

Variasi pelumas pada torak *displacer* terhadap kinerja mesin *Stirling*

Zufri Hasrudy Siregar*¹, Masdania Zurairah Siregar², Acim Maulana³, Refiza⁴, Irwan Prasetya Simanullang⁵

¹Prodi Teknik Mesin, Universitas Asahan, Jalan Jend. Ahmad Yani, Kisaran, Sumatera Utara, 21216, Indonesia

^{2,4}Prodi Teknik Industri, Universitas Al-Azhar Medan, Jl. Pintu Air IV No. 214 Kwala Bekala, Padang Bulan, Medan, Sumatera Utara, Indonesia

³Prodi Teknik Mesin, Sekolah Tinggi Teknik Karawang, Jalan Tanjungpura Dusun Bendasari Desa Kondangjaya Kecamatan Karawang Timur Kabupaten Karawang 41313

⁵Prodi Teknik Mesin, Universitas Al-Azhar Medan, Jl. Pintu Air IV No. 214 Kwala Bekala, Padang Bulan, Medan, Sumatera Utara, Indonesia

e-mail: *¹rudysiregar7@gmail.com, ²masdaniazurairahsiregar64@gmail.com,
³acimmaulana@sekolahinggiteknikkarawang.ac.id, ⁴refiza61@gmail.com,
⁵irwanprasetya12@gmail.com

Abstrak

Dalam kehidupan keseharian manusia tak terlepas dari penggunaan energi, Indonesia banyak menggunakan energi minyak fosil sebagai energi utama, untuk itu diperlukan konservasi energi yang baik. Pilihan menggunakan mesin Stirling merupakan alternatif yang lain sebagai pilihan yang memungkinkan. Mesin sendiri tak terlepas dari andil pelumas untuk kinerjanya. Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk mengetahui pengaruh variasi pelumas pada torak displacer terhadap kinerja mesin Stirling. Dilakukan pengujian dan analisis yang disimpulkan putaran mesin yang lebih tinggi dengan putaran maksimum 270 r.p.m. dengan rata-rata 258,5 r.p.m. Kemudian putaran yang terendah itu pada pengujian SAE 90 dimana putaran maksimum 250 r.p.m. dengan rata-rata 235,17 r.p.m., torsi maksimum 0,670 Nm dengan rata-rata daya yang diperoleh 17,154 watt, daya maksimum mesin Stirling 18.921 watt dengan pengujian menggunakan jenis pelumasan SAE 10 dan rata-rata daya yang dihasilkan 17,514 watt.

Kata kunci mesin Stirling, variasi pelumas, oli, daya mesin

Abstract

In everyday human life, it is inseparable from the use of energy. Indonesia uses a lot of fossil oil energy as the main energy source; for this reason, good energy conservation is needed. The choice of using a stirling engine is another alternative and possible option. The engine itself is inseparable from the contribution of lubricants to its performance. The aim of this research is to determine the effect of variations in the lubricant on the piston displacer on the performance of the stirling engine. Testing and analysis concluded that a higher engine speed with a maximum rotation of 270 r.p.m. and an average of 258.5 r.p.m. Then the lowest rotation is in the SAE 90 test, where the maximum rotation is 250 rpm with an average of 235.17 rpm, the maximum torque is 0.670 Nm with an average power obtained of 17.154 watts, and the maximum power of the Stirling engine is 18,921 watts by testing using SAE 10 lubrication type with an average power generated of 17.514 watts.

