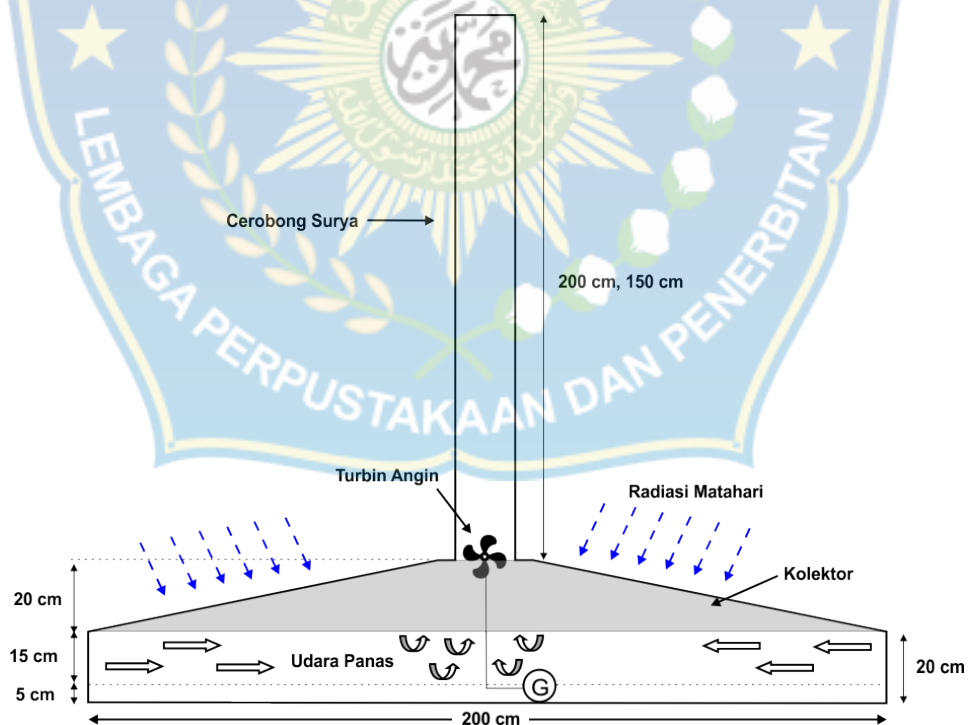
A. Hasil Realisasi Model Pembangkit Listrik Cerobong Surya (PLCS)



Gambar 4.1 Model Pembangkit Listrik Cerobong Surya (PLCS) yang telah direalisasikan

Gambar 4.1 memperlihatkan hasil realisasi PLCS dengan kolektor melingkar. PLCS ini terdiri dari kolektor udara, cerobong surya dan turbo-generator (turbin dengan generator). Kolektor udara berfungsi menghasilkan udara panas, yang mengubah energi radiasi matahari menjadi energi internal dari media transportasi. Cerobong surya mengubah energi panas yang dihasilkan menjadi energi kinetik, yang akan diubah menjadi energi listrik dengan menggunakan kombinasi dari turbin angin dan generator.

Fungsi generator mengubah energi mekanis menjadi energi listrik dengan menggunakan prinsip medan magnet dan penghantar listrik dengan turbin angin yang digunakan sebagai pembangkit tenaga listrik.



Gambar 4.2 Skema Model Pembangkit Listrik Cerobong Surya (PLCS)

Gambar 4.2 menunjukkan bahwa realisasi model PLCS dengan kolektor melingkar. Ada dua cerobong surya yang digunakan yaitu cerobong yang mempunyai tinggi 150 cm dan 200 cm dengan garis tengah masing-masing cerobong 11,4 cm. Garis tengah kolektor yang ditutupi lapisan plastik adalah 200 cm atau 2 m, sedangkan tinggi letak plastik di atas tanah di tengah adalah 40 cm dan tepi hanya 20 cm.

Sesuai dengan persamaan (2.7), yaitu:

$$A = \frac{\pi}{4} \cdot d^2 = \frac{3,14}{4} \cdot 2^2 = 3,14 \text{ m}^2$$

Sedangkan volume kolektor dapat diperoleh dengan menggunakan persamaan (.....) dan persamaan (.....)

$$V_t = \pi r^2 t = 3,14 \cdot 1^2 \cdot 0,2 = 0,6285 \text{ m}^3$$

$$V_k = \frac{1}{3} \pi r^2 t = \frac{1}{3} \cdot 3,14 \cdot 1^2 \cdot 0,2 = 0,2095 \text{ m}^3$$

Untuk memperoleh volume total kolektor maka hasil persamaan (...) dan persamaan (...) ditambahkan sebagai berikut.

$$V = V_t + V_k = 0,6285 + 0,2095 = 0,838 \text{ m}^3$$

Menentukan luas penampang cerobong dengan persamaan (2.7).

$$A = \frac{\pi}{4} \cdot d^2 = \frac{3,14}{4} \cdot 11,4^2 = 102 \text{ cm}^2 = 0,01 \text{ m}^2$$

Selanjutnya, menentukan volume cerobong 150 cm dan cerobong 200 cm dengan persamaan (2.6).

$$V_{150} = \pi r^2 t = 3,14 \cdot 5,7^2 \cdot 150 = 15302 \text{ cm}^3 = 0,015 \text{ m}^3$$

$$V_{200} = \pi r^2 t = 3,14 \cdot 5,7^2 \cdot 200 = 20403 \text{ cm}^3 = 0,02 \text{ m}^3$$

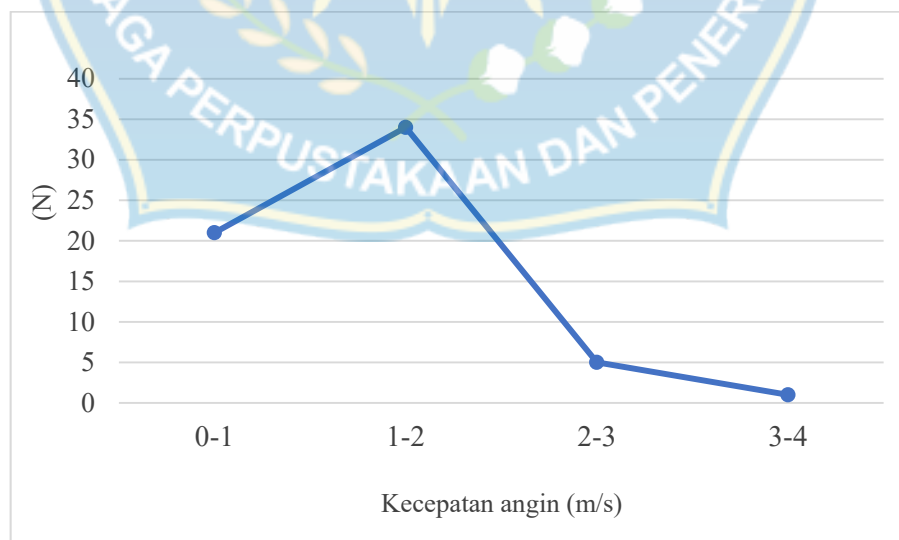
Tempat turbin terletak di sebelah bawah cerobong dan daya generator adalah 5 Watt.

