

***Problem Solving* dengan Metode Identifikasi Variabel berdasarkan
Skema: Tinjauan terhadap Topik Termodinamika**



Disusun Oleh:

Risti Suryantari, M.Sc

**Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat
Universitas Katolik Parahyangan
2013**

ABSTRAK

***Problem Solving* dengan Metode Identifikasi Variabel berdasarkan Skema: Tinjauan terhadap Topik Termodinamika**

Risti Suryantari, M.Sc

Program Studi Fisika, Fakultas Teknologi Informasi dan Sains, Universitas Katolik Parahyangan,
Bandung

Metode Identifikasi variabel berdasarkan skema merupakan salah satu metode problem solving dalam fisika terkait formulasi, yaitu menentukan persamaan dengan skema berdasarkan pemahaman persoalan. Formulasi pada dasarnya dibuat untuk menyederhanakan konsep, namun justru yang terjadi adalah pendapat bahwa fisika sulit karena terlalu banyak rumus. Metode ini dibuat untuk menunjukkan bahwa menyelesaikan masalah terkait formulasi bukanlah hal yang sulit. Metode ini sebelumnya telah diterapkan pada formulasi relativitas khusus, pada penelitian ini akan diterapkan pada topik termodinamika. Metode ini mendapat respon positif dari mahasiswa.

Kata kunci : identifikasi variabel, skema, termodinamika

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kepada Tuhan Yang Maha Kuasa, karena atas segala kasihNya maka penelitian dengan judul “*Problem Solving dengan Metode Identifikasi Variabel berdasarkan Skema: Tinjauan terhadap Topik Termodinamika*” dapat diselesaikan. Makalah ini disusun sebagai laporan tertulis kegiatan penelitian yang dilakukan selama tahun 2013.

Dalam menyelesaikan penelitian ini, penulis telah menerima bantuan dan dukungan dari berbagai pihak. Penulis menyampaikan terima kasih kepada Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat (LPPM) Universitas Katolik Parahyangan, yang telah memberikan bantuan dana penelitian. Penulis juga menyampaikan ucapan terima kasih kepada Bapak Dr Aloysius Rusli atas segala masukan yang berharga, serta Mahasiswa Fakultas Teknologi Industri atas kerjasama dalam pengujian metode. Selain itu penulis berterimakasih pula kepada Dekan Fakultas Teknologi Informasi dan Sains dan Ketua Program Studi Fisika, Universitas Katolik Parahyangan yang telah membantu kelancaran pemenuhan persyaratan administratif dan dukungan terhadap penelitian ini, sehingga penelitian ini dapat berjalan dengan lancar dan terselesaikan dengan baik.

Tentunya penelitian ini masih banyak kekurangan, oleh karena itu, dengan senang hati penulis akan menerima kritik dan saran yang sifatnya membangun untuk penyempurnaan penelitian ini. Akhir kata penulis berharap semoga penelitian ini dapat memberikan manfaat bagi berbagai, khususnya para pemerhati pendidikan, sebagai variasi dalam pembelajaran fisika.

Bandung, Desember 2013

Penulis

DAFTAR ISI

ABSTRAK	ii
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI	iv
DAFTAR TABEL	v
DAFTAR GAMBAR	vi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	2
1.4 Batasan Masalah	2
1.5 Sistematika Penulisan	2
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Metode Identifikasi Variabel berdasarkan Skema	4
2.2 Hukum Pertama Termodinamika	6
2.3 Hukum Kedua Termodinamika	6
BAB III METODE PENELITIAN	9
BAB IV JADWAL PELAKSANAAN	10
BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN	11
5.1 Hukum Pertama Termodinamika	11
5.1.1 Skema Hukum Pertama Termodinamika	11
5.1.2 Penerapan pada Persoalan	12
5.2 Hukum Kedua Termodinamika	14
5.1.1 Skema Hukum Kedua Termodinamika	14
5.1.2 Penerapan pada Persoalan	15
5.3 Pengujian Metode	18
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN	20
DAFTAR PUSTAKA	21

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1	Jadwal pelaksanaan penelitian	10
Tabel 5.1	Hasil pengujian metode dan pendapat mahasiswa	19