Keywords stirling engine, variation of lubricant, oil, engine power

1. PENDAHULUAN

Energi merupakan hal yang tidak terlepas dari kehidupan manusia dimana hal ini harus dikelola dengan baik dan efisien, menurut [1] pengelolaan tersebut yaitu penyediaan, penyelenggaraan dan pengusahaan. Di Indonesia sendiri, energi yang banyak dimanfaatkan pada sektor industri yaitu batu bara namun menjadi masalah kemudian bila berdasarkan data batu bara akan habis 83 tahun mendatang [2], di samping dengan kekayaan alam yang melimpah dari darat dan laut [3]. Masyarakat umumnya sangat tergantung pada minyak bumi [4] dimana hal ini dikemudian hari akan habis dan digantikan dengan energi alternatif yang ramah lingkungan dan dapat diperbarui [5]. Kondisi ini akan diperparah dengan jumlah penduduk Indonesia terpadat ke-4 di dunia [5] yang bertambah terus dari tahun ketahun sehingga konsumsi energi pun akan bertambah pula [6] yang berpengaruh pada ekspor dan impor minyak dimana dampak positif adalah ekspor minyak [7]. Pada konteks hal tersebut, menjadi masalah bila energi hanya tergantung pada jenis yang sama (minyak, gas dan batu bara) dan konservasinya tidak dilakukan dengan baik yang bertujuan [8][9] pada konteks ini, material juga memiliki jenjang konsumsi energi masing masing baik pada performanya maupun produksinya, makin rendah energi yang ditimbulkannya makan semakin baik material tersebut [10]. Alternatif teknologi yang berkaitan dengan permesinan yaitu pemanfaatan energi mesin Stirling, mesin Stirling sendiri yaitu “*jenis heat exchanger dengan sistem storage, yang berarti energi panas yang berasal dari fluida pertama tersimpan sementara sebelum panas tersebut ditransfer ke fluida kedua*” [11]. Mesin Stirling adalah mesin panas yang ditemukan oleh Dr. Robert Stirling pada tahun 1816. Mesin Stirling menggunakan siklus Stirling yang tidak mirip dengan siklus yang digunakan pada mesin pembakaran internal [12] Stirling terdiri dari dua transformasi isokorik yang dipisahkan oleh kompresi dan langkah ekspansi [13].

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi pelumas yang dilakukan pada torak *displacer* pada mesin Stirling, pelumas atau oli merupakan hal yang terpenting pada mesin yang berfungsi sebagai sesuatu yang menjaga kinerja mesin [14], di samping itu pelumas digunakan sebagai bahan pelicin pada pergesekan (*friksi*) dua benda yang padat [15][16]. diharapkan dari perlakuan ini pada mesin Stirling akan mampu meningkatkan kinerja dan menjadikan mesin lebih terawat. Penelitian sebelumnya yang banyak meneliti tentang mesin Stirling sepanjang tiga tahun terakhir seperti mengetahui nilai efisiensi *thermal* pada mesin Stirling [17], pengaruh penambahan *regenerator* terhadap kinerja mesin Stirling [11], “*Pengaruh Variasi Temperatur Sumber Panas Terhadap Temperatur Udara Dalam Heater Mesin Stirling*” [18], perancangan optimal mesin Stirling dengan simulasi numerik termodinamika untuk mengetahui kerugian yang terjadi [19].

2. METODE PENELITIAN

Metode penelitian ini yang dilakukan yaitu dengan eksperimental analitik dimana mesin Stirling yang sudah dirancang dilakukan pelumasan dengan oli yang jenisnya berbeda beda yaitu oli SAE 10, 40, dan 90. yang dilakukan pada torak *displacer* mesin Stirling. Untuk perhitungan itu dihitung

2.1 Torsi Pada Flywheel

Momen torsi atau gaya dapat didefinisikan sebagai hasil kali antara gaya dengan titik ke garis kerja gaya pada arah tegak lurus [20].

$$T = r \times F \dots\dots\dots(1)$$

Keterangan: τ = momen gaya (N.m)
F = gaya yang bekerja (N)
R = jarak atau lengan (m)

dengan definisi tersebut torsi pada poros dapat diketahui dengan rumus [21]

$$T = I \cdot \omega \dots\dots\dots (2)$$

Dimana:

T = Torsi mesin (Nm)

I = Momen inersia (kg m/s)

ω = Percepatan (rad/s)

Untuk menentukan momen inersia perhitungannya adalah:

$$I = 0,5 m r^2 \dots\dots\dots (3)$$

Dimana:

I = Momen inersia (kg m/s)

m = Massa *flywheel* (kg)

r = radius (m)

sedangkan untuk mengetahui nilai percepatan perhitungannya adalah:

$$\omega = n \times (2\pi)/60 \dots\dots\dots (4)$$

Dimana:

ω = Percepatan (rad/s)

n = Putaran (r.p.m.)

