

# PERANCANGAN *STIRLING ENGINE* SEBAGAI PENGGERAK GENERATOR SET BERBAHAN BAKAR GAS

Eko Prasetyo ST. MT. \*<sup>1)</sup> Achmad Syahril<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup>Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Mesin, Universitas Pancasila, Jl.Srengseng Sawah, Jagakarsa, Jakarta Selatan 12640/ Telp. (021) 7864730 Ext.101 / Fax.(021) 7270128, 7270128, 7272290, Indonesia  
Email : syahril.syafaat82@gmail.com

## ABSTRAK

*Stirling engine* merupakan sebuah mesin dengan sistem pembakaran luar yang prinsip kerjanya berdasarkan prinsip peredaran termodinamika. Dengan kata lain sumber kalor apapun yang digunakan, selama temperaturnya cukup tinggi, akan bisa menggerakkan *Stirling engine*, *Stirling engine* merupakan jenis pembakar luar dengan siklus tertutup yang mengubah energi panas menjadi energi gerak dengan menggunakan udara atau gas sebagai fluida kerjanya. Pada penelitian ini dirancang bangun *Stirling engine* dengan menggunakan bahan bakar gas dan menggunakan transmisi daya berupa pulli dan *v-belt* sehingga mesin ini tidak menimbulkan bising saat dioperasikan. Berdasarkan hasil perancangan mesin ini dapat menghasilkan daya 3,7630 kW, Torsi 6,5335 Nm dan efisiensi termal 98,95%

Kata kunci : Bahan Bakar Gas, Generator , Putaran Poros, rpm, *Stirling engine*, Varian

## 1. Pendahuluan

Pada saat ini pemanfaatan panas melalui berbahan bakar gas masih sangat sedikit dikembangkan oleh manusia, padahal energi panasnya masih dapat dikonversi kedalam bentuk energi lain. Sebagai contoh menipisnya jumlah sumber bahan bakar minyak di dunia dan kebutuhan bahan bakar minyak yang semakin meningkat, <sup>14</sup>merupakan masalah yang sampai saat ini belum dapat teratasi. Dalam hal ini *Stirling engine* mempunyai potensi untuk mengurangi penggunaan bahan bakar minyak, serta menggantikan sistem *engine* yang saat ini dinilai kurang efisien dan menyebabkan polusi udara yang dapat memicu pemanasan global. <sup>6</sup>Mesin – mesin ini bekerja dengan memanfaatkan sifat gas yang dipanaskan akan memuai kemudian saat didinginkan gas akan menyusut volumenya. Salah satu contoh siklus tertutup yang dapat digunakan dalam merancang mesin yang ramah lingkungan *Stirling engine*. <sup>1</sup>Mesin ini sebenarnya telah lama ditemukan namun perkembangannya saat itu kalah bersaing dengan mesin pembakaran internal. Kemudian dalam beberapa tahun terakhir ini *Stirling engine* kembali dilirik sebab sangat berpotensi untuk dikembangkan selain itu *Stirling engine* juga lebih efisien, hemat bahan bakar, ramah lingkungan serta tidak berisik.

Untuk itu kita sebagai mahasiswa teknik mesin harus mampu merancang atau menemukan alat yang mampu menghasilkan energi terbarukan , maka dari itu di buatlah perancangan *stirling engine* sebagai penggerak generator set berbahan bakar gas , untuk menghasilkan energi terbarukan dalam hal ini energi listrik.

### A. Rumusan Masalah

Adapun beberapa rumusan masalah yang didapat pada laporan ini adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana konsep perancangan *Stirling engine* tipe gamma, ?
2. Bagaimana perancangan detail *Stirling engine* ?
3. Bagaimana analisa perancangan *Stirling engine* dengan menggunakan *software Solidwork* ?

### B. Batasan Masalah

Adapun beberapa batasan masalah yang didapat pada laporan ini adalah sebagai berikut :

1. Merancang *Stirling engine* tipe gamma.

2. Simulasi perancangan menggunakan *software Solidwork*
3. Analisis ini diperbantukan dengan *Software Solidwork*

### C. Tujuan Penelitian

Tujuan penulisan laporan tugas skripsi ini adalah untuk :