B. Pengukuran Performansi Sistem

1. Grafik Potensi Angin

Angin bervariasi bergantung pada matahari, lokasi geografis, waktu, musim, ketinggian di atas permukaan bumi, cuaca, dan bentukan lahan lokal. Pemahaman tentang karakteristik angin akan membantu mengoptimalkan desain turbin angin, mengembangkan teknik pengukuran angin, dan memilih lokasi. Sifat angin dinyatakan dengan merata-ratakan data bulanan sepanjang tahun untuk mendapatkan gambaran kekuatan angin pada suatu lokasi. Dari data yang diperoleh dapat ditentukan kecepatan angin dan daya angin.

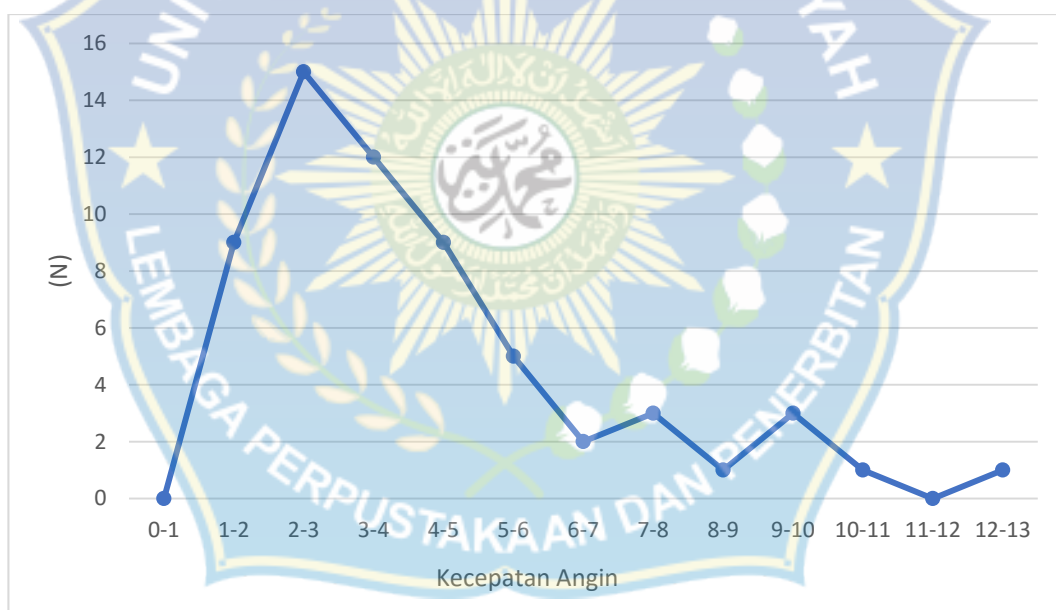
a. Grafik Distribusi Kecepatan Angin



Gambar 4.3 Grafik Distribusi Kecepatan Angin Cerobong 150 cm selama 30 menit

Grafik pada Gambar 4.3 memperlihatkan distribusi kecepatan angin pada cerobong 150 cm, yang diukur setiap menit dalam waktu 30 menit dengan 61 titik dengan kondisi cuaca pada saat pengukuran cerah berawan. Secara keseluruhan rentang kecepatan angin merupakan rentang dominan.

Grafik tersebut diatas menunjukkan bahwa titik terbanyak dengan jumlah 34 titik memiliki kecepatan angin berkisar 1-2 m/s. Sementara jumlah titik paling sedikit yaitu 1 titik memiliki kecepatan angin 3-4 m/s. Kecepatan angin rata-rata berdasarkan grafik adalah 1,37 m/s. Terjadi penurunan jumlah titik pada kecepatan 2-3 m/s, dimana titik yang terjadi hanya ada 5 titik.



Gambar 4.4 Grafik Distribusi Kecepatan Angin Cerobong 200 cm selama 30 menit

Grafik pada Gambar 4.4 memperlihatkan distribusi kecepatan angin pada cerobong 200 cm yang diukur setiap menit dalam waktu 30 menit dengan 6 titik. Secara keseluruhan rentang kecepatan angin merupakan rentang dominan.

Grafik tersebut menunjukkan bahwa jumlah titik terbanyak adalah 15 titik, yaitu pada kecepatan angin sebesar 2-3 m/s. Sementara titik jumlah paling sedikit pada masing-masing kecepatan angin sebesar 8-9 m/s, 10-11 m/s dan 12-13 m/s . Sedangkan kecepatan angin rata-rata berdasarkan grafik adalah 4,18 m/s.

