

# MANUFAKTUR *STIRLING ENGINE* SEBAGAI PENGGERAK GENSET BERBAHAN BAKAR GAS

Eko Prasetyo S.T., M.T.<sup>\*1)</sup>, Nandang Saputra<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup>Teknik mesin, Teknik, Universitas Pancasila, Jl. Raya Lenteng Agung No 56-80, Jakarta Selatan, 12640, Indonesia

email : eko170424@gmail.com, nandang432@gmail.com

## ABSTRAK

Indonesia, memiliki banyak sumber energi yang dapat digunakan sebagai penggerak generator. Energi panas yang mudah didapatkan dan menghasilkan panas yang tinggi adalah bahan bakar gas. *Stirling engine* adalah sebuah mesin penggerak yang digerakkan oleh panas. Di Indonesia masih sedikit yang meneliti dan membuat *Stirling engine* sebagai penggerak generator yang menghasilkan listrik. Berdasarkan hal tersebut maka akan dirancang dan dibuat *Stirling engine* sebagai penggerak generator berbahan bakar gas. Metode yang digunakan pada pembuatan *Stirling engine* yaitu menggunakan metode *Design For Manufacturing and Assembly* (DFMA). Proses pembuatan komponen menggunakan mesin bubut, mesin frais, mesin gurdi, mesin potong. Proses perakitan menggunakan las listrik (SMAW), serta baut dan mur. Berdasarkan uji fungsional masing-masing part berfungsi dengan baik, namun saat diuji kinerja *stirling engine* tidak dapat bergerak. Berdasarkan OPC, waktu yang dibutuhkan untuk membuat *Stirling engine* adalah 35 jam 50 menit.

**Kata kunci** : DFMA, energi panas, generator, *Stirling engine*

## 1. Pendahuluan

Listrik merupakan kebutuhan pokok dalam kehidupan masyarakat zaman ini. Energi listrik banyak sekali kegunaannya seperti menhidupkan lampu, menggerakkan motor dan lain sebagainya. Angin, air, limbah gas, uap, panas matahari, panas bumi dan lain sebagainya adalah energi yang dapat menghasilkan listrik. Kebutuhan masyarakat akan listrik dan kekayaan sumber daya alam yang kita miliki dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi untuk menghasilkan listrik. (Ivan Niell Deetlefs, 2014)

Indonesia, memiliki banyak sumber energi yang dapat digunakan sebagai penggerak generator. Energi panas yang mudah didapatkan dan menghasilkan panas yang tinggi adalah bahan bakar gas. *Stirling engine* adalah sebuah mesin penggerak yang digerakkan oleh panas. Di Indonesia masih sedikit yang meneliti dan membuat *Stirling engine* sebagai penggerak generator yang menghasilkan listrik. Berdasarkan hal tersebut maka akan dirancang dan dibuat *Stirling engine* sebagai penggerak generator berbahan bakar gas.

### 1.1 Tujuan

Secara umum tujuan penulisan tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

- a. Pembuatan dan perakitan komponen-komponen *stirling engine* dan transmisi penggerak
- b. Pengujian fungsional dan kinerja pembangkit listrik berbasis *stirling engine* berbahan bakar gas

### 1.2 Batasan Masalah

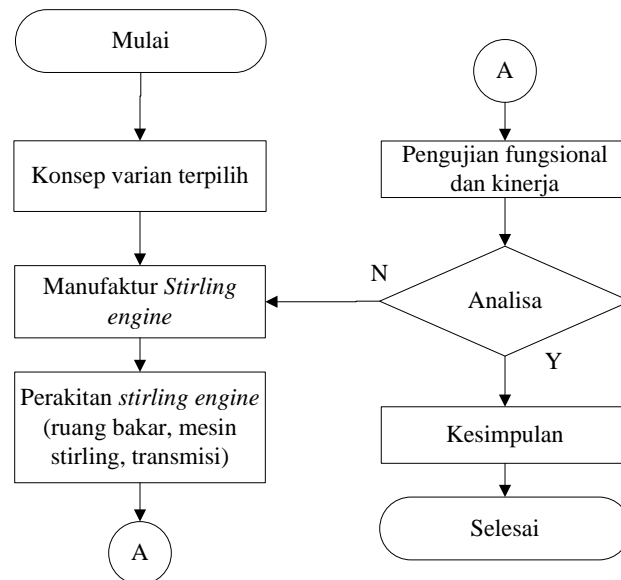
Berdasarkan latar belakang diatas, maka permasalahan yang ada saat ini adalah:

- a. Bahan bakar pada *stirling engine* adalah pembakaran gas elpiji 3 kg
- a. *Stirling engine* menggunakan konfigurasi gamma
- b. *Stirling engine* dibuat dari hasil perancangan tim tugas akhir lainnya
- c. pembuatan komponen dilakukan di lab teknik mesin

## 2 Metode

### 2.1. Alur penelitian

Alur penelitian bertujuan untuk merancang apa saja kegiatan yang akan dilakukan pada pembahasan. pada penelitian ini dimulai dari konsep varian terpilih yang telah dirancang oleh tim tugas akhir kemudian dilakukan pembuatan komponen. Setelah itu dilakukan proses perakitan komponen kemudian diuji dan dilakukan analisa. setelah dianalisa didapatkan kesimpulan mengenai penelitian ini.



