

ANALISIS INDEKS POLITROPIK DAN EFISIENSI KOMPRESOR TORAK DENGAN PENDEKATAN SPESIFIK HEAT VARIABEL PADA BERBAGAI TEMPERATUR PENGUJIAN

Mahesa Riki Armanda¹, Althesa Androva², Muhamad Safii³

rmahesa811@gmail.com¹, althesaandrova@upgris.ac.id², muhamadsafiii@upgris.ac.id³

Universitas UPGRI Semarang

ABSTRAK

Proses pemampatan udara di dalam kompresor torak pada dasarnya mengikuti karakteristik politropik, bukan bersifat isothermal murni maupun adiabatik sepenuhnya, sehingga panas jenis fluida kerjanya turut berubah seiring naik-turunnya temperatur, sementara kajian yang secara khusus mengevaluasi hubungan antara variasi temperatur pengujian dengan nilai indeks politropik dan efisiensi kompresor torak berbasis pendekatan panas jenis variabel pada skala laboratorium pendidikan masih terbatas jumlahnya. Berangkat dari hal tersebut, penelitian ini bertujuan memperoleh nilai indeks politropik (n) dan efisiensi (η) kompresor torak yang diuji pada tiga kondisi temperatur, yaitu 50°C, 60°C, dan 70°C, dengan putaran motor penggerak dijaga konstan pada 1000 rpm, dan diharapkan dapat memperkaya pemahaman mengenai perilaku termodinamika kompresor torak pada kondisi operasi nyata sekaligus mendukung fungsi alat peraga uji sebagai media pembelajaran praktikum termodinamika di lingkungan pendidikan vokasi. Pengujian dilakukan menggunakan alat peraga uji kompresor torak di Laboratorium Konversi Energi, dengan indeks politropik ditentukan melalui pendekatan gas ideal, sedangkan efisiensi diperoleh dengan membandingkan entalpi pada kondisi ideal terhadap kondisi aktual yang keduanya diturunkan dari hasil interpolasi tabel sifat gas. Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai n meningkat seiring naiknya temperatur pengujian (1,020; 1,034; 1,044), dengan efisiensi rata-rata sebesar 71,5%; selain menyebabkan kenaikan temperatur pada sisi keluaran kompresor, kenaikan temperatur tersebut justru menurunkan tekanan keluaran akibat perbedaan waktu yang dibutuhkan untuk mencapai keadaan tunak (steady state). Temuan ini menegaskan pentingnya pendekatan panas jenis variabel dalam analisis kinerja kompresor torak agar hasil perhitungan lebih merepresentasikan kondisi aktual, sekaligus menjadi bahan pertimbangan dalam pengaturan temperatur operasi kompresor guna menjaga stabilitas tekanan keluaran.

Kata Kunci: Kompresor Torak¹, Indeks Politropik², Efisiensi Kompresor³, Panas Jenis Variabel⁴, Termodinamika⁵

ABSTRACT

The air-compression process occurring within a reciprocating compressor essentially follows polytropic characteristics rather than being purely isothermal or fully adiabatic, causing the specific heat of the working fluid to change with fluctuating temperature, and studies specifically evaluating the relationship between test-temperature variation and the polytropic index and efficiency of reciprocating compressors using a variable specific heat approach at the educational-laboratory scale remain limited. Departing from this premise, the present study aims to determine the polytropic index (n) and efficiency (η) of a reciprocating compressor tested under three temperature conditions, namely 50°C, 60°C, and 70°C, with the driving motor's rotational speed held constant at 1000 rpm, and the findings are expected to enrich the understanding of the thermodynamic behavior of reciprocating compressors under real operating conditions while supporting the test apparatus's function as a learning medium for thermodynamics practicum. Testing was carried out using a reciprocating compressor test apparatus at the Energy Conversion Laboratory, with the polytropic index determined through an ideal-gas approach, while efficiency was obtained by comparing the enthalpy under ideal conditions against that under actual conditions, both derived from interpolation of gas property tables. The findings reveal that the value of n increases with rising test temperature (1.020; 1.034; 1.044), with an average efficiency of 71.5%; in addition to raising the temperature at the compressor's discharge side, the increased

temperature was accompanied by a decrease in discharge pressure, a consequence of the differing durations required to reach steady-state conditions. These findings underline the importance of a variable specific heat approach in analyzing reciprocating compressor performance so that the calculation results more accurately represent actual field conditions, and can serve as a consideration in setting compressor operating temperatures to maintain discharge-pressure stability.

