

## ANALISIS EFISIENSI THERMAL MOTOR BENSIN MESIN GEROBAK DENGAN MENGGUNAKAN CYCLEPAD

POLIKARPUS JO WEA<sup>1</sup>  
MARKUS SAMPE BANNE<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Program Studi Teknik Mesin  
Politeknik Saint Paul Sorong

Email : [polikarpusjoweawea@gmail.com](mailto:polikarpusjoweawea@gmail.com); [markus\\_sampe@yahoo.co.id](mailto:markus_sampe@yahoo.co.id)

### ABSTRAK

Penelitian ini memiliki tujuan untuk mengetahui nilai efisiensi thermal motor bensin menggunakan program cyclepad. Penelitian dilakukan untuk motor bensin penggerak gerobak dorong dengan tipe motor Yamaha Mio M3 125 cc. Prosedur awal penelitian dilakukan dengan pengambilan data spesifikasi mesin dan parameter awal yaitu, Temperatur Awal (T), Tekanan Awal P (Tekanan Atmosfir), massa bahan bakar, nilai kalor bahan bakar dan nilai perbandingan udara dan bahan bakar. Proses penginputan dimulai dari titik S1, Langkah kompresi, titik S2, Langkah pembakaran, titik S3, Langkah ekspansi, titik S4, dan Langkah buang. Hasil perhitungan dilihat pada menu cycle. Hasil perhitungan menggunakan program cyclepad diperoleh efisiensi termal untuk motor bensin penggerak gerobak dorong tipe Yamaha Mio M3 125 cc sebesar 59,36%. Perhitungan awal secara teoritis pendekatan hubungan efisiensi thermal dan perbandingan kompresi diperoleh nilai efisiensi thermal sebesar 59,364%.

**Kata Kunci :** Efisiensi Termal, Cyclepad, Motor Bensin

### ABSTRACT

This research aims to determine the thermal efficiency value of a petrol motorbike using the cyclepad program. The research was carried out on a petrol motorbike driving a wheelbarrow with a Yamaha Mio M3 125 cc motorbike. The initial research procedure was carried out by collecting engine specification data and initial parameters, namely, Initial Temperature (T), Initial Pressure P (Atmospheric Pressure), fuel mass, fuel calorific value and air and fuel ratio values. The input process starts from point S1, compression stroke, point S2, combustion stroke, point S3, expansion stroke, point S4, and exhaust stroke. The calculation results are seen in the cycle menu. The results of calculations using the cyclepad program show that the thermal efficiency for a petrol motorbike driving a Yamaha Mio M3 125 cc wheelbarrow is 59.36%. Initial theoretical calculations approach the relationship between thermal efficiency and compression ratio, resulting in a thermal efficiency value of 59.364%.

**Keywords:** Thermal Efficiency, Cyclepad, Gasoline Motors

### PENDAHULUAN

Salah satu peralatan yang juga dibutuhkan manusia adalah peralatan yang digunakan untuk memindahkan benda-benda yang berat atau benda dalam jumlah yang besar dari satu tempat ke tempat lain. Peralatan ini sering ditemukan dalam bidang bangunan, perkebunan, pertanian atau digunakan di rumah-rumah penduduk yang memiliki lahan yang luas. Peralatan ini dikenal dengan sebutan alat angkut gerobak atau *wheelbarrow*. *Wheelbarrow* adalah alat angkut

yang didorong oleh satu orang operator menggunakan dua pegangan bagian belakang dan memiliki satu buah roda di bagian depan. Gerobak sorong atau *wheelbarrow* ini dirancang untuk mendistribusikan berat beban antara roda dan operator sehingga memungkinkan beban yang diterima oleh operator berkurang. (Muhyin et al., 2018)

Kendala dari alat angkut jenis gerobak sorong ini adalah menggunakan tenaga manusia yang apabila berat beban yang diangkut tidak seimbang dengan kemampuan operator maka

kegiatan pengangkutan sering mengalami kelemahan antara lain dapat menyebabkan cedera tulang pada operator dan waktu yang diperlukan untuk kegiatan pengangkutan lebih banyak. Perkembangan teknologi saat ini membuat bermunculan ide-ide cemerlang dari tenaga-tenaga profesional untuk membuat inovasi meningkatkan kinerja gerobak sorong dengan menambahkan mesin sebagai sumber tenaga. Mesin yang dipilih adalah motor bensin.