Gambar 1. Diagram alir penelitian

## 2.2. Penjelasan alur penelitian

### a. Konsep varian terpilih

pada penelitian ini proses perancangan sudah dilakukan oleh tim tugas akhir dan didapatkanlah varian terpilih dengan nilai tertinggi. Luaran dari varian terpilih tersebut adalah gambar teknik detail perkomponen serta analisa kekuatan yang didapatkan

### b. Manufaktur *stirling engine*

Pada tahap ini dilakukan pembuatan setiap komponen dan dijelaskan perhitungan permesinan pembuatan komponen tersebut. luaran dari perhitungan ini adalah SOP (*Standart Operation Process*). sehingga pada tahap perakitan dapat dihitung jumlah waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan satu unit *stirling engine*

### c. Perakitan *stirling engine*

Pada proses perakitan didapatkan masukan waktu dari SOP yang kemudian akan disajikan dalam bentuk OPC (*Operation Process Chart*) agar terlihat proses pembuatan hingga mesin tersebut jadi. perakitan ini merupakan perakitan seluruh komponen yang telah dibuat mulai dari ruang bakar, *stirling engine*, transmisi serta alternator untuk menghasilkan listrik

### d. Pengujian alat

Pengujian alat terbagi menjadi 2 yaitu :

#### 1) pengujian fungsional

Menguji setiap komponen apakah berfungsi dengan baik atau tidak.

#### 2) Pengujian kinerja

Menguji kinerja setiap komponen dan secara keseluruhan sehingga dapat menghasilkan output yang maksimal

### e. Analisa

Menganalisa kekurangan pada setiap tahapan hingga pengujian. jika dibutuhkan adanya dimodifikasi maka akan dilakukan perbaikan. jika waktu tidak cukup sampai

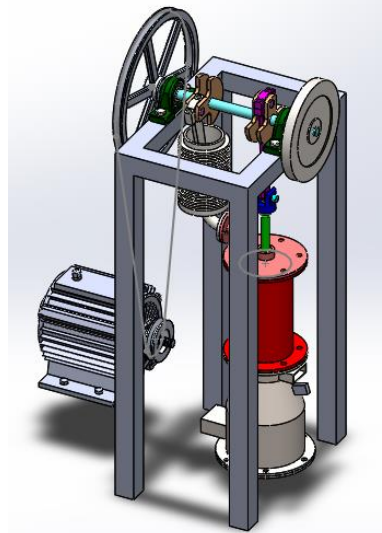
batas waktu yang ditentukan maka akan dijadikan saran untuk pengembangan selanjutnya.

f. kesimpulan

Seluruh data-data yang telah terkumpul baik dalam perhitungan waktu pembuatan, SOP, OPC, serta pengujian semua akan tertulis pada laporan guna menarik kesimpulan dari penelitian.

### 3 Hasil dan Pembahasan

Pada penelitian ini proses perancangan sudah dilakukan oleh tim tugas akhir dan didapatkanlah varian terpilih dengan nilai tertinggi. Luaran dari varian terpilih tersebut adalah gambar teknik detail perkomponen serta analisa kekuatan yang didapatkan.



Gambar 2. Stirling engine tipe gamma berbahan bakar gas

#### 3.1 Pembuatan komponen

berikut ini adalah komponen yang dibuat serta waktu perhitungan permesinannya masing-masing.

Tabel 1 Waktu permesinan




| No | Nama komponen                                | Waktu permesinan |
|----|--|------------------|
| 1  | Tutup bawah silinder <i>displacer</i>        | 8,9375 menit     |
| 2  | Silinder <i>displacer</i>                    | 40,4061 menit    |
| 3  | <i>Flange</i> atas silinder <i>displacer</i> | 2,8363 menit     |
| 4  | <i>Slider displacer rod</i>                  | 15,0909 menit    |
| 5  | Tutup silinder <i>displacer</i>              | 10,3636 menit    |
| 6  | Tutup <i>displacer</i> atas                  | 2,8242 menit     |
| 7  | Tutup <i>displacer</i> bawah                 | 2,6424 menit     |
| 8  | Pipa <i>displacer</i>                        | 31,5151 menit    |
| 9  | <i>Displacer rod</i>                         | 26,3272 menit    |
| 10 | <i>Connecting displacer rod</i>              | 23,0000 menit    |
| 11 | Pin <i>connecting rod</i>                    | 4,6636 menit     |
| 12 | Pipa <i>connecting rod</i>                   | 5,2545 menit     |
| 13 | <i>Clamp connecting displacer</i> atas       | 5,2545 menit     |
| 14 | <i>Clamp connecting displacer</i> bawah      | 5,2545 menit     |
| 15 | Bantalan <i>connecting rod</i>               | 11,3636 menit    |
| 16 | Tutup piston                                 | 9,0909 menit     |

