

**INOVASI RUANG BAKAR DAN ISOLASI PIPA GENERATOR
MESIN STIRLING TIPE ALPHA SUDUT FASA 180°
BERBASIS LIMBAH SAMPAH (ENERGI LIMBAH, UNTIRTA
MENUJU *GREEN CAMPUS*)**

Skripsi

Untuk memenuhi sebagian persyaratan mencapai drajat sarjana S1
Pada Jurusan Teknik Mesin Universitas Sultan Ageng Tirtayasa



Disusun Oleh:
MUHAMAD TRI PRAKOSO
3331170063

**JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SULTAN AGENG TIRTAYASA
2021**

TUGAS AKHIR

Inovasi ruang Bakar dan Isolasi Pipa Generator mesin Stirling Tipe Alpha Sudut Fasa 180° Berbasis limbah Sampah (Energi Limbah Sampah (Energi limbah, Untirta Menuju Green Campus)


Dipersiapkan dan disusun Oleh :

Muhamad Tri Prakoso
3331170063


telah dipertahankan di depan Dewan Penguji
pada tanggal, 23 Desember 2021

Pembimbing Utama


Dhimas Satria, S.T., M. Eng
NIP. 198305102012121006


Haryadi, S.T., M.T
NIP. 198712042008121004

Anggota Dewan Penguji


Dr. Dra. Rina Lusiani, MT
NIP. 195904141986032002


Shofiatul Ula, S.Pd.I., M.Eng.
NIP. 198403132019032009


Dhimas Satria, S.T., M. Eng
NIP. 198305102012121006


Haryadi, S.T., M.T
NIP. 198712042008121004

**Tugas Akhir ini sudah diterima sebagai salah satu persyaratan
untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik**



Tanggal, 05 Maret 2024
Ketua Jurusan Teknik Mesin UNTIRTA


Dhimas Satria, S.T., M.Eng
NIP. 198305102012121006

PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Yang bertanda tangan dibawah ini,

Nama : Muhamad Tri Prakoso

NPM : 3331170063

Judul : INOVASI RUANG BAKAR DAN ISOLASI PIPA GENERATOR MESIN
STIRLING TIPE ALPHA SUDUT FASA 180° BERBASIS LIMBAH SAMPAH
(ENERGI LIMBAH, UNTIRTA MENUJU *GREEN CAMPUS*)

Mahasiswa jurusan teknik mesin universitas sultan ageng tirtayasa.

MENYATAKAN

Bahwa skripsi ini hasil karya sendiri dan tidak ada duplikat dengan karya orang lain, kecuali untuk yang telah disebutkan sumbernya.

Cilegon, Desember 2021



Muhamad Tri Prakoso

NPM: 3331170063

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis sampaikan atas ke hadirat Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan hidayahnya sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan tugas akhir ini. Adapun tujuan dari penulisan dari laporan tugas akhir ini adalah untuk memenuhi persyaratan dalam menyelesaikan program Strata-1 (S1). Kemudian, laporan ini juga bertujuan untuk menambah wawasan tentang penelitian yang akan di bahas dan semoga bermanfaat bagi para pembaca dan juga bagi penulis. Laporan ini merupakan salah syarat penyelesaian studi dimana tugas akhir merupakan mata kuliah yang wajib ditempuh pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sultan Ageng Tirtayasa. Penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Imron Rosyadi, S.T., M.T., Selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin FT.UNTIRTA.
2. Bapak Dhimas Satria, S.T., M.Eng., Selaku Dosen Pembimbing I, terimakasih atas ilmu, waktu dan kesabaran dalam membimbing.
3. Bapak Haryadi, S.T., M.T., Selaku Dosen Pembimbing II, terimakasih atas ilmu, waktu dan kesabaran dalam membimbing.
4. Bapak Iman Saefullah, S.T., M.Eng., Selaku Dosem Pembimbing Akademik, atas kesabarannya dalam membimbing saya selama menjadi mahasiswa.
5. Seluruh Dosen dan Staf Jurusan Teknik Mesin FT.UNTIRTA yang tidak bisa disebutkan satu persatu, terimakasih atas bimbingan dan ilmu yang telah diberikan.
6. Kedua orang tua tercinta yang telah memberikan segalanya, nasehat, semangat, kasih sayang, doa dan materi yang tidak terhingga.
7. Kakak tercinta yang selalu mendukung secara moral dan mendoakan serta memberikan semangat yang luar biasa.
8. Kerabat dekat yang selalu memberikan semangat yang luar biasa.
9. Rekan-rekan Teknik Mesin Angkatan 2017 yang telah menemani selama masa perkuliahan ini.