Prestasi sebuah mesin dapat diukur dengan mengetahui besaran-besaran spesifikasi mesin diantaranya adalah efisiensi thermal mesin. Besaran tersebut dapat diketahui melalui perhitungan-perhitungan teoritis yaitu perhitungan Termodinamika. Program *cyclepad* adalah salah satu program yang memudahkan dalam perhitungan besaran-besaran Termodinamika. (Lewerissa et al., 2022)

Program *cyclepad* merupakan salah satu program yang sangat mudah untuk dipelajari dan digunakan. Selain lebih mudah dan cepat dalam perhitungan, program ini dapat menghasilkan hasil yang lebih teliti dan akurat. Dengan demikian untuk pembuatan alat angkut gerobak sorong dengan tenaga penggerak motor bensin yang merupakan hasil kerja sama tim, penulis sebagai salah satu anggota tim tertarik untuk mengetahui besar nilai efisiensi thermal mesin yang digunakan dengan memanfaatkan program *cyclepad*.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui nilai efisiensi thermal motor bensin penggerak gerobak menggunakan program *cyclepad*.

## KAJIAN PUSTAKA

### Pengertian Motor Bensin

Motor bensin adalah jenis kendaraan bermotor yang menggunakan mesin pembakaran internal dengan bahan bakar bensin. Motor bensin juga dikenal sebagai sepeda motor atau motor berbahan bakar bensin. Mereka biasanya menggunakan mesin berkapasitas kecil hingga sedang, yang didesain untuk digunakan di jalan raya atau lingkungan perkotaan.

Motor bensin bekerja dengan memanfaatkan mesin pembakaran internal, bahan bakar bensin dapat dicampur dengan udara di dalam ruang bakar silinder mesin, kemudian dibakar oleh busi pengapian. Proses pembakaran ini menghasilkan tenaga yang menggerakkan poros engkol, yang

kemudian ditransmisikan melalui sistem transmisi ke roda belakang atau roda depan, tergantung pada jenis motor.

Keuntungan motor bensin antara lain efisiensi bahan bakar yang lebih baik dibandingkan dengan motor diesel, mesin yang lebih ringan, akselerasi yang responsif, dan perawatan yang lebih mudah. Namun, motor bensin umumnya memiliki emisi yang lebih tinggi dan konsumsi bahan bakar yang lebih besar dibandingkan dengan motor diesel. Motor bensin umumnya digunakan untuk transportasi pribadi, perjalanan sehari-hari, dan hiburan. Tersedia dalam berbagai jenis dan kelas, mulai dari sepeda motor matic yang mudah digunakan hingga motor sport yang kencang dan kuat. (Munawar et al., 2023)

### Prinsip Kerja Motor Bensin

Ditinjau dari langkah torak dalam satu kali proses pembakaran, maka motor bensin terdiri dari :

#### 1. Motor Dua Langkah

Pada motor dua langkah, untuk satu langkah usaha diperlukan dua kali langkah torak atau satu kali putaran poros engkol. Pada motor jenis ini tidak memiliki katup isap dan katup buang, melainkan dilengkapi dengan celah bilas dan celah buang. Fluida kerja masuk ke dalam silinder melalui celah pembilasan dan sisa hasil pembakaran keluar melalui celah pembuangan.

#### 2. Motor Empat Langkah

Motor empat langkah adalah motor yang menghasilkan satu kali usaha dalam empat kali langkah torak atau dua kali putaran poros engkol. Adapun langkah-langkah yang dimaksud adalah langkah isap pemasukan bahan bakar-udara), langkah kompresi (pemampatan), langkah ekspansi (usaha) dan langkah pembuangan.

Siklus 4 langkah motor bensin sebagai berikut:

#### a. Langkah masuk (isap)

Pada langkah isap, piston bergerak dari TMA menuju TMB. Saat piston bergerak turun, katup masuk dalam keadaan terbuka, sehingga campuran bahan bakar dan udara terhisap ke dalam silinder. Ketika piston mencapai TMB, katup masuk dalam keadaan tertutup, dapat dikatakan bahwa langkah isap selesai.