Keyword: *Reciprocating Compressor¹, Polytropic Index², Compressor Efficiency³, Variabel Specific Heat⁴, Thermodynamics⁵.*

PENDAHULUAN

Kompresor merupakan mesin konversi energi yang berfungsi memampatkan udara atau gas dari tekanan atmosfer menjadi tekanan yang lebih tinggi sehingga dapat dimanfaatkan pada berbagai peralatan sesuai fungsinya masing-masing (Muhammad, I, A and Eko, T., 2021). Di antara berbagai jenis kompresor yang digunakan di sektor industri maupun laboratorium pendidikan, kompresor torak (reciprocating compressor) merupakan tipe yang paling umum dijumpai karena konstruksinya sederhana dan mudah dioperasikan (Sularso and Tahara, H., 2026). Kompresor jenis ini bekerja melalui gerakan bolak-balik piston di dalam silinder yang menghisap, memampatkan, dan mengeluarkan udara secara periodik melalui katup isap dan katup tekan. Secara teoretis, proses kompresi gas dapat berlangsung melalui tiga pendekatan, yaitu proses isothermal, adiabatik, dan politropik; proses isothermal terjadi apabila temperatur gas dijaga tetap konstan selama kompresi berlangsung, sedangkan proses adiabatik terjadi apabila sistem terisolasi sempurna sehingga tidak ada kalor yang keluar maupun masuk sistem (Dietzel, F., 2023). Pada kenyataannya, proses kompresi pada kompresor torak tidak sepenuhnya dapat digolongkan sebagai proses isothermal maupun adiabatik, melainkan berada di antara keduanya sehingga dikenal sebagai proses politropik, dengan indeks politropik (n) bernilai antara 1 dan k , atau umumnya berkisar 1,25–1,35 untuk kompresor konvensional dan nilai ini menjadi parameter penting karena menggambarkan besarnya penyimpangan proses kompresi aktual terhadap kondisi ideal akibat adanya perpindahan panas antara gas dan dinding silinder (Yasir, A, L and Bambang, D, W., 2014).

Salah satu aspek yang memengaruhi keakuratan analisis kompresor torak adalah asumsi mengenai sifat panas jenis fluida kerja; pada analisis termodinamika sederhana, panas jenis udara sering diasumsikan konstan, padahal nilai c_p dan c_v gas sesungguhnya bersifat variabel terhadap temperatur, terutama pada kondisi tekanan dan temperatur operasi yang cukup tinggi, sehingga pendekatan panas jenis variabel penting diterapkan agar nilai indeks politropik dan efisiensi kompresor yang dihasilkan lebih merepresentasikan kondisi aktual di lapangan, sebagaimana ditunjukkan pada kajian model termodinamika kompresor gas alam berbasis gas nyata dan gas ideal yang menunjukkan adanya perbedaan signifikan antara kedua pendekatan tersebut (Syawaludin, A, L and Muhammad, Y., 2011). Beberapa penelitian terdahulu telah mengkaji kinerja kompresor torak dari berbagai aspek, di antaranya analisis kapasitas dan daya kompresor pada variasi putaran motor (Rezky, R, S et al., 2021), karakteristik getaran dan efisiensi volumetris akibat perubahan profil valve seat (Amrullah and Aminudin., 2018), serta pengaruh faktor kompresibilitas terhadap kinerja kompresor pada unit industri (Muhammad, I, A and Eko, T., 2021). Selain itu, audit energi pada sistem kompresor udara di jalur produksi juga menunjukkan bahwa penurunan kinerja kompresor sangat dipengaruhi oleh kondisi perawatan dan parameter operasi seperti temperatur dan tekanan (Yasir, A, L and Bambang, D, W., 2014).