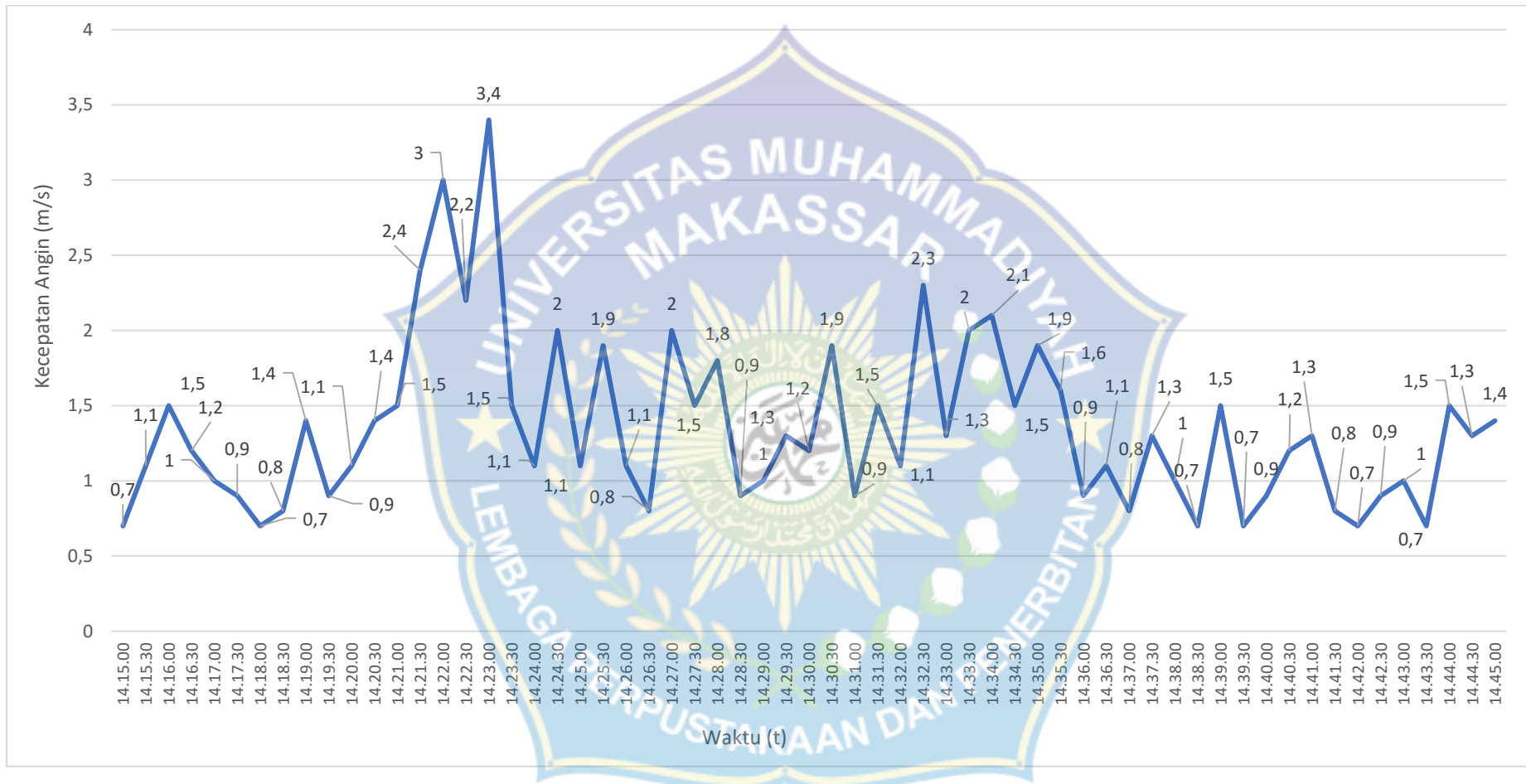
b. Grafik Kecepatan Angin

Grafik pada Gambar 4.5 memperlihatkan kecepatan angin pada cerobong 150 cm yang diukur selama 30 menit dengan selang waktu 30 detik untuk setiap pengukuran dengan jumlah 61 titik. Secara keseluruhan, dengan kondisi cuaca cerah berawan, kecepatan angin pada cerobong 150 cm lebih rendah dari kecepatan angin pada cerobong 200 cm.

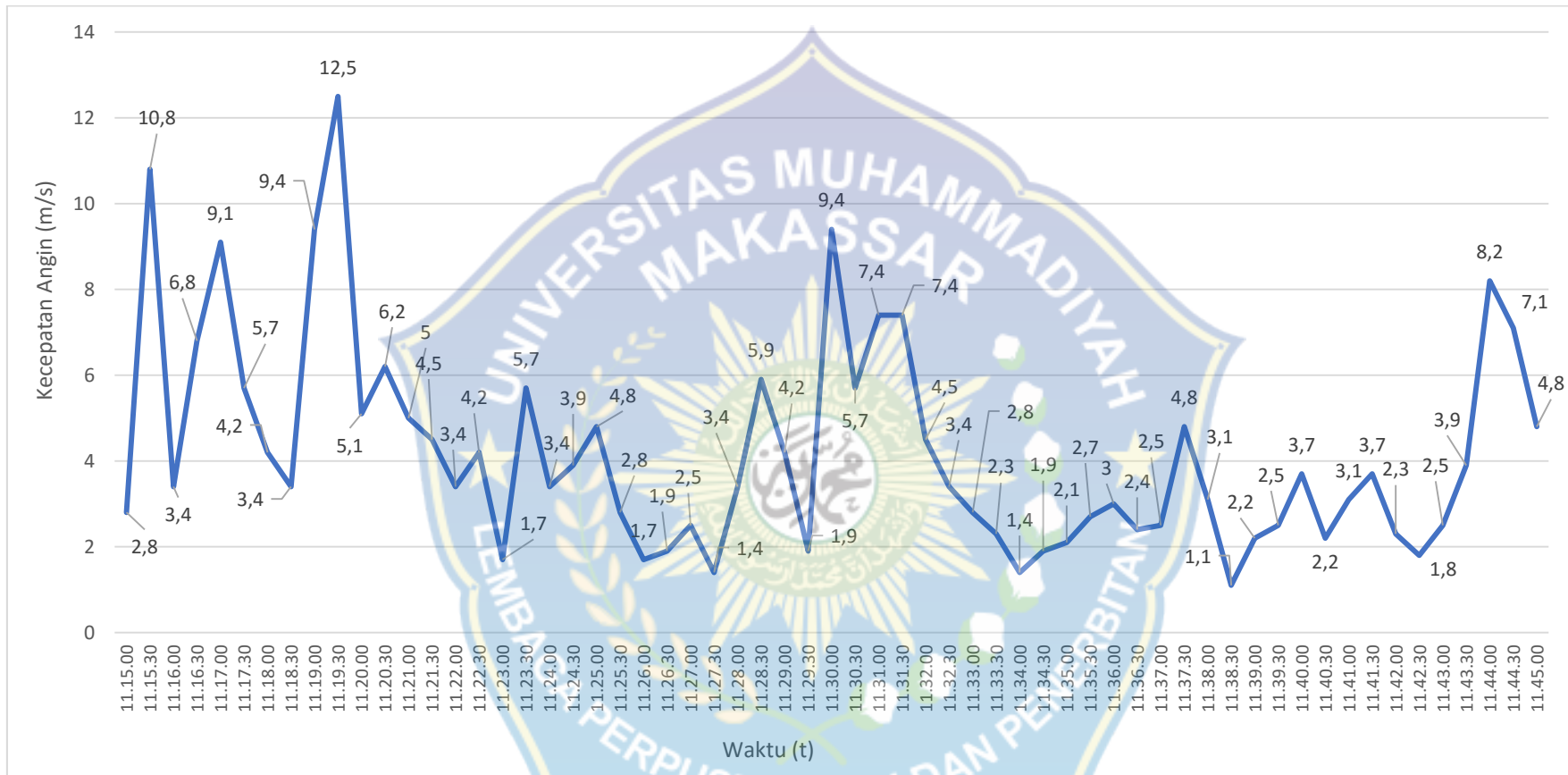
Grafik tersebut menunjukkan bahwa kecepatan angin maksimum yaitu 3,4 m/s, dan terdapat 5 titik dimana kecepatan angin mengalami penurunan kecepatan yang sampai pada kecepatan angin minimum yaitu 0,7 m/s.

Grafik pada Gambar 4.6 menunjukkan kecepatan angin pada cerobong 200 cm. Kecepatan angin diukur selama 30 menit dengan menentukan 61 titik, yang mana setiap titik diukur dengan selang waktu 30 detik. Secara keseluruhan, kecepatan angin pada grafik dengan satu titik puncak.