#### b. Langkah kompresi

Pada langkah kompresi, kedua katup (katup masuk dan katup buang) dalam keadaan tertutup. Piston bergerak naik dari TMB menuju TMA mendorong campuran bahan bakar dan udara dalam silinder, sehingga menyebabkan tekanan udara dalam silinder meningkat. Sebelum piston mencapai TMA campuran bahan bakar dan udara yang bertekanan tinggi dibakar oleh loncatan bunga api busi.

c. Langkah Pembakaran  
 Pada proses ini kedua katup tertutup. Piston berada di TMA dan loncatan api busi yang bereaksi dengan campuran udara dan bahan bakar bertekanan tinggi akan menimbulkan pembakaran.

d. Langkah Ekspansi (Kerja)  
 Pada langkah kerja loncatan api busi yang bereaksi dengan campuran bahan bakar dan udara bertekanan tinggi akan menimbulkan letusan. Letusan ini akan menghasilkan tenaga yang mendorong piston bergerak turun menuju TMB. Tenaga yang dihasilkan oleh langkah kerja diteruskan oleh poros engkol untuk menggerakkan gigi transmisi yang menggerakkan gear depan.

e. Langkah Keluar (Pembuangan)  
 Proses pembuangan (pengeluaran kalor) pada volume konstan ini katup isap tertutup dan katup buang terbuka. Posisi piston berada di TMB.

Langkah buang pada tekanan konstan, piston bergerak naik dari TMB menuju TMA. Katup masuk dalam keadaan tertutup dan katup buang dalam keadaan terbuka. Gas sisa hasil pembakaran terdorong keluar menuju saluran pembuangan. Dengan terbuangnya gas sisa pembakaran, berarti kerja dari langkah-langkah mesin untuk satu kali proses kerja (siklus) telah selesai. (Lewerissa, 2011)

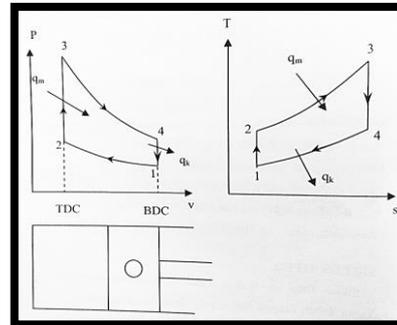
**Siklus Otto**

Siklus Otto merupakan siklus ideal dari motor bensin atau mesin pembakaran dalam dengan sistem penyalaan bunga api (*spark-ignition internal combustion engines*). Mesin semacam ini banyak digunakan sebagai mesin kendaraan sepeda motor, mobil dan mesin-mesin kecil lainnya.

Siklus ini diperlihatkan dengan diagram P-v dan T-s, seperti pada gambar yang terdiri dari empat proses : (Arif, 2011)

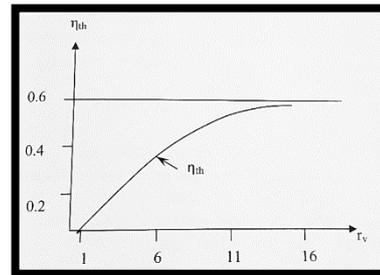
- a. Proses 1–2 : kompresi isentropik

- b. Proses 2–3 : pemasukan kalor pada volume konstan (isochorik)  $q_m$
- c. Proses 3–4 : ekspansi isentropik
- d. Proses 4–1 : pembuangan kalor pada volume konstan (isochorik)  $q_k$



Gambar 1. Siklus Otto

Efisiensi termal siklus Otto adalah fungsi perbandingan kompresi,  $r_v$ , sebagaimana terlihat pada gambar 2.