π = Phi yang nilainya (3,14 atau 22/7)

2.2 Daya Yang Dihasilkan Stirling Engine

Setelah mendapatkan nilai torsi barulah kita dapat menghitung besar daya yang dihasilkan oleh Stirling *engine* tersebut. Besar daya tersebut dapat diketahui menggunakan persamaan berikut

$$P = \frac{2\pi n T}{60} \dots\dots\dots (5)$$

Dimana:

P = Daya maksimum (Watt)

T = Torsi (Nm)

N = Putaran (r.p.m.)

2.3 Efisiensi Termal

Untuk menentukan nilai efisiensi *thermal* pada mesin Stirling dapat di hitung dengan menggunakan persamaan di bawah ini ;

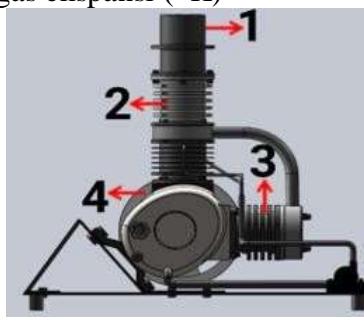
$$\eta_{th} = 1 - \frac{T_e}{T_c} \dots\dots\dots (6)$$

Keterangan:

η_{th} = Efisiensi *thermal* (° K)

T_c = suhu gas kompresi (° K)

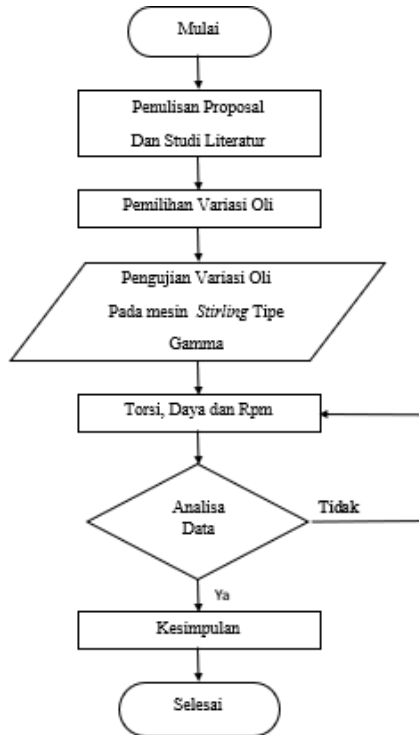
T_e = suhu gas ekspansi (° K)



Gambar 1 Mesin Stirling

Adapun keterangan gambar sebagai berikut:

1. Heater
2. Silinder displacer
3. Silinder power piston
4. Pompa oli



Gambar 2 Flowchart penelitian

2.4 Perubahan yang Diamati/Diukur

Mengingat kecepatan putaran mesin selama pengujian maka perlu diamati dan diukur secara eksperimental. Variabel perubahan yang diamati pada penelitian ini diperlihatkan pada tabel 1

Tabel 1 Variabel perubahan yang diamati pada Penelitian

Variabel	Indikator	Deskriptor	Instrumen
Temperatur	Panas dan Dingin	K	Thermometer
Kecepatan putaran mesin stirling	Putaran	Rpm	Tachometer
Waktu	Waktu	Menit	Stopwatch

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Ada pun spesifikasi oli pelumasan yang digunakan dalam pengujian ini diataranya sebagai berikut:

Tabel 2 Spesifikasi Oli

JENIS OLI	VISKOSITAS (V)(kg/ms)	Volume oli
-----------	-----------------------	------------

