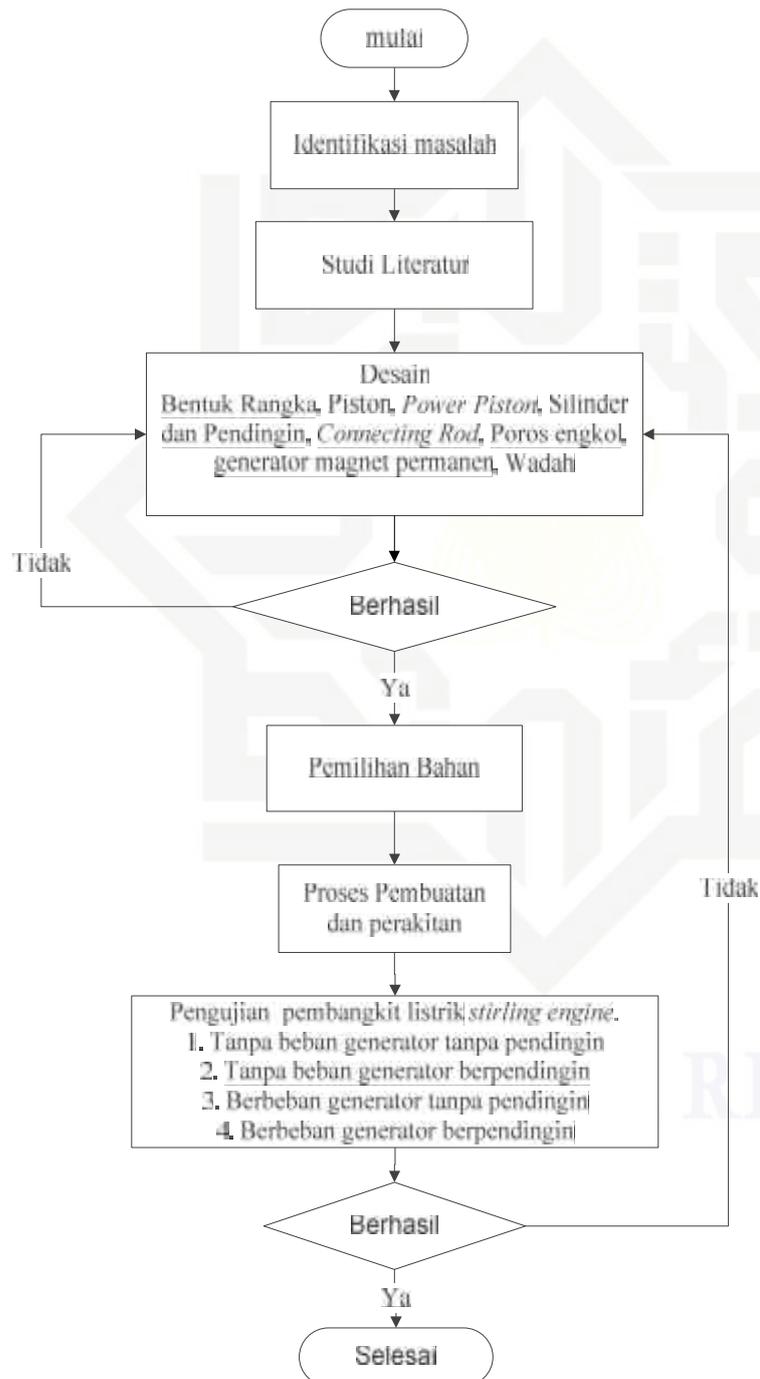


BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Tahapan Penelitian

Berikut adalah diagram alir (*flowchart*) tahapan penelitian perancangan dan pembuatan pembangkit *stirling engine* Generator magnet permanen:



Gambar 3.1 Diagram Alir Pelaksanaan Penelitian

- Hak Cipta Dindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



3.2 Tahap Perencanaan

Sebelum melakukan penelitian dibutuhkan sebuah perencanaan agar penelitian lebih mudah dalam pengerjaannya. Perencanaan dalam penelitian meliputi penentuan judul, data sampai dengan tujuan yang diinginkan dari suatu penelitian yang dilakukan, sehingga terdapat beberapa tahap perencanaan yang harus dilakukan yaitu:

3.2.1 Perumusan masalah

Mengetahui besarnya energi listrik dari kinerja *stirling engine* dengan memanfaatkan sumber panas dan perputaran *flywheel* secara langsung serta pengaruh aliran air yang konstan sebagai pendingin terhadap output kinerja *stirling engine* dengan memanfaatkan limbah bengkel sebagai bahan utama pembuatan *stirling engine* dengan generator magnet permanen.