Sementara kajian numerik mengenai perpindahan panas di dalam silinder kompresor torak menggunakan simulasi berbasis hukum pertama termodinamika turut menegaskan

bahwa temperatur suksi dan rasio tekanan berpengaruh signifikan terhadap karakteristik perpindahan panas dan performa kompresor (Stiaccini., 2016). Kajian mengenai pengaruh perubahan temperatur terhadap kinerja mesin konversi energi berbasis kompresi juga telah banyak dilakukan pada sistem refrigerasi, misalnya pengaruh temperatur subcooling terhadap koefisien kinerja sistem (Atmiko., 2013) dan pengaruh tekanan refrigeran terhadap nilai coefficient of performance (Fahmi, W., 2015). Meskipun demikian, penelitian yang secara khusus mengevaluasi hubungan antara variasi temperatur pemanasan sistem dengan nilai indeks politropik dan efisiensi kompresor torak berbasis pendekatan panas jenis variabel pada skala laboratorium pendidikan masih terbatas jumlahnya, karena sebagian besar kajian terdahulu masih menggunakan asumsi panas jenis konstan atau berfokus pada aspek operasional lain seperti putaran motor, profil katup, faktor kompresibilitas, dan perawatan alat, sehingga hubungan langsung antara variasi temperatur pengaturan pemanas dengan indeks politropik dan efisiensi kompresor belum banyak diungkap secara empiris.

Berangkat dari kesenjangan tersebut, penelitian ini menawarkan kebaruan dengan mengintegrasikan pendekatan panas jenis variabel ke dalam analisis indeks politropik dan efisiensi kompresor torak yang diuji pada tiga variasi temperatur pengaturan pemanas (50°C, 60°C, dan 70°C) menggunakan alat peraga uji berskala laboratorium pendidikan, sehingga menghasilkan nilai n dan η yang lebih merepresentasikan kondisi aktual dibandingkan pendekatan panas jenis konstan yang umum digunakan pada kajian-kajian sebelumnya. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan menghitung nilai indeks politropik dan efisiensi kompresor torak pada tiga variasi temperatur pengaturan pemanas menggunakan alat peraga uji kompresor torak, dan diharapkan dapat memperkaya pemahaman mengenai perilaku termodinamika kompresor torak pada kondisi operasi nyata sekaligus mendukung fungsi alat peraga uji sebagai media pembelajaran praktikum termodinamika. Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi rujukan dalam pengembangan analisis kinerja kompresor torak berbasis pendekatan gas nyata, sekaligus memberi masukan praktis dalam penentuan temperatur operasi kompresor pada aplikasi laboratorium maupun industri agar efisiensi dan kestabilan tekanan keluaran tetap terjaga.

METODE PENELITIAN

1. Model Fisik

Kompresor torak (piston) (Gambar 1) menggunakan piston di dalam silinder yang bergerak maju-mundur untuk menghisap, menekan, dan membuang udara atau gas. Gerakan ini dikontrol oleh sistem engkol. Model fisiknya didominasi oleh komponen utama mekanis dan sistem katup. Kompresor tersebut memiliki spesifikasi yang dijelaskan oleh Tabel 1.

Item	Spesifikasi
Daya Motor (<i>Power</i>)	1,5 HP
Sistem Penggerak Tahapan & Silinder	Penggerak Langsung (<i>Direct Drive</i>) Tahapan Tunggal (<i>Single-Stage</i>) dengan 1 - 2 silinder
Tekanan Kerja (<i>Working Pressure</i>)	7 - 10 Bar
Kapasitas Aliran Udara (FAD/CFM)	100 - 145 psi
Catu Daya (<i>Power Supply</i>)	1 Phase, 220 V, 50 Hz
Kapasitas	50 Liter



Gambar 1. Kompresor Torak.