Gambar 2. Efisiensi Thermal vs Perbandingan Kompresi Siklus Otto

**Cyclepad**

Profesor Kenneth Forbus dari Departemen Pendidikan dan ilmu komputer di Northwestern University telah mengembangkan perangkat lunak komputer cerdas yang ideal bagi analisis termodinamika bernama *Cyclepad*. *Cyclepad* adalah perangkat lunak teknik kognitif. Perangkat ini menciptakan virtual laboratorium di mana konsep-konsep Termodinamika dapat dipelajari dengan efisien. *Cyclepad* dapat digunakan untuk hukum termodinamika dan bagaimana menerapkannya. Jika pengguna membuat kesalahan dalam desain, program ini dapat mengingatkan pengguna prinsip-prinsip penting atau desain langkah-langkah yang mungkin telah diabaikan.

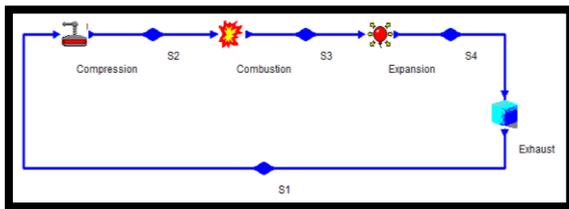
*Cyclepad* memungkinkan pengguna untuk memecahkan masalah desain dalam langkah logis. Hal ini memungkinkan pengguna untuk melakukan simulasi, studi parametrik, dan optimasi pada sistem termodinamika. Perangkat Ini akan menampilkan hasil numerik nilai P-v,

T-s dan diagram P-v dan T-s. Hal ini memungkinkan para pemakai untuk menganalisa dan mendesain sistem termodinamika mudah dan cepat. Perangkat ini memiliki fitur yang cerdas, sangat berbeda dari perangkat lunak lain.

*Cyclepad* telah digunakan di U.S. Naval Academy sejak 1996 oleh Profesor Wu untuk beberapa perhitungan termodinamika. Perangkat ini telah diterima dengan baik dan telah diamati menciptakan desain yang lebih baik. *Cyclepad* ini dirancang untuk menganalisis termodinamika dalam simulator.

*Cyclepad* memberikan pemahaman kualitatif Termodinamika yang lebih baik karena kemampuan simulasi memungkinkan bagaimana mengubah satu parameter dapat mempengaruhi nilai-nilai parameter lain yang merupakan bagian dari sistem yang sama. Tanpa simulator, analisis Termodinamika secara tradisional hanya akan terlalu banyak memakan waktu saat melakukan perhitungan. Evaluasi kualitatif dari *cyclepad* telah menunjukkan bahwa menggunakan *cyclepad* memiliki pemahaman persamaan Termodinamika yang lebih baik. (Lewerissa et al., 2022)

Siklus Otto pada program *cyclepad* dapat didesain sebagai berikut: (Wu, 2007)



Gambar 3. Siklus Otto pada Cyclepad

Siklus Otto terdiri dari empat proses :

- 1-2 isentropik kompresi
- 2-3 panas masuk pada volume konstan
- 3-4 isentropik ekspansi
- 4-1 panas keluar pada volume konstan

Proses panas masuk pada siklus Otto terjadi pada proses volume konstan. Diagram P-v dan T-s untuk siklus Otto dapat dilihat pada gambar 1. Empat proses dalam siklus Otto merupakan sistem tertutup yang menerapkan hukum pertama dan hukum kedua termodinamika untuk menghasilkan: (Wu, 2007)

$$W_{12} = \int p \, dV \quad (1)$$

$$Q_{12} - W_{12} = m(u_2 - u_1), Q_{12} = 0 \quad (2)$$

$$W_{23} = \int p \, dV = 0 \quad (3)$$

$$Q_{23} - 0 = m(u_3 - u_2) \quad (4)$$

$$W_{34} = \int p \, dV \quad (5)$$

$$Q_{34} - W_{34} = m(u_4 - u_3), Q_{34} = 0 \quad (6)$$

$$W_{41} = \int p \, dV = 0 \quad (7)$$

dan

$$Q_{41} - 0 = m(u_1 - u_4) \quad (8)$$

Kerja bersih ( $W_{net}$ ) sama dengan panas bersih ( $Q_{net}$ ), maka

$$\begin{aligned} W_{net} &= W_{12} + W_{23} + W_{34} \\ &= Q_{net} = Q_{23} + Q_{41} \end{aligned} \quad (9)$$