3.2.2 Penentuan judul

Setelah melakukan pengamatan pada objek penelitian, maka penulis menentukan judul penelitian sesuai dengan masalah yang diteliti. Penulis mengangkat judul rancang bangun pembangkit listrik *stirling engine* generator magnet permanen.

3.2.3 Penentuan tujuan

Penentuan tujuan berguna untuk lebih memperjelas sasaran penelitian yang dilakukan. Adapun tujuan penelitian ini adalah merancang pembangkit listrik tenaga *stirling engine* generator magnet permanen dengan memanfaatkan *flywheel* secara langsung. Serta membangun sistem untuk diaplikasikan pada kondisi real

3.2.4 Studi pustaka

Studi pustaka bertujuan untuk mencari dasar teori dan jurnal penelitian yang didapat dari buku, jurnal ilmiah maupun internet sesuai dengan masalah yang akan diselesaikan, sehingga menjadi referensi yang kuat bagi peneliti untuk melakukan penelitian.

3.3 Perancangan dan Desain Alat

Perancangan dan desain alat pada percobaan ini dibuat sesuai dengan tujuan awal yaitu merancang sebuah pembangkit listrik tenaga *stirling engine* menggunakan magnet permanen sebagai generator dan mengetahui output serta menghitung efisiensi dari pembangkit listrik tersebut.

Peneliti melakukan perancangan menggunakan gambar 2D dan 3D sebagai tahap awal menggunakan aplikasi *sketchup pro 2013*.

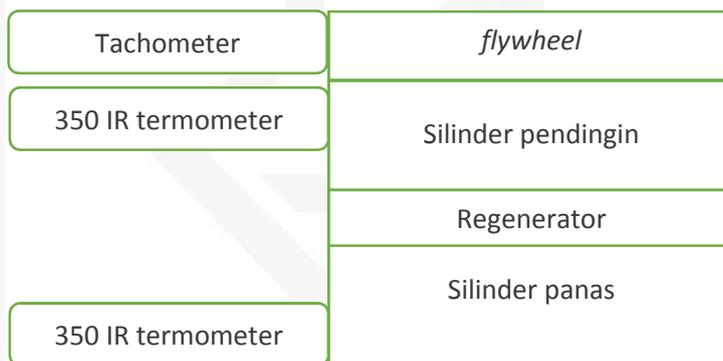


3.3.1 Model Rancangan Pembangkit Listrik *Stirling Engine*

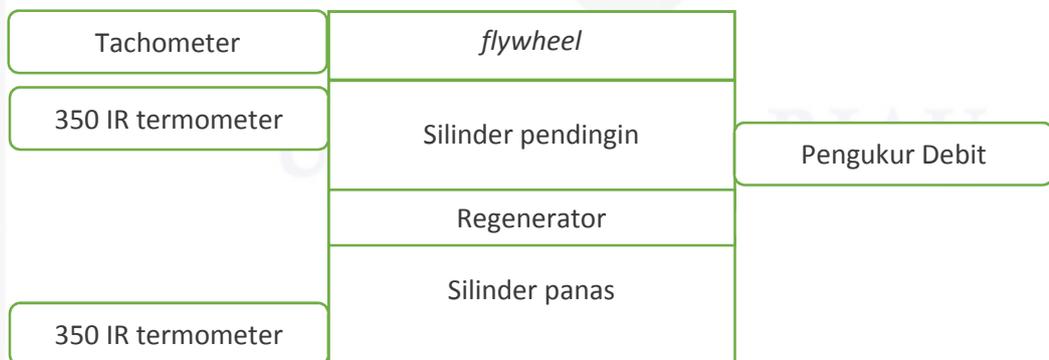
Pada penelitian ini, untuk mendapatkan output dan perhitungan efisiensi dari *stirling engine* maka *stirling engine* akan dirancang dengan beberapa variasi. Yaitu tanpa menggunakan pendingin dan menggunakan pendingin, dengan mengalir air pada bagian silinder pendingin dan kompresi. menggunakan beban generator maupun tanpa beban generator.

3.3.2 Rancangan Rangkaian *Stirling Engine* pada Sistem Pembangkit Listrik

Pada penelitian ini pembangkit listrik *stirling engine* dirancang dengan variasi pengujian yang berbeda-beda, seperti tanpa beban generator tanpa pendingin, tanpa beban generator berpendingin, berbeban generator tanpa pendingin, berbeban generator berpendingin, untuk pendingin dilakukan dengan mengalir aliran air berdasarkan hukum gravitasi atau aliran air mengalir secara konstan.