Saran serta kritik yang membangun untuk penulis diharapkan dapat diberikan untuk mencapai hasil tugas yang lebih baik. Semoga tugas akhir ini bermanfaat bagi siapapun kedepannya.

Cilegon, 2021

Penulis

ABSTRAK

Berdasarkan isu limbah sampah yang semakin hari semakin menumpuk, dan berdasarkan isu energi fosil yang semakin hari semakin menipis, energi terbarukan dibutuhkan untuk menjadi suatu terobosan menjadi alternatif energi untuk dapat digunakan sebagai pengganti energi fosil. Mesin stirling dapat digunakan untuk mengurangi permasalahan limbah sampah sekaligus menangani menipisnya energi fosil. Mesin stirling merupakan mesin pembakaran luar yang memanfaatkan berbagai macam energi kalor untuk pengoperasiannya. Sampah-sampah yang dikumpulkan kemudian dibakar, dapat menjadi sumber kalor pada pengoperasian mesin stirling. Dalam merancang mesin stirling, dapat diketahui pada akhirnya yaitu faktor-faktor yang memengaruhi performa mesin stirling. Metode perancangan mesin stirling ini menggunakan metode *house of quality*, dengan mengumpulkan informasi-informasi yang dibutuhkan yang kemudian dihasilkan suatu spesifikasi. Selain itu dapat menggunakan teori *Schmidt* dan pendekatan-pendekatan termodinamika, temperatur yang cukup tinggi akan menghasilkan kerja pada mesin stirling. Spesifikasi yang didapat pada penelitian ini yaitu mesin stirling menggunakan suduf fasa 180^0 , menggunakan bahan bakar sampah dengan asumsi pembakaran sampah seluas 1m^2 , dengan dimensi mesin kurang dari 1m^2 , bobot mesin kurang dari 150kg. Faktor-faktor yang memengaruhi performa dari mesin stirling yaitu delta temperatur, isolasi pipa generator, kesilindrisan poros engkol, pelumasan komponen mesin, dan ketepatan sudut engkol mesin stirling..

Kata kunci: Energi, Faktor Performa, Limbah, Mesin Stirling.

ABSTRACT

Based on the issue of waste that is increasingly piling up, and based on the issue of fossil energy which is getting thinner day by day, renewable energy is needed to become a breakthrough into alternative energy that can be used as a substitute for fossil energy. The Stirling engine can be used to reduce the problem of waste while dealing with the depletion of fossil energy. Stirling engine is an external combustion engine that utilizes various kinds of heat energy for its operation. The collected waste is then burned, can be a source of heat in the operation of the Stirling engine. In designing a Stirling engine, it can be known in the end the factors that affect the performance of the Stirling engine. This Stirling engine design method uses the house of quality method, by collecting the required information which is then produced a specification. In addition, it can use Schmidt's theory and thermodynamic approaches, a sufficiently high temperature will produce work on the Stirling engine. The specifications obtained in this study are the Stirling engine using 180 degree phase angle, using waste fuel with the assumption of burning 1m² of waste, with engine dimensions of less than 1m², engine weight of less than 150kg. Factors that affect the performance of the Stirling engine are temperature delta, generator pipe insulation, crankshaft cylindricity, lubrication of engine components, and the accuracy of the Stirling engine crank angle.

Keywords: Energy, Factor of Performance, Waste, Stirling Engine.

