

THE EFFECT OF COOLING MEDIA VARIATIONS AND CYLINDER LINER POSITION ON THE HEAT BALANCE EFFICIENCY OF THE L-300 DIESEL ENGINE

Jusuf Haurissa^{1*}, Karlos Wambaruw¹
¹Program Studi Teknik Mesin
Fakultas Industri daan Kebumian
Universitas Sains dan Teknologi Jayapura
Email : jhaurissa@yahoo.com*

ABSTRACT

This study aims to measure the heat balance in the L300 diesel engine using different radiator coolant media and to examine the impact of changing the cylinder liner position. The method used is laboratory experimentation, including data collection and analysis. The variables studied include independent variables such as radiator temperature, dependent variables being the heat balance, and controlled variables such as engine speed, which is maintained at 1500 rpm. The testing was carried out for each cooling medium. The materials used for testing consist of three types of cooling media: radiator coolant, refillable water, and AC water, along with one L300 - 4D56 diesel engine unit. The results show that at 1500 rpm engine speed, the specific fuel consumption for the engine with the reversed cylinder liner reached 2.863 kg/HP.hour. The heat balance comprises $Q_f = 100\%$, $Q_e = 20\%$, $Q_{ef} = 11\%$, $Q_{cool} = 29\%$, $Q_m = 20\%$, and $Q_i = 20\%$. Meanwhile, for the engine with the standard cylinder liner position, the specific fuel consumption was 2.0832 kg/HP.hour, with the heat balance composition of $Q_f = 100\%$, $Q_e = 30\%$, $Q_{ef} = 14\%$, $Q_{cool} = 20\%$, $Q_m = 15\%$, and $Q_i = 21\%$. The heat balance percentage difference between the two engine configurations is 7%. Based on these results, the engine with the reversed cylinder liner position is still considered feasible and efficient for use

Keywords: *Cylinder liner, Heat balance, Temperature, Coolant*

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengukur besar neraca panas pada motor diesel L300 yang menggunakan variasi media pendingin radiator, serta mempelajari pengaruh perubahan posisi silinder liner. Metode yang digunakan adalah eksperimen laboratorium, dengan proses pengambilan dan analisis data. Variabel yang diteliti meliputi variabel bebas berupa temperatur radiator, variabel terikat yaitu neraca panas, dan variabel terkontrol berupa putaran mesin yang dijaga pada 1500 rpm. Pengujian dilakukan untuk masing-masing media pendingin. Bahan uji yang digunakan terdiri dari tiga jenis media pendingin: radiator coolant, air isi ulang, dan air AC, serta satu unit motor diesel L300 - 4D56. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada putaran mesin 1500 rpm, konsumsi bahan bakar spesifik untuk mesin dengan silinder liner yang dibalik mencapai 2,863 kg/HP.jam. Neraca panasnya terdiri dari $Q_f = 100\%$, $Q_e = 20\%$, $Q_{ef} = 11\%$, $Q_{cool} = 29\%$,

$Q_m = 20\%$, dan $Q_i = 20\%$. Sementara itu, pada mesin dengan posisi silinder liner standar, konsumsi bahan bakar spesifik sebesar $2,0832 \text{ kg/HP.jam}$ dengan dengan komposisi neraca panas $Q_f = 100\%$, $Q_e = 30\%$, $Q_{ef} = 14\%$, $Q_{cool} = 20\%$, $Q_m = 15\%$, dan $Q_i = 21\%$. Perbedaan persentase neraca panas antara kedua konfigurasi mesin ini mencapai 7%. Berdasarkan hasil tersebut, mesin dengan posisi silinder liner yang dibalik masih dinilai layak dan efisien untuk digunakan.

Kata Kunci : Silinder liner, Neraca panas, Temperatur, Air Pendingin.