|    |                         |               |
|----|-------------------------|---------------|
| 17 | Tutup regenerator       | 6,2909 menit  |
| 18 | Flange regenerator      | 7,2727 menit  |
| 19 | Silinder regenerator    | 16,7272 menit |
| 20 | crankweb                | 7,0545 menit  |
| 21 | Pin crankshaft          | 9,6727 menit  |
| 22 | Poros tengah crankshaft | 13,3090 menit |
| 23 | Poros flywheel          | 28,4363 menit |
| 24 | Poros puli              | 29,9272 menit |

### 3.2 OPC Stirling engine

Berdasarkan perhitungan pembuatan dan perakitan *stirling engine*. dimana luaran dari OPC ini adalah jumlah kegiatan serta waktu yang dibutuhkan untuk membuat 1 unit *stirling engine*. Berikut adalah ringkasan data OPC yang telah dibuat:

**Tabel 2** OPC Stirling engine

| Kegiatan   | Jumlah | Waktu (menit) |
|--|--------|---------------|
|  operasi    | 119    | 1810          |
|  pengecekan | 22     | 110           |
|  Perakitan  | 15     | 230           |
| Jumlah   | 156    | 2150          |




Dari jumlah kegiatan di OPC total kegiatan yang dilakukan adalah 156 dan waktu untuk membuat 1 unit *stirling engine* adalah 2150 Menit atau sama dengan 35 jam 50 menit.






### 3.2 Pengujian

#### 1. Pengujian fungsional

Pengujian fungsional alat dilakukan untuk memastikan alat tersebut berfungsi secara normal. berikut adalah hasil dari uji fungsional.

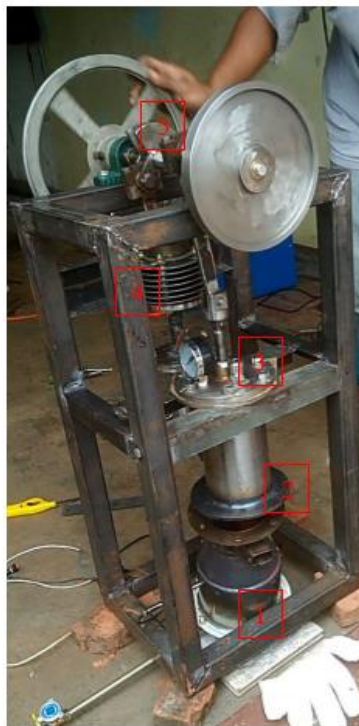
**Tabel 3** Pengujian fungsional

| No | Komponen    | Fungsi   | Status uji | Gambar   | Keterangan |
|----|-------------|--|------------|--|------------|
| 1  | Piston      | Berfungsi untuk meneruskan gaya dari <i>displacer</i>          | Berfungsi  |  |            |
| 2  | Crank shaft | Berfungsi untuk merubah gerakan linier menjadi gerakan putaran | Berfungsi  |  |            |
| 3  | Displacer   | Berfungsi untuk mendiring fluida menuju piston power           | berfungsi  |   |            |

|   |                                |  |           |  |   |
|---|--------------------------------|--|-----------|--|---|
| 4 | <i>Connecting rod</i>          | Berfungsi untuk mentransmisikan tenaga dari <i>displacer</i> maupun piston | Berfungsi |    |   |
| 5 | puli                           | Berfungsi untuk mentransmisikan daya dari penggerak menuju alternator      | Berfungsi |    |   |
| 6 | Bantalan <i>connecting rod</i> | Berfungsi sebagai bantalan <i>connecting rod</i> agar tidak aus            | berfungsi |    |   |
| 7 | <i>Regenerator</i>             | Berfungsi untuk menyimpan panas  | Berfungsi |   |   |
| 8 | <i>Slider displacer rod</i>    | Berfungsi sebagai landasan luncur <i>displacer rod</i>                     | berfungsi |  | Jika ditambah <i>seal</i> pergerakan <i>displacer rod</i> membutuhkan gaya yang besar. jika tidak menggunakan <i>seal</i> terjadi kebocoran udara |

## 2. Uji kinerja

Pengujian kinerja dilakukan dengan mengoperasikan *stirling engine* secara keseluruhan. masing-masing sistem digabungkan lalu diuji secara menyeluruh. siklus kerja *stirling engine* dimulai sejak pembakaran dari *burner* di ruang bakar.