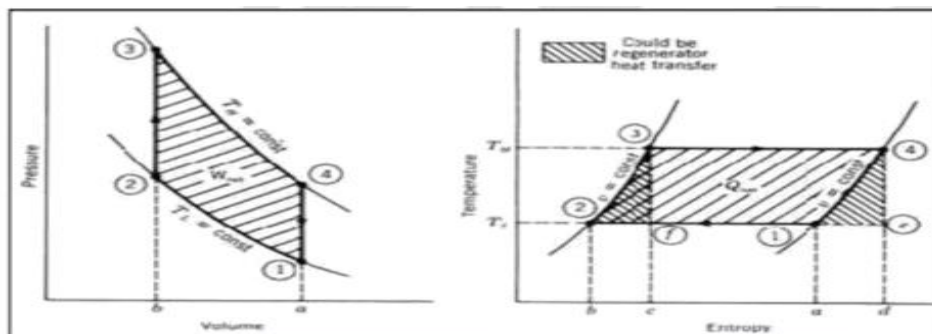
1. Perancangan konsep *Stirling engine* dengan metode VDI 2221
2. Perancangan detail *Stirling engine*
3. Analisa perancangan *Stirling engine* dengan menggunakan *software solidwork*

### D. Pengertian *Stirling engine*

<sup>1</sup>*Stirling engine* merupakan sebuah mesin dengan sistem pembakaran luar yang prinsip kerjanya berdasarkan prinsip peredaran termodinamika. <sup>2</sup>Dengan kata lain sumber kalor apapun yang digunakan, selama temperaturnya cukup tinggi, akan bisa menggerakkan *Stirling engine*. Secara prakteknya, siklus *stirling* berbeda dengan siklus teoritik yang di dalamnya terdapat proses dua temperatur konstan dan dua volume konstan.

### E. Siklus *Stirling Engine* Ideal

Siklus *Stirling engine* ideal <sup>1</sup>terdiri dari 4 (empat) proses yang dikombinasikan menjadi sebuah siklus tertutup, yaitu: dua proses *isothermal* dan dua proses *isochorik*. Proses-proses tersebut ditunjukkan pada diagram tekanan-volume (P- V) dan diagram temperatur- entropi (T- s). Luas area didalam diagram siklus *stirling* tersebut adalah kerja indikator yang dihasilkan dari siklus tersebut. Kerja dihasilkan oleh siklus hanya dihasilkan dari proses *isothermal*nya saja. Untuk memfasilitasi kontinuitas kerja dari dan menuju sistem, sebuah *Flywheel* harus diintegrasikan dalam rancangan *Stirling engine*. *Flywheel* berguna sebagai *storage device* untuk energi. Dalam siklus ini, panas harus ditransmisikan dalam seluruh prosesnya.

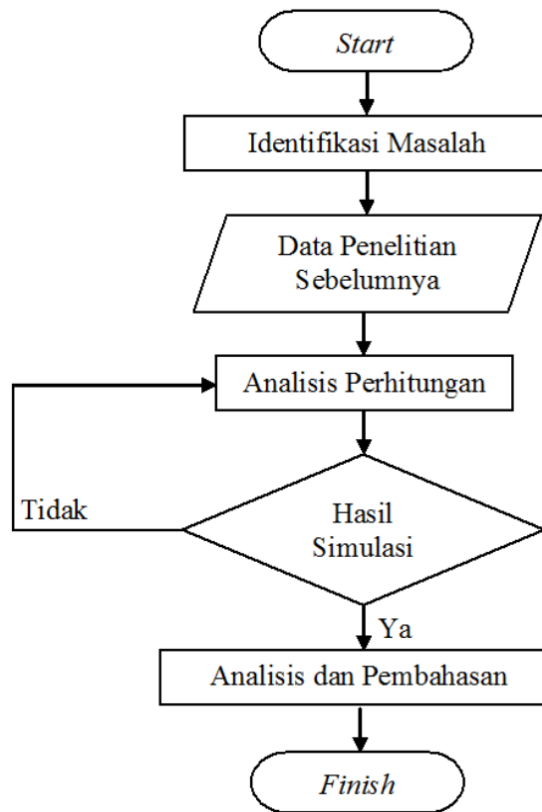


Gambar 1. Siklus *Stirling engine* Ideal dalam Diagram P- V dan diagram T- s

Kerja yang dihasilkan dari siklus *stirling* tertutup ideal direpresentasikan oleh luas area 1- 2- 3- 4 pada diagram P- V. Dari Hukum Pertama Termodinamika, kerja *output* harus sama dengan panas *input* yang direpresentasikan pada area 1- 2- 3- 4 di diagram T- S. Regenerator dapat digunakan untuk mengambil panas dari fluida kerja di proses 4- 1 dan mengembalikan lagi panas dalam proses 2- 3. Siklus *Carnot* memperlihatkan efisiensi teoritik dari sebuah siklus termodinamika.

### 2. Metode

Dalam metodologi penulisan akan dijelaskan tahapan analisa perhitungan termodinamika pada *stirling engine* melalui skema <sup>12</sup>diagram alir di bawah ini.