1. PENDAHULUAN

Mobil Mitsubishi Colt L-300 merupakan kendaraan yang dirancang khusus untuk transportasi umum, umumnya digunakan untuk mengangkut penumpang atau barang sesuai dengan rute yang telah ditetapkan oleh instansi terkait. Berdasarkan desain dan fungsinya, kendaraan ini beroperasi secara rutin dengan durasi sekitar 6 hingga 12 jam per hari. Penggunaan yang intensif ini secara otomatis mempercepat keausan komponen-komponen kendaraan, termasuk silinder liner, yang mengalami gesekan terus-menerus dengan piston dan ring piston saat mesin bekerja [1]. Akibat keausan ini, tenaga mesin berkurang sekitar 25 hingga 50%, yang pada akhirnya mempengaruhi kinerja sistem pendingin radiator serta keseimbangan termal mesin diesel yang tidak dapat berfungsi secara optimal [2]–[4].

Radiator, seperti halnya alat penukar panas atau heat exchanger lainnya, berfungsi untuk mentransfer panas dari satu sistem ke sistem lainnya tanpa adanya perpindahan massa, serta dapat berperan sebagai pendingin [5]–[10]. Sistem pendingin pada mesin berfungsi menjaga suhu optimal yang dihasilkan akibat proses pembakaran di ruang bakar. Panas berlebih dari pembakaran dapat menyebabkan perubahan sifat mekanis dan deformasi pada komponen mesin, yang pada akhirnya berdampak pada penurunan performa serta memperpendek usia mesin. Dalam sistem pendinginan berbasis air (water cooling system), perpindahan panas terjadi melalui radiator. Sebagian panas yang dihasilkan dari pembakaran gas dalam silinder akan diserap oleh air pendingin yang bersirkulasi. Selanjutnya, air pendingin ini didinginkan oleh udara luar yang dihembuskan melalui blower radiator. Karena suhu udara luar lebih rendah dibandingkan suhu air pendingin, maka panas dari air pendingin berpindah ke udara luar. Sistem pendingin radiator pada mobil berperan dalam menurunkan suhu mesin yang

meningkat akibat proses pembakaran di ruang bakar.

Pembakaran tersebut menghasilkan tenaga mekanis yang digunakan untuk menggerakkan mesin. Selain itu, proses pembakaran juga menghasilkan panas, yang jika tidak didinginkan, dapat menyebabkan kerusakan pada berbagai komponen mesin [8], [11]–[13].

Berdasarkan aspek-aspek yang telah disebutkan sebelumnya, penelitian ini akan mengkaji pengaruh perubahan posisi silinder liner terhadap keseimbangan panas pada mesin diesel. Penelitian ini akan berfokus pada analisis perubahan posisi silinder liner terhadap neraca panas pada mesin diesel empat langkah multi-silinder.

Laju Pembuangan Panas pada Radiator dengan Fluida Campuran 80% air dan 20% RC pada rpm Konstan” dengan tujuan untuk mengetahui bagaimana pengaruh laju pembuangan panas radiator pada saat putaran mesin yang cukup tinggi [2].

Pengaruh Penggunaan Water Coolant Terhadap Performance Mesin Diesel “ dengan hasil yang didapatkan yaitu dengan beban yang sama maka penambahan *water coolant* tidak mempengaruhi torsi pada mesin tersebut. Tetapi penambahan *water coolant* berpengaruh terhadap daya indikasi sebesar 7,56 hp dan daya efektif sebesar 6,05 hp. Penggunaan *water coolant* mempengaruhi tekanan indikator sebesar $1,8925 \text{ kg/cm}^2$ dan tekanan efektif sebesar $1,514 \text{ kg/cm}^2$, efisiensi indikasi sebesar 6,61% dan efisiensi efektif sebesar 5,29% [14] [15] [16].

