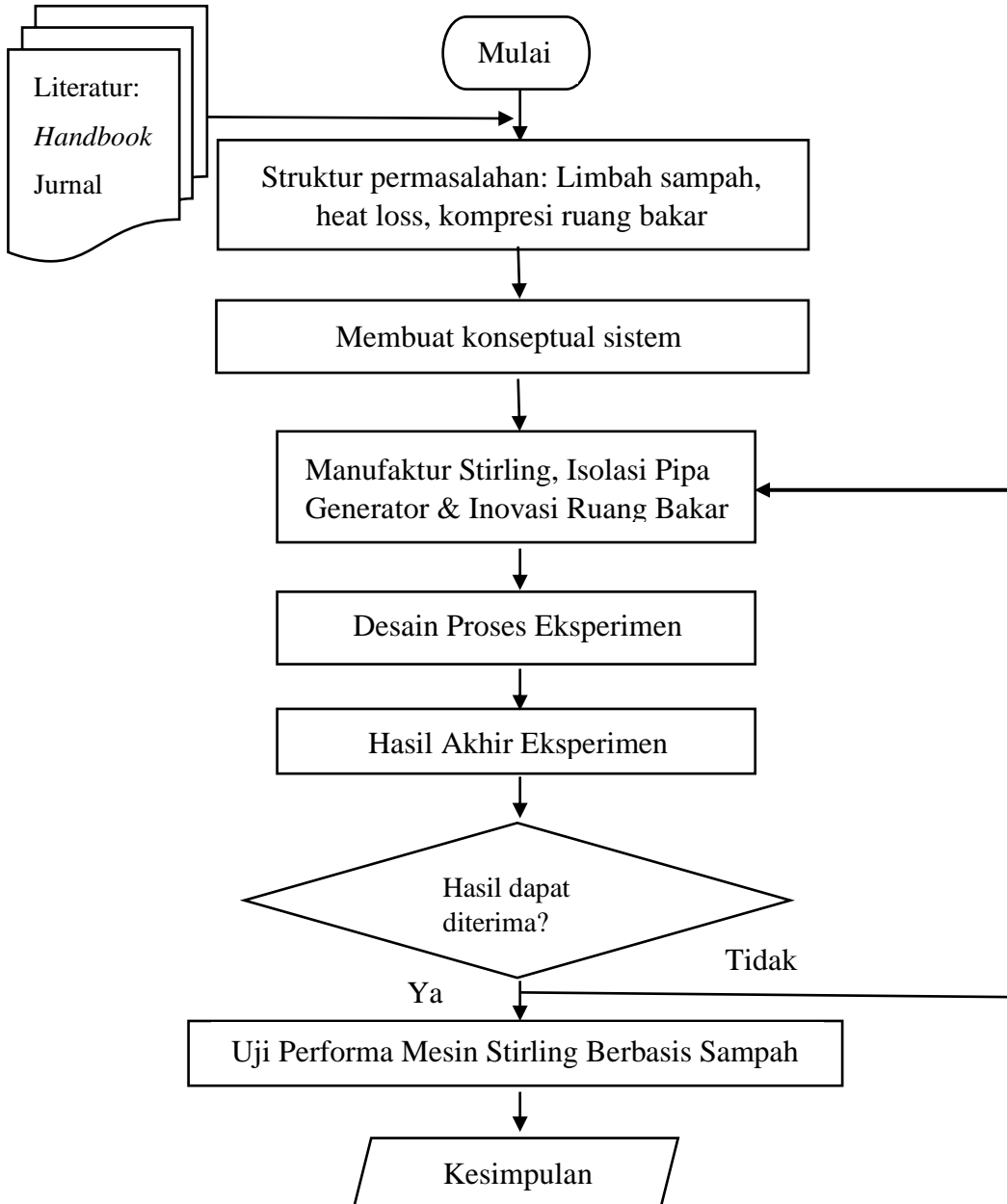


BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Diagram Alir Penelitian

Adapun diagram alir pada penelitian ini adalah sebagai berikut:



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

3.2 Metode *Quality Function Deployment* (QFD)

Cohen (1995) mendefinisikan *Quality Function Deployment* adalah metode terstruktur yang digunakan dalam proses perencanaan dan pengembangan produk untuk menentukan spesifikasi dari kebutuhan atau keinginan konsumen, serta mengevaluasi secara sistematis kapabilitas suatu produk atau jasa dalam memenuhi kebutuhan dan keinginan konsumen. Tujuan dari QFD (*Quality Function Deployment*) tidak hanya untuk memenuhi sebanyak mungkin harapan konsumen, tetapi juga berusaha melampaui harapan-harapan pelanggan sebagai cara untuk berkompetensi dengan saingannya.