Gambar. 2 Diagram alir

Berikut ini adalah keterangan dari setiap proses yang dilakukan pada diagram alir proses perancangan *Stirling engine* :

1. Pengumpulan teori dan referensi

Mengumpulkan teori dan referensi yang berhubungan dengan *Stirling engine*, demimemahami karakteristik *Stirling engine* dengan mempertimbangkan beberapa jenis type *Stirling engine*

2. Membuat konsep perancangan *Stirling engine*

Metode perancangan yang digunakan adalah VDI 2221, maka perlu membuat beberapa konsep perancangan dari *Stirling engine* ditujukan untuk mendapatkan karakteristik *Stirling engine* yang terbaik.

3. Perhitungan Analisis Kekuatan

Melakukan perhitungan yang sudah dirancang untuk menghasilkan kekuatan pada *Stirling engine*

4. Varian Terpilih

Beberapa varian dalam perancangan konsep pada *Stirling engine* dan akan dipilih sesuai dengan karakteristik yang akan menjadi salah satu varian terpilih.

5. Gambar Teknik

Gambar yang dihasilkan dari perancangan detail untuk dijadikan pedoman pada saat pembuatan *Stirling engine*

6. Perancangan detail *Stirling engine*

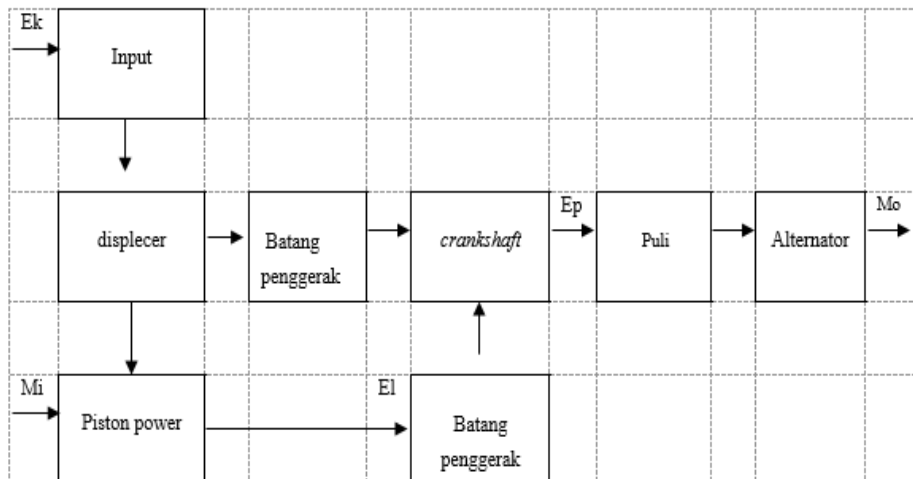
Merancang geometri dan dimensi *Stirling engine* yang terpilih dari desain varian yang terpilih. Bentuk dan konsep yang akan diaplikasikan kedalam *Stirling engine* sesuai konsep solusi yang telah dibuat.

7. Analisa perancangan

Membuat desain dan analisa *Stirling engine* pada varian terpilih yang telah dibuat dengan menggunakan *Software Solidwork*.

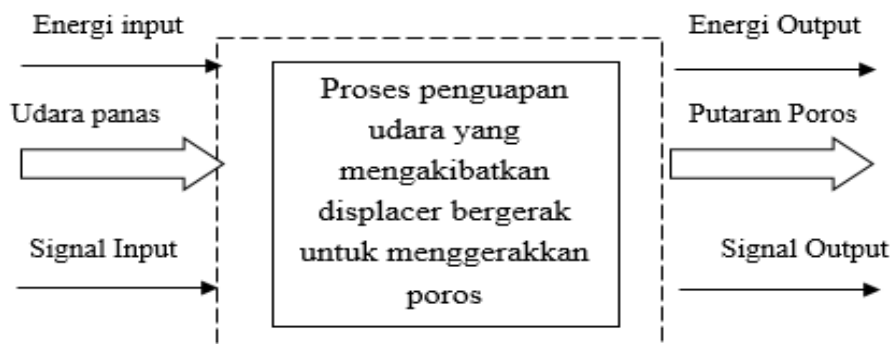
### 3. Hasil dan Pembahasan

#### Struktur fungsi dan Sub fungsi keseluruhan



Gambar 3. Struktur Fungsi Keseluruhan

Kemudian fungsi keseluruhan dipecahkan menjadi sub fungsi keseluruhan, sebagai berikut :