Gambar 3.2 Model perancangan *stirling engine* tanpa beban generator tanpa pendingin aliran air.



Gambar 3.3 Model perancangan *stirling engine* tanpa beban generator berpendingin aliran air.

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

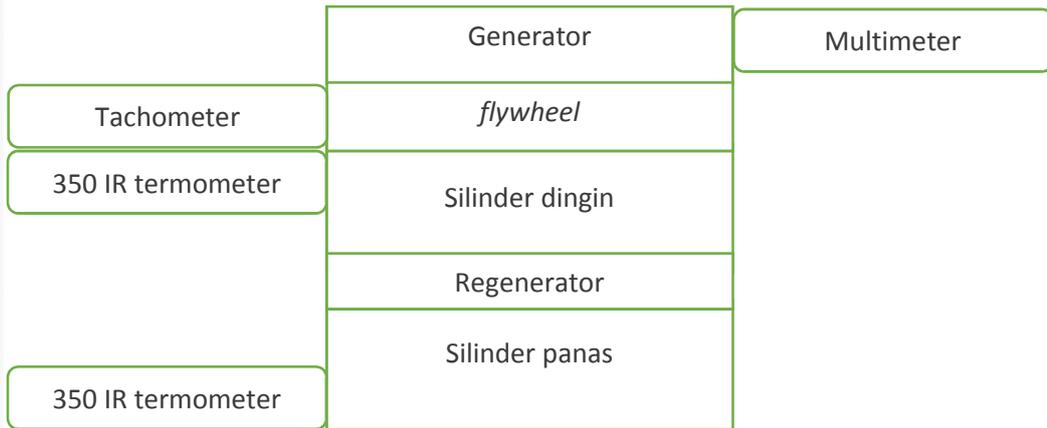
Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber.

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

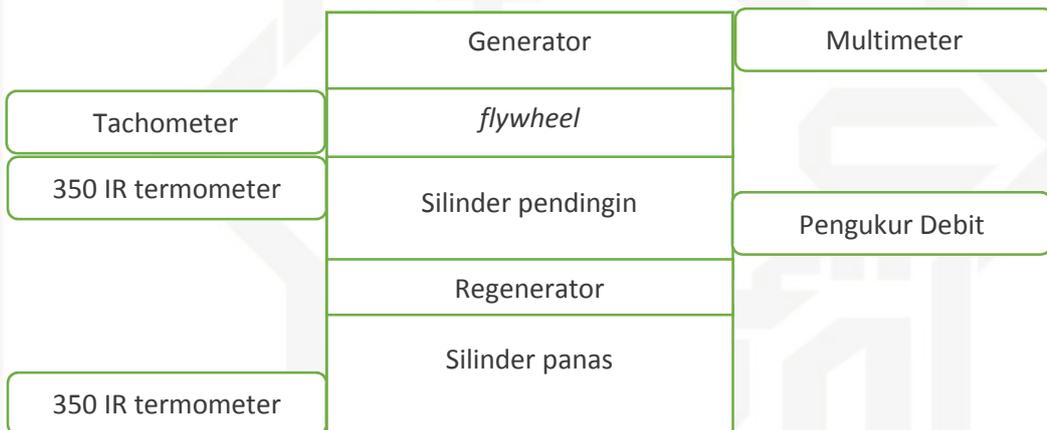
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



Gambar 3.4 Model perancangan *stirling engine* berbeban generator tanpa pendingin aliran air

Sedangkan pada gambar 3.5 *stirling* berbeban generator tanpa pendingin aliran air



Gambar 3.5 Model perancangan *stirling engine* berbeban generator berpendingin aliran air