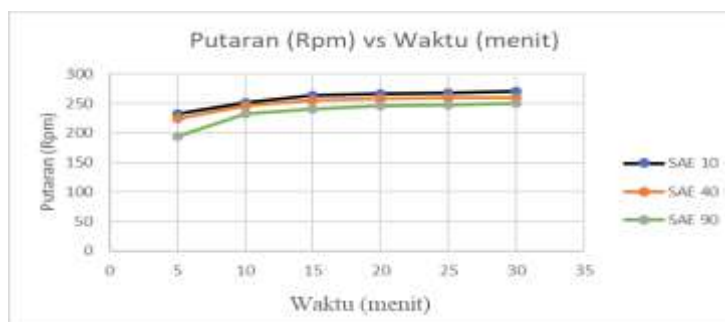
SAE 10	65	600 ml
SAE 40	130	600 ml
SAE 90	195,5	600 ml

3.1 Pengaruh Variasi Pelumasan Batang Torak Displacer Terhadap Performansi putaran (RPM) mesin Stirling

Dari pengujian yang telah dilakukan untuk mengetahui performansi putaran mesin Stirling dengan menggunakan jenis oli SAE 10, SAE 40, SAE 90, menggunakan alat ukur RPM (*tachometer*). Untuk setiap pengujian SAE 10, SAE 40, SAE 90 batasan waktu pengujian 30 menit dengan pengambilan data setiap 5 menit 1 kali.

Tabel 3 Hasil Pengujian Putaran (RPM) mesin Stirling

WAKTU	VARIASI PELUMASAN PADA BATANG TORAK DISPLACER		
	SAE 10	SAE 40	SAE 90
Menit	RPM	RPM	RPM
5	232	224	194
10	251	246	232
15	263	255	241
20	267	258	246
25	268	259	248
30	270	260	250
MIN	232	224	194
MAX	270	260	250
RATA-RATA	258.5	250.3333333	235.17



Gambar 3 Hubungan Putaran (r.p.m.) Vs Waktu (menit)

3.2 Pengaruh Variasi Pelumasan Batang Torak Displacer Terhadap Performansi torsi (Nm) mesin Stirling dengan Jenis Oli SAE 10, SAE 40, SAE 90.

pengujian yang telah dilakukan untuk mengetahui nilai torsi yang dihasilkan dari variasi pelumasan batang torak *displacer* dapat dihitung dengan menggunakan perhitungan dengan persamaan (2):

$$T = I \cdot \omega$$

Keterangan:

T = Torsi mesin (Nm)

I = Momen inersia (kg m/s)

ω = Percepatan (rad/s)

Sebelum mendapatkan nilai torsi terlebih dahulu melakukan perhitungan moment inersia *flywheel* (I) yang dapat diketahui dengan menggunakan persamaan (3) dan juga mengetahui terlebih dahulu nilai percepatan (ω) pada setiap putaran yang dihasilkan mesin *Stirling* dengan menggunakan persamaan (4)

$$I = 0,5 m r^2$$

Keterangan:

I = Momen inersia ($kg\ m^2/s$)

m = Massa *flywheel* (2,6 kg)

r = radius *flywheel* (0,135)

$$I = 0,5 \times 2,6 \times (0,135)^2 m$$

$$= 0,024\ kg\ m^2/s$$

$$\omega = n \times \frac{2 \cdot \pi}{60}$$

Keterangan:

ω = Percepatan (rad/s)

n = putaran mesin *Stirling* (270 r.p.m.)

