

STUDI EKSPERIMEN *OUTPUT* DAYA PADA MOTOR STIRLING TD 295 TIPE GAMMA DENGAN MENGGUNAKAN STIRLING ENGINE CONTROL V.1.5.0 – 2013

¹Widodo

¹Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Batam
Parkway Street Batam Centre, Batam
widodo@polibatam.ac.id

Abstrak

Mesin stirling merupakan suatu mesin kalor yang digerakkan melalui siklus kompresi dan ekspansi pada fluida kerja dalam wujud gas. Pada prinsip kerjanya ada 3 tipe mesin stirling yaitu tipe Alpha, tipe Beta dan tipe Gamma. Secara umum skema kerja mesin ini, pada suhu yang berbeda fluida kerja terjadi perbedaan tekanan yang dapat menimbulkan perubahan energi panas menjadi energi kerja mekanik. Metode penelitian ini dilakukan secara ekperimental yaitu suatu metode yang digunakan untuk menguji pengaruh dari suatu perlakuan atau desain baru dengan cara membandingkan desain tersebut dengan desain tanpa perlakuan sebagai kontrol atau pembanding. Melalui variasi parameter bebas yang meliputi putaran motor dan temperatur *inlet water* tanpa di lakukan pengulangan, selanjutnya tipe motor stirling yang di gunakan pada penelitian ini adalah tipe gamma dengan seri TD 295. Penelitian ini di lakukan dengan cara mengatur temperatur masukan air ke dalam sistem kemudian diambil nilai temperatur panas kerja pada engine dan temperatur air yang keluar dari sistem sekaligus jumlah rata – rata air yang masuk kedalam sistem tiap liter dalam menit. Dari hasil penelitian tersebut dapat di di simpulkan bahwa pada putaran motor 275 Rpm, temperatur masukan air 31,90 C dan *flow rate* 4,30 l/min menghasilkan daya output sebesar 569, 18 Watt.

Kata kunci : Mesin *stirling*, Putaran motor, Temperatur *inlet water*

1. Pendahuluan

Konsumsi per kapita sumber energi non-terbarukan di bumi, yang meliputi gas, minyak bumi dan batu bara, merupakan salah satu kekayaan ekonomi yang di miliki masyarakat atau negara yang ikut andil dalam pengelolaanya . Dengan semakin menipisnya sumber energi non terbarukan ini telah menjadi titik fokus penelitian para ilmuwan di seluruh

dunia. Salah satu studi untuk meningkatkan efisiensi mesin (seperti contoh pada mesin mobil atau pada pembangkit listrik,dll) dengan didorong oleh sumber energi non-terbarukan telah menjadi bidang yang sangat khusus yang menarik. Hal ini terkait dengan permintaan masyarakat untuk "produk hijau" semakin meningkat, karena faktor pemanasan global dan juga merupakan

upaya peningkatan untuk menghentikan atau mengurangi polusi.

Penggunaan bahan bakar fosil sebagai sumber energi menimbulkan dampak negatif pada lingkungan. Emisi yang ditimbulkan oleh sisa pembakaran minyak bumi mengandung gas-gas rumah kaca yang dapat menyebabkan pemanasan global. termasuk polutan-polutan yang bersifat racun bagi tubuh manusia. Diantaranya karbon monoksida (CO), karbon dioksida (CO₂), nitrogen oksida (NO_x), dan *unburned* hidrokarbon yang dihasilkan oleh motor bakar dalam (*internal combustion engine*). Salah satu upaya untuk mengoptimalkan kajian tersebut dan sebagai pengganti bahan bakar minyak tersebut adalah dengan Mesin Stirling. Mesin ini merupakan suatu mesin pembakaran eksternal yang menggunakan udara atau gas (helium, hydrogen, nitrogen, methanol dsb) sebagai fluida kerjanya, bekerja berdasarkan prinsip peredaran termodinamika (motor udara panas), ditemukan pada tahun 1816 oleh Robert Stirling, Kilmamock-Skotlandia. Jadi pada mesin Stirling, gas hanya disusutkan dan kemudian dikembangkan dengan pemanasan dari luar. Sebuah regenerator memungkinkan panas yang dihasilkan disimpan di dalam, sebagian menggantikan energi panas karena sedikitnya alih panas yang dimungkinkan melalui dinding *heat-exchanger*. Energi panas disimpan di dalam regenerator sementara gas penggerak menyusup ke ruangan yang