Grafik tersebut menunjukkan bahwa kecepatan angin maksimum 12,5 m/s pada jam 11.19.30. Kecepatan angin minimum terdapat pada jam 11.38.30 pada grafik tersebut yaitu dengan kecepatan angin 1,1 m/s. Sedangkan kecepatan angin rata-rata berdasarkan grafik distribusi kecepatan angin dan grafik kecepatan angin cerobong 200 cm adalah 4,18 m/s.

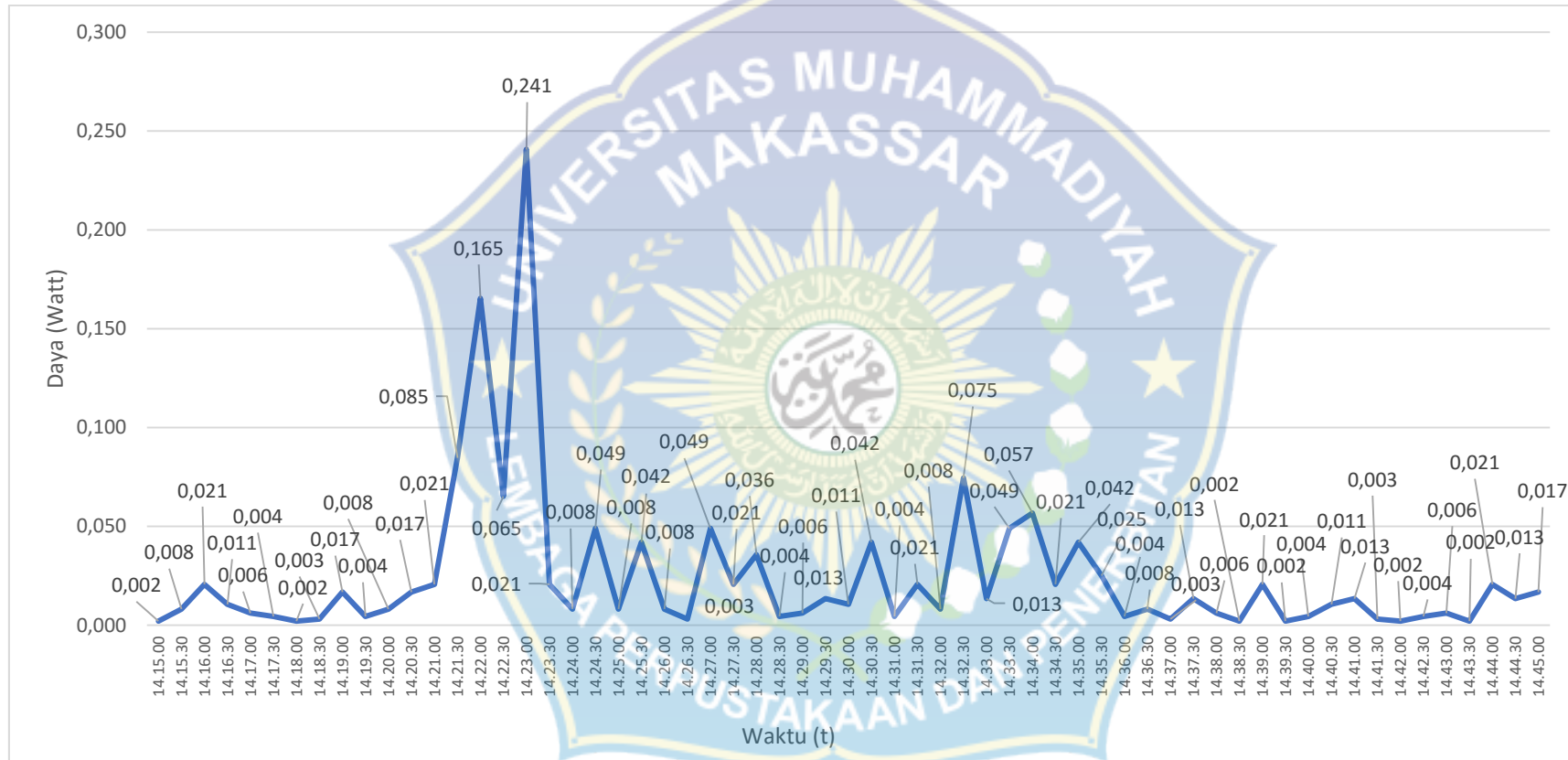


Gambar 4.5 Grafik Kecepatan Angin pada Cerobong 150 cm selama 30 menit



Gambar 4.6 Grafik Kecepatan angin pada Cerobong 200 cm selama 30 menit

c. Grafik Daya



Gambar 4.7 Grafik Daya Angin pada Cerobong 150 cm selama 30 menit

Grafik pada Gambar 4.7 menunjukkan daya angin yang terjadi pada cerobong 150 cm. Secara keseluruhan, daya angin puncak yang dihasilkan 0,241 Watt pada jam 14.23.00 dan daya terendah adalah 0,002 yang terjadi pada 6 titik. Pada cerobong 150 cm, daya angin mengalami kenaikan dari 0,065 watt sampai dengan 0,241 watt, yaitu pada jam 14.22.30 sampai dengan jam 14.23.00. Semakin tinggi kecepatan angin yang terjadi berbanding lurus dengan daya yang dihasilkan.

Menentukan nilai daya angin dan daya output turbin yang sesuai dengan grafik pada Gambar 4.7 menggunakan persamaan berikut:

1) Pada jam 14.15.00

$$P_w = \frac{1}{2} \cdot 1,225 \cdot 0,01 \cdot 0,7^3 \quad \dots \text{Persamaan (2.1)}$$

$$= 0,002 \text{ watt}$$

Jadi, daya angin pada jam 14.15.00 adalah 0,002 watt.

$$P_t = \frac{1}{2} \cdot 1,225 \cdot 0,01 \cdot 0,7^3 \cdot 0,59 \quad \dots \text{Persamaan (2.11)}$$

$$= 0,001 \text{ watt}$$

Sementara daya output turbin pada jam 14.15.00 adalah 0,001 watt.

2) Pada jam 14.15.30

$$P_w = \frac{1}{2} \cdot 1,225 \cdot 0,01 \cdot 1,1^3 \quad \dots \text{Persamaan (2.1)}$$

$$= 0,008 \text{ watt}$$

Daya angin yang didapatkan pada jam 14.15.30 adalah 0,008 watt.

$$P_t = \frac{1}{2} \cdot 1,225 \cdot 0,01 \cdot 1,1^3 \cdot 0,59 \quad \dots \text{Persamaan (2.11)}$$

$$= 0,005 \text{ watt}$$

Sedangkan daya output turbin pada jam 14.15.30 detik adalah 0,005 watt.