2. METODE PENELITIAN

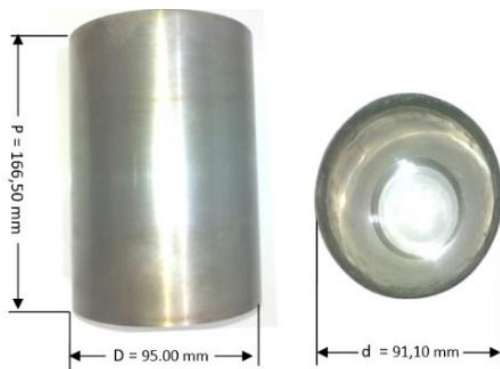
Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Motor Bakar Teknik Mesin, Universitas Sains dan Teknologi Jayapura, sesuai dengan waktu yang telah disepakati. Metode yang digunakan adalah eksperimen laboratorium dengan pendekatan analitis. Untuk mendukung penelitian, berbagai

referensi dari buku dan jurnal ilmiah yang relevan dengan topik yang dikaji digunakan sebagai bahan pendukung.

Dalam penelitian ini, media pendingin radiator yang digunakan meliputi Xtracool Radiator Coolant, air galon, dan air buangan dari AC (Gambar 4). Sementara itu, fluida dingin yang berfungsi untuk mendinginkan fluida panas dalam penelitian ini adalah udara, dengan metode cross flow heat exchanger.

Peralatan yang digunakan untuk pengambilan data mencakup satu unit mesin Mitsubishi L300 – 4D56 (Gambar 5), termometer digital inframerah (a), termograf (b), stroboscope (c), alat uji kompresi (d), stopwatch (e), serta kipas angin (f).

Variabel yang dianalisis dalam penelitian ini terdiri dari variabel bebas, yaitu temperatur radiator; variabel terikat, yaitu keseimbangan panas (neraca panas); serta variabel terkontrol, yakni putaran mesin yang dijaga pada 1500 rpm.



Gambar 4. Silinder Liner Mitsubishi L-300



(a)



(b)



(c)

Gambar 4. Media Pendingin Radiator, *Radiator Coolant* (a), Air Isi Ulang (b), Air AC (c).



Gambar 5. Satu Unit Mesin Mitsubishi L300 – 4D56

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Data Hasil Pengujian

Data hasil pengujian, temperatur panas motor diesel dengan posisi silinder liner standar dan posisi silinder liner dibalik.

Data ini merupakan data hasil pengujian temperatur panas pada motor diesel yang telah dirubah posisi silinder liner dengan menggunakan tiga jenis bahan fluida cair yaitu : Radiator Coolant, Air Isi Ulang/Galon dan Air AC sebagai fluida pendingin radiator (Tabel 1, Tabel 2, Tabel 3).

Tabel 1 . Menggunakan Radiator Coolant

Uji	Putaran (Rpm)	Waktu (Menit)	Kondisi Temperatur (°C)						
			Udara Luar		Selang Air		Blok Mesis		Gas Buang
			Bola Kering	Bola Basah	Keluar Mesin	Masuk Mesin	Kanan	Kiri	
			To	To'	T1	T2	T3	T4	
I	1300	20	32	29,4	54,5	46,4	64,8	58,7	94,7
		40	32,3	30	55	49	65,2	68,7	89,5
		60	33,5	30,6	55,4	46,8	65,4	58,6	89,8
		80	33,2	30	54,4	44,7	62,3	59,3	90,2
Nilai Rata-rata			32,8	30,0	54,8	46,7	64,4	61,3	91,1
II	1500	20	30	28,5	52,7	44,4	66,3	54,6	98,2
		40	31	29,8	55,8	45	65,5	58,4	99,5
		60	31,5	29	56,7	44,9	67,1	58,9	92,7
		80	32	30	53	43,2	64,3	58,2	85,1
Nilai Rata-rata			31,1	29,3	54,6	44,4	65,8	57,5	93,9