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
LEMBAR PERNYATAAN	iii
KATA PENGANTAR	iv
ABSTRAK	vi
ABSTRACT	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xiii
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang Masalah	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan penelitian	3
1.4 Batasan Masalah	4
1.5 Manfaat Penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Kajian Pustaka	5
2.2 Mesin Stirling	8
2.2.1 Definisi Mesin Stirling	8
2.2.2 Prinsip Kerja Mesin Stirling	8
2.2.3 Siklus Ideal Mesin Stirling	8
2.2.4 Siklus Aktual Mesin Stirling	10
2.2.5 Jenis-Jenis Mesin Stirling	11
2.2.6 Bagian-Bagian Utama Mesin Stirling	13
2.3 Teori Perpindahan Panas	16
2.3.1 Konduksi	16
2.3.2 Konveksi	18
2.3.3 Radiasi	18
2.4 Generator	21

2.4.1	Generator Arus Bolak-Balik (AC)	21
2.4.2	Generator Arus Searah (DC).....	22
2.5	Persamaan Dalam Mendesain Elemen Mesin	23
2.5.1	Poros	23
2.5.2	Pasak	26
2.5.3	<i>Belt</i> dan <i>Pulley</i>	31
2.6	Uraian Produk Pesaing	35
2.7	Pendekatan Termodinamika Mesin Stirling	37
2.7.1	Teori <i>Schmidt</i>	37
BAB III METODOLOGI PENELITIAN		
3.1	Diagram Alir Penelitian	39
3.2	Metode <i>Quality Function Deployment (QFD)</i>	40
3.3	Menentukan <i>Design Requirement and Objective (DRO)</i>	40
3.4	Membuat <i>House of Quality</i>	42
3.5	Analisa dan Implementasi	42
3.6	Penentuan Spesifikasi	43
3.7	Penentuan Fungsi Tingkat	43
3.8	Penentuan Morfologi Fungsi	45
3.9	Penentuan Varian Terbaik	46
3.10	Rancangan Mesin Stirling <i>Type Alpha</i> Inovasi Desain Sudut Fasa 180 ⁰	49
BAB IV PEMBAHASAN		
4.1	Deskripsi Perancangan Mesin Stirling Tipe <i>Alpha</i> Inovasi Desain Sudut Fasa 180 ⁰	50
4.2	Perhitungan Isolasi Pipa Generator	51
4.2.1	Menghitung <i>Heat Loss</i>	52
4.2.2	Annalisa <i>Heat Loss</i> yang Terjadi	54
4.3	Desain Elemen Mesin	54
4.2.1	Perhitungan Poros	54
4.2.2	Perhitungan <i>V-Belt</i>	56
4.4	Kondisi Termodinamika yang Digunakan Dalam Perancangan ..	59
4.5	Parameter Berdasarkan Kondisi Termodinamika	60

4.6	Massa Udara yang Diperlukan Sebagai Fluida Kerja	61
4.7	Tekanan Ekstrim Siklus	63
4.8	Kerja Mesin Stirling	65
4.9	Efisiensi <i>Thermal</i> Mesin Stirling	67
4.10	Daya Mesin Stirling	67
4.11	Simulasi Kalkulasi Siklus Ideal Mesin Stirling	67
4.12	Hasil Pengujian Mesin Stirling	70
4.13	Analisa Pengaruh Kegagalan Mesin Stirling	71

BAB V PENUTUP

5.1	Kesimpulan	72
5.2	Saran	73

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Siklus Ideal Mesin Stirling	9
Gambar 2.2 Siklus Aktual Mesin Stirling	10
Gambar 2.3 Mesin Stirling Tipe Alpha	11
Gambar 2.4 Mesin Stirling Tipe Beta	13
Gambar 2.5 Mesin Stirling Tipe Gama	13
Gambar 2.6 <i>Heat Exchanger</i>	14
Gambar 2.7 Piston	14
Gambar 2.8 <i>Flywheel</i>	14
Gambar 2.9 Regenerator	15
Gambar 2.10 Kongsruksi Generator DC	22
Gambar 2.11 Prinsip Kerja Generator DC	23
Gambar 2.12 Jenis-Jenis Pasak	27
Gambar 2.13 Dimensi Pasak	28
Gambar 2.14 Skematik <i>Pulley</i> dan <i>Belt</i>	34
Gambar 2.15 Produk Pesaing Pertama	35
Gambar 2.16 Produk Pesaing Kedua	36
Gambar 2.17 Produk Pesaing Ketiga	37
Gambar 3.1 Diagram Alir	39
Gambar 3.2 Fungsi Tingkat Pertama	43
Gambar 3.3 Fungsi Tingkat Kedua Silinder Panas	44
Gambar 3.4 Fungsi Tingkat Kedua Isolasi Pipa Generator	44
Gambar 3.5 Fungsi Tingkat Kedua Silinder Dingin	45
Gambar 3.6 Rencana Desain Mesin Stirling Tipe Alpha Sudut Fasa 180° Berbasis Limbah Sampah Inovasi Ruang Bakar dan Isolasi Pipa Generator	49