3) Pada jam 14.16.00

$$P_w = \frac{1}{2} \cdot 1,225 \cdot 0,01 \cdot 1,5^3 \quad \dots \text{Persamaan (2.1)}$$

$$= 0,021 \text{ watt}$$

Dari persamaan diatas, dengan kecepatan angin 1,5 m/s diperoleh daya angin pada jam 14.16.00 adalah 0,021 watt.

$$P_t = \frac{1}{2} \cdot 1,225 \cdot 0,01 \cdot 1,5^3 \cdot 0,59 \quad \dots \text{Persamaan (2.11)}$$

$$= 0,012 \text{ watt}$$

Maka daya output turbin pada jam 14.16.00 adalah 0,012 watt.

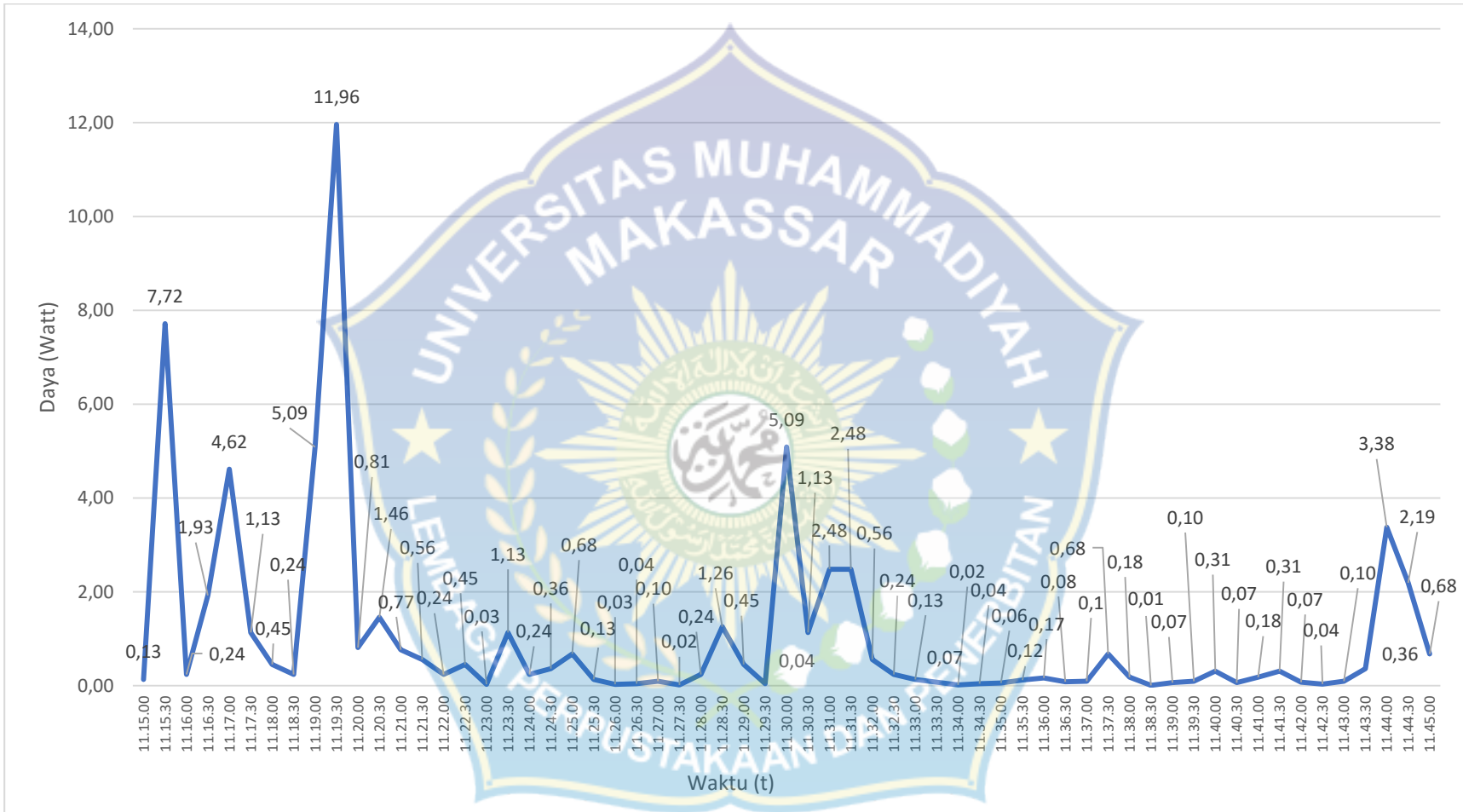
Penentuan nilai daya angin selanjutnya disajikan dalam bentuk tabel dibawah ini.

Tabel 4.1 Perhitungan Nilai Daya pada Cerobong 150 cm

Waktu (Jam)	Kecepatan Angin (m/s)	Daya Angin (Watt)	Daya Turbin (Watt)
14.15.00	0,7	0,002	0,001
14.15.30	1,1	0,008	0,005
14.16.00	1,5	0,021	0,012
14.16.30	1,2	0,011	0,006
14.17.00	1	0,006	0,004
14.17.30	0,9	0,004	0,003
14.18.00	0,7	0,002	0,001
14.18.30	0,8	0,003	0,002
14.19.00	1,4	0,017	0,010
14.19.30	0,9	0,004	0,003

Waktu (Jam)	Kecepatan Angin (m/s)	Daya Angin (Watt)	Daya Turbin (Watt)
14.20.00	1,1	0,008	0,005
14.20.30	1,4	0,017	0,010
14.21.00	1,5	0,021	0,012
14.21.30	2,4	0,085	0,050
14.22.00	3	0,165	0,098
14.22.30	2,2	0,065	0,038
14.23.00	3,4	0,241	0,142
14.23.30	1,5	0,021	0,012
14.24.00	1,1	0,008	0,005
14.24.30	2	0,049	0,029
14.25.00	1,1	0,008	0,005
14.25.30	1,9	0,042	0,025
14.26.00	1,1	0,008	0,005
14.26.30	0,8	0,003	0,002
14.27.00	2	0,049	0,029
14.27.30	1,5	0,021	0,012
14.28.00	1,8	0,036	0,021
14.28.30	0,9	0,004	0,003
14.29.00	1	0,006	0,004
14.29.30	1,3	0,013	0,008
14.30.00	1,2	0,011	0,006
14.30.30	1,9	0,042	0,025
14.31.00	0,9	0,004	0,003
14.31.30	1,5	0,021	0,012
14.32.00	1,1	0,008	0,005
14.32.30	2,3	0,075	0,044
14.33.00	1,3	0,013	0,008
14.33.30	2	0,049	0,029