Tabel 2 . Menggunakan Air Isi Ulang/Galon

Uji	Putaran (Rpm)	Waktu (Menit)	Kondisi Temperatur (°C)						
			Udara Luar		Selang Air		Blok Mesis		Gas Buang
			Bola Kering	Bola Basah	Keluar Mesin	Masuk Mesin	Kanan	Kiri	
			To	To'	T1	T2	T3	T4	
I	1300	20	32	29,9	53,1	44,8	63	56,5	93,3
		40	32	29,6	54,8	43,9	64,5	58,9	94,3
		60	32,3	29,5	53,5	42,8	64,1	57,4	95,6
		80	31,5	29	53	44,6	64,6	58,4	91,2
Nilai Rata-rata			32,8	32,0	29,5	53,6	44,0	64,1	57,8
II	1500	20	34	31	54,1	45,8	64,9	56,6	95,3
		40	33,9	31	54,3	47,7	66,3	59,6	95,3
		60	33,4	31	54,4	44,8	64,4	58,6	94,4
		80	33,3	30,8	52,6	44,5	62,6	58,5	93
Nilai Rata-rata			31,1	33,6	30,9	53,8	45,7	64,5	58,3

Tabel 3 . Menggunakan Air AC

Uji	Putaran (Rpm)	Waktu (Menit)	Kondisi Temperatur (°C)						
			Udara Luar		Selang Air		Blok Mesis		Gas Buang
			Bola Kering	Bola Basah	Keluar Mesin	Masuk Mesin	Kanan	Kiri	
			To	To'	T1	T2	T3	T4	
I	1300	20	31,6	30,5	52,9	44	63,7	56,5	91,7
		40	32	30,5	53,7	44,4	64,4	60,1	93,7
		60	32	30,9	54,4	44,9	63,6	58,6	94,4
		80	32	30,9	54	43,8	63,7	58,9	94,6
Nilai Rata-rata			32,8	31,9	30,7	53,8	44,3	63,9	58,5
II	1500	20	31,5	30,4	52,6	43	66,3	56,1	102,1
		40	31,3	30,3	51,2	42,2	62,6	54,5	105,7
		60	30,9	30	52,3	41,2	63	57,6	100,1
		80	31	30	51,8	40,8	62,9	57,3	102,2
Nilai Rata-rata			31,1	31,2	30,2	52,0	41,8	63,7	56,4

3.2. Perhitungan Neraca Panas Motor

- Besarnya panas yang dihasilkan oleh pembakaran bahan bakar/jam dapat dihitung dengan rumus :

$$Q_f = F_h \cdot QI$$

- Silinder liner standar
 $Q_f = 14440075 \text{ Kcal/jam}$
- Silinder liner Posisi Terbalik
 $Q_f = 18432698 \text{ Kcal/jam}$

- Besarnya panas equivalen yang menghasilkan kerja :

$$Q_e = 632.N_e$$

$$Q'_e = \frac{Q_e}{Q_f} \times 100\%$$

- Silinder liner standar.
 $Q_e = 438082,176 \text{ Kcal/jam}$
 $Q'_e = 30 \%$
- Silinder liner Posisi Terbalik
 $Q_e = 406790,592 \text{ Kcal/jam}$
 $Q'_e = 22 \%$

- Besarnya panas yang keluar bersamaan dengan gas buang :

$$Q_{ef}' = \frac{Q_{eg}}{Q_e}$$

- Silinder liner standar
 $Q_{ef}' = 438082,176/2989115,221 \times 100\%$
 $= 0,1465 = 14,65 \%$

- Silinder liner Posisi Terbalik.

$$Q_{ef}' = \frac{406790,595}{3469321,998} \times 100\%$$

$$= 0,117 = 11,7 \%$$

- Besarnya panas yang diserap oleh air pendingin motor :

$$Q_{cool}' = \frac{Q_{cool}}{Q_e} \times 100$$

- Silinder liner standar

$$Q_{cool}' = \frac{597823,0443}{2989115,221} \times 100\%$$

$$= 0,2000 = 20 \%$$

- Silinder liner Posisi Terbalik.

$$Q_{cool}' = \frac{1040789,6}{3469321,998} \times 100\%$$

$$= 0,2999 = 29 \%$$

- Besarnya panas yang melalui dinding silinder :

$$Q_m = \frac{Q_{syk}}{\pi.D.s}$$

- Silinder liner standar

$$Q_m = \frac{433202,2733}{3,14.911.9,50} \times 100\%$$

$$= 15 \%$$

- Silinder liner Posisi Terbalik.