2. Skema Eksperimen

Skema eksperimen penelitian ini berupa satu rangkaian alat peraga uji kompresor torak yang tersusun secara seri, mulai dari sumber tegangan listrik 220 volt yang menggerakkan motor listrik, kemudian meneruskan putaran ke kompresor torak (silinder-torak dengan katup isap dan katup tekan), dilanjutkan ke tangki udara, hingga sistem pemanas yang dilengkapi termokontrol untuk mengatur temperatur pengujian. Putaran motor dipantau menggunakan tachometer agar tetap konstan pada 1000 rpm selama pengujian berlangsung. Titik pengukuran tekanan dan temperatur udara masuk (P1, T1) ditempatkan pada sisi isap kompresor, sedangkan titik pengukuran tekanan dan temperatur udara keluar (P2, T2) ditempatkan pada sisi keluaran sistem setelah melewati tangki udara dan sistem pemanas. Skema eksperimen dari model fisik tersebut disajikan pada Gambar 2.



Roll kabel menghubungkan sumber tegangan ke motor; data P1, T1, P2, T2 dicatat setelah kondisi tunak (steady state) tercapai.

Gambar 2. Skema Eksperimen.

3. Analisis Data

Prosedur penelitian dilakukan melalui tahapan berikut: (1) menyiapkan seluruh peralatan uji; (2) menghubungkan kabel kompresor ke sumber tegangan 220 volt dan menyalakan MCB; (3) menekan tombol RUN dan mengatur putaran motor hingga mencapai 1000 rpm menggunakan tachometer; (4) mengatur temperatur setting pada termokontrol sesuai variasi yang ditentukan, yaitu 50°C, 60°C, dan 70°C; (5) menunggu hingga temperatur sistem mencapai kondisi steady, kemudian mencatat variabel tekanan masuk (P1), tekanan keluar (P2), temperatur masuk (T1), dan temperatur keluar (T2) pada tabel pengamatan; serta (6) mengulangi langkah pengambilan data untuk setiap variasi temperatur setting sebanyak tiga kali pengulangan.

4. Reduksi Data

Nilai indeks politropik (n) dihitung menggunakan hubungan antara temperatur dan tekanan pada proses kompresi politropik sebagai Persamaan 1:

$$T_2/T_1 = (P_2/P_1)^{(n-1)/n} \quad (1)$$

dengan T1 dan T2 masing-masing merupakan temperatur absolut udara masuk dan keluar kompresor (K), serta P1 dan P2 merupakan tekanan absolut udara masuk dan keluar kompresor (Pa). Pendekatan spesifik heat variabel diterapkan melalui penggunaan tabel properti gas ideal (ideal gas properties of air) untuk memperoleh nilai entalpi (h) dan energi

dalam (u) pada temperatur aktual dan temperatur ideal hasil interpolasi, sejalan dengan pendekatan model gas nyata pada analisis termodinamika kompresor gas. Efisiensi kompresor (η) selanjutnya dihitung dengan membandingkan kerja ideal terhadap kerja aktual kompresor menggunakan Persamaan 2:

$$\eta = (\text{kerja ideal} / \text{kerja aktual}) = (u_2 - u_1) / (h_2 - h_1) \quad (2)$$

Nilai u_1 , u_2 , h_1 , dan h_2 diperoleh dari hasil interpolasi tabel properti gas ideal berdasarkan temperatur aktual dan temperatur ideal hasil perhitungan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Data Hasil Pengujian