π = Phi yang nilai 3,14

$$\omega = 270 \times \frac{2 \cdot \pi}{60}$$

$$\omega = 24,28\ rad/s$$

Setelah mengetahui nilai momen inersia dan percepatan maka nilai torsi dapat diketahui pada putaran 270 r.p.m. dengan perhitungan sebagai berikut:

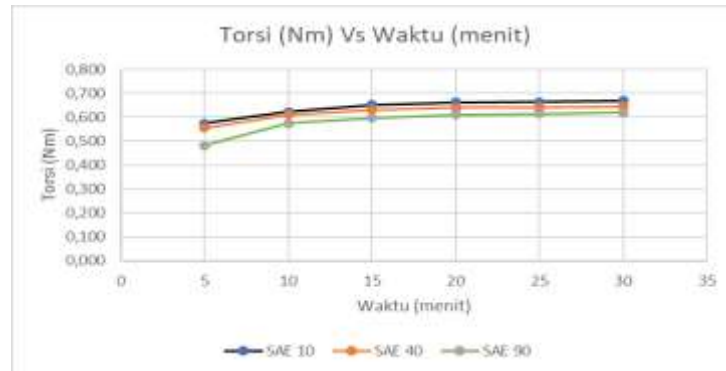
$$T = I \cdot \omega$$

$$= 0,024\ kg\ m^2/s \times 24,28\ rad/s$$

$$= 0,670\ Nm$$

Tabel 4 Perhitungan Torsi (Nm) mesin Stirling

Waktu	VARIASI PELUMASAN PADA BATANG TORAK DISPLACER		
	SAE 10	SAE 40	SAE 90
Menit	Nm	Nm	Nm
5	0.575	0.555	0.481
10	0.622	0.610	0.575
15	0.652	0.632	0.598
20	0.662	0.640	0.610
25	0.665	0.642	0.615
30	0.670	0.645	0.620
MIN	0.575	0.555	0.481
MAX	0.670	0.645	0.620
RATA-RATA	0.636	0.621	0.583



Gambar 4 Hubungan Torsi (Nm) Vs waktu (menit)

3.3 Pengaruh Variasi Pelumasan Batang Torak Displacer Terhadap Performansi daya (Watt) mesin Stirling

Dari pengujian yang telah dilakukan untuk mengetahui nilai daya yang dihasilkan dari variasi pelumasan batang torak *displacer* dapat dihitung dengan menggunakan perhitungan dengan persamaan (5):

$$P = \frac{2\pi nT}{60}$$

Keterangan:

P = Daya (Watt)

T = Torsi (Nm)

n = Putaran (r.p.m.)

Untuk nilai torsi dan putaran telah diketahui pada saat pengujian maka dapat langsung mengetahui daya yang dihasilkan mesin *Stirling*.

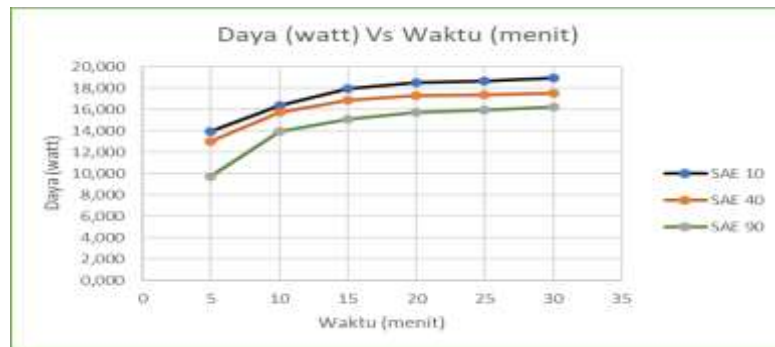
$$P = \frac{2\pi \times 270 \times 0,670 \text{ Nm}}{60}$$

= 18.921 watt

Untuk perhitungan daya pada setiap variasi pelumasan batang torak *displacer* dengan SAE 10, SAE 40, dan SAE 90

Tabel 5 Hasil Perhitungan Daya (watt) mesin Stirling

Waktu	VARIASI PELUMASAN PADA BATANG TORAK DISPLACER		
	SAE 10	SAE 40	SAE 90
Menit	Watt	Watt	Watt
5	13.970	13.023	9.769
10	16.352	15.707	13.970
15	17.953	16.877	15.075
20	18.503	17.277	15.707
25	18.642	17.411	15.964
30	18.921	17.546	16.222
MIN	13.970	13.023	9.769
MAX	18.921	17.546	16.222
RATA-RATA	17.154	16.265	14.451