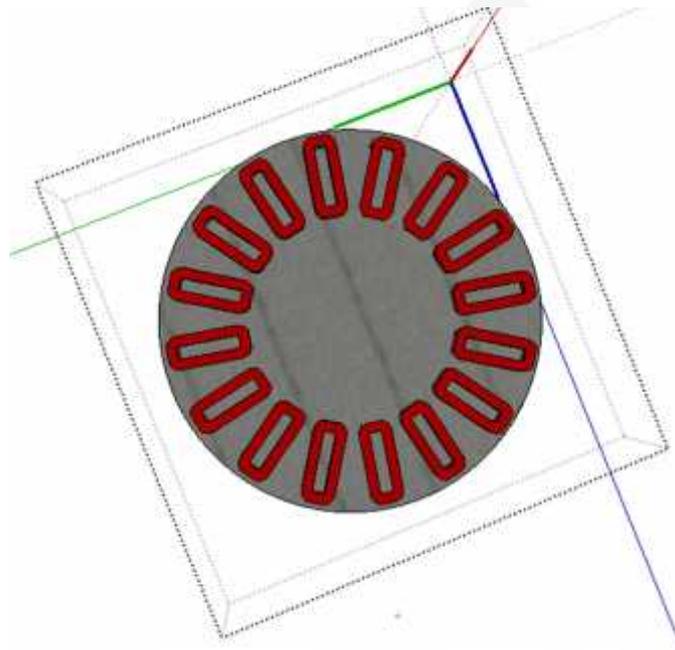
3.3.3 Komponen Pemanas

Sumber panas yang digunakan adalah menggunakan bahan bakar spitus. Sumber panas yang digunakan ini adalah salah satu implementasi dalam penelitian, pemilihan bahan bakar spritus ini antara lain, gas buang yang rendah, performa yang baik, dan tidak mudah terbakar bila dibandingkan dengan bensin. Di samping itu, spritus juga mudah diproduksi dari hasil tambang seperti gas alam, batu bara, dan bahkan dari biomassa seperti kayu.

3.3.4 Komponen Generator

Pada penelitian ini digunakan generator buatan atau rakitan. Generator yang dirancang mengadopsi dari penelian-penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Khoirul andri 2015, diantaranya menggunakan magnet permanen *NdFeB*. Desain bisa terlihat pada gambar berikut.

1. Stator



Gambar 3.6 Desain Stator

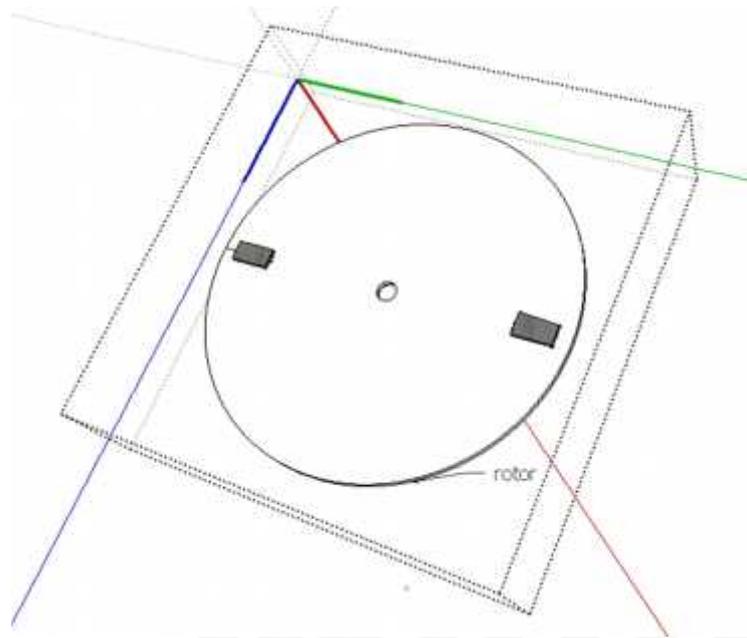
2. Rotor

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Hak Cipta Diindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