Gambar 4.1	Prototipe Mesin Stirling	50
Gambar 4.2	Isolasi Pipa	51
Gambar 4.3	Grafik <i>Heat Loss</i>	54
Gambar 4.4	Ilustrasi Pembebanan Poros.....	55
Gambar 4.5	Skematik Rencana <i>Pulley</i> dan <i>Belt</i>	57
Gambar 4.6	<i>Calculator Input</i> Parameter	68
Gambar 4.7	Skematik Perpindahan Panas	68
Gambar 4.8	Hasil Analisa <i>Ideal Stirling Engine Calculator</i>	69

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 Konduktivitas Termal	17
Tabel 2.2 Tabel Pasak Standar	30
Tabel 3.1 <i>Design Requiremet and Objective</i>	41
Tabel 3.2 Skala Prioritas	41
Tabel 3.3 <i>House of Quality</i>	42
Tabel 3.4 Morfologi Fungsi	45
Tabel 3.5 Varian Fungsi	46
Tabel 3.6 Varian Mesin Stirling Alpha Inovasi Desain	46
Tabel 3.7 Solusi dan Subfungsi	47
Tabel 4.1 Nilai Pendekatan Koefisien Perpindahan Panas Konvektif Untuk Berbagai Aplikasi	52
Tabel 4.2 Dimensi Standar <i>V-belt</i> Berdasarkan <i>Indian Standars</i> (IS: 2494-1974).....	56
Tabel 4.3 Dimensi Standar <i>Pulley</i> Alur V Berdasarkan <i>Indian Standars</i> (IS: 2494-1974).....	57

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Latar belakang pada penelitian ini adalah karena didorong oleh dua isu utama yaitu isu limbah dan isu energi. Maka dari itu kedua isu tersebut menciptakan sebuah ide inovasi desain mesin stirling. Permasalahan energi yaitu jumlah sumber daya energi yang semakin berkurang, sementara sumber energi yang saat ini digunakan bergantung pada energi fosil yang masih tersisa dengan jumlah yang terbatas dan tidak dapat diperbaharui. Hal tersebut didasari dikarenakan energi fosil digunakan secara terus-menerus dan tidak sesuai dengan waktu terbentuknya energi fosil tersebut (Lewis, 1983). Untuk mengatasi permasalahan tersebut yaitu dengan mencari energi alternatif selain energi fosil, yang mudah didapatkan dan dapat diperbaharui.

Di sisi lain, masalah pengelolaan limbah menjadi perhatian utama karena merupakan isu yang signifikan, terutama di Fakultas Teknik Untirta yang menjadi salah satu kontributor besar limbah di daerah tersebut. Universitas tersebut, dengan komunitasnya, menghasilkan jumlah limbah yang besar setiap hari, terbagi menjadi dua jenis utama: organik dan anorganik. Keduanya dapat dibedakan menjadi limbah yang dapat didaur ulang dan yang tidak. Limbah-limbah ini berasal dari aktivitas mahasiswa dan warga kampus, baik dari dalam maupun luar kampus. Limbah organik terdiri dari materi yang dapat membusuk di lingkungan kampus, sementara limbah anorganik lebih sulit terurai dan memerlukan waktu yang lama. Limbah yang dapat didaur ulang meliputi plastik, kertas, kaleng, dan kardus, sementara yang tidak dapat didaur ulang adalah yang cepat membusuk, kecuali dari kategori yang dapat didaur ulang.