Gambar 5 Grafik Hubungan Daya (Watt) Vs waktu (menit)

3.4 Efisiensi Thermal

Untuk menentukan nilai efisiensi *thermal* pada mesin *Stirling* dapat di hitung dengan menggunakan persamaan (6):

$$\eta_{th} = 1 - \frac{T_e}{T_c}$$

Keterangan:

- η_{th} = Efisiensi thermal
- T_c = Suhu gas kompresi
- T_e = Suhu gas ekspansi

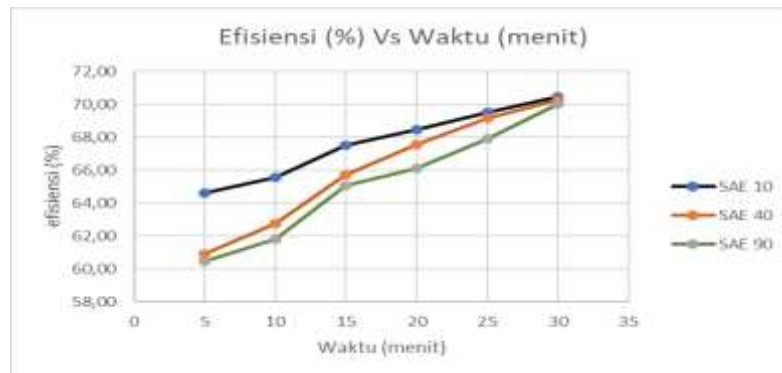
Untuk nilai suhu gas kompresi dan suhu gas ekspansi telah diketahui pada saat pengujian maka dapat langsung mengetahui efisiensi yang di hasilkan mesin *Stirling*.

$$\begin{aligned} \eta_{th} &= 1 - \frac{T_e}{T_c} \\ &= 1 - \frac{93,8}{27,7} \\ &= 70,47 \% \end{aligned}$$

Untuk perhitungan efisiensi pada setiap variasi pelumasan batang torak *displacer* dengan SAE 10, SAE 40, dan SAE 90

Tabel 6 Hasil Perhitungan Efisiensi (%) mesin *Stirling*

Waktu	VARIASI PELUMASAN PADA BATANG TORAK DISPLACER		
	SAE 10	SAE 40	SAE 90
Menit	%	%	%
5	64.61	60.92	60.465
10	65.57	62.76	61.813
15	67.51	65.74	65.094
20	68.45	67.55	66.094
25	69.51	69.19	60.92
30	70.47	70.27	70.01
MIN	64.608	60.919	60.465
MAX	70.469	70.27	70.01
RATA-RATA	67.648	66.0723	64.066



Gambar 6 Grafik Hubungan Efisiensi (%) Vs waktu (menit)

4. KESIMPULAN

Dari penelitian yang telah dilakukan, maka dapat di simpulkan antara lain:

1. Putaran mesin Stirling pada variasi pelumasan batang torak *dislacer* mempengaruhi putaran yang dihasilkan yaitu pada SAE 10 menunjukkan putaran mesin yang lebih tinggi dengan putaran maksimum 270 r.p.m. dengan rata-rata 258,5 r.p.m. Kemudian putaran yang terendah itu pada pengujian SAE 90 dimana putaran maksimum 250 r.p.m. dengan rata-rata 235,17 r.p.m.
2. Torsi yang dihasilkan mesin Stirling pada variasi pelumasan pada batang torak *dislacer* dengan SAE 10 lebih maksimal dikarenakan dipengaruhi oleh putaran yang dihasilkan lebih tinggi, dimana torsi maksimum 0,670 Nm dengan rata-rata daya yang diperoleh 17,154 watt yang diketahui melalui perhitungan torsi.
3. Daya maksimum yang dihasilkan mesin Stirling 18.921 watt dengan pengujian menggunakan jenis pelumasan SAE 10 dan rata-rata daya yang dihasilkan 17,514 watt.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih kepada Prodi Teknik mesin Universitas Al-Azhar medan yang telah memberikan kesempatan untuk melakukan penelitian, kemudian terima kasih kepada Universitas Asahan yang memberikan izin kepada peneliti untuk melaksanakan penelitiannya

