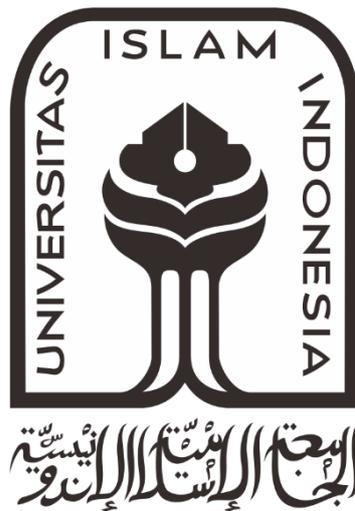


**PERANCANGAN DAN PEMBUATAN PEMBANGKIT LISTRIK
SOLAR UPDRAFT TOWER**

SKRIPSI

untuk memenuhi salah satu persyaratan
mencapai derajat Sarjana S1



Disusun oleh:

Muhammad Zaidan Makatita

11 524 053

**Jurusan Teknik Elektro
Fakultas Teknologi Industri
Universitas Islam Indonesia
Yogyakarta**

2018

LEMBAR PENGESAHAN

**PERANCANGAN DAN PEMBUATAN PEMBANGKIT LISTRIK SOLAR UPDRAFT
TOWER**



**Diajukan sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh
Gelar Sarjana Teknik
pada Program Studi Teknik Elektro
Fakultas Teknologi Industri
Universitas Islam Indonesia**

Disusun oleh:

**Muhammad Zaidan Makatita
11524053**

**الجامعة الإسلامية
الاندونيسية**

Yogyakarta, 14-07-2018

Menyetujui,

Pembimbing

R M Sisdarmanto Adinandra S.T., M.sc., Ph.D

LEMBAR PENGESAHAN

PERANCANGAN DAN PEMBUATAN PEMBANGKIT LISTRIK
SOLAR UPDRAFT TOWER

Dipersiapkan dan disusun oleh :

Nama : Muhammad Zaidan Makatita

No.Mahasiswa : 11524053

Telah Dipertahankan di Depan Sidang Penguji

Pada tanggal : 24 Juli 2018

Susunan dewan penguji,

Ketua : R M Sisduarmanto Adhinandra, S. T., M.Sc., Ph.D.

Anggota I : Setyawan Wahyu Pratomo, ST, MT.

Anggota II : Firmansyah Nur Budiman, ST,M.Sc.

Skripsi ini telah diterima sebagai salah satu persyaratan
untuk memperoleh gelar sarjana
Tanggal : 24 Juli 2018

Ketua Jurusan Teknik Elektro



[Signature]
Dr. Eng. Hendra Setiawan, S.T., M.T.

NIP. 025200526

PERNYATAAN

Dengan ini Saya menyatakan bahwa:

1. Skripsi ini tidak mengandung karya yang diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu Perguruan Tinggi, dan sepanjang pengetahuan Saya juga tidak mengandung karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.
2. Informasi dan materi Skripsi yang terkait hak milik, hak intelektual, dan paten merupakan milik bersama antara tiga pihak yaitu penulis, dosen pembimbing, dan Universitas Islam Indonesia. Dalam hal penggunaan informasi dan materi Skripsi terkait paten maka akan diskusikan lebih lanjut untuk mendapatkan persetujuan dari ketiga pihak tersebut diatas.

Yogyakarta, 15-07-2018



Muhammad Zaidan Makatita

KATA PENGANTAR



Assalamualaikum wr.wb.,

Segala puji bagi Allah SWT, Tuhan semesta alam yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah kepada hamba-Nya, sehingga tugas akhir ini dapat diselesaikan. Selawat dan salam semoga tercurah kepada Rasulullah Muhammad SAW beserta para keluarganya, sahabat dan para pengikutnya hingga akhir zaman. Tugas akhir yang berjudul “Perancangan dan Pembuatan Pembangkit Listrik *Solar Updraft tower*” ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia.

Pada kesempatan ini, ungkapan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya diucapkan kepada berbagai pihak yang telah memberikan doa, bantuan, bimbingan, dukungan, kerja sama, fasilitas dan kemudahan lainnya. Untuk itu, dengan ketulusan hati saya mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Ibu Hanipa litiloly, Ayah Arifin Makakita , Kaka Dian makatita dan Adik – Adik Rio Makatita, Ani Makatita, Zulfikar Makatita yang tak putus-putusnya mendoakan, memberi motivasi dan mendukung secara moril dan materil.
2. Bapak Dr.Eng. Hendra Setiawan, S.T., M.T., selaku Ketua Program Studi Teknik Elektro Universitas Islam Indonesia.
3. Bapak RM Sisdarmanto Adinandra S.T., M.Sc., Ph.D selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir yang telah meluangkan waktunya sampai terselesaikannya Tugas Akhir ini.
4. Jajaran Dosen Teknik Elektro Universitas Islam Indonesia yang telah mengajarkan banyak ilmu.
5. Pak Heri yang selalu menyediakan tempat, dan alat–alat di Lab. Kendali dan Lab. Komputer.
6. Teman – teman yang selalu mendukung dan memberikan masukan yang tidak bisa disebutkan satu per satu.
7. Untuk semua pihak lain yang tidak dapat kami sebutkan seluruhnya yang telah membantu dalam penyelesaian skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa dalam laporan skripsi ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu penulis mengharapkan kritik dan saran membangun dari semua pihak demi kemajuan penulis di masa mendatang. Harapan penulis laporan tugas akhir ini dapat membantu mengembangkan ilmu pengetahuan penulis pada khususnya dan pembaca pada umumnya.

Wassalamu'alaikum wr.wb.