Efisiensi termal dari Siklus adalah :

$$\begin{aligned} \eta &= W_{net}/Q_{23} = Q_{net}/Q_{23} = 1 - (Q_{41}/Q_{23}) \\ &= 1 - \{(u_4 - u_1)/(h_3 - h_2)\} \end{aligned} \quad (10)$$

Untuk efisiensi termal siklus Otto ideal dapat disederhanakan jika udara diasumsikan berupa cairan yang bekerja dengan panas spesifik konstan. Persamaan (10) menjadi :

$$\eta = 1 - \{(T_4 - T_1)/(T_3 - T_2)\} = 1 - (r)^{1-k} \quad (11)$$

dimana  $r$  adalah rasio kompresi yang didefinisikan dalam persamaan :

$$r = \frac{v_1}{v_2} \quad (12)$$

Keseluruhan persamaan ini tidak dihitung secara analitik, namun secara komputasi dalam program *cyclepad*.

## METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian dilakukan dengan pengambilan data praktis. Data pertama adalah data spesifikasi motor bensin yang akan digunakan dalam perhitungan. Tipe motor bensin yang digunakan adalah Mio M3 125 cc.

Parameter-parameter awal yang digunakan disesuaikan dengan kebutuhan data dari software *cyclepad*.

Langkah-langkah menggunakan software *cyclepad* dalam perhitungan sebagai berikut:

1. Masuk dalam *software cyclepad*;
2. Memilih tipe analisis;
3. Memilih menu file, kemudian pilih *New* untuk mendesain siklus Otto pada *cyclepad* atau memilih menu *Library*, kemudian pilih *Otto cycle*, maka gambar siklus Otto derada pada layar;
4. Pilih *S1* pada siklus, *input Substance*, nilai  $T$ , nilai  $P$  dan nilai  $m$ ;
5. Pilih *Compression* pada siklus, input Model sesuai Gambar 1. Siklus Otto dan nilai perbandingan kompresi ( $r$ ) sesuai data spesifikasi motor;
6. Pilih *S2*;
7. Pilih *Combustion*, input Model sesuai gambar 1. Siklus Otto, nilai HV dan nilai  $Q$ ;
8. Pilih *S3*;

9. Pilih *Expansion*, input Model sesuai gambar 1. Siklus Otto;
10. Pilih *S4*;
11. Pilih *Exhaust*, input Model sesuai gambar 1. Siklus Otto;
12. Pilih menu *Cycle* untuk mendapatkan nilai efisiensi dan besaran termodinamika yang lengkap.

## PEMBAHASAN

### Spesifikasi Motor Bensin

Spesifikasi motor bensin yang digunakan sebagai data awal sebagai berikut:

Tabel 1. Spesifikasi Motor

Tipe Mesin	Air cooled 4-stroke, SOHC
Kapasitas Oli Mesin	Total=0,84L; Berkala=0,80L
Susunan Silinder	Single cylinder
Diameter x Langkah	52,4 x 57,9 mm
Perbandingan kompresi	9,5 : 1
Volume silinder	125 cc
Daya maksimum	7,0 kW/8000 rpm
Torsi maksimum	9,6 Nm/5500 rpm
Sistem stater	Electric & Kick Stater
Sistem pelumasan	Wet Sump
Sistem bahan bakar	Fuel Injection
Tipe kopling	Dry, Centrifugal Automatic
Tipe transmisi	V-Belt Automatic

### Nilai Besaran dan Model Input

Besaran-besaran yang diinput pada titik tertentu memiliki nilai-nilai sebagai berikut

Tabel 2. Data Input

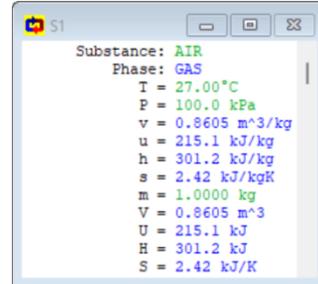
PARAMETER	NILAI
Temperatur Awal (T)	27 °C
Tekanan Awal (P)	100,00 kPa
Massa Udara (m)	1,000 kg
Rasio Kompresi	9,5 : 1
Nilai Kalor Bahan Bakar (HV)	40000 kJ/kg
Nilai Perbandingan Udara dan Bahan Bakar (A/F)	15,13