dingin, dan kemudian dilepaskan sewaktu kembali ke ruangan ekspansi. Ekspansi terjadi pada temperatur yang tinggi dan konstan, sangat ideal untuk setiap mesin. Kompresi terjadi pada temperatur rendah, dan hampir tidak ada energi panas yang hilang. Tenaga bersih yang dihasilkan akibat perbedaan antara pengembangan gas bertemperatur tinggi dan mengkompresi gas bertemperatur rendah. Mesin ini dapat membakar setiap bahan bakar padat (solid) atau cairan sebagai sumber pemanasannya. Hal ini menyebabkan mesin stirling sangat menarik, khususnya pada situasi dimana bahan bakar konvensional saat ini sangat mahal dan sulit untuk memperolehnya. Disamping itu karena mesin stirling demikian efektif dan sangat mudah pembuatannya, sehingga menjadi pilihan yang terbaik untuk sistem pembangkit listrik di beberapa negara berkembang. Studi eksperimen pada motor stirling tipe gamma TD 295 ini dilakukan dengan pengujian mesin stirling tersebut dengan bantuan software stirling engine control V.1.5.0 – 2013. Selanjutnya pengkerucutan lebih di tekankan pada putaran 212 Rpm dan 275 Rpm, temperatur masukan air dan temperatur panas pada engine. Tujuan dari penelitian ini adalah mengoptimalkan luaran daya pada putaran 212 Rpm dan 275 Rpm motor stirling type gamma TD 295 dengan melakukan peningkatan temperatur masukan air untuk dapat di aplikasikan di daerah kepulauan.

1.1 Prinsip Kerja

Cara kerja mesin ini memanfaatkan sifat dasar Udara yang akan memuai jika dipanaskan dan akan menyusut jika didinginkan. Dengan demikian akan terjadi siklus pemuaian dan penyusutan sehingga sebuah mesin dapat berputar. Dari definisi tadi dapat ditarik kesimpulan bahwa sebuah stirling engine akan bekerja atau berputar jika terdapat perbedaan temperatur. Perbedaan temperatur tersebut mengakibatkan adanya perbedaan

tekanan yang akhirnya menghasilkan ekspansi dari fluida kerjanya. Ekspansi inilah yang dimanfaatkan untuk dikonversi menjadi kerja oleh piston yang kemudian dihubungkan ke poros engkol (*crankshaft*) agar menjadi kerja mekanik. Poros engkol ini kemudian dihubungkan ke flywheel agar dapat terjadi siklus berikutnya.



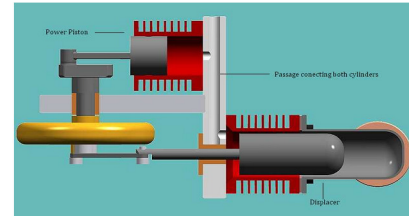
Gambar 1. udara dalam keadaan tekanan atmosfer (a), dipanaskan (b) dan didinginkan (c)

Mesin Stirling memiliki dua jenis yang dibedakan oleh cara memindahkan udara antara sisi panas dan dingin dari silinder:

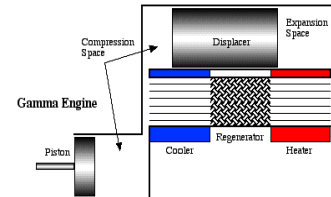
- Dua piston “**alpha**” desain jenis memiliki piston dalam silinder terpisah, dan gas didorong antara ruang panas dan dingin.
- Jenis mesin Stirling yang dikenal sebagai tipe “**beta dan gamma**”, menggunakan displacer (pemindah panas) mekanis yang telah terisolasi untuk mendorong gas kerja antara sisi panas dan dingin dari silinder. Displacer, cukup besar untuk mengisolasi sisi panas dan dingin dari silinder untuk menggantikan sejumlah besar gas. Jenis ini harus memiliki jarak yang cukup antara displacer dan dinding silinder, untuk memungkinkan gas mengalir di sekitar displacer dengan mudah.

1.2 Mesin Stirling gamma

Merupakan Tipe displacement (regeneratif), yaitu tipe beta dan gamma, menggunakan regenerator yang akan mendorong udara antara sisi panas dan dingin. Displacer itu cukup panjang untuk mengisolasi sisi panas dan dingin. Tipe beta berpiston power tunggal yang disusun dalam silinder yang sama pada poros yang sama sebagai piston displacer. Tipe itu mempunyai dua piston dalam silinder yang sama dan dihubungkan ke poros engkol yang sama. Satu sebagai piston power, satu lagi sebagai piston displacement. Tipe gamma lebih simpel. Kedua piston berada pada silinder terpisah, tetapi dihubungkan ke flywheel yang sama.