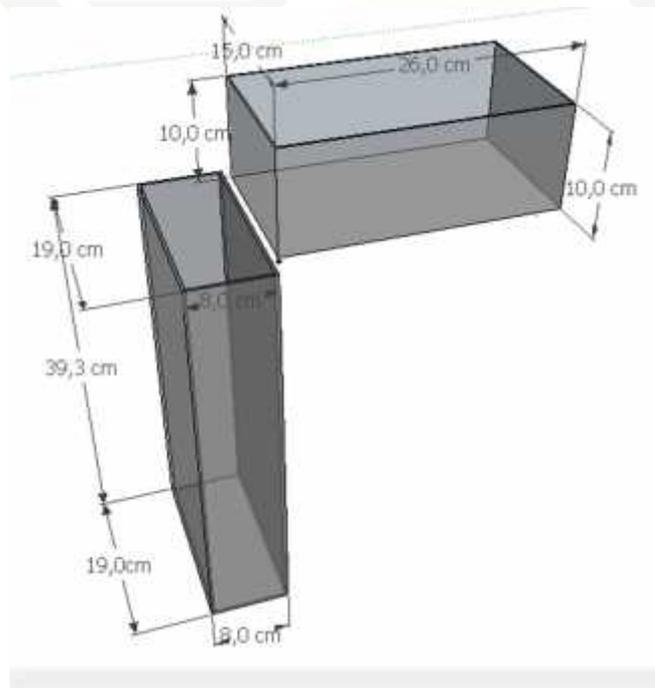


Gambar 3.7 Desain Rotor

3.3.5 Komponen Pendingin

Komponen-komponen yang digunakan pada pendingin *stirling* diantaranya adalah

1. Wadah penampung air



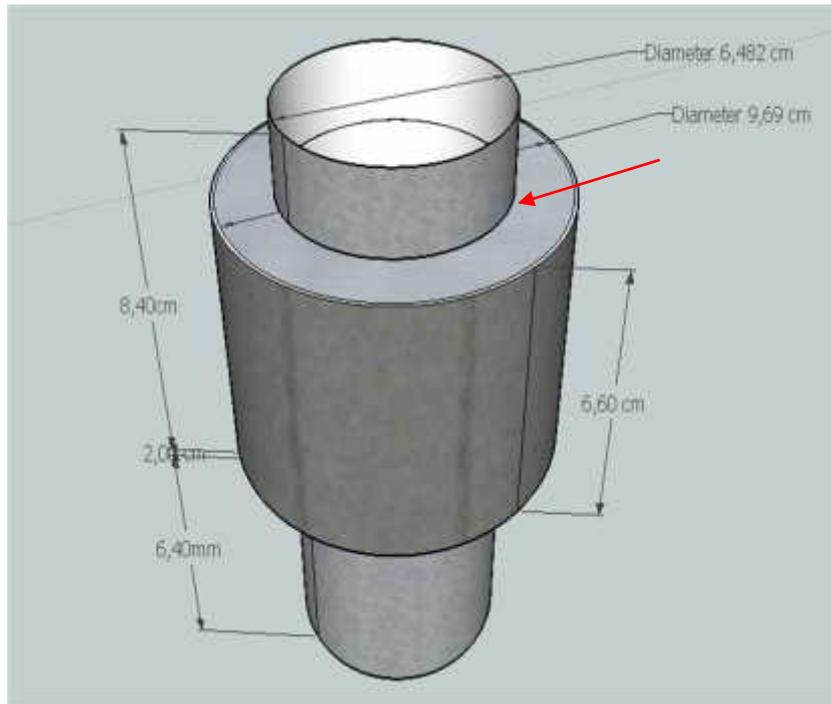
Gambar 3.8 Desain Wadah penampung air

2. Pendingin pada silinder

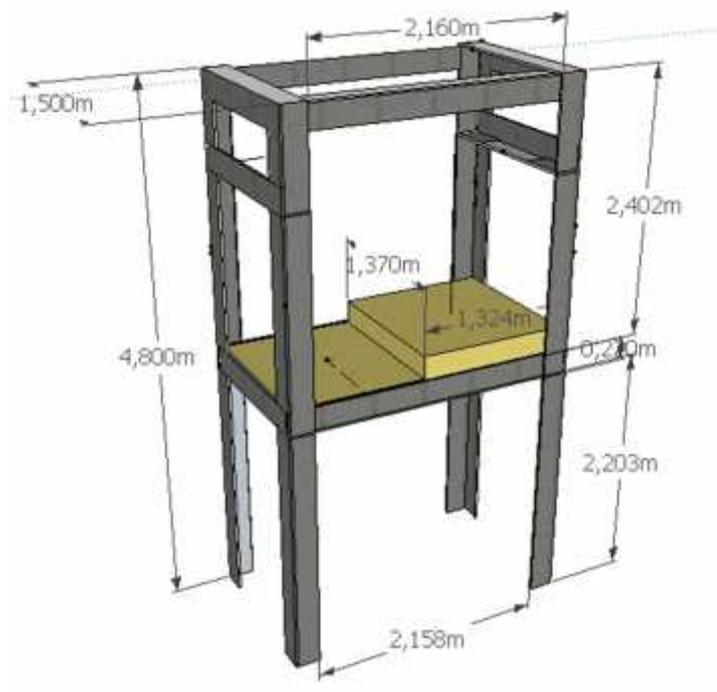
Hak Cipta Diindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