Implementasi QFD (*Quality Function Deployment*) terdiri dari tiga tahapan, yaitu dimana semua kegiatan yang dilakukan pada masing-masing tahapan dapat diaplikasikan atau diterapkan seperti layaknya suatu proyek, dengan melakukan terlebih dahulu tahapan perencanaan dan persiapan, ketiga tahapan tersebut adalah (Lou Cohen, 1995) :

1. Tahapan dalam pengumpulan *Design Requirement and Objective* (DRO) .
2. Tahapan dalam penyusunan rumah kualitas (*House of Quality*).
3. Tahapan untuk menganalisa dan mengimplementasikan.

3.3 Menentukan *Design Requirement and Objective* (DRO)

DRO digunakan sebagai panduan dalam merancang mesin stirling tipe alpha yang merupakan inovasi desain. Tahap awal perancangan dimulai dengan mengumpulkan informasi. Kemudian, batasan-batasan perancangan ditetapkan dan dirangkum dalam sebuah daftar persyaratan yang mendukung proses desain. Informasi tersebut digunakan untuk menentukan elemen-elemen yang harus dipenuhi sesuai dengan batasan atau persyaratan yang disebutkan di bawah ini.

1. Syarat mutlak *D (Demand)*

Syarat yang harus dipenuhi dalam kondisi apapun. Supaya rancangan berhasil. Jika syarat tidak terpenuhi maka rancangan akan gagal (*Failed*).

2. Syarat yang diharapkan *W (Wishes)*

Syarat yang dipenuhi jika memungkinkan. Jika syarat ini tidak terpenuhi maka tidak menjadi masalah dan kemungkinannya sangat kecil dalam mempengaruhi rancangan.

Tabel 3.1 *Design Requirement and Objective*

Design Requirement and Objective		Demand = D
		Wishes = W
Fungsional	mampu mengurangi permasalahan sampah	W
Design	menggunakan inovasi ruang bakar	D
	menggunakan pipa generator	D
	memanfaatkan sumber energi alternatif	D
	dimensi mesin tidak terlalu besar	W
Pipa Generator	menggunakan penghantar panas yang baik	W
	menggunakan isolasi di sekeliling pipa	D

Dari hasil *design requirement and objective* diatas, maka dibuatkan skala prioritas dari hal-hal yang menjadi suatu keinginan (*wishes*). Pembuatan skala prioritas dengan metode membandingkan antara satu keinginan dengan keinginan yang lain, kemudian diberi skala 1 jika keinginan tersebut lebih diprioritaskan, dan diberi skala 0 jika keinginan tidak di prioritaskan. Skala prioritas yang dihasilkan termuat dalam tabel sebagai berikut:

Tabel 3.2 Skala Prioritas

<i>Requirements</i>	Matriks Korelasi										Total	Ranking		
mampu mengurangi permasalahan sampah	1		1	1			1	1				5	1	
menggunakan penghantar panas yang baik	0	1	1		1		0					1	4	2
dimensi mesin tidak terlalu besar		1	0	1			0					1	3	3

3.4 Membuat *House of Quality*

House of Quality (HoQ), atau yang sering disebut juga sebagai Rumah Kualitas, merupakan langkah awal dalam menerapkan metodologi Quality Function Deployment (QFD). Secara keseluruhan, matriks ini bertujuan untuk mengubah Voice of Customer (VoC) secara langsung menjadi persyaratan teknis atau spesifikasi dari produk atau layanan yang dihasilkan.