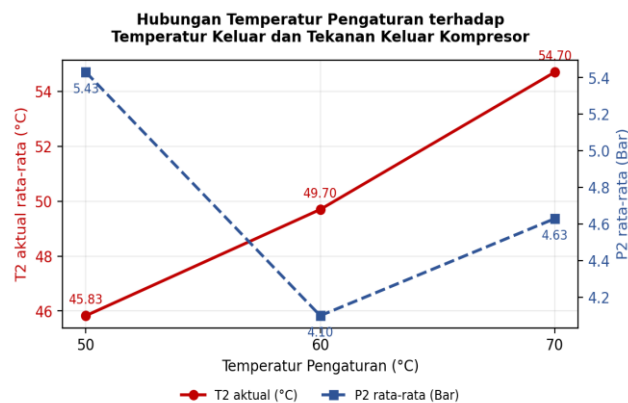
Pengambilan data dilakukan pada tiga variasi temperatur setting, yaitu 50°C, 60°C, dan 70°C, dengan putaran motor konstan 1000 rpm. Data hasil pengujian berupa tekanan masuk (P1), tekanan keluar (P2), temperatur masuk (T1), dan temperatur keluar aktual (T2) disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Data Hasil Pengujian Kompresor Torak Pada Berbagai Temperatur Setting.

T setting (°C)	Putaran (Rpm)	P2 rata-rata (Bar)	T1 (°C)	P1 (Bar)	T2 aktual rata-rata (°C)
50	1000	5,43	35	1	45,83
60	1000	4,10	35	1	49,70
70	1000	4,63	35	1	54,70

2. Karakteristik Temperatur dan Tekanan Keluaran Kompresor

Kecenderungan hubungan antara temperatur pengaturan sistem pemanas dengan temperatur keluar (T2) dan tekanan keluar (P2) kompresor secara visual disajikan pada Gambar 3.



Gambar 3. Grafik Hubungan Temperatur Pengaturan Terhadap Temperatur Keluar (T2) Dan Tekanan Keluar (P2) Kompresor.

Berdasarkan data pada Tabel 1 dan Gambar 3, terlihat bahwa peningkatan temperatur pengaturan sistem pemanas menghasilkan kenaikan temperatur udara keluar kompresor secara konsisten, yaitu dari rata-rata 45,83°C pada temperatur pengaturan 50°C menjadi 54,70°C pada temperatur pengaturan 70°C. Hal ini menunjukkan bahwa penambahan panas ke dalam sistem berkontribusi pada peningkatan temperatur udara keluar kompresor, sejalan dengan prinsip bahwa energi mekanis yang diberikan pada gas selama proses kompresi diubah menjadi energi panas yang meningkatkan temperatur gas ("Dasar Kompresi Gas pada Kompresor," 2017). Kondisi serupa juga dilaporkan pada studi mengenai perpindahan panas di dalam silinder kompresor torak, di mana kenaikan temperatur suksi turut memengaruhi karakteristik perpindahan panas antara gas dan

permukaan silinder ("Performance Evaluation on the In-Cylinder Heat Transfer," 2022).

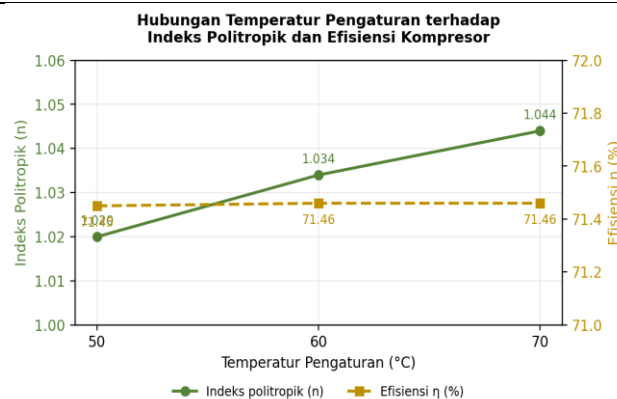
Menariknya, tekanan keluar kompresor (P2) rata-rata tidak menunjukkan tren yang selaras dengan kenaikan temperatur setting, yaitu 5,43 bar pada 50°C, menurun menjadi 4,10 bar pada 60°C, dan kembali meningkat menjadi 4,63 bar pada 70°C. Fenomena ini diduga terkait dengan perbedaan waktu yang dibutuhkan sistem untuk mencapai kondisi steady pada masing-masing temperatur setting; semakin rendah temperatur setting, semakin lama waktu yang diperlukan untuk mencapai kestabilan, sehingga tekanan yang terukur pada rentang waktu pengambilan data yang sama menjadi relatif lebih tinggi. Hal serupa turut dikonfirmasi pada penelitian mengenai pengaruh compressor washing terhadap efisiensi kompresor, yang menunjukkan bahwa kondisi operasi non-steady dapat memengaruhi keterbandingan data tekanan antarpengujian ("Analisis Pengaruh Compressor Washing," 2017).