Waktu (Jam)	Kecepatan Angin (m/s)	Daya Angin (Watt)	Daya Turbin (Watt)
14.34.00	2,1	0,057	0,033
14.34.30	1,5	0,021	0,012
14.35.00	1,9	0,042	0,025
14.35.30	1,6	0,025	0,015
14.36.00	0,9	0,004	0,003
14.36.30	1,1	0,008	0,005
14.37.00	0,8	0,003	0,002
14.37.30	1,3	0,013	0,008
14.38.00	1	0,006	0,004
14.38.30	0,7	0,002	0,001
14.39.00	1,5	0,021	0,012
14.39.30	0,7	0,002	0,001
14.40.00	0,9	0,004	0,003
14.40.30	1,2	0,011	0,006
14.41.00	1,3	0,013	0,008
14.41.30	0,8	0,003	0,002
14.42.00	0,7	0,002	0,001
14.42.30	0,9	0,004	0,003
14.43.00	1	0,006	0,004
14.43.30	0,7	0,002	0,001
14.44.00	1,5	0,021	0,012
14.44.30	1,3	0,013	0,008
14.45.00	1,4	0,017	0,010



Gambar 4.8 Grafik Daya Angin pada Cerobong 200 cm selama 30 menit

Grafik pada Gambar 4.8 menunjukkan daya angin yang terjadi pada cerobong 200 cm. Daya angin tertinggi yang dihasilkan 11,96 watt pada jam 11.19.30. Daya angin terendah adalah 0,04 watt. Terlihat dengan jelas bahwa daya angin pada cerobong 200 cm mengalami kenaikan daya yang cukup signifikan hingga kenaikan daya 0,13 watt sampai dengan 7,72 watt dan kenaikan daya dari 0,24 watt sampai dengan 11,96 watt. Semakin tinggi kecepatan angin yang terjadi maka daya yang dihasilkan juga meningkat.

Menentukan nilai daya angin yang sesuai dengan grafik diatas menggunakan persamaan berikut:

1) Pada jam 11.15.00

$$P_w = \frac{1}{2} \cdot 1,225 \cdot 0,01 \cdot 2,8^3 \quad \dots \text{Persamaan (2.1)}$$

$$= 0,13 \text{ watt}$$

Dengan daya angin pada jam 11.15.00 adalah 0,13 watt.

$$P_t = \frac{1}{2} \cdot 1,225 \cdot 0,01 \cdot 2,8^3 \cdot 0,59 \quad \dots \text{Persamaan (2.11)}$$

$$= 0,08 \text{ watt}$$

Maka daya output turbin pada jam 11.15.00 adalah 0,08 watt.

2) Pada jam 11.15.30

$$P_w = \frac{1}{2} \cdot 1,225 \cdot 0,01 \cdot 10,8^3 \quad \dots \text{Persamaan (2.1)}$$

$$= 7,72 \text{ watt}$$

Dari uraian di atas diperoleh daya angin pada jam 11.15.30 adalah 7,72 watt.

$$P_t = \frac{1}{2} \cdot 1,225 \cdot 0,01 \cdot 10,8^3 \cdot 0,59 \quad \dots \text{Persamaan (2.11)}$$

$$= 4,55 \text{ watt}$$

Sedangkan daya output turbin pada jam 11.15.30 adalah 4,55 watt.

3) Pada jam 11.16.00

$$P_w = \frac{1}{2} \cdot 1,225 \cdot 0,01 \cdot 3,4^3 \quad \dots \text{Persamaan (2.1)}$$

$$= 0,24 \text{ watt}$$

Pada kecepatan angin 3,4 m/s diperoleh daya angin pada jam 11.16.00 adalah 0,24 watt.

$$P_t = \frac{1}{2} \cdot 1,225 \cdot 0,01 \cdot 3,4^3 \cdot 0,59 \quad \dots \text{Persamaan (2.11)}$$

$$= 0,14 \text{ watt}$$

Sementara daya output turbin pada jam 11.16.00 adalah 0,14 watt.

Penentuan nilai daya angin selanjutnya disajikan dalam bentuk tabel dibawah ini.

Tabel 4.2 Perhitungan Nilai Daya pada Cerobong 200 cm

Waktu (Jam)	Kecepatan Angin (m/s)	Daya Angin (Watt)	Daya Turbin (Watt)
11.15.00	2,8	0,13	0,079
11.15.30	10,8	7,72	4,552
11.16.00	3,4	0,24	0,142
11.16.30	6,8	1,93	1,136
11.17.00	9,1	4,62	2,723
11.17.30	5,7	1,13	0,669
11.18.00	4,2	0,45	0,268
11.18.30	3,4	0,24	0,142
11.19.00	9,4	5,09	3,002
11.19.30	12,5	11,96	7,058

Waktu (Jam)	Kecepatan Angin (m/s)	Daya Angin (Watt)	Daya Turbin (Watt)
11.20.00	5,1	0,81	0,479
11.20.30	6,2	1,46	0,861
11.21.00	5	0,77	0,452
11.21.30	4,5	0,56	0,329
11.22.00	3,4	0,24	0,142
11.22.30	4,2	0,45	0,268
11.23.00	1,7	0,03	0,018
11.23.30	5,7	1,13	0,669
11.24.00	3,4	0,24	0,142
11.24.30	3,9	0,36	0,214
11.25.00	4,8	0,68	0,4
11.25.30	2,8	0,13	0,079
11.26.00	1,7	0,03	0,018
11.26.30	1,9	0,04	0,025
11.27.00	2,5	0,10	0,056
11.27.30	1,4	0,02	0,01
11.28.00	3,4	0,24	0,142
11.28.30	5,9	1,26	0,742
11.29.00	4,2	0,45	0,268
11.29.30	1,9	0,04	0,025
11.30.00	9,4	5,09	3,002
11.30.30	5,7	1,13	0,669
11.31.00	7,4	2,48	1,464
11.31.30	7,4	2,48	1,464
11.32.00	4,5	0,56	0,329
11.32.30	3,4	0,24	0,142
11.33.00	2,8	0,13	0,079
11.33.30	2,3	0,07	0,044

Waktu (Jam)	Kecepatan Angin (m/s)	Daya Angin (Watt)	Daya Turbin (Watt)
11.34.00	1,4	0,02	0,01
11.34.30	1,9	0,04	0,025
11.35.00	2,1	0,06	0,033
11.35.30	2,7	0,12	0,071
11.36.00	3	0,17	0,098
11.36.30	2,4	0,08	0,050
11.37.00	2,5	0,1	0,056
11.37.30	4,8	0,68	0,4
11.38.00	3,1	0,18	0,108
11.38.30	1,1	0,01	0,005
11.39.00	2,2	0,07	0,038
11.39.30	2,5	0,10	0,056
11.40.00	3,7	0,31	0,183
11.40.30	2,2	0,07	0,038
11.41.00	3,1	0,18	0,108
11.41.30	3,7	0,31	0,183
11.42.00	2,3	0,07	0,044
11.42.30	1,8	0,04	0,021
11.43.00	2,5	0,10	0,056
11.43.30	3,9	0,36	0,214
11.44.00	8,2	3,38	1,993
11.44.30	7,1	2,19	1,293
11.45.00	4,8	0,68	0,4