Tabel 3.3 House of Quality

Keandalan:

- 5 = Sangat Memenuhi
- 4 = Hampir Memenuhi
- 3 = Agak Memenuhi
- 2 = Sedikit Memenuhi
- 1 = Tidak Memenuhi

Keterangan :

- ++ = Sangat Berhubungan
- + = Cukup Berhubungan

Relasi :

- 9 = Kuat
- 6 = Sedang
- 3 = Lemah

Satuan		m ²	Derajat			m ²	Kg	Juta	Produk Pesaing				
Target		1	180°	Sampah	Tembaga	<1	Superlon	<150	<5	Produk 1	Produk 2	Produk 3	
Mesin Stirling		Luas Area	Sudut Fasa	Bahan Bakar	Pipa Generator	Dimensi	Isolasi	Massa	Harga				
Fungsional	mampu mengurangi permasalahan sampah	4	9	9				9		2	2	2	
Design	menggunakan inovasi ruang bakar	5	9	5	5	8		3	5	2	3	2	
	menggunakan pipa generator	5			9	8				4	4	4	
	memanfaatkan sumber energi alternatif	3	7	9		5		9	3	3	2	3	
Pipa Generator	dimensi mesin tidak terlalu besar	2	7			8		7	3	2	2	3	
	menggunakan penghantar panas yang baik	2		8	8		9			3	3	4	
	menggunakan isolasi di sekeliling pipa	4			8		9		3	2	3	2	
Skor		25	57	59	104	118	71	94	29	106	18	19	20
Persentase (%)		100	8,93	9,25	16,3	18,5	11,13	14,73	4,55	16,61	72	76	80
Ranking			7	6	3	1	5	4	8	2			

3.5 Analisa dan Implementasi

Berdasarkan *HoQ* di atas, mesin stirling yang akan dibuat memiliki kelebihan diantara mesin-mesin stirling lainnya. Kelebihan tersebut adalah :

1. Memanfaatkan sumber energi alternatif, yaitu mesin akan memanfaatkan sumber energi dari sampah. Sebagai bahan bakar untuk memanaskan silinder panas mesin stirling.
2. Menggunakan inovasi ruang bakar yaitu menerapkan sudut fasa 180° pada mesin stirling, sehingga meminimalisir hambatan gaya gravitasi pada piston saat langkah kompresi

3.6 Penentuan Spesifikasi

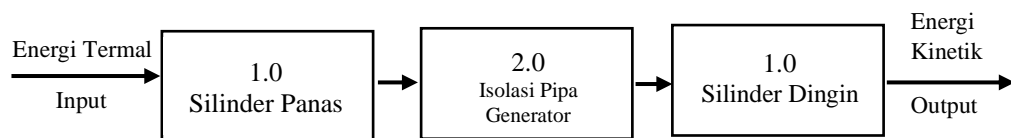
Berdasarkan hasil *House of Quality*, mesin stirling yang ingin dirancang memiliki spesifikasi sebagai berikut:

Luas Area sampah yang dibakar	= 1 m ²
Sudut Fasa	= 180 ⁰
Bahan Bakar	= sampah
Dimensi mesin	= 1 m ²
Massa	= kurang dari 150kg
Kebisingan	= Maksimal 70 dB
Harga	= Maksimal Rp. 5.000.000

3.7 Penentuan Fungsi Tingkat

Dalam perancangan mesin stirling ini, terdapat dua fungsi tingkatan sebagai berikut :