DAFTAR PUSTAKA

- [1] S. Ayu Arsita, G. Eko Saputro, and S. Susanto, "Perkembangan kebijakan energi nasional dan energi baru terbarukan Indonesia," *J. Syntax Transform.*, vol. 2, no. 12, pp. 1779–1788, 2021, doi: 10.46799/jst.v2i12.473.
- [2] A. P. Afin and B. F. T. Kiono, "Potensi Energi Batubara serta Pemanfaatan dan Teknologinya di Indonesia Tahun 2020 – 2050 : Gasifikasi Batubara," *J. Energi Baru dan Terbarukan*, vol. 2, no. 2, pp. 144–122, 2021, doi: 10.14710/jebt.2021.11429.
- [3] S. Sudirman and H. Santoso, "Pengujian kuat tekan briket biomassa berbahan dasar arang dari tempurung kelapa sebagai bahan bakar alternatif," *J. Pendidik. Tek. Mesin*, vol. 8, no. 2, pp. 101–108, 2021, doi: 10.36706/jptm.v8i2.15319.

-
- [4] L. Rahmayanti, D. M. Rahmah, and L. Larashati, "Analisis pemanfaatan sumber daya energi minyak Dan gas bumi di Indonesia," *J. Sains Edukatika Indones.*, vol. 3, no. 2, pp. 9–16, 2021, [Online]. Available: <https://jurnal.uns.ac.id/jsei/article/view/70898/39303>
- [5] Y. E. Wibowo and J. Windarta, "Kondisi gas bumi Indonesia dan energi alternatif pengganti gas bumi," *J. Energi Baru dan Terbarukan*, vol. 3, no. 1, pp. 1–14, 2022, doi: 10.14710/jebt.2022.10042.
- [6] A. Rahmawati, "Pengaruh jumlah penduduk, jumlah kendaraan bermotor, PDRB per kapita dan kebijakan fiskal terhadap konsumsi energi minyak di Indonesia," *J. Pembang. dan Pemerataan*, vol. 10, no. 1, pp. 1–28, 2021, [Online]. Available: <https://jurnal.untan.ac.id/index.php/jcc/article/view/46368/75676589695>
- [7] F. Arza and M. Murtala, "Pengaruh ekspor hasil minyak dan impor minyak bumi terhadap pertumbuhan ekonomi di Indonesia," *J. Ekon. Indones.*, vol. 10, no. 1, p. 23, 2021, doi: 10.29103/ekonomika.v10i1.4506.
- [8] C. Indriyati, A. Daud, and R. Prima, "Analisis konservasi dan efisiensi energi pada tower fakultas hukum Universitas Sriwijaya berdasarkan sertifikasi Green Building Indonesia," *Syntax Lit. J. Ilm. Indones.*, vol. 6, no. March, pp. 1–19, 2021, doi: 10.36418/syntax-literate.v6i6.3100.
- [9] H. Putera and H. Al Rosyid, "Konservasi energi panas sisa proses Geothermal Power Plant," *J. Teknol. dan Rekayasa Manufaktur*, vol. 3, no. 2, pp. 59–72, 2021, doi: 10.48182/jtrm.v3i2.75.
- [10] P. Christian and S. R. Kamurahan, "Pengaruh aplikasi material fasade bangunan terhadap upaya konservasi energi dengan pendekatan evaluasi desain berbasis BIM (Building Information Modeling)," *J. Arsit. Zo.*, vol. 4, no. 1, pp. 73–83, 2021, doi: 10.17509/jaz.v4i1.30181.