3. Indeks Politropik dan Efisiensi Kompresor

Nilai indeks politropik (n) dan efisiensi (η) kompresor hasil perhitungan pada masing-masing temperatur pengaturan disajikan pada Tabel 2 dan divisualisasikan pada Gambar 4.

Tabel 3. Nilai Indeks Politropik Dan Efisiensi Kompresor Torak

T setting (°C)	n Indeks Politropik	η Efisiensi (%)
50	1,020	71,45
60	1,034	71,46
70	1,044	71,46



Gambar 4. Grafik Hubungan Temperatur Pengaturan Terhadap Indeks Politropik (N) Dan Efisiensi (H) Kompresor.

Tabel 2 dan Gambar 4 menunjukkan bahwa nilai indeks politropik meningkat seiring bertambahnya temperatur pengaturan, yaitu dari 1,020 pada 50°C menjadi 1,044 pada 70°C, dengan nilai rata-rata sebesar 1,033. Nilai ini berada pada rentang yang sesuai dengan teori kompresi politropik, yaitu $1 < n < 1,4$ ("Dasar Kompresi Gas pada Kompresor," 2017). Peningkatan nilai n pada temperatur pengaturan yang lebih tinggi mengindikasikan bahwa proses kompresi semakin mendekati kondisi adiabatik, sebagai akibat semakin besarnya kenaikan temperatur gas dibandingkan dengan tekanan yang dihasilkan pada kondisi tersebut. Kecenderungan ini sejalan dengan hasil kajian mengenai pengaruh rasio panas jenis variabel terhadap performa siklus kompresi, yang menunjukkan bahwa rasio panas jenis memengaruhi karakteristik kompresi secara signifikan pada berbagai kondisi operasi (Ge dkk., 2020).

Adapun nilai efisiensi kompresor yang dihasilkan relatif stabil pada rentang 71,45%–71,46% untuk seluruh variasi temperatur setting, dengan nilai rata-rata sebesar 71,5%. Kestabilan nilai efisiensi ini menunjukkan bahwa meskipun temperatur sistem dinaikkan,

perbandingan antara kerja ideal dan kerja aktual kompresor relatif konsisten, karena kenaikan entalpi aktual (h_2-h_1) turut diimbangi oleh kenaikan energi dalam ideal (u_2-u_1) pada temperatur yang lebih tinggi. Hasil ini memperkuat pentingnya pendekatan spesifik heat variabel dalam analisis kompresor, karena penggunaan panas jenis konstan berpotensi menghasilkan nilai efisiensi yang kurang mencerminkan kondisi aktual pada rentang temperatur operasi yang lebih luas, sebagaimana ditunjukkan oleh perbandingan model gas nyata dan gas ideal pada analisis kompresor gas alam ("Thermodynamic Analysis of Natural Gas Reciprocating Compressors," 2014). Temuan ini juga selaras dengan hasil audit energi sistem kompresor udara di industri, yang melaporkan nilai efisiensi kompresor pada kisaran 70–86% tergantung pada kondisi operasi dan perawatan unit (Permana, 2021).