Yogyakarta, 16 juli 2018

ABSTRAK

Pembangkit listrik solar updraft tower adalah pembangkit listrik yang memanfaatkan radiasi sinar matahari untuk dapat menghasilkan energi listrik. Pembangkit ini mempunyai empat komponen utama yaitu kolektor yang berfungsi untuk menyerap sinar matahari, tower yang berfungsi untuk menambah aliran laju udara, turbin yang berfungsi untuk mengubah energi kinetik pada angin menjadi energi gerak serta generator yang berfungsi untuk mengubah energi gerak pada turbin menjadi energi listrik. Metode perancangan pembangkit listrik ini dengan membuat prototype pembangkit listrik solar updraft tower berskala kecil dengan menggunakan bahan dan alat yang mudah didapat. Bahan utama yang digunakan untuk membuat pembangkit listrik ini aluminium, seng dan fiber plastik. Bahan aluminium digunakan untuk membuat kolektor dengan luas diameter 100cm. Sedangkan bahan seng dan fiber plastik digunakan untuk membuat tower dengan tinggi tower 200cm dan diameter tower 10cm. Turbin yang digunakan dalam perancangan pembangkit ini adalah turbin angin dengan diameter lingkaran sebesar 9 cm dan mempunyai 7 sudu. Generator yang digunakan generator AC 2 kutub dengan kapasitas maksimal tegangan yang dapat dihasilkan sebesar 2,27 volt. Prototype pembangkit listrik ini dapat menghasilkan tegangan listrik sebesar 2,27 volt. dan dapat menghidupkan satu lampu LED. Apabila selisih perbedaan suhu lingkungan dan suhu didalam kolektor semakin besar maka daya yang dihasilkan pembangkit listrik solar updraft tower akan semakin besar.

Kata kunci : *Solar updraft tower, perancangan*

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN.....	i
LEMBAR PENGESAHAN.....	ii
PERNYATAAN.....	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
ABSTRAK	vi
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL.....	x
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan Penelitian.....	2
1.5 Manfaat Penelitian.....	2
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	3
2.1 Studi Literatur	3
2.2 Sistem Energi Termal Matahari	4
2.3 <i>Solar Updraft Tower</i>	4
2.4 Kolektor.....	5
2.5 Tower	5
2.6 Turbin Angin.....	6
2.7 Generator.....	7
BAB 3 PERANCANGAN SISTEM	8
3.1 Perancangan Pembangkit Listrik <i>Solar Updraft Tower</i>	8
3.2 Perancangan Kolektor	9

3.3 Perancangan Tower	9
3.4 Perancangan Turbin Angin Horizontal	9
3.5 Perancangan Generator AC	10
3.6 Indikator Pengujian	11
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN.....	12
4.1 Hasil Pengukuran <i>Output Solar Updraft Tower</i>	13
4.2 Hasil Perhitungan <i>Output Solar Updraft Tower</i>	14
4.3 Kecepatan Putaran Turbin.....	15
4.4 Analisa Nilai Frekuensi.....	16
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN.....	18
5.1 Kesimpulan.....	18
5.2 Saran.....	18
DAFTAR PUSTAKA	19
LAMPIRAN	20

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Model Pembangkit Listrik <i>Solar Updraft Tower</i>	5
Gambar 2.2 Empat Komponen Utama <i>Solar Updraft Tower</i>	6
Gambar 2.3 Turbin Kaplan.....	7
Gambar 2.4 Generator AC	7
Gambar 3.1 Diagram Blok Sistem	8
Gambar 3.2 Perancangan Pembangkit Listrik <i>Solar Updraft Tower</i>	9
Gambar 3.3 Generator Pembangkit Listrik <i>Solar Updraft Tower</i>	10
Gambar 3.4 Ilustrasi Indikator Pengujian	11
Gambar 4.1 Hasil Perancangan Pembangkit Listrik <i>Solar Updraft Tower</i>	12

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Hasil Pengukuran <i>Solar Updraft Tower</i>	13
Tabel 4.2 Hasil Perhitungan Daya <i>Solar Updraft Tower</i>	14
Tabel 4.3 Hasil Pengukuran Kecepatan Turbin	16
Tabel 4.4 Frekuensi Generator AC	17

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Permintaan kebutuhan energi listrik di dunia khususnya di Indonesia terus-menerus semakin bertambah. Hal ini disebabkan oleh tingginya jumlah populasi penduduk dan juga keterbatasan bahan bakar fosil yang terus-menerus semakin menipis. Maka untuk mengatasi kekurangan energi, digunakan energi listrik terbarukan dengan memanfaatkan sumber energi yang tidak habisnya seperti sumber energi matahari. Radiasi panas matahari dapat di manfaatkan menjadi sumber energi yang tidak habisnya dan juga baik terhadap lingkungan.

Radiasi sinar matahari dapat dimanfaatkan sebagai pembangkit listrik didorong oleh beberapa hal, antara lain yaitu: semakin tingginya permintaan energi listrik, menipisnya cadangan bahan bakar fosil di dunia, tingginya polusi yang diakibatkan oleh pembangkit konvensional. Dengan adanya alternatif konversi sistem termal matahari, panas matahari digunakan untuk menaikkan suhu yang ada didalam ruangan, dan mengakibatkan adanya tekanan udara, udara yang dihasilkan digunakan untuk menggerakkan turbin.

Teknologi sistem termal matahari dibedakan menjadi dua macam yaitu, *mirror system* dan *moving air system*. Teknologi *mirror system* memanfaatkan cermin untuk memantulkan sinar radiasi matahari pada sebuah *receiver*. Sedangkan teknologi *moving air system* dengan memanfaatkan sinar radiasi matahari yang ditangkap oleh kolektor untuk memanaskan udara yang ada didalam kolektor dan mengakibatkan adanya perbedaan berat jenis udara pada suhu tertentu. Perbedaan berat jenis udara mengakibatkan adanya aliran udara. Aliran udara dimanfaatkan untuk menggerakkan turbin angin yang sudah tersambung langsung dengan generator dan dapat menghasilkan energi listrik.

Atas permasalahan tersebut maka muncul ide untuk penyusunan skripsi dengan judul “PERANCANGAN DAN PEMBUATAN PEMBANGKIT LISTRIK *SOLAR UPDRAFT TOWER*”, dengan memanfaatkan radiasi sinar matahari yang berlebih dan mengembangkan teknologi sistem pembangkit listrik tenaga radiasi sinar matahari.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah bagaimana merancang dan membuat pembangkit listrik *solar updraft tower* dengan menggunakan sumber energi panas dengan kapasitas tegangan listrik yang dapat dihasilkan 2,27 V.