$$Q_m = \frac{552971,3062}{3,14.911.950} \times 100\%$$

$$= 0,2034\% = 20\%$$

Besarnya panas yang dihasilkan di dalam motor akibat pembakaran tidak sempurna:

$$Q_1 = Q_f - Q_c - Q_{eg} - Q_m - Q_{cool}$$

- Silinder liner standar

$$Q_1 = 100\% - 30\% - 14\% - 20\% - 15\%$$

$$= 21 \%$$

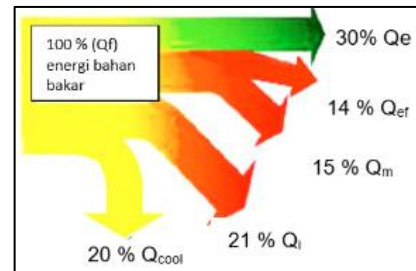
- Silinder liner Posisi Terbalik

$$Q_1 = 100\% - 20\% - 11\% - 29\% - 20\%$$

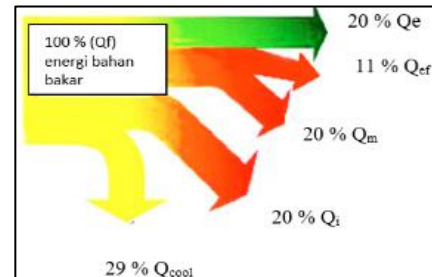
$$= 20\%$$

Tabel.1 Neraca Panas Motor

Neraca Panas Motor	Silinder standar (%)	Silinder liner Posisi Terbalik (%)
Q_e	30 %	22 %
Q_{ef}	14,65 %	11,7 %
Q_m	15 %	20%
Q_1	21 %	20 %
Q_{cool}	20 %	29 %

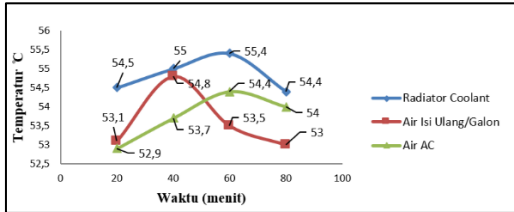


Gambar 5. Neraca panas motor yang posisi silinder liner Standar

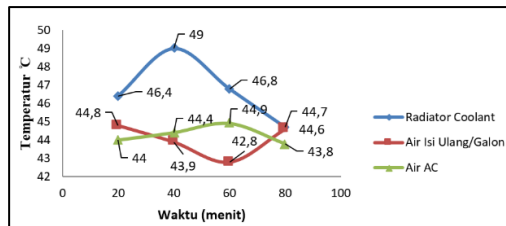


Gambar 6. Neraca panas motor yang posisi silinder liner diubah.

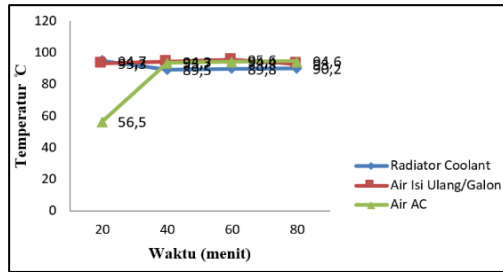
Gambar 7 menjelaskan tentang perbandingan panas yang terjadi antara motor diesel yang posisi silindernya standar dan yang telah dirubah posisi silinder linernya.