Proses setiap langkah yaitu langkah kompresi dalam model adiabatik dan isentropik, langkah pembakaran dalam model isochorik, langkah ekspansi dalam model adiabatik dan isentropik, langkah buang dalam model isochorik,

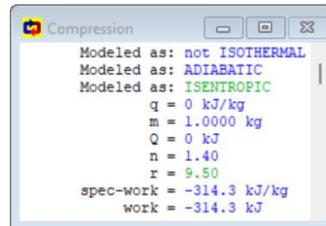
### Hasil Perhitungan Nilai Efisiensi Thermal Menggunakan Cyclepad

Perhitungan diawali dengan menggambar siklus pada *software*, seperti pada gambar 3.

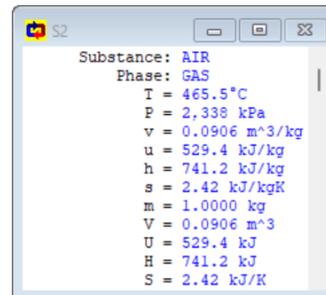
Hasil perhitungan dari program disajikan sebagai berikut:



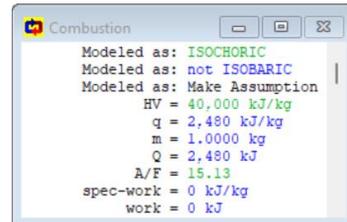
Gambar 4. Hasil Input Titik S1



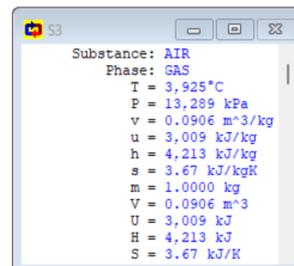
Gambar 5. Hasil Input Langkah Kompresi



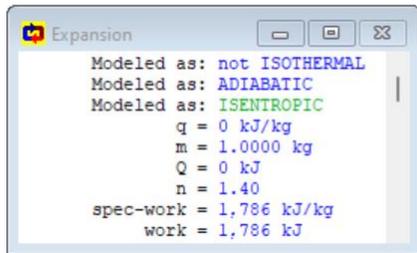
Gambar 6. Hasil Input Titik S2



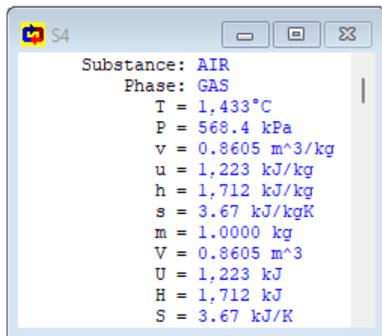
Gambar 7. Hasil Input Langkah Pembakaran