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini adalah tegangan maksimal yang dapat dihasilkan oleh generator AC sebesar 2,27 V.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini yaitu untuk dapat merancang dan membuat pembangkit listrik *solar updraft tower* dengan memanfaatkan matahari sebagai sumber energi, dan energi listrik yang dapat dihasilkan dalam penelitian ini mampu untuk menghidupkan lampu LED.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dari tugas akhir ini adalah pembangkit ini dapat dijadikan acuan untuk membuat pembangkit listrik *solar updraft tower* dengan skala yang lebih besar.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Studi Literatur

Penelitian terkait pembangkit listrik *solar updraft tower* telah banyak dilakukan, diantaranya adalah penelitian oleh Salman [1]. Penelitian tersebut merancang pembangkit listrik *solar updraft tower* menggunakan *thermal storage* dengan kapasitas pembangkit listrik berskala besar yang mempunyai bentuk pembangkit seperti cerobong asap. Konsep perancangan pembangkit listrik pada penelitian ini adalah mengkonversikan energi surya matahari menjadi energi listrik. Pada prinsipnya udara panas yang berada pada permukaan tabung akan terperangkap dan mengakibatkan adanya tekanan udara yang disebabkan oleh radiasi matahari sehingga mengakibatkan adanya tekan udara yang menuju ke atas tower untuk memutar turbin. Untuk mendapatkan kebutuhan tenaga matahari yang cukup, penyuplai energi solar dilengkapi dengan *thermal storage*. *Thermal storage* berbentuk seperti penampungan air yang berfungsi untuk menampung sinar matahari agar bisa berkerja di malam hari. Penelitian ini memfokuskan pada parameter ketinggian tower, diameter tower dan elemen optik pada kolektor. Ketiga parameter tersebut merupakan unsur penting dalam mendesain *solar updraft tower*. Penelitian ini membuktikan bahwa efisiensi pertukaran suhu akan meningkat seiring dengan ketinggian tower.

Penelitian lainnya dilakukan oleh Wicaksono [2]. Pembahasan dengan metode, *prototype solar updraft tower* tanpa turbin dengan variasi kolektor. Dengan variasi ini dapat dianalisa bahwa pengaruh dari luas kolektor terhadap daya udara yang dihasilkan. Setelah mengetahui pengaruh luas kolektor diharapkan dapat dijadikan referensi dalam perancangan luas kolektor sebelum pembuatan *solar updraft tower*. Pengujian proyek ini dilakukan secara *realtime* dengan pemanfaatan energi matahari secara langsung dan analisa dibatasi hanya pada pemanasan yang terjadi di kolektor.

Penelitian lainnya dilakukan oleh Schlaich dkk [3]. Penelitian ini membahas tentang teori pengalaman praktis dan sisi ekonomis dari pembangkit *solar updraft tower*. Menjelaskan teori dari *solar updraft tower* dengan hasil desain yang dibuat pada skala kecil atau *prototype* yang di presentasikan di negara Spanyol. Data hasil dari *prototype* mencantumkan masalah teknis dan ekonomis, dengan hasil *prototype* tersebut dapat merancang pembangkit listrik *solar updraft tower* dengan skala yang lebih besar di negara Australia. *solar updraft tower* bekerja pada prinsip yang sederhana, dimana menggunakan teori-teori fisika sederhana. Salah satu teori yang digunakan adalah termodinamika yang efisiensinya meningkat dengan ketinggian menara.

Dari penelitian yang sudah ada, penelitian ini dilakukan perancangan dan pembuatan *solar updraft tower* yang dapat digunakan pada saat siang hari dengan menggunakan panas tambahan dari bahan bakar arang. *Solar updraft tower* pada penelitian ini tidak hanya berfokus pada perancangan namun pada pembuatan *prototype* dengan menggunakan generator untuk menghasilkan nilai tegangan maksimal sebesar 2.27 volt.

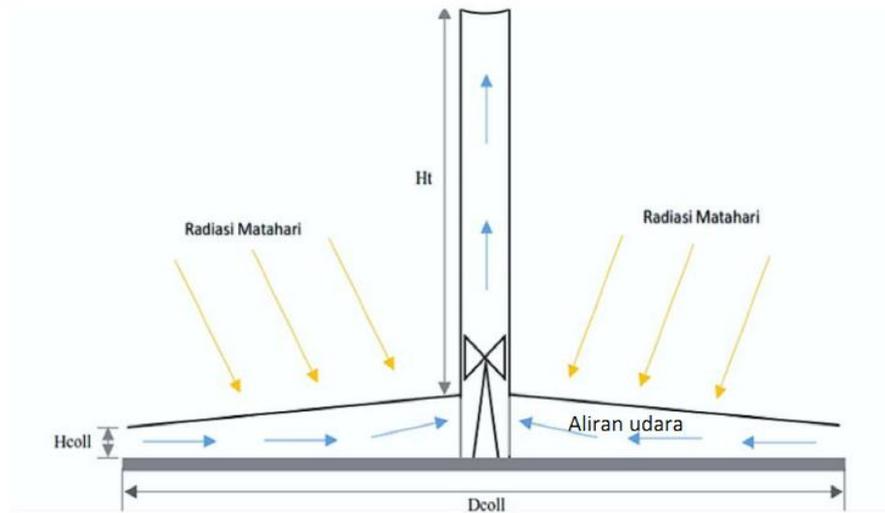
2.2 Sistem Energi Termal Matahari

Matahari merupakan sumber energi utama yang mampu memancarkan sinar radiasi yang sangat besar ke permukaan bumi. Pada saat siang hari, energi matahari mencapai permukaan bumi dengan nilai puncak sebesar (1 kW) per meter persegi per jam. Jika semua energi ini ditampung maka dapat menyediakan semua kebutuhan tenaga listrik setiap negara yang ada di bumi.

Sistem energi termal matahari adalah energi cahaya dari matahari yang dikonversikan menjadi energi panas. Energi panas yang dihasilkan dapat dimanfaatkan untuk memanaskan udara, air dan medium lainnya. Cara agar dapat memanfaatkan cahaya yang dihasilkan oleh matahari menjadi energi panas yaitu dengan menggunakan alat penampung panas yang sering disebut dengan “kolektor”. Kolektor merupakan bagian utama dalam sistem energi termal matahari yang berfungsi untuk menyerap dan menampung sinar matahari yang kemudian dikonversi menjadi energi panas [4].

2.3 Solar Updraft Tower

Solar updraft tower adalah pembangkit listrik yang memanfaatkan energi surya matahari. Sistem pada pembangkit listrik *solar updraft tower* yaitu panas yang dihasilkan energi matahari diserap oleh kolektor. Kemudian mengubah udara didalam kolektor menjadi panas dan menyebabkan adanya perbedaan suhu udara didalam kolektor sehingga dapat menghasilkan tekanan udara. Tekanan udara yang dihasilkan akan naik ke tower. Tekanan udara ini dapat menggerakkan turbin yang ada di dalam tower. Gambar 2.2 adalah bentuk dan sistem kerja pembangkit listrik *solar updraft tower* [5].