Gambar 7. Perbandingan Tiga Jenis Air Pendingin pada Selang Air Keluar Mesin

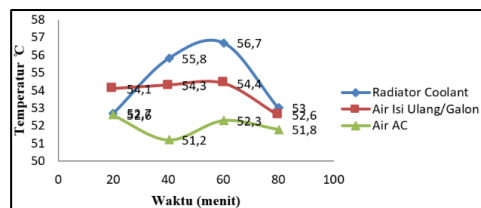


Gambar 8. Perbandingan Tiga Jenis Air Pendingin pada Selang Air Masuk Mesin

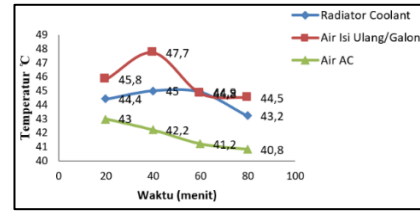


Gambar 9. Perbandingan Tiga Jenis Air Pendingin pada Gas Buang

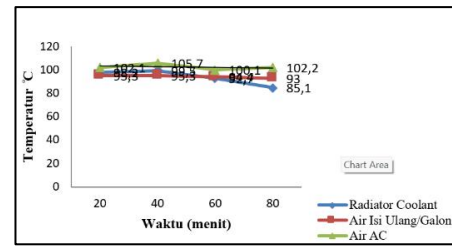
Gambar 10 menjelaskan tentang perbandingan temperatur panas dari ketiga jenis fluida cair yang digunakan sebagai cairan pendingin radiator pada motor diesel yang telah dirubah posisi silindernya dengan putaran mesin 1500 rpm



Gambar 10. Perbandingan Tiga Jenis Air Pendingin pada Selang Air Keluar Mesin



Gambar 11. Perbandingan Tiga Jenis Air Pendingin pada Selang Air Masuk Mesin



Gambar 11. Perbandingan Tiga Jenis Air Pendingin pada Gas Buang

4. KESIMPULAN.

Dari hasil penelitian dengan motor diesel L-300 yang telah mengalami perubahan posisi silinder liner pada putaran 1500 rpm selama 80 menit, konsumsi bahan bakar spesifik tercatat sebesar 2,863 kg/HP.jam, dengan neraca panas terdiri dari $Q_f = 100\%$, $Q_e = 20\%$, $Q_{ef} = 11\%$, $Q_{cool} = 29\%$, $Q_m = 20\%$, dan $Q_i = 20\%$. Sebagai perbandingan, pada motor dengan silinder liner standar, konsumsi bahan bakar spesifik sebesar 2,0832 kg/HP.jam dengan persentase neraca panas $Q_f = 100\%$, $Q_e = 30\%$, $Q_{ef} = 14\%$, $Q_{cool} = 20\%$, $Q_m = 15\%$, dan $Q_i = 21\%$, dengan perbedaan rata-rata sebesar 7%. Meskipun terdapat perbedaan persentase yang relatif kecil, dapat disimpulkan bahwa perubahan posisi silinder tidak mempengaruhi kinerja keseluruhan motor dan sistem pendingin radiator tetap berfungsi dengan baik sesuai hasil perhitungan neraca panas dan pengukuran temperatur mesin.

5. DAFTAR PUSTAKA

[1] A. S. Farisi and A. M. Sakti, "Pengaruh Variasi Boring Silinder Liner Terhadap Performa Motor 4 Tak 102Cc," *Jtm*, vol. 04, no. 02, pp. 1–6, 2019.
 [2] M. Ricki Murti, "Laju pembuangan panas pada radiator dengan fluida campuran 80% air dan 20% RC pada rpm konstan," *J. Ilm. Tek. Mesin CAKRAM*, vol. 2, no. 1, pp. 4–9, 2008.