Sampah diatas jika dibuang ke Tempat Pembuangan Akhir (TPA) di satu kota maka dapat dilihat banyaknya kontribusi jumlah sampah yang masuk ke TPA hanya dari universitas saja. Sudah saatnya universitas menerapkan pengelolaan yang baik dari lingkungan yang terdidik dan meningga¹¹⁻⁻⁻

pengelolaan sampah yang hanya dibuang ke TPA sehingga dapat terwujud universitas yang hijau (*green campus*) yang nirlimbah.

Cara efektif mengurangi akumulasi sampah di Fakultas Teknik adalah dengan mengimplementasikan praktek daur ulang untuk mengubahnya menjadi barang yang memiliki nilai tambah. Terkait dengan masalah energi yang telah dibahas, mengubah limbah menjadi sumber energi alternatif merupakan langkah solutif terhadap dua masalah, yakni penumpukan sampah dan kekurangan sumber energi.

Penelitian ini juga dilatar belakangi oleh penyempurnaan pada penelitian sebelumnya yaitu penelitian rancang bangun mengenai mesin stirling tipe alpha dengan inovasi desain berbasis biomassa menggunakan kapasitas 100 watt. Penelitian ini mempunyai kelebihan dari penelitian sebelumnya yaitu mempunyai inovasi ruang bakar yang lebih efektif dalam penerapannya. Penelitian ini juga memiliki kelebihan lain yaitu menggunakan isolasi pipa generator agar udara panas tetap terjaga dan meminimalisir hilangnya panas ke lingkungan.

Mesin pembakaran luar memiliki keunggulan dalam kemampuannya untuk menggunakan berbagai jenis bahan bakar. Oleh karena itu, untuk mesin pembakaran luar direkomendasikan untuk aplikasi pemanfaatan sumber energi alternatif, termasuk penggunaan limbah (sampah) sebagai bahan bakar dalam mesin stirling, yang merupakan salah satu jenis mesin pembakaran luar yang dapat memanfaatkan panas dari berbagai sumber. Beberapa peneliti sebelumnya telah melakukan penelitian terkait dengan mesin stirling. (Gehlot, Nigam and Marmat, 2014), (Bhagat *et al.*, 2016), (Roldan, Pieretti and Rojas-Solorzano, 2010), (Siddiqui *et al.*, 2015), (Yuliyani and Irwan, 2013), (Syafriyudin *et al.*, 2013), (Alfianti, 2016).

1.2 Rumusan Masalah

Dari jawaban latar belakang permasalahan yang telah diuraikan sebelumnya, mengenai keterbatasan energi fosil, permasalahan pengelolaan limbah sampah di universitas, kelebihan mesin stirling yang dapat menggunakan berbagai macam sumber panas/kalor, kemudian mesin stirling

yang menggunakan sudut fasa 90° memiliki kelemahan pada silinder dinginya yang tegak lurus dengan silinder panas pada sumbu vertikal sehingga menyebabkan proses kompresinya melawan gravitasi dan menyebabkan mesin stirling tidak bekerja secara optimal, dan Mesin stirling tipe alpha yang ditingkatkan dengan inovasi sudut fasa 180° (yang merupakan perkembangan dari mesin stirling tipe alpha dengan sudut fasa 90°) masih memiliki kelemahan terkait tingginya tingkat kehilangan energi atau panas (*Heat Loss*) dan rendahnya kecepatan kompresi. Oleh karena itu, dalam penelitian ini, penulis melakukan inovasi pada ruang bakar dan isolasi pipa generator mesin stirling tipe alpha dengan sudut fasa 180° berbasis limbah sampah, dengan tujuan mewujudkan energi yang bersumber dari limbah menuju konsep green campus di Universitas Sultan Ageng Tirtayasa (Untirta). Rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana merancang mesin stirling tipe alpha sudut fasa 180° berbasis limbah sampah dengan inovasi ruang bakar dan isolasi pipa generator;
2. Faktor apa saja yang dapat mempengaruhi performa dari mesin stirling tipe alpha sudut fasa 180° berbasis limbah sampah dengan inovasi ruang bakar dan isolasi pipa generator.

1.3 Tujuan Penelitian

Terdapat tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Dapat menentukan desain ruang bakar dan isolasi pipa generator pada mesin stirling tipe alpha sudut fasa 180° berbasis limbah sampah;
2. Mengetahui faktor-faktor yang dapat mempengaruhi performa dari mesin stirling tipe alpha sudut fasa 180° berbasis limbah sampah dengan inovasi ruang bakar dan isolasi pipa generator.