Gambar 2.1 Model Pembangkit Listrik *Solar Updraft Tower* [5]

2.4 Kolektor

Kolektor berfungsi untuk menangkap radiasi sinar matahari untuk menghasilkan udara panas pada pembangkit listrik *solar updraft tower*. Kolektor adalah lembaran horizontal yang diletakan di atas permukaan tanah. Kolektor dapat menangkap radiasi sinar matahari, kemudian memanaskan tanah yang berada dibawahnya. Tanah yang berada dibawah kolektor akan memantulkan kembali panas ke udara yang ada di dalam kolektor. Udara panas yang ada didalam ruang kolektor akan mengalir keluar melalui tower. Semakin besar luas area kolektor maka semakin besar juga udara panas yang dapat dihasilkan [1]. Untuk mencari energi masukan yang diserap kolektor dapat digunakan Persamaan 2.1 [3].

$$Q_{solar} = G_h \times A_{coll} \quad (2.1)$$

dimana :

Q_{solar}	: Energi masukan matahari	(kW)
G_h	: Intensitas matahari	(w/m ²)
A_{coll}	: Area kolektor	(m ²)

2.5 Tower

Tower pada pembangkit listrik *solar updraft tower* berfungsi untuk mempercepat aliran udara dari kolektor menuju turbin sehingga dapat menggerakkan generator yang terpasang. Semakin tinggi tower maka semakin cepat juga aliran udara yang dapat dihasilkan. Dibutuhkan nilai laju aliran udara panas dan perbedaan suhu pada tower untuk mendapatkan energi listrik yang dihasilkan oleh *solar updraft tower*. Persamaan 2.2 digunakan untuk mencari nilai laju

aliran udara panas dan perbedaan suhu pada tower [1]. Gambar 2.2 menunjukkan empat komponen utama pembangkit listrik *solar updraft tower* [5].

$$U_t = \sqrt{\frac{2gH_t(T_{a,o} - T_\infty)}{T_\infty}} \quad (2.2)$$

dimana :

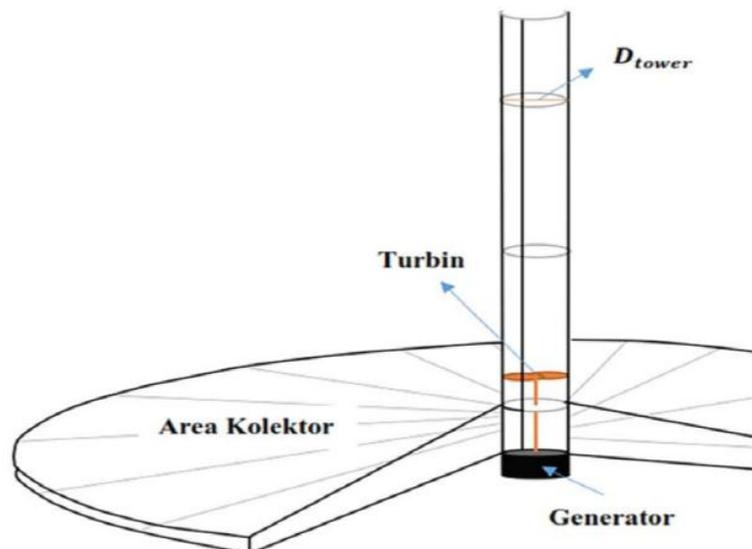
H_t : Tinggi tower (m)

U_t : Aliran udara panas di dalam tower (m/s)

$T_{a,o}$: Suhu didalam kolektor (°C)

T_∞ : Suhu lingkungan (°C)

g : Gravitasi 9.81 (m/s²)



Gambar 2.2 Empat Komponen Utama *Solar Updraft Tower*

2.6 Turbin Angin

Turbin merupakan salah satu alat yang digunakan untuk mengubah energi kinetik dari angin menjadi energi gerak. Sehingga energi mekanik tersebut akan memutar poros turbin yang sudah tersambung pada generator. Pemasangan turbin pada pembangkit *solar updraft tower* di lakukan dengan cara turbin dipasang secara horizontal. Gambar 2.3 adalah bentuk turbin Angin.



Gambar 2.3 Turbin Angin

2.7 Generator

Generator merupakan alat yang digunakan untuk mengubah energi mekanik pada putaran rotor menjadi energi listrik. Generator dipasang pada bagian bawah atau bagian atas tower yang tersambung langsung dengan turbin. Generator yang digunakan dalam pembangkit listrik *solar updraft tower* bisa menggunakan 2 jenis generator yaitu generator AC dan DC. Pada penelitian ini menggunakan generator AC. Gambar 2.4 adalah generator AC yang digunakan.



Gambar 2.4 Generator AC

Untuk mengetahui nilai daya yang dihasilkan oleh generator dapat dihitung menggunakan Persamaan 2.3 [1].

$$P_{generator} = \frac{1}{3} \cdot P_{a,o} \cdot A_t \cdot U_t^3 \quad (2.3)$$

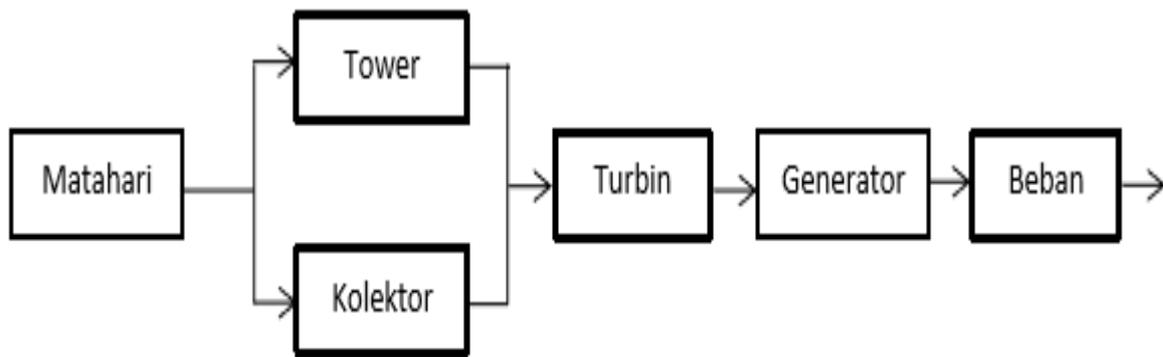
dimana :

- $P_{a,o}$: Kerapatan udara luar kolektor (kg/m^2)
- A_t : Area menara (m^2)
- U_t : Aliran udara panas di dalam tower (m/s)

BAB 3

PERANCANGAN SISTEM

Pada tahap ini, perancangan pembangkit listrik *solar updraft tower* dilakukan agar mempermudah dalam penyelesaian penelitian ini. Gambar 3.1 merupakan skema perancangan pembangkit listrik *solar updraft tower*.