4. Karakteristik Kerja dan Fenomena Kerja Kompresor

Secara keseluruhan karakteristik kerja kompresor torak pada penelitian ini dapat diuraikan melalui tiga fenomena utama. Pertama, fenomena kenaikan temperatur keluar yang konsisten terhadap temperatur pengaturan menunjukkan bahwa proses kompresi bersifat non-isotermal, di mana sebagian energi mekanis yang diberikan piston kepada gas terkonversi menjadi energi termal yang tidak sepenuhnya dapat dilepaskan ke lingkungan selama waktu kompresi yang singkat. Kedua, fenomena pergeseran nilai indeks politropik ke arah kondisi adiabatik (n mendekati k) pada temperatur pengaturan yang lebih tinggi mengindikasikan bahwa laju perpindahan panas antara gas dan dinding silinder relatif tidak sebanding dengan laju kenaikan temperatur gas itu sendiri, sehingga proses kompresi berlangsung semakin cepat dibandingkan proses pelepasan kalornya. Ketiga, fenomena ketidaksesuaian tren tekanan keluar terhadap temperatur pengaturan mengungkap karakteristik dinamis alat uji, yaitu adanya perbedaan durasi pencapaian keadaan tunak (steady state) pada tiap temperatur pengaturan, yang menegaskan pentingnya waktu tunggu yang konsisten sebelum pencatatan data pada setiap pengujian termodinamika berbasis alat peraga. Ketiga fenomena tersebut secara bersama-sama menggambarkan bahwa kompresor torak pada kondisi operasi nyata tidak dapat didekati secara memadai hanya dengan asumsi termodinamika ideal maupun panas jenis konstan, melainkan memerlukan pendekatan panas jenis variabel agar karakteristik kerja aktualnya terepresentasikan secara lebih akurat (Ruivo & Gasparini, 2017).

5. Temuan Baru Penelitian

Berdasarkan latar belakang yang menyoroti keterbatasan pendekatan panas jenis konstan dalam merepresentasikan kondisi aktual kompresor torak, penelitian ini menghasilkan temuan baru berupa pola hubungan kuantitatif antara temperatur pengaturan sistem pemanas dengan indeks politropik kompresor, yaitu peningkatan n secara konsisten dari 1,020 menjadi 1,044 seiring naiknya temperatur pengaturan dari 50°C ke 70°C, yang belum banyak diungkap pada penelitian sejenis berskala laboratorium pendidikan. Sejalan dengan tujuan penelitian untuk menghitung nilai indeks politropik dan efisiensi kompresor torak, temuan ini membuktikan bahwa pendekatan panas jenis variabel mampu menghasilkan nilai efisiensi yang relatif stabil (71,45%–71,46%) meskipun temperatur operasi bervariasi, suatu kestabilan yang tidak dapat diamati apabila analisis hanya menggunakan asumsi panas jenis konstan. Temuan lain yang bersifat baru adalah teridentifikasinya fenomena ketidaksesuaian tren tekanan keluar terhadap temperatur pengaturan akibat perbedaan waktu pencapaian keadaan tunak, yang menjadi catatan metodologis penting bagi pengujian kompresor torak berbasis alat peraga di lingkungan pendidikan. Sejalan dengan manfaat penelitian yang dirumuskan pada bagian pendahuluan, temuan-temuan ini memperkaya pemahaman mengenai perilaku termodinamika kompresor torak pada kondisi operasi nyata, sekaligus memperkuat fungsi alat peraga uji sebagai media

pembelajaran praktikum termodinamika yang mampu menunjukkan fenomena kerja kompresor secara empiris, bukan hanya secara teoretis (Amrullah, 2018; “Perancangan Simulator Kompresor Torak,” 2023).

Secara keseluruhan, hasil penelitian ini menegaskan bahwa temperatur pengaturan sistem pemanas berbanding lurus dengan temperatur udara keluar kompresor dan nilai indeks politropik, tetapi tidak secara langsung memengaruhi nilai efisiensi kompresor pada kondisi pengujian yang dilakukan. Pendekatan panas jenis variabel melalui interpolasi tabel sifat gas terbukti mampu menghasilkan nilai efisiensi yang lebih representatif dibandingkan asumsi panas jenis konstan, sejalan dengan berbagai kajian termodinamika kompresor torak modern yang menekankan pentingnya sifat gas yang bergantung pada temperatur dalam pemodelan kinerja kompresor (Ruivo & Gasparini, 2017; “New Method of Thermodynamic Computation for a Reciprocating Compressor,” t.t.).