1.4 Batasan Masalah

Dalam penelitian ini terdapat pembatasan masalah, yaitu sebagai berikut.

1. Menggunakan inovasi desain mesin stirling tipe alpha

2. Menggunakan energi panas hasil pembakaran sampah sebagai sumber energi panas penggerak mesin stirling
3. Tidak menganalisa getaran yang dihasilkan oleh mesin dalam keadaan apapun;
4. Tidak menganalisa aliran fluida dalam mesin stirling;
5. Tidak menganalisa kekuatan material dari desain mesin stirling;
6. Tidak menganalisa perpindahan panas yang terjadi di seluruh komponen mesin stirling;
7. Tidak merancang komponen yang sudah tersedia di pasaran;
8. Pondasi/tempat peletakkan mesin dianggap kuat menahan beban keseluruhan;
9. Tidak membahas RAB pembuatan *prototype* mesin stirling

1.5 Manfaat Penelitian

Dalam penelitian ini ditargetkan mendapatkan manfaat yaitu sebagai berikut.

1. Dapat mengurangi jumlah sampah di Kampus Untirta sehingga didapatkan target Untirta menuju *Green Campus*
2. Dapat ditemukan energi terbarukan sebagai energi alternatif yang dapat digunakan untuk berbagai keperluan selanjutnya.

Daftar Pustaka

- Alfianti, Z. . (2016) *Desain Dan Pembuatan Mesin Stirling Tenaga Matahari Dengan Memanfaatkan Pemanas Matahari Tipe Box Untuk Pembangkit Listrik*. Malang: Fakultas Sains dan Teknologi, UIN Maulana Malik Ibrahim.
- Bhagat, A. *et al.* (2016) 'Design of Alpha Stirling Engine in Conjunction with Solar Concentrator', *International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET)*, 3(4), pp. 1109–1114.
- Gehlot, V., Nigam, A. and Marmat, K. (2014) 'Development and fabrication of Alpha Stirling Engine', *IOSR Journal of Mechanical and Civil Engineering (IOSR-JMCE)*, 11(6), pp. 69–71.
- Lewis, C. (1983) *Biological Fuel*. London: Arnold.
- Pahl, G. and Beitz, W. (1996) *Engineering Design: A Systematic Approach*. Second Edi. London: Springer-Verlag. doi: 10.1007/978-1-4471-3581-4.
- Roldan, C., Pieretti, P. and Rojas-Solorzano, L. (2010) 'Conceptual And Basic Design Of A Stirling Engine Prototype For Electrical Power Generation Using Solar Energy', *ASME*, pp. 1–11.
- Satria, D. *et al.* (2019) 'Design of alpha type stirling machine biomass-based innovation design with the capacity of 100 watt', in. IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 673 (2019) 012124. doi: 10.1088/1757-899X/673/1/012124.
- Satria, D. *et al.* (2020) 'Analisa Performa Mesin Stirling Tipe Alpha Inovasi Desain Sudut Fasa 180 derajat', *Jurnal Rekayasa Mesin*, 15(1), pp. 33–41. doi: <http://dx.doi.org/10.32497/jrm.v15i1.1839>.
- Siddiqui, F. . *et al.* (2015) 'Effect Of Phase Angle On The Efficiency Of Beta Type Stirling Engine', *Journal of Faculty of Engineering & Technology*, 22(2), pp. 99–109.