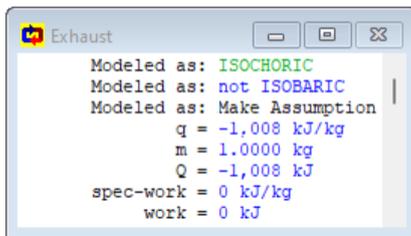
Gambar 8. Hasil Input Titik S3



Gambar 9. Hasil Input Langkah Ekspansi

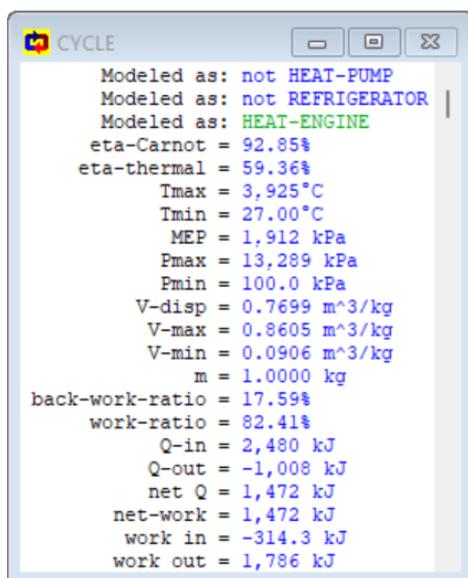


Gambar 10. Hasil Input Titik S4

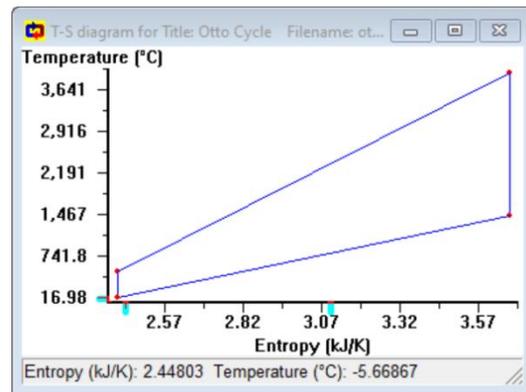


Gambar 11. Hasil Input Langkah Buang

Setelah semua langkah diinput maka diperoleh data keseluruhan pada menu *cycle* yang disajikan dalam gambar 12. Grafik hubungan T-s disajikan dalam gambar 13.



Gambar 12. Data Hasil Perhitungan (*Cyclepad*)



Gambar 13. Grafik Hubungan T-s

### Pembahasan

Hasil akhir perhitungan sesuai tujuan penelitian yaitu efisiensi termal untuk motor bensin penggerak gerobak dorong dengan tipe Yamaha Mio M3 125 cc diperoleh sebesar 59,36 %. Dibandingkan dengan perhitungan secara teoritis hubungan efisiensi thermal dengan perbandingan kompresi melalui persamaan (11) diperoleh nilai sebesar :

$$\begin{aligned}
 \eta &= 1 - (r)^{1-k} = 1 - (9,5)^{1-1,4} \\
 &= 1 - 0,40636 \\
 &= 0,59364 \\
 &= 59,364 \%
 \end{aligned}$$

Selain nilai efisiensi termal, juga diperoleh nilai dari besaran-besaran termodinamika yang sering ditentukan dalam perhitungan besaran-besaran untuk siklus mesin kalor seperti yang disajikan dalam gambar 12.

Nilai efisiensi thermal dalam hubungannya dengan perbandingan kompresi dapat dijadikan tanda dalam proses pendekatan nilai-nilai besaran yang akan diinput, sehingga hasil yang diperoleh dapat diakui kebenarannya.

### PENUTUP

Hasil akhir perhitungan menggunakan program *cyclepad* sesuai tujuan penelitian untuk memperoleh nilai efisiensi termal motor bensin penggerak gerobak dorong tipe Yamaha Mio M3 125 cc adalah sebesar 59,36 %.

### DAFTAR PUSTAKA

Arif, E. (2011). *Termodinamika Teknik. Makassar: Membumi Publishing.*  
 Lewerissa, Y. J. (2011). *Pengaruh Campuran Bahan Bakar Bensin Dan Etanol Terhadap Prestasi Mesin Bensin. Agustus, 05(2).*

- Lewerissa, Y. J., Assiddiq, H., & Hetharia, M. (2022). Analisis Efisiensi Thermal Mesin Diesel Menggunakan Cyclepad. *Jurnal Teknik Mesin, Listrik Dan Sipil*, 1.
- Muhyin, M., Sulistiyo, A. T., Wicahyono, D. A., & Hutama, R. Y. (2018). Modifikasi Rancang Bangun Gerobak Sorong Bermesin Sebagai Sarana Angkut Pada Proses Pengangkutan Material Pada Industri Batu Bata. *MEKANIKA: Jurnal Teknik Mesin*, 4(01), 7–11.
- Munawar, A. F., Arzaq, V. K., Romadoni, M. U. H., Pangestu, D. A., & Saputra, T. J. (2023). Analisis Pemakaian Bbm Motor Bensin Yang Terpasang Pada Motor Honda Supra 100cc. *Jurnal Sains Dan Teknologi*, 2(1), 160–171.
- Wu, C. (2007). *Thermodynamics and heat powered cycles: a cognitive engineering approach*. Nova Publishers.