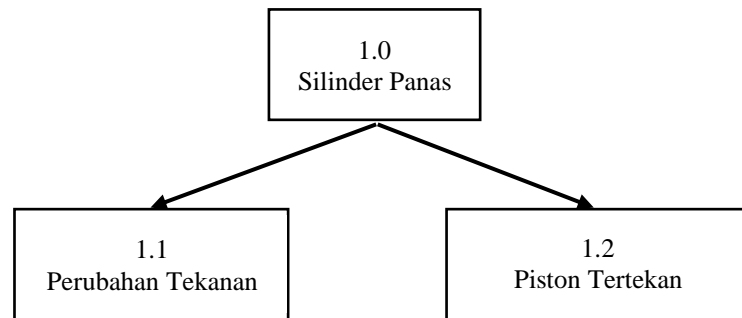
a. Fungsi Tingkatan Pertama



Gambar 3.2 Fungsi Tingkat Pertama

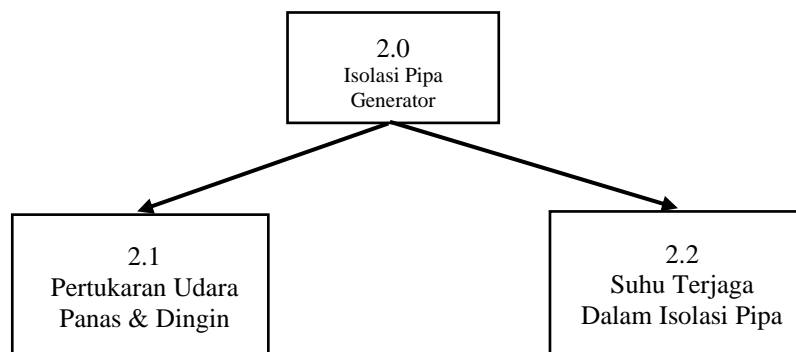
Dari fungsi tingkat pertama ini, inputnya berupa energi termal. Energi termal tersebut memanaskan silinder panas mesin stirling sehingga terjadi perubahan tekanan dan menyebabkan piston tertekan (fungsi 1.0). Kemudian udara panas yang dihasilkan pada silinder panas bertukar dengan udara dingin pada isolasi pipa generator yang suhunya terjaga karena adanya isolasi pada pipa (fungsi 2.0). Akibat dari perubahan tekanan pada silinder panas yang mendorong piston maka udara dingin yang berada pada silinder dingin ikut tersedot yang menyebabkan piston tertarik (fungsi 3.0), Dengan siklus yang berulang secara terus-menerus maka menyebabkan poros berputar sehingga tercipta *output* berupa energi kinetik.

b. Fungsi Tingkatan Kedua



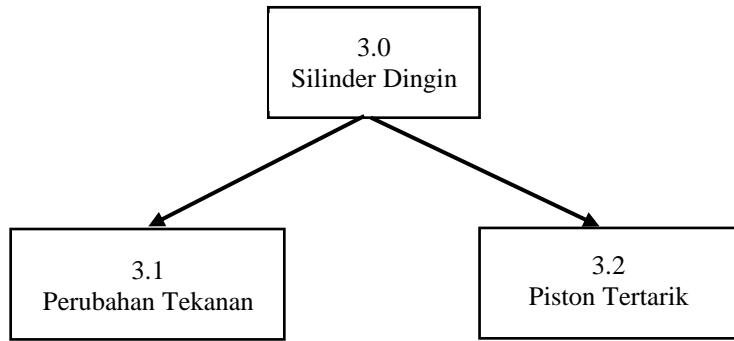
Gambar 3.3 Fungsi Tingkat Kedua Silinder Panas

Fungsi tingkatan kedua dari silinder panas yaitu menghasilkan gas yang terkespansi yang menyebabkan perubahan tekanan dalam silinder (fungsi 1.1). Tekanan tersebut mengakibatkan piston tertekan (fungsi 1.2) yang kemudian akan menghasilkan torsi pada poros.



Gambar 3.4 Fungsi Tingkat Kedua Isolasi Pipa Generator

Fungsi tingkatan kedua dari isolasi pipa generator adalah terjadinya pertukaran udara panas dan dingin (fungsi 2.1). Udara yang bertukar di dalam isolasi pipa generator terjaga suhunya karena adanya bahan isolasi yang menyelimuti pipa generator (fungsi 2.2) yang meminimalisir terbuangnya panas ke lingkungan.



Gambar 3.5 Fungsi Tingkat Kedua Silinder Dingin

Fungsi tingkatan kedua dari silinder dingin adalah adanya perubahan tekanan di dalam silinder (fungsi 3.1) yang kemudian mengakibatkan poros tertarik (3.2)

3.8 Penentuan Morfologi Fungsi

Dalam tahap ini, fungsi tingkatan yang telah dipaparkan di atas dibuat menjadi konsep-konsep. Konsep tersebut diuraikan dalam tabel morfologi fungsi sebagai berikut :

Tabel 3.4 Morfologi Fungsi

Fungsi		Konsep		
1.0 Silinder Panas	1.1 Perubahan Tekanan	Temperatur Naik		Temperatur Turun
	1.2 Piston Tertekan	Arah Aksial	Arah Radial	Kombinasi Arah Aksial Radial
2.0 Isolasi Pipa Generator	1.1 Pertukaran Udara Panas dan Dingin	Sempurna		Tidak Sempurna
	2.1 Suhu Terjaga Dalam Isolasi Pipa	Panas Terbuang		Panas Terjaga
3.0 Silinder Dingin	3.1 Perubahan Tekanan	Temperatur Naik		Temperratur Turun
	3.2 Piston Tertarik	Arah Aksial	Arah Radial	Kombinasi Arah Aksial Radial