Gambar 4. Sub fungsi keseluruhan

#### Perhitungan Termodinamika

Kondisi Termodinamika yang digunakan dalam perancangan

- <sup>3</sup>Temperatur udara dalam silinder panas ( $T_E$ ), yaitu  $T_E = 550^\circ\text{C} = 823\text{ K}$  .  
Temperatur ini dicapai dengan menggunakan pembakaran dengan bahan bakar gas
- <sup>3</sup>Temperatur udara dalam silinder panas ( $T_E$ ), yaitu  $T_E = 550^\circ\text{C} = 823\text{ K}$ .  
Temperatur ini dicapai dengan menggunakan pembakaran dengan bahan bakar gas
- <sup>3</sup>Fluida kerja yang digunakan adalah udara dengan konstanta gas  $286\text{ J}/(\text{Kg.K})$
- Sudut antara silinder ekspansi dan silinder kompresi ( $dx$ ) =  $90^\circ$ , yang juga merupakan sudut fasa dari *Stirling Engine* yang dirancang.

- Pada silinder kompresi / silinder dingin (VDC) dan silinder ekspansi/silinder panas (VDE) adalah sama besar dengan spesifikasi sebagai berikut :
  - a) Diameter piston (D) = 65 mm = 0,0650 m
  - b) Panjang langkah/stroke (S) = 70 mm = 0,07 m
- Pada keadaan piston kompresi (VDC) dan ekspansi (VDE) terdapat panjang silinder sisa langkah 18,7620 mm atau volume silinder sebesar  $1,6590 \times 10^{-4} \text{ m}^3$
- <sup>3</sup>Pada silinder regenerator mempunyai dimensi D = 59mm dan P = 125 mm

**Efisiensi thermal ( $\eta_t$ ), dapat dihitung dengan persamaan (19)**

$$\eta_t = \frac{W_i}{W_E} = \frac{218,7713 \text{ J}}{221,7713 \text{ J}} = 0,9895$$

$$= 0,9895 \times 100\%$$

$$= 98,95\%$$

<sup>4</sup>Perbandingan reduksi ini dapat langsung dihitung dengan cara membandingkan putarannya yaitu dengan persamaan (20) :

$$i = \frac{n_1}{n_2} = \frac{550}{2200} = 0,25$$

$$\frac{N_2}{N_1} = \frac{d_1}{d_2}$$

$$\frac{2200}{N_1} = \frac{76,20}{304,80}$$

$$\frac{2200}{N_1} = 0,25$$

$$N_1 = 2200 \times 0,25 = 550 \text{ rpm}$$

**Perhitungan mengukur daya Power *stirling engine* dalam persamaan (21)**

Diketahui =

$$T = 6,5335 \text{ Nm}$$

$$N = 550 \text{ rpm}$$

Ditanya = P

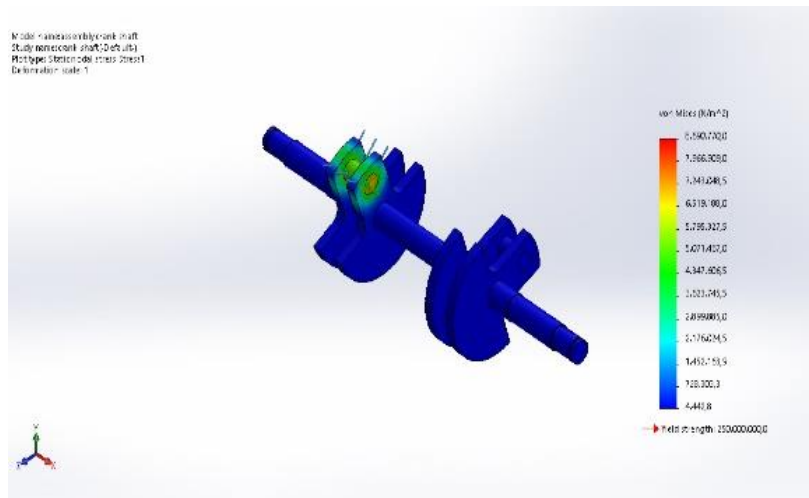
$$P = T \times 2\pi \frac{n}{6000}$$

$$P = 6,5335 \times 2\pi \times \frac{550}{6000}$$

$$P = 3,7630 \text{ kW}$$

## Simulasi Solidwork

### 1. Stress Simulasi Crank Shaft



Gambar 6. Stress Simulasi Crank Shaft

Pada hasil simulasi terdapat satu titik warna hijau, titik warna kuning dan titik warna oren. Titik oren adalah titik yang menunjukkan tingkat stress paling tinggi