3.3.6 Rangka



Gambar 3.9 Desain Pendingin pada silinder

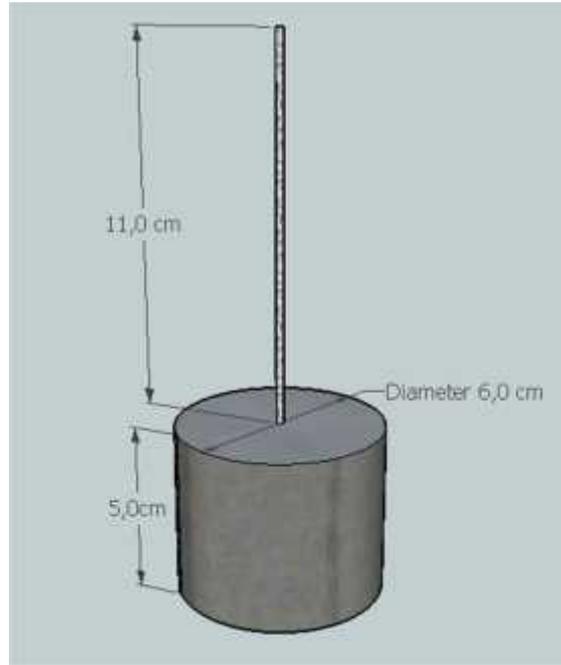


Gambar 3.10 Desain Rangka

3.3.7 Piston

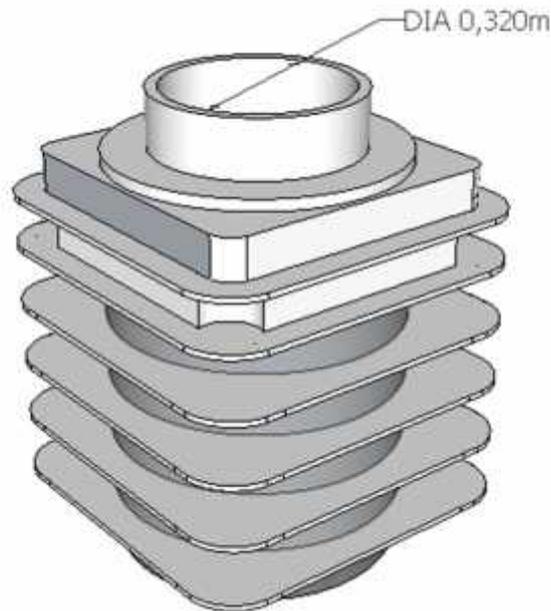
Hak Cipta Diindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