BAB V

PENUTUP

A. Simpulan

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan maka dapat ditarik simpulannya, yaitu:

1. Telah terealisasi alat yaitu “Model Pembangkit Listrik Cerobong Surya (PLCS) dengan Kolektor Melingkar”. Terdapat empat komponen utama yaitu kolektor surya, cerobong surya, turbin dan generator. Variasi cerobong yang digunakan yaitu cerobong dengan ukuran 150 cm dan 200 cm dengan garis tengah cerobong 11,4 cm. Garis tengah kolektor adalah 200 cm dengan tinggi letak plastik di atas tanah di tengah adalah 40 cm dan tepi hanya 20 cm. Luas kolektor $3,14 \text{ m}^2$ dengan Volume kolektor adalah $0,8381 \text{ m}^3$. Luas penampang cerobong adalah $0,01 \text{ m}^2$. Volume cerobong 150 cm adalah $0,015 \text{ m}^3$ dan volume cerobong 200 cm adalah $0,02 \text{ m}^3$. Tempat turbin terletak di sebelah bawah cerobong dan daya generator adalah 5 watt.
2. Pengukuran kecepatan angin menggunakan cerobong surya 150 cm diperoleh titik puncak kecepatan angin $3,4 \text{ m/s}$ dan titik terendah kecepatan anginnya adalah $0,7 \text{ m/s}$. Performansi model PLCS menghasilkan daya pada cerobong surya 150 cm dengan daya puncak $0,241 \text{ watt}$ dengan daya terendah $0,002 \text{ watt}$.
3. Pada pengukuran kecepatan angin menggunakan cerobong surya 200 cm diperoleh kecepatan angin puncak $12,5 \text{ m/s}$ dengan kecepatan angin terendahnya $1,1 \text{ m/s}$. Sedangkan hasil performansi daya pada cerobong surya 200 cm diperoleh daya puncak $11,96 \text{ watt}$ dengan daya terendah $0,04 \text{ watt}$

B. Saran

Berdasarkan simpulan dari hasil penelitian maka dapat disampaikan saran yang perlu dipertimbangkan untuk kelanjutan dari penelitian ini, yaitu:

1. Menggunakan kolektor yang lebih mudah menyerap panas (plastik) sehingga kolektor dapat menyimpan panas secara maksimal.
2. Dalam penelitian tersebut, masih banyak yang dapat dikembangkan untuk mengoptimalkan penggunaan kolektor melingkar dengan variasi panjang cerobong surya.



DAFTAR PUSTAKA

- Bansod, P. J. dkk. 2014. “*Solar Chimney Power Plant-A Review*”. Open Access International Journal Of Modern Engineering Research (IJMER).
- Bernardes, Marco A.d.S. 2010. ”*Solar Chimney Power Plants Developments and Advancements*”. Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais – CEFET-MG Brazil.
- Blackwood, Marisa. 2016. “*Maximum Efficiency of a Wind Turbine*” Undergraduate Journal of Mathematical Modeling : One + Two : Vol. 6: Issue 2, Article 2.
- Budiman, Aris. dkk. 2012. “*Desain Generator Magnet Permanen Untuk Sepeda Listrik*”. Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Dhahri, Amel. & Ahmed Omri. 2013. “*A Review of solar Chimney Power Generation Technology*”. International Journal of Engineering and Advanced Technology (IJEAT), Halaman 2249 – 8958, Volume 2, Issue 3.
- El-Ghonemy, A.M. 2016. “*Solar Chimney Power Plant with Collector*”. IOSR Journal of Electronics and Communication Engineering (IOSR-JECE), Volume 11, Issue 2.
- Kadir, Abdul. 2010. *Energi: Sumber Daya, Inovasi, Tenaga Listrik dan Potensi Ekonomi Edisi Ketiga*. Penerbit Universitas Indonesia, Jakarta.
- Koonsrisuk, Atit & Chitsomboon, Tawit. 2012. “*Mathematical modeling of solar chimney power plants*”. Elsiviel.
- Oboetswe Motsamai dkk. 2013. “*Experimental Investigation of Solar Chimney Power Plant*”. Journal of Energy and Power Engineering 7. 1980-1984.
- Rohman, Mariusz. 2010. “*Solar Chimney Power Plant*”. University of Applied Sciences of Bochum, Mechatronic Technical English.

LAMPIRAN 1

HASIL PENGUKURAN SELAMA 1 JAM

L.1-1 Hasil Pengukuran Cerobong 150 cm selama 1 Jam

Waktu (Jam)	Temperature (°C)		Kecepatan Angin (m/s)	Tegangan (v)
	Sekitar (T _a)	Kolektor (T _c)		
12.30	32,9	35,9	1,5	0,127
12.31	33,9	37,1	1,6	0,138
12.32	34,7	38,7	2	0,289
12.33	34,6	39,2	2,4	0,303
12.34	34,8	38,4	1,9	0,254
12.35	34,6	38,1	1,9	0,233
12.36	34,8	36,8	1,6	0,144
12.37	34,2	36,3	1,5	0,129
12.38	33,1	37,5	1,	0,103
12.39	34,1	39,4	1,9	0,262
12.40	34,7	38,9	2,1	0,298
12.41	35,2	39,9	2,5	0,316
12.42	35,5	40,3	2,6	0,345
12.43	34,2	38,5	2,1	0,159
12.44	33,1	39,8	1,8	0,123
12.45	34,5	39,4	1,9	0,149
12.46	34,4	38,5	2	0,156
12.47	35,7	38,4	2,3	0,237
12.48	35,1	37,9	2	0,148
12.49	34,9	37,3	1,9	0,135
12.50	35,2	38,5	2,4	0,245
12.51	35,5	39,4	2,7	0,339
12.52	35,0	38,3	2,3	0,227
12.53	35,3	38,6	2,5	0,288

Waktu (Jam)	Temperature (°C)		Kecepatan Angin (m/s)	Tegangan (v)
	Sekitar (T _a)	Kolektor (T _c)		
12.54	34,9	38	2,2	0,195
12.55	34,5	37,1	2	0,171
12.56	32,6	35,8	1,7	0,146
12.57	33,7	36,5	1,9	0,164
12.58	33,5	35,4	1,8	0,148
12.59	33,2	36,5	1,9	0,172
13.00	34,5	36,8	1,9	0,171
13.01	34,3	36,9	1,9	0,181
13.02	33,9	37,9	2,1	0,227
13.03	34,7	38,6	2,6	0,389
13.04	35,2	38,2	2,3	0,288
13.05	34,4	37,5	2	0,218
13.06	34,3	37,2	2	0,217
13.07	34,1	36,8	1,9	0,183
13.08	34,8	37,7	2,2	0,259
13.09	35,3	38,5	2,5	0,394
13.10	35,1	38	2,2	0,265
13.11	34,9	38,1	2,1	0,224
13.12	34,6	38,3	2	0,206
13.13	33,8	38,9	2,5	0,384
13.14	33,5	38,1	2	0,227
13.15	33,1	37,9	2	0,217
13.16	32,6	37,5	1,9	0,192
13.17	33,4	38	2,1	0,246
13.18	33,5	38,3	2	0,235
13.19	34,3	38,9	2,3	0,317
13.20	34,9	39,1	2,5	0,384
13.21	35	39,4	2,8	0,563
13.22	35,3	40,1	3	0,675
13.23	35,1	40	3	0,624