3.9 Penentuan Varian Terbaik

Dalam tahap identifikasi varian terbaik, penelitian ini mengulas beragam varian yang dapat diterapkan pada mesin Stirling, termasuk varian fungsi, bentuk, dan fisik. Selanjutnya, kami membuat tabel untuk mengevaluasi varian-varian tersebut dengan mempertimbangkan keunggulan dan kelemahannya. Varian-varian ini berasal dari mesin-mesin Stirling yang telah ada serta dari penelitian terdahulu yang berkaitan dengan perancangan mesin Stirling. Dalam perancangan mesin Stirling, beberapa komponen memiliki varian-varian dengan kelebihan dan kekurangan masing-masing, oleh karena itu, beberapa varian komponen yang digunakan dan varian-varian yang terbentuk akan diuraikan.

Tabel 3.5 Varian Fungsi

No	Varian Fungsi	A	B
1	Sumber Panas	Kompor Bahan Bakar Minyak	Kompor Bahan Bakar Sampah
2	Pipa Generator	Menggunakan Isolasi	Tidak Menggunakan Isolasi
3	Daya Output	Langsung Digunakan	Disimpan di Baterai

Dari tabel varian diatas didapat beberapa varian. Pada rancangan mesin stirling dalam satu alat jadi. Adapun varian yang didapat adalah:

Tabel 3.6 Varian Mesin Stirling Alpha Inovasi Desain

No	Varian	Keterangan
1	(1A-2A-3A)	Kompor Bahan Bakar Minyak – Menggunakan Isolasi Pipa – Langsung Digunakan
2	(1A-2A-3B)	Kompor Bahan Bakar Minyak – Menggunakan Isolasi Pipa – Disimpan di Baterai
3	(1A-2B-3A)	Kompor Bahan Bakar Minyak – Tidak Menggunakan Isolasi Pipa – Langsung Digunakan
4	(1A-2B-3B)	Kompor Bahan Bakar Minyak – Tidak Menggunakan Isolasi Pipa – Disimpan di Baterai

No	Varian	Keterangan
5	(1B-2A-3A)	Kompor Bahan Bakar Sampah – Menggunakan Isolasi Pipa – Langsung Digunakan
6	(1B-2B-3B)	Kompor Bahan Bakar Sampah – Tidak Menggunakan Isolasi Pipa – Disimpan di Baterai
7	(1B-2B-3A)	Kompor Bahan Bakar Sampah – Tidak Menggunakan Isolasi Pipa – Langsung Digunakan
8	(1B-2A-3B)	Kompor Bahan Bakar Sampah – Menggunakan Isolasi Pipa – Disimpan di Baterai

Setelah didapat banyak varian, selanjutnya varian–varian tersebut di pilih menjadi varian terbaik sesuai spesifikasi kebutuhan rancangan dengan menggunakan tabel solusi dan subfungsi.

Tabel 3.7 Solusi dan Subfungsi

Pemilihan Varian Terbaik								
VARIAN-VARIAN	(+)						Ya	Keputusan
	(-)						Tidak	(+) Solusi dilanjutkan
	(?)						kurang informasi	(-) Solusi ditolak
	(!)						Tinjau kembali	(?) Kumpulkan informasi
							Daftar spesifikasi	(!) Tinjau kembali
	Kompatible untuk fungsi keseluruhan							Keputusan
	Memenuhi kebutuhan spesifikasi							
	Secara prinsip dapat diwujudkan							
	Safety							
	Lebih sederhana							
Informasi memadai								
	A	B	C	D	E	F	Keterangan	
V1	+	-	+	+	-	+	Bahan Bakar Terancam Langka	-
V2	!	-	+	+	-	?	Bahan Bakar Terancam Langka, Kurang Sederhana, dan Kurang Informasi	-