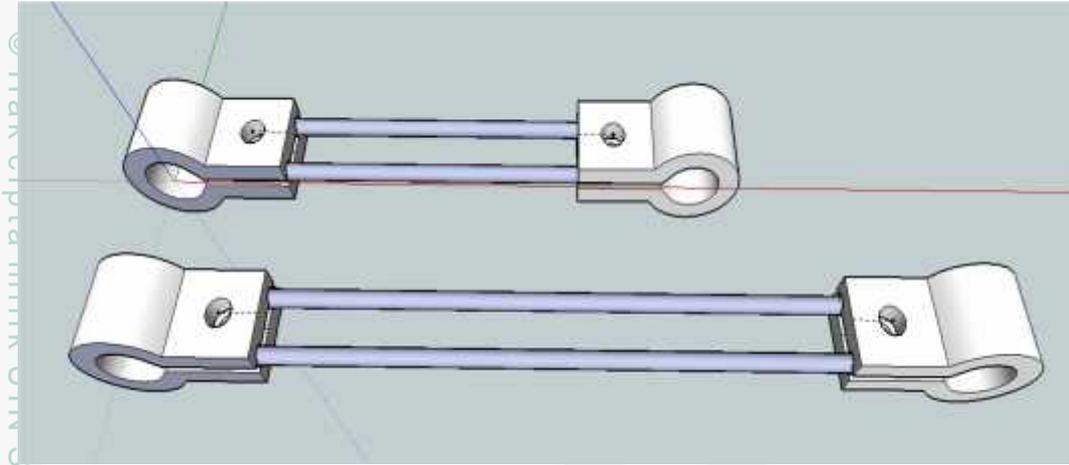
Gambar 3.11 Desain Piston

3.3.8 Power Piston



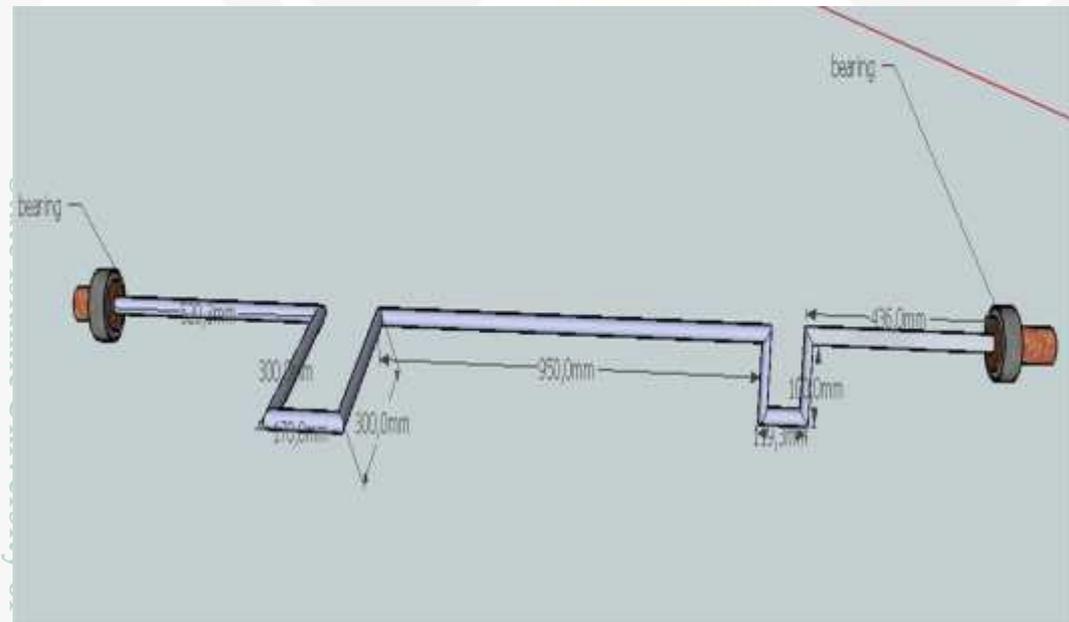
Gambar 3.12 Desain Power Piston

3.3.9 Connecting Rod



Gambar 3.13 Desain *Connecting Rod*

3.3.10 Poros Engkol

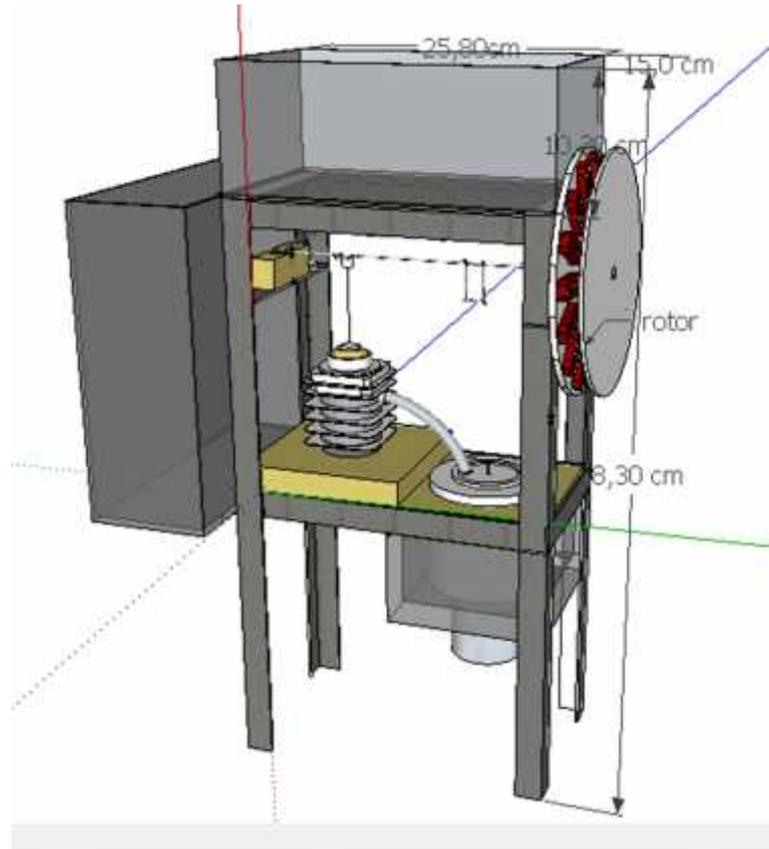


Gambar 3.14 Desain Poros Engkol

3.3.11 Rancangan Keseluruhan

Hak Cipta Diindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



Gambar 3.15 Rancangan Secara Keseluruhan

3.4 Alat dan Komponen Perancangan

Pada penelitian ini terdapat alat dan komponen yang digunakan untuk pembuatan pembangkit listrik yaitu:

3.4.1 Alat

Dalam perancangan dan pembuatan *stirling engine* terdapat alat-alat yang digunakan. Adapun alat-alatnya bisa dilihat pada Tabel 3.3

Tabel 3.3 Peralatan

No	Nama	Fungsi	Jumlah
16	Multimeter	pengukur tegangan dan arus	1
17	Thermometer (350 IR termometer)	Pengukur temperatur	1
18	Tacho-meter	Pengukur kecepatan perputaran	1

3.4.2 Komponen

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



Dalam perancangan dan pembuatan penelitian ini terdapat komponen-komponen utama. Komponen-komponen bisa dilihat pada tabel 3.4:

Tabel 3.4 komponen

No	Nama bahan	Fungsi	Jumlah
1	Papan	Sebagai penahan panas	1 keping
2	Baut dan mur	pengikat dari benda yang satu dengan benda yang lain dengan bantuan mur.	Baut ukuran 10, 4 btg. ukuran 8, 6 btg. Ukuran 12, 5 batang.
3	Kaleng oli union, kaleng <i>sprey pain</i> , dan kaleng minuman lasegar.	digunakan untuk piston, dan <i>cilinder stirling engine</i> .	3 kaleng

Tabel 3.4 komponen (Lanjutan)

4	Lem besi	merekatkan pembuatan piston, <i>cilinder</i> pada <i>stirling engine</i>	1
5	Lem altico	merekatkan pembuatan <i>flywheel</i> dan lain-lain	1
6	Besi siku	memberikan kestabilan antara sisi kanan dan kiri maupun kestabilan gerakan keatas dan kebawah dan juga berfungsi sebagai tumpuan kaki <i>stirling engine</i>	2 meter
7	batang kawat las	membuat <i>connecting rod</i> dan batang <i>displacer</i> .	3 batang
8	Balon	sebagai pengganti <i>power piston</i> .	2
9	Baut dan mur ban sepeda motor	Sebagai regenerador dan sebagai bantalan <i>flywheel</i> .	Baut 1, mur 5.



10	Acrylic	Sebagai tempat air dan sebagai tabung alat ukur	1 keping
11	Magnet permanen	Digunakan untuk membuat generator	2 btg
12	Kawat 0,5 mm	Digunakan untuk membuat generator	Secukupnya
13	Bearing	Sebagai tempat perputaran poros engkol	2

3.5 Variabel Penelitian

Variabel yang digunakan pada penelitian ini terdiri dari:

3.5.1 Variabel Bebas

Variabel bebas adalah variabel yang ditentukan nilainya sebelum dilakukan penelitian terdiri dari :

A Temperatur Silinder panas

B Tanpa aliran air serta aliran air secara konstan pada silinder dingin

3.5.2 Variabel Terikat

Variabel terikat adalah variabel yang nilainya sangat tergantung pada variabel bebas dan hasil dari penelitian. Variabel terikat yang diperoleh dalam penelitian ini adalah:

A Rotasi Per Menit (RPM)

B Daya

C Efisiensi

3.6 Jenis Pengukuran

Pengukuran yang dilakukan pada penelitian ini yaitu pengukuran rotasi per menit (RPM), tegangan dan temperatur.

3.6.1 Pengukuran Rotasi Per Menit (RPM)

Pengukuran RPM dilakukan pada saat pembangkit listrik stirling beroperasi saat tanpa beban generator tanpa pendingin, tanpa beban generator berpendingin, dan berbeban generator tanpa pendingin, dan berbeban generator berpendingin .

3.6.2 Pengukuran Tegangan Dan Arus

Pengukuran tegangan, arus dan daya dilakukan pada saat pembangkit listrik *stirling* mendapat panas dan tidak menggunakan beban dan pengukuran tegangan menggunakan beban.

3.6.3 Pengukuran Temperatur

Pengukuran temperatur dilakukan pada sisi panas dan sisi dingin pada silinder pendingin saat diberi sumber panas, namun pada saat pengukuran dingin dilakukan pada permukaan sumber dingin dan pengukuran temperatur air dilakukan dipermukaan saluran air. Karena tidak bisa dilakukan pengukuran temperatur air secara langsung.

3.7 Pengujian Pembangkit Listrik

Pengujian dilakukan dengan mengukur keluaran pembangkit listrik open circuit /tanpa beban dan menggunakan beban.



(a)



(b)

Gambar 3.16 (a) Rancangan keseluruhan alat (b) Pengujian alat keseluruhan

Pengujian juga dilakukan dengan satu sumber panas, dan variasi masukan pendingin. hal ini bertujuan untuk mendapatkan tingkat temperatur hasil yang maksimal, komponen yang digunakan yaitu:

1. Burner
2. Hambatan yang digunakan pada penelitian ini yaitu resistor 82

3.8 Analisa Data

Mengambil data temperatur silinder panas dan silinder dingin, kecepatan aliran air pendingin, dan RPM . Kemudian dilakukan analisa data. Cara analisa yang digunakan

yaitu dengan memasukkan dan menganalisa data yang diperlukan dari teori *schmidt* yang di publikasikan oleh Koichi Hirata untuk kinerja *stirling engine*.

Hak Cipta Diindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