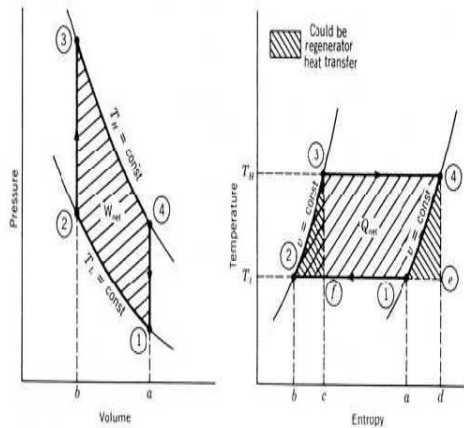
Gambar 1.2 CAD- Motor Stirling Gamma



Gambar 1.3 Skema Motor Stirling Gamma

1.3 Siklus Stirling Ideal

Pada gambar 2.3 memperlihatkan siklus stirling ideal. Siklus ini 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 isothermalnya saja. Untuk memfasilitasi kontinuitas kerja dari dan menuju sistem, sebuah flywheel harus diintegrasikan dalam rancangan mesin stirling. Flywheel berguna sebagai storage device untuk energi. Dalam siklus ini, panas harus ditransmisikan dalam seluruh prosesnya. (Borgnakke et al,2003).



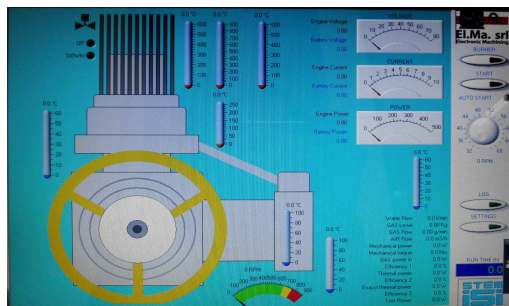
Gambar 1.4 Siklus Stirling Ideal dalam Diagram P-V and dan diagram T-s³

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.

1.4 Stirling Engine Control V.1.5.0 – 2013

Suatu piranti yang digunakan dalam aplikasi pengontrolan pada Motor Stirling tipe Gamma TD 295, dimana pada software ini terdapat beberapa item kontrol di antaranya:

1. Rotation Speed
2. Voltage and Current to Calculate torque
3. Fuel Consumption
4. Cooling Water Flow Rate
5. Inlet Cooling water temperatur
6. Oultet cooling water temperature
7. Gas temperatur



Gambar 1.5 Tampilan Engine Control V.1.5.0 – 2013

2. Pembahasan

Untuk Menentukan nilai luaran daya yang optimum pada motor stirling ini, maka dilakukan serangkaian percobaan terhadap variasi parameter yang meliputi putaran motor pada 212 Rpm, 275 Rpm dan temperatur inlet water 31,1°C, 31,2°C, 31,3°C, 31,4°C, 31,5°C, 31,6°C, 31,7°C, 31,8°C, 31,9°C menggunakan *Stirling Engine Control*. Adapun Spesifikasi mesin adalah sebagai berikut:

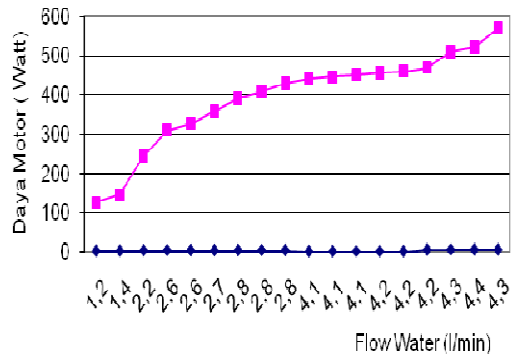
- a. Configuration : γ (Gamma)
- b. Number of Cylinder : 2 (1 Displacer; 1 Power)
- c. Displacement : 425 cc
- d. Work Gas : Azote

Dari hasil penelitian yang telah dilaksanakan didapatkan data melalui *Stirling Engine Control* seperti pada tabel 2.1