**Gambar 3** Proses kerja *stirling engine*

**Tabel 4** Proses kerja *Stirling engine*

| No    | Proses  | keterangan      |
|-------|---|-----------------|
| 1     | Pembakaran silinder <i>displacer</i>            | Normal          |
| 2     | Dispalcer mendorong <i>connecting rod</i>       | Tidak mendorong |
| 3     | <i>Connecting rod</i> memutar <i>crankshaft</i> | Tidak memutar   |
| 4     | Piston menggerakkan <i>crankshaft</i>           | Tidak memutar   |
| 5     | <i>crankshaft</i>                               | Tidak berputar  |
| Total |   | 15 menit        |

Pengujian dilakukan selama 15 menit operasi. burner membakar silinder *displacer* hingga suhu 480 °C namun *displacer* tidak ada pergerakan. jika dibantu putaran awal secara manual juga tidak membuat *stirling engine* bergerak. terjadi kebocoran udara pada slider *displacer rod*.

#### 4. Simpulan

Pada proses pembuatan *stirling engine* dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Proses pembuatan *stirling engine* yaitu menggunakan mesin bubut, mesin frais, mesin gurdi, *cut off wheel* dan metode penyambungan yang digunakan adalah sambungan baut dan las listrik SMAW
2. Berdasarkan OPC waktu yang dibutuhkan untuk membuat *stirling engine* adalah 35 jam 50 menit dengan total kegiatan 156
3. Berdasarkan hasil uji fungsional *stirling engine*, masing masing komponen berfungsi dengan baik. namun saat diuji kinerja *stirling engine* tidak dapat bergerak

### Daftar Pustaka

- Agri Suwandi, Teddy Muhammad Rizky, Febby Yandra. (2017). Rancang Bangun Alat Bantu Panjat Pohon Kelapa Untuk Meningkatkan Produktivitas Petani Kelapa, Jurusan Teknik Mesin, Universitas, Pancasila, Jakarta.
- Angit, Yulianto M. (2010). Perencanaan Termodinamika *Stirling engine Type Alpha* Dengan Konfigurasi V-90, Skripsi Tugas Akhir Teknik Mesin, Institut Teknologi Nasional Bandung.
- Anisa Rachman. (2013). Perancangan *Stirling Engine* Tipe Beta Menggunakan Teori Schmidt, Skripsi Tugas Akhir Teknik Mesin Universitas Lampung, 2017.
- Boothroy, G, Dewust, P., & Knight W. A. (2011). *Product Design For Manufacture And Assembly*. Florida, CRC Press.
- Harry Iqbal Al-Fikri, Analisis Pembangkit Listrik Dengan Generator Stirling, Universitas Tanjungpura, Program Studi Teknik Elektro.
- Ivan Niell Deetlefs. (2014). *Design, Simulation, Manufacture And Testing Of A Free-Piston Stirling Engine, Thesis Of Mechanical And Mechatronic Engineering, Stellenbosch University, South Africa*.
- K.G. Maheswaran, M. Ameer Ahamed, N.T. Karthikeyan, R. Balachander. (2017). *Design And Manufacture Of Beta Stirling Engine*, Department Of Mechanical Engineering KCG College Of Tehcnology, India.
- R. S. Khurmi And J. K. Gupta. (2005). *Machine Design*, New Delhi, Ram Nagar: Eurasia Publishing House (PVT.) LTD.
- Sularso, Ir Dan Suga Kiyosaki. (1991). Dasar Perencanaan Dan Pemilihan Elemen Mesin, Cetakan Ketujuh, PT. Pradnya Paramita, Jakarta.
- Walker G. And Khan M. I. (1965). *Theoretical Performance Of Stirling Cycle Engine, Paper No. 949A, Proceedings Of SAE International Automotive Congress, Detroit*.
- Widarto, B. S. Wijanarka, Sutopo And Paryanto. (2008). Teknik Permesinan, B. Santosa, Ed., Jakarta: Direktorat Jenderal Manajemen Pendidikan Dasar Dan Menengah Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan Departemen Pendidikan Nasional.
- Widodo. (2013). Studi Eksperimen Output Daya Pada Motor Stirling TD 295 Tipe Gamma Dengan Menggunakan *Stirling Engine Control V.1.5.0*, Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Batam, Batam.
- Zulfi Farida Alfianti. (2016). Desain Dan Pembuatan Mesin Stirling Tenaga Matahari Dengan Memanfaatkan Pemanas Matahari Tipe Box Untuk Pembangkit Listrik, Skripsi Tugas Akhir Jurusan Fisika Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim, Malang.