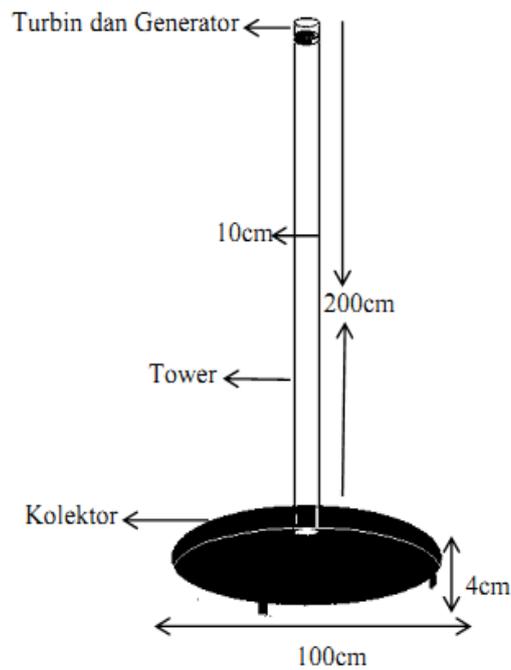


Gambar 3.1 Diagram Blok Sistem

Energi sinar matahari merupakan sumber utama dalam pembangkit ini. Dimana sinar matahari yang terpancar akan diserap oleh kolektor. Kolektor berfungsi untuk menangkap radiasi panas matahari dan memanaskan udara dipermukaan kolektor. Karena adanya perubahan suhu di ruang kolektor yang disebabkan oleh radiasi panas yang terserap oleh kolektor, akan mengakibatkan udara dalam ruang kolektor semakin ringan dan terjadilah tekanan udara. Tekanan udara ini kemudian akan bergerak menuju tower. Tower berfungsi untuk memperbesar tekanan udara. Tekanan udara yang semakin besar berfungsi untuk memutar turbin yang terdapat di dalam tower. Turbin berfungsi untuk mengubah energi kinetik udara menjadi energi gerak atau energi mekanik. Kemudian energi mekanik yang dihasilkan dari putaran turbin yang kemudian disalurkan menuju generator. Energi mekanik tersebut kemudian diubah menjadi energi listrik melalui generator. Selanjutnya energi listrik tersebut akan dihubungkan ke beban.

3.1 Perancangan Pembangkit Listrik *Solar Updraft Tower*

Perancangan pembangkit listrik *solar updraft tower* berskala kecil ini memiliki bentuk seperti cerobong asap menggunakan bahan utama yang terbuat dari seng dan aluminium. Bahan seng dan aluminium digunakan karena bahannya bagus untuk menyerap radiasi sinar matahari. Bentuk perancangan pembangkit listrik *solar updraft tower* dapat dilihat pada Gambar 3.2.



Gambar 3.2 Perancangan Pembangkit Listrik *Solar Updraft Tower*

3.2 Perancangan Kolektor

Kolektor adalah salah satu komponen utama dalam pembuatan pembangkit listrik ini kolektor merupakan media penyerap panas. Kolektor dibuat dengan bentuk bulat dan mempunyai lubang yang berada pada bagian tengah kolektor. Lubang ini digunakan untuk menyambungkan kolektor dengan tower. Luas kolektor berdiameter 1 meter dan memiliki diameter pada lubangnya sebesar 10 cm, menyesuaikan dengan diameter pada tower. Kolektor mempunyai 3 kaki dan tinggi pada tiap kaki 4 cm. Bahan yang digunakan untuk membuat kolektor yaitu aluminium karena bagus untuk menyerap panas.

3.3 Perancangan Tower

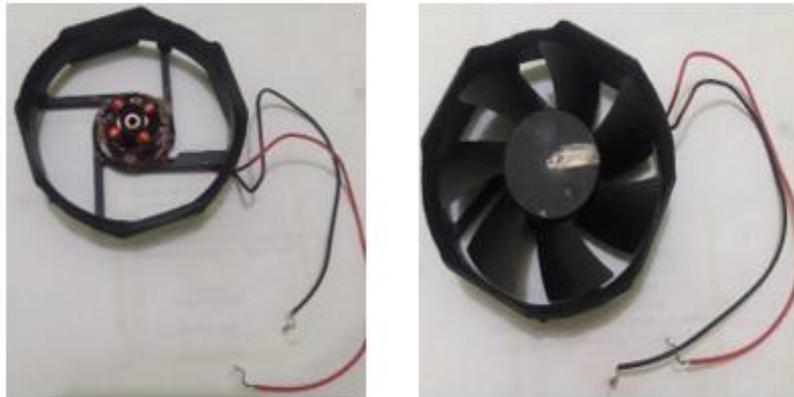
Tower adalah alat yang berfungsi untuk mempercepat laju aliran tekanan udara yang dihasilkan oleh kolektor. Diameter pada tower 10 cm dan tinggi pada tower 2 meter. Bahan yang digunakan dalam pembuatan tower dari bahan seng dan fiber plastik.

3.4 Perancang Turbin Angin Horizontal

Turbin berfungsi untuk mengubah energi kinetik udara menjadi energi gerak atau energi mekanik. Kemudian energi mekanik yang dihasilkan dari putaran turbin disalurkan menuju generator. Turbin yang digunakan dalam pembangkit ini yaitu kipas dari CPU komputer. Turbin ini mempunyai 7 sudu dan memiliki diameter 9 cm.

3.5 Perancangan Generator AC

Generator berfungsi untuk mengubah energi mekanik dari turbin menjadi energi listrik. Generator yang digunakan yaitu motor AC dengan daya 12 Volt dan 2 kutup dari kipas CPU komputer. Motor AC ini diubah menjadi generator dengan cara mengubah *inputnya* dan diperoleh tegangan 2.27 volt. Gambar 3.3 adalah generator yang digunakan pada perancangan turbin listrik ini. Frekuensi nilai generator AC dapat dihitung menggunakan Persamaan 3.1 [5].