Waktu (Jam)	Temperature (°C)		Kecepatan Angin (m/s)	Tegangan (v)
	Sekitar (T _a)	Kolektor (T _c)		
13.24	34,6	39	2,5	0,344
13.25	33,9	38,9	2,2	0,259
13.26	33,5	38,4	2	0,234
13.27	34,7	39,3	2,8	0,489
13.28	33,1	38,5	2,1	0,242
13.29	32,8	37,7	1,9	0,218

L.1-2 Hasil Pengukuran Cerobong 200 cm selama 1 Jam

Waktu (Jam)	Temperature (°C)		Kecepatan Angin (m/s)	Tegangan (v)
	Sekitar (T _a)	Kolektor (T _c)		
14.00	33,2	34,8	1,6	0,189
14.01	33,5	34,9	1,6	0,153
14.02	32,7	35,2	1,9	0,287
14.03	34	36,3	1,9	0,201
14.04	35,4	36,7	2	0,227
14.05	34,3	37,1	2,1	0,236
14.06	35,6	37,4	2	0,310
14.07	34,5	37,7	2,3	0,298
14.08	35,1	37,9	2,3	0,316
14.09	34,9	38,5	2,5	0,339
14.10	34,5	37,9	2	0,297
14.11	34,8	37,6	2,1	0,327
14.12	35	38,2	2,4	0,371
14.13	33,4	38,5	2,5	0,399
14.14	35,1	39,4	2,8	0,567
14.15	35,5	38,7	2,2	0,181

Waktu (Jam)	Temperature (°C)		Kecepatan Angin (m/s)	Tegangan (v)
	Sekitar (T _a)	Kolektor (T _c)		
14.16	34,8	38,2	2	0,169
14.17	35,7	38,6	2,2	0,217
14.18	36	39,2	2,7	0,394
14.19	35,6	37,9	2,2	0,225
14.20	35,9	37,4	2,6	0,374
14.21	35,1	38,1	2,5	0,359
14.22	34,9	37,9	2	0,196
14.23	34,5	37,8	2	0,183
14.24	35,3	38,3	2,5	0,384
14.25	35,2	38,1	2,4	0,224
14.26	33,1	38,7	2,7	0,367
14.27	32,6	38,5	1,9	0,181
14.28	34,3	37,3	2,1	0,219
14.29	33,8	37,9	2,2	0,225
14.30	34,2	38,3	2,3	0,259
14.31	34,9	38,5	2,4	0,365
14.32	35,2	38,9	2,6	0,374
14.33	35,9	39,3	2,7	0,394
14.34	34,9	38,6	2,4	0,235
14.35	34,3	37,5	2,1	0,216
14.36	34,1	37,2	2	0,197
14.37	34,7	37,5	2,1	0,204
14.38	34,4	37,1	1,9	0,181
14.39	35,2	38,9	2,5	0,351
14.40	35,8	39,2	2,7	0,395
14.41	35,5	39,5	2,6	0,387
14.42	34,6	38,9	2,3	0,314
14.43	34,5	38,3	2,3	0,325
14.44	34,7	37,9	2,1	0,298

FOTO REALISASI MODEL PLCS

Waktu (Jam)	Temperature (°C)		Kecepatan Angin (m/s)	Tegangan (v)
	Sekitar (T _a)	Kolektor (T _c)		
14.45	35,2	38,2	2,4	0,329
14.46	34,9	37,5	2,1	0,287
14.47	35,1	38	2,3	0,313
14.48	34,5	37,7	2	0,188
14.49	34,2	37,8	2	0,195
14.50	34,7	38	2,2	0,339
14.51	34,9	37,9	2,1	0,327
14.52	35,6	38,8	2,5	0,375
14.53	35,7	38,9	2,5	0,384
14.54	34,9	38,4	2,3	0,328
14.55	34,5	38,1	2,2	0,306
14.56	34,2	37,6	1,9	0,189
14.57	33,8	37,3	1,7	0,156
14.58	34,5	38,3	2,2	0,317
14.59	34,8	38	1,7	0,187

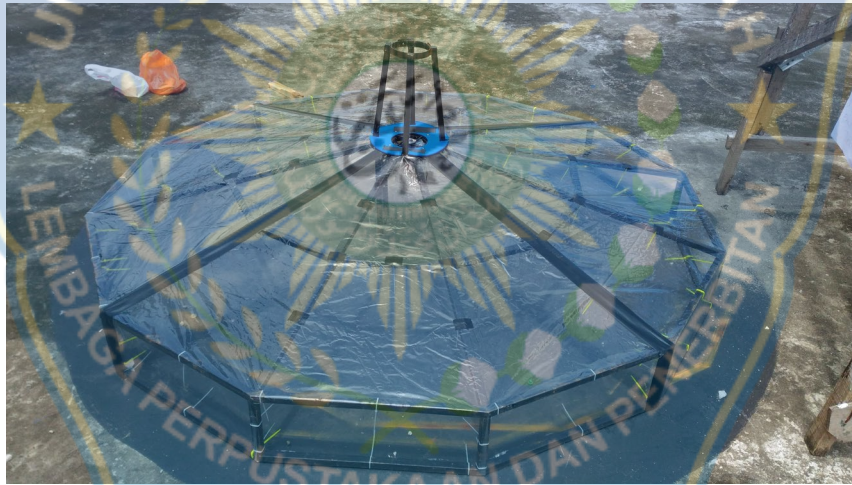
L.2-1 Realisasi Model PLCS



Gambar L.2-1 Foto Realisasi Rangka Model PLCS



Gambar L.2-2 Foto Realisasi Rangka Model PLCS tampak samping



Gambar L.2-3 Foto Realisasi Rangka Model PLCS tampak atas



**Gambar L.2-4 Foto Realisasi Rangka Model PLCS
dengan kolektor melingkar**

L.2-2 Generator Turbin



Gambar L.2-5 Generator Turbin

LAMPIRAN 3

FOTO ALAT UKUR

L.3-1 Anemometer yang dilengkapi Termometer



Gambar L.3-1 Anemometer

L.3-2 Multimeter Digital



Gambar L.3-2 Multimeter Digital