- [11] Z. H. Siregar, J. Jufrizal, and B. K. Putra, "Pengaruh Penambahan Regenerator Terhadap Performansi Mesin Stirling Tipe Gamma," *J. Mekanova Mek. Inov. dan Teknol.*, vol. 8, no. 2, p. 194, 2022, doi: 10.35308/jmkn.v8i2.5957.
- [12] A. Ebrahimi, B. Ghorbani, M. Ziabasharhagh, and M. J. Rahimi, "Biomass gasification process integration with Stirling engine, solid oxide fuel cell, and multi-effect distillation," *J. Therm. Anal. Calorim.*, vol. 145, no. 3, pp. 1283–1302, 2021, doi: 10.1007/s10973-020-10314-9.
- [13] S. H. Raja, S. Maniscalco, G. S. Paraoanu, J. P. Pekola, and N. Lo Gullo, "Finite-time quantum Stirling heat engine," *New J. Phys.*, vol. 23, no. 3, 2021, doi: 10.1088/1367-2630/abe9d7.
- [14] A. Supriyanto and W. Ruslan, "Analisis jenis minyak pelumas terhadap kinerja mesin pada motor 110 cc," *J. Mech. Xplore*, vol. 1, no. January, pp. 12–17, 2002, doi: 10.36805/jtmmx.v1i2.1389.
- [15] W. Wibowo, N. Astriawati, and J. Jamaluddin, "Optimalisasi perawatan sistem pendingin tertutup pada mesin diesel tipe MAK 8M32 Pada KM LIT ENTERPRISE," *J. Polimesin*, vol. 19, no. 1, pp. 28–34, 2021, doi: 10.30811/jpl.v19i1.2016.
- [16] A. Hendrawan, A. S. D, and M. Dafa, "Pengaruh umur pelumasan terhadap suhu Mesin Induk," *J. Sains Teknol. Transp. Marit.*, vol. 3, no. 2, pp. 1–9, 2021, doi: 10.51578/j.sitektransmar.v3i2.29.
- [17] D. Rahmalina, I. G. E. Lesmana, A. Suwandi, R. A. Rahman, F. S. Ramadhan, and K. A. Sugiyanto, "Pengembangan stirling engine tipe piston bebas Untuk aplikasi Concentrated Solar Power (CSP)," *J. Teknol. Univ. Muhammadiyah Jakarta*, vol. 13, no. 1, pp. 101–108, 2021, doi: 10.24853/jurtek.13.1.101-108.
- [18] Z. H. Siregar, J. Jufrizal, M. Hasanah, and M. . Agusdiandy, "Pengaruh variasi temperatur sumber panas terhadap temperatur udara dalam Heater Mesin Stirling," *IRA J. Tek. Mesin dan Apl.*, vol. 1, no. 1, pp. 11–16, 2022, [Online]. Available: <http://e->
-

-
- journals.irapublishing.com/index.php/IRAJTMA/article/view/1
- [19] M. Z. Getie, F. Lanzetta, S. Bégot, B. T. Admassu, and S. Djetel-Gothe, “A non-ideal second order thermal model with effects of losses for simulating beta-type Stirling refrigerating machine,” *Int. J. Refrig.*, vol. 130, pp. 413–423, 2021, doi: 10.1016/j.ijrefrig.2021.05.018.
 - [20] A. A. Yufrida, L. P. Rahayu, and D. F. Syahbana, “Implementasi kontrol torsi motor servo menggunakan metode PI pada sistem Automatic Pallet Dispenser,” *J. Tek. ITS*, vol. 10, no. 2, 2021, doi: 10.12962/j23373539.v10i2.72970.
 - [21] K. Priohutomo and C. Permana, “Analisa torsi pada poros kapal Baruna Jaya I Menggunakan Shaft Power Measurement,” *JTM-ITI (Jurnal Tek. Mesin ITI)*, vol. 6, no. 2, p. 63, 2022, doi: 10.31543/jtm.v6i2.676.
-