Gambar 3.3 Generator Pembangkit Listrik Solar Updraft Tower

$$f = \frac{n \cdot p}{120} \quad (3.1)$$

dimana :

n : Putaran turbin (rpm)

p : Pole

f : Frekuensi (Hz)

Untuk mengetahui nilai daya yang dihasilkan dari generator dapat menggunakan persamaan 3.2

$$P = V \cdot I \quad (3.2)$$

dimana

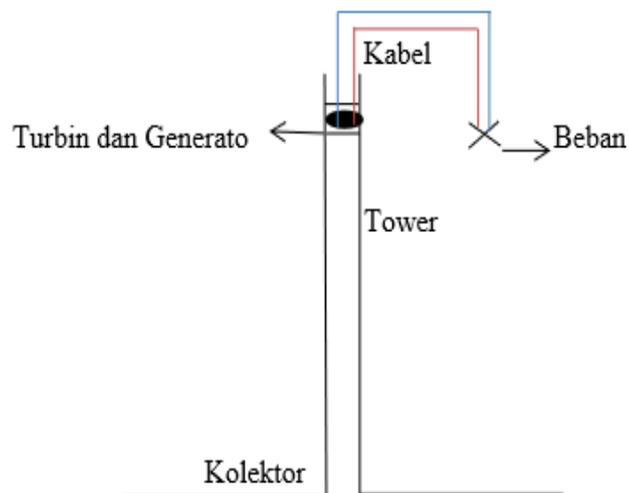
P = Daya (watt)

V = Tegangan (volt)

I = Arus (ampere)

3.6 Indikator Pengujian

Pengujian dilakukan dengan mengamati kinerja dari pembangkit listrik *solar updraft tower* dengan cara dipanaskan selama beberapa menit dan ditunggu sampai adanya perubahan suhu didalam kolektor dan tower. Pengujian dinyatakan berhasil jika tekanan udara yang dihasilkan mampu untuk menggerakkan turbin yang sudah tersambung dengan generator serta mampu untuk menhidupkan lampu LED. Gambar 3.4 menunjukkan ilustrasi indikator pengujian.



Gambar 3.4 Ilustrasi Indikator Pengujian

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

Gambar 4.1 adalah hasil pembuatan *solar updraft tower* yang sesuai dengan spesifikasi yang ada pada bab III.



Gambar 4.1 Hasil Perancangan Pembangkit Listrik *Solar Updraft Tower*

Kolektor dengan warna yang hitam terlihat pada gambar 4.1 berfungsi untuk menangkap radiasi sinar matahari yang dimana mampu untuk sinar radiasi matahari sebesar $124,88 \text{ (w/m}^2\text{)}$. Hasil tersebut diperoleh dari perhitungan menggunakan Persamaan 2.1. Perancangan tower pada pembangkit listrik *solar updraft tower* memiliki ketinggian 2 meter dari permukaan kolektor. Bahan seng dan fiber plastik digunakan untuk pembuatan tower. Pada ujung tower, terpasang turbin yang berfungsi untuk memutar generator AC. Berikut perhitungan energi masukan yang diserap kolektor dengan menggunakan persamaan 2.1.

$$Q_{solar} = 174,66 \times 0,707 = 124,88 \text{ (kW)}$$

Percobaan pertama menggunakan radiasi sinar matahari pada suhu lingkungan 32°C diperoleh data pada suhu permukaan kolektor sebesar 52°C . Sedangkan nilai didalam kolektor sebesar 45°C , kecepatan turbin 0 rpm, tegangan 0 Volt dan arus 0 Amp sehingga daya yang dihasilkan pembangkit listrik *solar updraft tower* sebesar 0 Watt. Mungkin ini disebabkan karena bahan alumunium yang digunakan untuk membuat kolektor tidak cukup baik, karena bahan alumunium membutuhkan energi panas yang konstan. Untuk memperoleh data yang diperlukan

pada penelitian ini dibutuhkan energi panas tambahan, hal ini dilakukan agar diperoleh daya yang dapat dihasilkan oleh pembangkit listrik *solar updraft tower*. Dalam penelitian ini, arang digunakan sebagai media panas tambahan. Untuk mendapatkan energi panas yang dihasilkan oleh arang dibutuhkan proses pembakaran, sehingga diperoleh suhu yang dapat memutar turbin pembangkit listrik *solar updraft tower*.

4.1 Hasil Pengukuran Output Solar Updraft Tower

Telah dilakukan pengukuran pada *solar updraft tower* untuk mencari nilai tegangan, arus dan daya yang dipengaruhi oleh suhu. Diperoleh hasil pengukuran dilapangan dengan nilai suhu, tegangan, arus dan daya yang ditunjukkan pada Tabel 4.1 ketika suhu lingkungan sebesar 27°C, 32°C dan 28°C.

Tabel 4.1 Hasil Pengukuran Solar Updraft Tower

Suhu Lingkungan T_{∞} (°C)	Pengujian	Suhu Dalam Kolektor $T_{a,0}$ (°C)	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (W)
27	1	90	1,25	0,17	0,21
	2	95	1,5	0,17	0,25
	3	100	1,76	0,17	0,29
	4	105	2,05	0,17	0,34
	5	110	2,26	0,17	0,38
	Rata-rata	100	1,76	0,17	0,29
32	1	95	1,5	0,17	0,25
	2	100	1,76	0,17	0,29
	3	105	2,1	0,17	0,35
	4	110	2,26	0,17	0,38
	5	110	2,27	0,17	0,39
	Rata-rata	104	1,97	0,17	0,33
28	1	90	1,1	0,17	0,18
	2	95	1,5	0,17	0,25
	3	100	1,9	0,17	0,32
	4	105	2	0,17	0,34
	5	110	2,2	0,17	0,37
	Rata-rata	100	1,74	0,17	0,29

Dari Tabel 4.1 menunjukkan bahwa keluaran yang dihasilkan *solar updraft tower* dipengaruhi oleh suhu yang terdapat didalam kolektor $T_{a,0}$ (°C) dan T_{∞} (°C). Nilai $T_{a,0}$ (°C) diperoleh dari

hasil pengukuran menggunakan alat ukur *thermometer* dengan kapasitas nilai pengukuran maksimal 110°C sedangkan nilai T_{∞} (°C) diperoleh dari suhu lingkungan saat percobaan dilakukan. Semakin besar suhu yang terdapat didalam kolektor maka nilai tegangan yang dihasilkan semakin besar. Nilai daya diperoleh dari hasil perhitungan menggunakan persamaan (3.2). Nilai arus pada percobaan ini diasumsikan sebesar 0,17 *ampere*. Asumsi arus disebabkan karena nilai keluaran tegangan sangat kecil dibawah 2,4 volt sehingga arus yang dihasilkan tidak ada (0). Nilai keluaran arus akan terbaca pada alat ukur *amperemeter* jika tegangan yang dihasilkan oleh generator minimal 2,4 volt berdasarkan data sheet beban yang digunakan.