- [3] D. A. Dwi Hersandi and I. M. Arsana, "Pengaruh Jenis Fluida Pendinginan Terhadap Kapasitas Radiator Pada Sistem Pendinginan Mesin Daihatsu Xenia 1300Cc," *J. Pendidik. Tek. Mesin UNESA*, vol. 6, no. 03, pp. 41–52, 2018.
- [4] R. T. Renaldi, A. Rijanto, and D. N. Zulfika, "Analisis Laju Panas Cairan Pendingin Radiator Dengan Menggunakan Campuran Air Dan Ethylene Glycol," *Semin. Nas. Fak. Tek.*, vol. 2, no. 1, pp. 270–274, 2023, doi: 10.36815/semastek.v2i1.108.
- [5] B. N. D. Nuryanto, T. Istanto, and W. E. Juwana, "Pengaruh laju aliran coolant campuran air dengan ethylene glycol terhadap laju perpindahan panas dan penurunan tekanan radiator otomotif," *J. Tek. Mesin Indones.*, vol. 11, no. 2, pp. 71–76, 2018, doi: 10.36289/jtmi.v11i2.56.
- [6] T. U. H. S. G. Manik, T. B. Sitorus, and R. Irfandi, "Analisa Dan Uji Eksperimental Performansi Alat Penukar Kalor Kompak Jenis Radiator Kendaraan Berkapasitas Mesin 1300 Cc," *J. Sist. Tek. Ind.*, vol. 20, no. 2, pp. 1–8, 2018, doi: 10.32734/jsti.v20i2.482.
- [7] M. H. Albana and B. Rukmana, "Simulasi Aliran Fluida Pendingin pada Upper Hose Radiator Modifikasi," *J. Integr.*, vol. 10, no. 1, pp. 28–31, 2018.
- [8] N. Hidayat, A. Arif, and M. Martias, "Perbandingan Kemampuan Pelepasan Panas Pada Alat Penukar Panas Radiator Straight Fin Jenis Circular Cylinder Tube Dengan Flat Tube," *INVOTEK J. Inov. Vokasional dan Teknol.*, vol. 19, no. 1, pp. 17–24, 2019, doi: 10.24036/invotek.v19i1.437.
- [9] R. Y. H. Bakar and E. Nurfirman, "Analisis Jenis Cairan Pendingin Terhadap Laju Perpindahan Kalor Pada Sistem Pendingin Radiator," *Saintesa*, vol. Vol 2, no. 1, p. Hal 1-9, 2022.
- [10] A. Clifford, R. Abrar, and S. Darmawan, "Analisis Kinerja Coolant Pada Radiator," *Poros*, vol. 12, no. 2, p. 122, 2014, doi: 10.24912/poros.v12i2.564.
- [11] U. Diponegoro, "Modifikasi dan perhitungan perpindahan kalor pada alat penukar kalor radiator 'debit aliran air 0,003 m³ /menit ' tugas akhir," 2011.
- [12] H. Wijanarko and T. Mesin Pertahanan Akademi Militer Magelang, "Laju Pembuangan Panas Pada Radiator Dengan Fluida Campuran 70% Air Dan 30% Radiator Coolant Dengan Rpm 2000 Toyota Avanza," *Mekanikasista*, vol. 10, no. 1, pp. 49–59, 2022.
- [13] M. R. Murti, "Laju pembuangan panas pada radiator dengan fluida campuran 80% air dan 20% RC pada rpm konstan," *J. Ilm. Tek. Mesin CAKRAM*, vol. 2, no. 1, pp. 4–9, 2008.
- [14] G. Soebiyakto, G. Soebiyakto, and P. Mesin, "ANALISIS VOLUME AIR RADIATOR TERHADAP PERUBAHAN TEMPERATUR PADA $Ne = Te \cdot n (Ps) QI Fe = Fh Ne (kg / jam Ps)$," vol. 4, no. 1, pp. 1–5, 2012.
- [15] S. Johansson, P. H. Nilsson, R. Ohlsson, and B. G. Rosén, "Experimental friction evaluation of cylinder liner/piston ring contact," *Wear*, vol. 271, no. 3–4, pp. 625–633, 2011, doi: 10.1016/j.wear.2010.08.028.
- [16] C. Dere and C. Deniz, "Effect analysis on energy efficiency enhancement of controlled cylinder liner temperatures in marine diesel engines with model based approach," *Energy Convers. Manag.*, vol. 220, no. March 2020, p. 113015, 2020, doi: 10.1016/j.enconman.2020.113015.