- Syafriyudin *et al.* (2013) 'Pembangkit Listrik Tenaga Panas Matahari Berbasis Mesin Stirling Untuk Skala Rumah Tangga', *Jurnal Teknologi*, 6(2), pp. 187–192.
- Hermawan, Yogi. 2019. 'Rancang Bangun Mesin Stirling Tipe Alpha Inovasi Desain Berbasis Biomassa Dengan Kapasitas 100 Watt'. *Skripsi*. Fakultas Teknik. Teknik Mesin. UNTIRTA. Cilegon.
- Satria, Dhimas. 2014. *Elemen Mesin 1*. Serang: UNTIRTA PRESS.
- Satria, Dhimas. 2014. *Elemen Mesin 2*. Serang: UNTIRTA PRESS.
- Solikhin, Supriyadi, T., and Eka Pramono G. (2006) 'Optimasi Isolasi Sistem Perpipaan Pada Sistem Air Panas Pada ORC Solar Kolektor', *Jurnal Teknik Mesin*, pp. 55-58.
- Muntolib, and Rusdiyantoro. (2014) 'Analisa Bahan Isolasi Pipa Saluran Uap Panas Pada Boiler Untuk Meminimalisasi Heat Loss' *Jurnal Teknik*, 12(2), pp, 50-54.
- Walker G. And Khan M. I. (1965). *Theoretical Performance Of Stirling Cycle Engine*, Paper No. 949A, Proceedings Of SAE International Automotive Congress, Detroit.
- Holman, J.P., 1997, Perpindahan Kalor, Jakarta : Erlangga.
- C. Giancoli, Douglas. 2001. Fisika Jilid 1 Edisi ke 5. Jakarta : Erlangga.
- Cengel, Yunus A., 2002, " Heat Transfer : A Practical Approach". Second Edition. Mc Graw Hill.
- Koestoer & Raldi Artono. 2002. Perpindahan Kalor untuk Mahasiswa Teknik. Jakarta: Salemba Teknika.
- Holman, J. P. 1994. Perpindahan Kalor. Jakarta : Erlangga.
- Ardiani, Eko Dewi. 2005. *Optimalisasi Rangkaian Panel Surya dengan menggunakan Battery PB-Acid sebagai Sistem Penyimpanan Energi Surya*. Malang: UIN Press.
- Usmadi, 2006. *Rangkuman Materi Kuliah Agroklimatologi: Radiasi Matahari*. Agronomi. UNEJ.
- Zuhal, 1998, Dasar Teknik Tenaga Listrik dan Elektronika Daya, PT. Rineka Cipta, Jakarta.

- Khurmi RS Gupta, JK., 2005, Text Book of Machine Design Eurasia, Publising House, ltd Ram Nagar, New Delhi.
- Syafriyudin, dkk. 2013. *Pembangkit Listrik Tenaga Matahari Berbasis Mesin Stirling untuk Skala Rumah Tangga*, Jurnal Teknologi Volume 6 No.2 Desember 2013, Ist Akprind Yogyakarta.
- Yulianto M, Anggit. 2010. Perencanaan Termodinamika dan Pengujian Prototipe Motor Stirling Tipe Alpha Dengan Konfigurasi V-90. Bandung: ITENAS.
- Rafe'i, Ahmad. 2015. *Mesin Stirling Skala Laboratorium Kapasitas 7,4 Watt*. Cilegon : Fakultas Teknik Universitas Sultan Ageng Tirtayasa.
- Hirata, Koichi. 1995. *Schmidt Theory for Stirling Engines*. Musashimurayama, Tokyo 208, Japan.
- Martini, William R. 1978. *Stirling Engine Design Manual*. Washington : University of Washington.
- Mide Engineering Solutions. 2015. *Ideal Stirling Cycle Calculator*. <https://www.mide.com/pages/ideal-stirling-cycle-calculator> (diakses tanggal 2 Desember 2020, pukul 09.43 WIB)
- Prasetyo Imam, Anam Khoirul. 2019. Analisa Keausan Dinding Silinder dan Keolengan Poros Engkol Pada Mesin Diesel Mitsubishi PS 100. Pekalongan. Surya Teknika : Vol. 4 No.1
- Darmanto. 2011. Mengenal Pelumas Pada Mesin. Semarang. Momentum : Vol. 7 No.1
- Fanani Achmad, Aini Umrotul, Welafubun Persila, dkk. 2017. Pengolahan Sampah Kering dan Sampah Basah di Desa Gampang Kec. Prambon Kab. Sidoarjo. Sidoarjo. Abadimas Adi Buana : Vol. 01 No. 1
- Naryono Eko, Soemarno. 2013. Pengeringan Sampah Organik. *Indonesian Green Technology Journal* : Vol.2 No.2, Universitas Brawijaya, Malang.