4.2 Hasil Perhitungan *Output Solar Updraft Tower*

Setelah melakukan pengukuran secara langsung pada *solar updraft tower*, kemudian dilakukan perhitungan secara manual menggunakan Persamaan (2.2) dan (2.3). Persamaan (2.2) dan (2.3) digunakan untuk mencari daya yang dihasilkan *solar updraft tower*. Daya yang dihasilkan dipengaruhi oleh suhu lingkungan pada pembangkit listrik. Suhu lingkungan yang digunakan sebesar 27°C, 32°C dan 28°C. Hasil perhitungan daya ditunjukkan pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2 Hasil Perhitungan Daya *Solar Updraft Tower*

Suhu Lingkungan T_{∞} (°C)	Suhu Dalam Kolektor $T_{a,0}$ (°C)	Aliran Panas Udara Pada Tower U_t (m/s)	Daya Generator $P_{generator}$ (W)
27	90	2,87	6
	95	2,98	6,9
	100	3,09	7,1
	105	3,19	8,5
	110	3,29	9,4
32	95	2,84	6
	100	2,97	6,8
	105	3,06	7,5
	110	3,16	8,3
	110	3,16	8,3
28	90	2,84	6
	95	2,95	6,7
	100	3,06	7,5
	105	3,16	8,3
	110	3,26	9,1

Dari hasil perhitungan menggunakan Persamaan (2.2) – (2.3), terdapat perbedaan daya yang dihasilkan antara hasil percobaan secara langsung dengan hasil perhitungan manual. Hasil percobaan secara langsung pada suhu lingkungan 27°C diperoleh nilai daya terbesar 0,38 Watt dan pada suhu lingkungan 32°C diperoleh nilai daya terbesar 0,39 Watt dan pada suhu lingkungan 28°C diperoleh nilai daya terbesar 0,37 Watt. Untuk hasil perhitungan secara manual pada suhu lingkungan 27°C diperoleh nilai daya terbesar 9,4 Watt dan hasil perhitungan daya pada suhu lingkungan 32°C diperoleh nilai daya terbesar 8,3 Watt dan hasil perhitungan daya pada suhu lingkungan 28°C diperoleh nilai daya terbesar 9,1 Watt.

Dari hasil percobaan secara langsung dan perhitungan manual terjadi perbedaan nilai keluaran daya yang cukup jauh. Pada suhu lingkungan 27°C perbedaan daya yang dihasilkan sebesar 9,02 Watt dan pada suhu lingkungan 32°C perbedaan daya yang dihasilkan sebesar 7,91 Watt dan pada suhu lingkungan 28°C perbedaan daya yang dihasilkan sebesar 8,73 Watt. Faktor yang mempengaruhi terjadinya perbedaan nilai daya dari hasil percobaan secara langsung dengan perhitungan manual disebabkan oleh generator AC yang digunakan. Generator AC yang digunakan memiliki tegangan maksimal yang dapat dikeluarkan sebesar 2,27 volt sehingga daya yang dihasilkan oleh generator tidak sesuai perhitungan manual.

4.3 Kecepatan Putaran Turbin

Untuk mengetahui nilai kecepatan putaran turbin dengan menggunakan alat ukur *tachometer*. Proses pengambilan data kecepatan putaran turbin pada pembangkit listrik *solar updraft tower* dilakukan sebanyak 3 kali pengukuran. Hasil dari kecepatan putaran turbin yang di ukur menggunakan alat ukur *tachometer* dapat dilihat pada table 4.3.

Tabel 4.3 Hasil Pengukuran Kecepatan Turbin

Suhu Lingkungan	Pengujian	Kecepatan putaran turbin (RPM)	Rata-rata
27°C	1	438	532
	2	513	
	3	549	
	4	598	
	5	628	
32°C	1	523	609,2
	2	552	
	3	608	
	4	658	
	5	705	
28°C	1	427	538,2
	2	498	
	3	542	
	4	597	
	5	627	

Hasil pada Tabel 4.3 menunjukkan bahwa data pengukuran terdiri dari 15 data dengan suhu lingkungan 27°C sebanyak 5 data, pada suhu lingkungan 32°C sebanyak 5 data dan pada suhu lingkungan 28°C sebanyak 5 data. Pada suhu lingkungan 27°C memiliki rata-rata kecepatan putaran turbin sebesar 532 rpm, dan pada suhu 32°C memiliki kecepatan putaran turbin sebesar 609,2 rpm, sedangkan pada suhu lingkungan 28°C memiliki kecepatan putaran turbin sebesar 538,2 rpm. Faktor yang mempengaruhi kecepatan putaran turbin adalah suhu lingkungan. Semakin kecil suhu lingkungan akan menghasilkan putaran turbin semakin pelan sedangkan apabila suhu lingkungan semakin besar, maka akan menghasilkan putaran turbin yang semakin cepat.

4.4 Analisa Nilai Frekuensi

Nilai frekuensi generator AC yang digunakan pada pembangkit listrik *solar updraft tower* dihitung menggunakan Persamaan 3.1. Tabel 4.4 adalah hasil perhitungan frekuensi generator AC 2 kutub yang digunakan pada pembangkit listrik *solar updraft tower*.

Tabel 4.4 Frekuensi Generator AC

Suhu Lingkungan	Pengujian	Nilai Frekuensi (Hz)
27°C	1	7,3
	2	8,55
	3	9,15
	4	9,96
	5	10,46
32°C	1	8,71
	2	9,20
	3	10,13
	4	10,96
	5	11,75
28°C	1	7,11
	2	8,32
	3	9
	4	9,96
	5	10,45

Kecepatan putaran turbin dapat mempengaruhi nilai frekuensi yang dihasilkan oleh generator karena frekuensi saling berkaitan dengan generator. Semakin besar kecepatan putaran turbin yang dihasilkan akan mengakibatkan frekuensi pada generator semakin besar dan sebaliknya.