Tabel 2.1 Data Hasil Percobaan

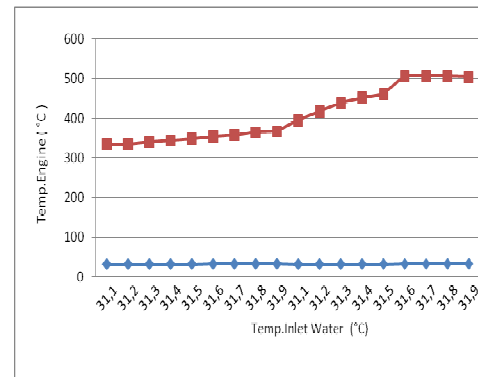
No	Putaran Motor (Rpm)	Temp. Inlet Water (°C)	Temp. Engine (°C)	Flow Water (l/min)	Daya Motor (Watt)
1	212	31,1	334,80	1,2	125,4
2	212	31,2	335,30	1,4	146,3
3	212	31,3	340,00	2,2	245,23
4	212	31,4	344,20	2,6	307,93
5	212	31,5	348,50	2,6	326,04
6	212	31,6	355,00	2,7	357,39
7	212	31,7	358,90	2,8	390,13
8	212	31,8	365,80	2,8	409,64
9	212	31,9	367,30	2,8	429,15
10	275	31,1	396,10	2,7	206,91
11	275	31,2	417,40	2,7	225,72
12	275	31,3	438,80	2,7	244,53
13	275	31,4	451,80	2,7	263,34
14	275	31,5	461,40	2,7	282,15
15	275	31,6	507,10	4,2	468,16
16	275	31,7	506,80	4,3	509,26
17	275	31,8	506,40	4,4	338,58
18	275	31,9	505,20	4,3	569,18

Dari data hasil percobaan di atas dapat di jelaskan grafik sebagai berikut:



Adapun pembacaan dari hasil analisis di atas adalah sebagai berikut:

Pengambilan data temperatur inlet water di mulai pada temperatur 31,1°C hingga 31,9°C tiap – tiap putaran motornya. Dalam hal ini putaran motor yang digunakan adalah 212 Rpm dan 275 Rpm. Dapat di jelaskan lebih lanjut pada Rpm 212 dengan temperatur 31,1°C hingga 31,9°C nilai temperatur engine berangsur –angsur mulai naik selaras dengan semakin menaikinya temperatur inlet waternya. Hal tersebut di pengaruhi karena dengan semakin besarnya temperatur water yang masuk ke dalam sistem maka proses pembakaran yang terjadi di dalam tungku burner titik apinya juga semakin besar. Selanjutnya pada grafik di bawah menjelaskan mengenai hubungan antara daya motor terhadap flow air yang bekerja di dalam sistem.



Dari grafik di atas dapat di jelaskan sebagai berikut:

Pada putaran 212 Rpm, kenaikan Flow water tiap liter per menit selaras dengan semakin naiknya temperatur yang masuk kedalam sistem, selanjutnya pada daya motor yang bekerja sesaat flow water berada pada 1.2 liter permenit hingga 2.8 liter permenit nilai daya motor pada sistem semakin meningkat, menginjak Rpm 275 dengan flow water 4.1 liter permenit, daya motor berangsur- angsur lebih meningkat kembali, hal tersebut di pengaruhi oleh kenaikan dari flow water kedalam sistem yang mengakibatkan kerja dari displacer dan engine lebih tinggi.

3. Kesimpulan.

Berdasarkan hasil percobaan dan pembahasan yang telah dilakukan, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Berdasarkan data percobaan yang di lakukan, kenaikan temperatur pada inlet waternya sangat berpengaruh terhadap temperatur pada engine maupun displacernya.

2. Dengan semakin besar dari flow water yang mengalir di dalam sistem, maka kerja dari displacer maupun pada piston lebih tinggi, sehingga daya motor yang dihasilkan juga semakin meningkat.
3. Hasil penelitian secara umum menunjukkan bahwa dengan bertambahnya putaran motor tepatnya pada 275Rpm, temperatur masukan air 31,9°C dan *flow rate* 4,30 l/min menghasilkan daya output sebesar 569, 18 Watt.
4. Soegihardjo. 2010. Perancangan Termodinamik Sirkuit Gas Motor Stirling FP150W dengan Metode Penskalaan. Universitas Kristen Petra.Surabaya
5. Snyman, CS. 2008. Design analysis methods for Stirling engines. Department of Mechanical and Mechatronic Engineering, University of Stellenbosch, South Africa

4. DAFTAR PUSTAKA

1. Tri,Januar N. 2013. Perancangan Dan Pembuatan Alat Peraga Mesin Stirling Di SMK PGRI 1 Surakarta. Universitas Atma Jaya Yogyakarta. Yogyakarta
2. Vineeth,CS.Stirling Engineer Beginner Guide. Department Of Mechanical Engineering. College of Engineering Thiruvananthapuram
3. Rizki,Ahda. 2013. Unjuk kerja *stirling* engine type Gamma 40cc terhadap variasi tekanan. Universitas Jember. Jember