V3	+	-	+	-	!	+	Bahan Bakar Terancam Langka dan Panas Dapat Terbuang	-
V4	!	-	+	-	-	?	Bahan Bakar Terancam Langka, Kurang <i>Safety</i> , Panas Dapat Terbuang dan Kurang Sederhana	-
V5	+	+	+	+	+	+	Varian Yang Diterima	+
V6	+	?	+	!	!	?	Panas Dapat Terbuang, Kurang Sederhana, dan Kurang <i>Safety</i>	-
V7	+	?	+	+	+	?	Panas Dapat Terbuang	-
V8	+	+	+	+	-	?	Kurang Sederhana dan Kurang <i>Safety</i>	-

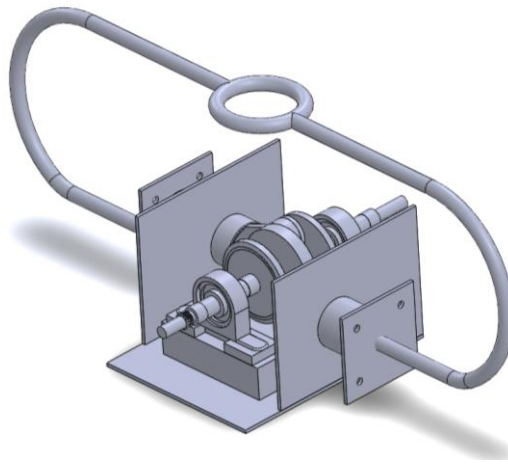
Penjelasan Varian :

1. Varian 1 tidak dipilih karena menggunakan sumber panas dari kompor bahan bakar minyak. Hal ini tidak dipilih dikarenakan sumber panas berasal dari energi fosil yang semakin menipis ketersediaannya.
2. Varian 2 tidak dipilih karena menggunakan sumber panas dari kompor bahan bakar minyak dan daya *output*-nya disimpan dibaterai. Hal ini dapat menyebabkan kesulitan bahan bahan bakar karena energi fosil yang menipis, pemakaiannya kurang sederhana, dan energi yang disimpan di dalam baterai kurang *safety* pada saat digunakan.
3. Varian 3 tidak dipilih karena menggunakan sumber panas dari kompor bahan bakar minyak dan tidak menggunakan bahan isolasi pada pipa generator. Hal ini diakibatkan karena bahan bakar terancam langka, dan panas dapat terbuang ke lingkungan
4. Varian 4 tidak dipilih karena menggunakan sumber panas dari kompor bahan bakar minyak, tidak menggunakan isolasi pipa dan daya *output*-nya disimpan di dalam baterai. Hal ini karena bahan bakar terancam langka, panas dapat terbuang ke lingkungan, kurang *safety*, dan pemakaian kurang sederhana.
5. Varian 5 dipilih karena sesuai dengan spesifikasi rancangan. Menggunakan kompor bahan bakar sampah sebagai sumber panas, karena bahan bakar yang digunakan adalah bahan bakar alternatif. Isolasi pipa generator dipilih karena

- agar meminimalisir terbuangnya panas ke lingkungan. Daya *output*-nya langsung digunakan karena pemakaiannya lebih sederhana dan lebih *safety*.
6. Varian 6 tidak dipilih karena tidak menggunakan bahan isolasi pada pipa generator, dan daya *output*-nya disimpan di dalam baterai. Hal ini membuat panas dapat terbuang ke lingkungan pada saat mesin beroperasi, kurang *safety*, dan pemakaian yang kurang sederhana.
 7. Varian 7 tidak dipilih karena tidak menggunakan bahan isolasi pada pipa generator. Hal ini membuat panas dapat terbuang ke lingkungan.
 8. Varian 8 tidak dipilih karena daya *output* disimpan di dalam baterai. Hal ini membuat pemakaian kurang sederhana dan kurang *safety* pada saat energi akan digunakan.

3.10 Rancangan Mesin Stirling Tipe Alpha Inovasi Desain Sudut Fasa 180°

Berikut ini adalah rancangan mesin stirling tipe alpha inovasi desain sudut fasa 180° yang akan dibuat.



Gambar 3.6 Rencana Desain Mesin Stirling Tipe Alpha Sudut Fasa 180° Berbasis Limbah Sampah Inovasi Ruang Bakar dan Isolasi Pipa Generator