## 4. Kesimpulan

1. Dalam pengembangan *stirling engine* tipe gamma ini dengan pergerakan struktur secara vertikal dapat meminimalisir getaran – getaran yang dihasilkan oleh *stirling engine*.
2. Perancangan *stirling engine* sebagai penggerak *generator set* berbahan bakar gas dapat menghasilkan daya sebesar 3,7630 kW.
3. Perancangan *stirling engine* sebagai penggerak *generator set* berbahan bakar gas dapat mengganti alat pembangkit listrik yang sebelumnya di gunakan , tentunya dalam skala kecil.
4. Perancangan *stirling engine* sebagai penggerak *generator set* berbahan bakar gas ini dapat di gunakan untuk mengganti alat pembangkit listrik sebagai upaya dalam menangani krisis energi.
5. *Software Solidwork* bisa digunakan untuk membantu dalam membuat suatu perancangan detail suatu rangkaian *stirling engine*, pada gambar *Crank shaft* simulasi *Stress* (beban) Minimal 4,4420 N/m<sup>2</sup>, untuk beban Maximal 8,6910 N/m<sup>2</sup>, jika beban lebih dari maximal maka akan terjadinya kerusakan.
6. Setelah dilakukan proses analisa dan hasil simulasi, maka didapatkan hasil spesifikasi sebagai berikut:
  - a. Langkah perpindahan panas: 3098751,34 W/m
  - b. Berat benda total : 33,2427 kg
  - c. Dimensi benda P x L x T : 400 mm x 286 mm x 948 mm
  - d. Daya yang dihasilkan : 3,7630 kW
  - e. Daya panas yang dibutuhkan : 700°C
  - f. Material Mesin : ASTM A36

## Saran

1. Perlu pengembangan lebih lanjut dalam hal desain mesin Stirling untuk menghasilkan daya yang lebih besar dan untuk penggunaan yang tepat.

2. Perlu dilakukan *maintenance* secara berkala untuk menjaga performa mesin dan untuk menunjang mobilitas mesin

### Daftar Pustaka

- Analisa Kelayakan Hasil Rancang Pembangkit Listrik Berbasis Mesin *Stirling* dengan *Decision Tree Analysis* sebagai Metode Pemilihan Tipe Mesin, Budiyanto Nugroho. (2012).
- Carpentier Urgel Ramuel. *Dust Valve And Trap*, Plattsburgh Foundry, Inc., Plattsburgh, N.Y. (1985).
- Carpentier Urgel Ramuel, *Dust Trap And Valve Therefor*, 3 Bailey Ave., Plattsburgh, N.Y. (1966).
- Harry Iqbal Al-Fikri, Analisa pembangkit listrik dengan generator *stirling*.
- Intan Putri Nazila. (2016) . Unjuk Kerja *Mesin Stirling* Tipe Gamma dengan Sumber Panas Reflektor Parabolik dan Sistem Aliran Air Pada Reservoir Rendah, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
- Khurmi, R. S., J. K. Gupta. (2005). *Machine Design*, Eurasia Publishing House (PVT.)Ltd, New Delhi.
- Maria Luiza Grillo Renó, Larissa Ferrini Ferrari Alves, José Carlos Escobar Palacio. (2017). *Environmental analyze of cement production with application of wastes*, Universidade Federal de Itajubá, Minas Gerais, Brazil.
- Perancangan Termodinamika dan Pengujian *Prototype* Motor *Stirling* Tipe Alpha ( $\alpha$ ) dengan Konfigurasi V-90, M Yulianto Anggit. (2010).
- Riyadi Prabowo Moecty, Galih Adityawan, Aziz Nurfadilah Artha. (2016). *Rekayasa Mesin Stirling* Untuk Pembangkit Listrik Tenaga Surya, Pelita, Volume XI, Nomer 2, Agustus.
- Roni Zakaria, Ilham Priadyatama, Nugroho Eka Budiyanto. (2013). Rancangan Mesin *Stirling* Memanfaatkan Komponen Mesin Lain yang Ada Di Pasaran Indonesia sebagai Pembangkit Listrik, *Performa*. Vol. 12, No. 1: 51-56.
- Syafriyudin , A.A.P. Sustatriawan, Murid Sabdulah, Fitono Gulo. (2013). Pembangkit Listrik Tenaga Panas Matahari Berbasis Mesin *Stirling* untuk Skala Rumah Tangga, Volume 6 nomer 2, Desember, 187 – 192.
- Widodo. (2013). Studi Eksperimen *Output* Daya pada Motor *Stirling* TD 295 Tipe Gamma dengan Menggunakan *Stirling Engine Control V.1.4.0*