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan yang telah dilakukan, dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut. Pertama, nilai indeks politropik kompresor torak meningkat seiring bertambahnya temperatur setting sistem pemanas, dengan nilai berturut-turut 1,020; 1,034; dan 1,044 pada temperatur setting 50°C, 60°C, dan 70°C, serta rata-rata nilai indeks politropik sebesar 1,033 yang berada pada rentang teoretis $1 < n < 1,4$. Kedua, temperatur udara keluar kompresor (T_2) berbanding lurus dengan temperatur setting, dengan kenaikan rata-rata dari 45,83°C menjadi 54,70°C pada rentang temperatur setting yang diuji. Ketiga, nilai efisiensi kompresor torak relatif stabil pada rentang 71,45%–71,46%, dengan rata-rata efisiensi sebesar 71,5%, yang menunjukkan bahwa pendekatan spesifik heat variabel mampu memberikan gambaran kinerja kompresor yang konsisten pada berbagai kondisi temperatur operasi. Keempat, tekanan keluar kompresor tidak menunjukkan hubungan langsung dengan temperatur setting, melainkan lebih dipengaruhi oleh waktu pencapaian kondisi steady pada masing-masing pengujian. Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi rujukan dalam pengembangan analisis kinerja kompresor torak berbasis pendekatan gas nyata, serta mendukung fungsi alat peraga sebagai media pembelajaran praktikum termodinamika di lingkungan pendidikan vokasi.

DAFTAR PUSTAKA

- Amrullah and Aminuddin. (2018). Rancang Bangun Alat Uji Kompresor Torak sebagai Media Pembelajaran. *JURNAL TEKNOLOGI TERPADU*. 6 (2). 168-174.
- Atmiko, P and Setiawan, V. (2013). Rancang Bangun Car Air Conditioner Installation Maintenance Trainner. *Jurnal Teknik Mesin*. 4 (2), 1-14.
- Dietzel, F. (1993). Turbin, Pompa, dan Kompresor (D. Hartono, Penerjemah). Jakarta: Erlangga.
- Fahmi, W and Grummy, A, W (2015). Rekayasa Rancang Bangun Trainer Sistem Kelistrikan AC Mobil Daihatsu Zebra. *JRM*. 2 (2), 41-45.
- Muhammad, I. S and Eko, T. (2021). Analisa Kapasitas dan Daya pada Kompresor Torak. *RODA GIGI: Jurnal Teknik Mesin*. 5 (2), 27-31.
- Rezky R, S., Hermawan., Akbar, N., and Ulia, R. (2021). Media Pembelajaran Kompresor Torak Tunggal dan Kompresor Torak Ganda. *Jurnal Tematis (Teknologi, Manufaktur dan Industri)*. 1 (1), 11-23.
- Stiaccini and Isaccoet. (2016). A Reciprocating Compressor Hybrid Model With Acoustic FEM Characterization. University of Florence, Italy. *International Journal of Refrigeration* 63 (2), 171–183.
- Sularso and Tahara, H. (2006). Pompa dan Kompresor, Pemilihan, Pemakaian, dan Pemeliharaan. Jakarta: PT. Pradnya Paramita.
- Syawaluddin, Muhammad, Y. (2011). Perencanaan Kompresor Piston Pada Tekanan Kerja Max 2

N/mm². JURNAL TEKNIK MESIN UNJ. 1 (1), 1-10.

Yasir, A, L and Bambang, D, W (2014). Karakteristik Getaran dan Efisiensi Kompresor Torak Akibat Perubahan Profil pada Valve Seat Sisi Discharge. JURNAL TEKNIK POMITS. 3 (1), 114-119.