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan dari pengujian dan analisa yang telah dilakukan didapat :

1. Daya yang dihasilkan pembangkit listrik *solar updraft tower* pada saat pengukuran tidak sesuai dengan perhitungan. Hal ini dipengaruhi oleh generator AC yang digunakan pada penelitian ini memiliki output tegangan maksimal sebesar 2,27 Volt.
2. Apabila selisih perbedaan suhu lingkungan dan suhu didalam kolektor semakin besar maka daya yang dihasilkan pembangkit listrik *solar updraft tower* semakin besar.
3. Kecepatan putaran turbin dipengaruhi oleh faktor suhu lingkungan. Semakin kecil nilai suhu lingkungan, maka putaran turbin semakin pelan dan sebaliknya.

5.2 Saran

Saran untuk penelitian selanjutnya. Bahan alumunium yang digunakan untuk membuat kolektor tidak cukup baik karena bahan alumunium baik untuk menyerap panas akan tetapi tidak bagus untuk menyimpan panas begitu lama. Sbaiknya menggunakan bahan kolektor yang terbuat dari kaca.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. H.H.Salman, “*Solar updraft tower Power plant with Thermal storage*”. Department of Mechanical Engineering-Engineering College, University of Basrah-Basrah, Thesis, Iraq, Januari 2008.
- [2]. A.wicaksono, “*solar updraft tower*“, 2010 [online] Available at: http://www.academia.edu/10134465/SOLAR_UPDRAFT_TOWER_PAPER [Accessed 12 maret 2018]
- [3]. B. Rudolf , S. Jörg,, W. Schiel, G. Weinrebe, ”Design of Commercial *Solar updraft tower* Systems – Utilization of SolarInduced Convective Flows for Power Generation”, Schlaich Bergermann Solar German, Schwabstr. 43, 70197 Stuttgart, Juni 2005.
- [4]. P.D.Vries, M.Conners, “Buku Paduan Energi yang Terbarukan”, Contained Energy Indonesia, Program Nasional Pemberdayaan Masyarakat, PNPM-MP/LPM.102, Jakarta, November 2016.
- [5]. A.R.Juliantoko, “Perancangan pembangkit listrik *solar updraft tower*”, Jurusan Teknik Elektor, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia, Skripsi, Yogyakarta, Agustus 2016.
- [6]. Wardoyo, H.Sutrisno, S.T.Wid, “Generator AC”, pengayaan buku umum, PT Saka Mitra Kompetensi, AP. 42, 972-602-8226-95-0, Bandung, Maret 2011.
- [7]. Bernades Santos dos Aurelio Marco, “*One the heat storage in Solar Updraft Tower collectros – influence of soil thermal properties*”, Centro Universitario UNA Brazil, Thesis, Maret 2013.

LAMPIRAN

Untuk mencari nilai area kolektor (A_{coll}) yang ada pada persamaan (2.1) menggunakan persamaan berikut ini: [3]

$$\begin{aligned} A_{coll} &= L_{dasar\ kolektor} - L_{dasar\ menara} \\ &= 0,785 - 0,078 = 0,707\ m^2 \end{aligned}$$

Untuk mencari nilai $L_{dasar\ kolektor}$ dan $L_{dasar\ menara}$ menggunakan persamaan berikut ini: [3]

$$\begin{aligned} L_{dasar\ kolektor} &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D_{coll}^2 \\ &= \frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot 1^2 = 0,785\ m^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} L_{dasar\ menara} &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D_t^2 \\ &= \frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot 0,1^2 = 0,078\ m^2 \end{aligned}$$

Untuk mencari nilai area menara (A_t) yang ada pada persamaan (2.3) menggunakan persamaan berikut ini:

$$\begin{aligned} A_t &= 2 \cdot \pi \cdot r_t^2 + H_t (2 \cdot \pi \cdot r_t) \\ &= 2 \cdot 3,14 \cdot 0,05^2 + 2 \cdot (2 \cdot 3,14 \cdot 0,05) = 0,643\ m^2 \end{aligned}$$

Nilai intensitas matahari (G_h) yang ada pada persamaan (2.1) di dapat dari nilai penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Bernades dan Juliantoko pada tahun 2013 dan 2015 dengan nilai intensitas matahari sebesar $174,66\ (w/m^2)$

dimana:

$$A_{coll} = \text{Area kolektor} \quad (m^2)$$

$$L_{dasar\ kolektor} = \text{Luas dasar kolektor} \quad (m^2)$$

$L_{dasar\ menara}$	= Luas dasar menara	(m^2)
D_{coll}	= Diameter kolektor	(m)
D_t	= Diameter menara	(m)
A_t	= Area menara	(m^2)
H_t	= Tinggi menara	(m)
r_t	= Jari-jari menara	(m)

Untuk menghitung nilai kecepatan angin dimenara (U_t) ketika suhu lingkungan 27°C dan suhu didalam kolektor 90°C pada tabel (4.2) dengan menggunakan persamaan (2.2).

$$U_t = \sqrt{\frac{2.9,81.2(363-300)}{300}} = 2.870 \text{ m/s}$$

Untuk menghitung nilai daya generator ($P_{generator}$) ketika suhu lingkungan 27°C dan suhu didalam kolektor 90°C pada tabel (4.2) dengan menggunakan persamaan (2.3).

$$P_{generator} = \frac{1}{3} \cdot 1,2 \cdot 0,643 \cdot 2.870^3 = 6.080 \text{ watt}$$

Untuk menghitung nilai ferkuensi dengan kecepatan putaran turbin 438 rpm pada table (4.4) dengan menggunakan persamaan (3.1).

$$f = \frac{438 \cdot 2}{120} = 7,3 \text{ Hz}$$

Untuk menghitung nilai daya ketika suhu lingkungan 27°C dan suhu didalm kolektor 90°C dengan nilai tegangan 1,25 volt dan nilai arus 0,17 *ampere* pada tabel (4.1) dengan menggunakan parsamaan (3.2).

$$P = 0,17 \cdot 1,25 = 0,21 \text{ watt}$$