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Skema formulasi kecepatan relativistik	4
Gambar 2.2	Skema formulasi panjang dan waktu relativistik	5
Gambar 3.1	Diagram alir penelitian	9
Gambar 5.1	Skema untuk hukum pertama termodinamika	11
Gambar 5.2	Skema untuk efisiensi mesin ideal	14

Pendahuluan

1.1 Latar Belakang

Salah satu parameter keberhasilan studi siswa adalah kemampuan dalam menyelesaikan masalah (*problem solving*), baik pada buku referensi maupun ketika menghadapi ujian. Dalam fisika, seringkali ditemui permasalahan yang cenderung pada akhirnya harus menggunakan formulasi dalam penyelesaiannya. Melihat hal tersebut, maka telah dibuat suatu metode khusus dalam *problem solving* yang difokuskan untuk menentukan variabel dengan tepat, yaitu dengan membuat skema yang dapat diterapkan bagi semua tipe persoalan.

Metode tersebut secara khusus telah diterapkan bagi formulasi kecepatan relativistik, serta panjang dan waktu relativistik. Pada pembahasan disajikan cara penyampaian skema, dan petunjuk langkah-langkah penyelesaian pada soal. Skema yang digunakan selalu sama, demikian juga dengan posisi benda dan urutan variabel, dengan demikian siswa mampu menentukan variabel dengan tepat. Metode ini kemudian diterapkan pada perkuliahan fisika dasar, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Katolik Parahyangan, dan seluruh mahasiswa dapat menentukan variabel dengan tepat (Suryantari, R, 2012).

Pada penelitian kali ini akan diterapkan metode serupa bagi topik termodinamika, khususnya pada formulasi Hukum Pertama dan Kedua Termodinamika. Untuk menguji metode ini, maka secara langsung akan diimplementasikan terhadap Mahasiswa Fakultas Teknologi Industri, Universitas Katolik Parahyangan Bandung, dengan menyelesaikan beberapa soal menggunakan Metode Identifikasi Variabel berdasarkan Skema. Metode ini diharapkan dapat menjadi variasi dalam pembelajaran, sehingga formulasi tidak menjadi hal yang dianggap sulit dalam fisika (Suryantari, R, 2013).

1.2 Rumusan Masalah

Bagaimana menerapkan metode identifikasi variabel berdasarkan skema pada topik Termodinamika?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Mahasiswa memahami konseptual persoalan termodinamika melalui skema.
2. Mahasiswa berhasil menentukan variabel dengan tepat dalam formulasi Hukum Pertama dan Hukum Kedua Termodinamika dengan membuat skema.
3. Memberikan referensi metode pengajaran sebagai variasi dalam pembelajaran fisika.

1.4 Batasan Masalah

Penerapan metode ini adalah terbatas pada formulasi untuk Hukum Pertama Termodinamika (tentang kekekalan energi) dan Hukum Kedua Termodinamika (tentang efisiensi mesin ideal). Metode diterapkan pada persoalan yang sederhana (tidak kompleks), dari literatur fisika dasar untuk mahasiswa tingkat pertama.

1.5 Sistematika Penulisan

Penelitian ini terdiri dari enam bab yang ditulis menurut sistematika sebagai berikut :

BAB I :PENDAHULUAN

Bab ini memberikan gambaran umum mengenai seluruh isi penelitian meliputi latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, batasan masalah, dan sistematika penulisan.

BAB II :TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini dibahas mengenai penelitian sebelumnya serta teori hukum pertama dan kedua termodinamika.

BAB III :METODE PENELITIAN

Pada bab ini dibahas mengenai metode penelitian yang disajikan dalam diagram alir penelitian.

BAB IV : JADWAL PELAKSANAAN

Pada bab ini dibahas jadwal pelaksanaan penelitian mulai dari pengumpulan bahan pustaka hingga penulisan laporan penelitian.

BAB V : HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini dibahas mengenai skema pada formulasi Hukum Pertama dan Kedua Termodinamika, penerapan pada soal, dan pengujian metode.

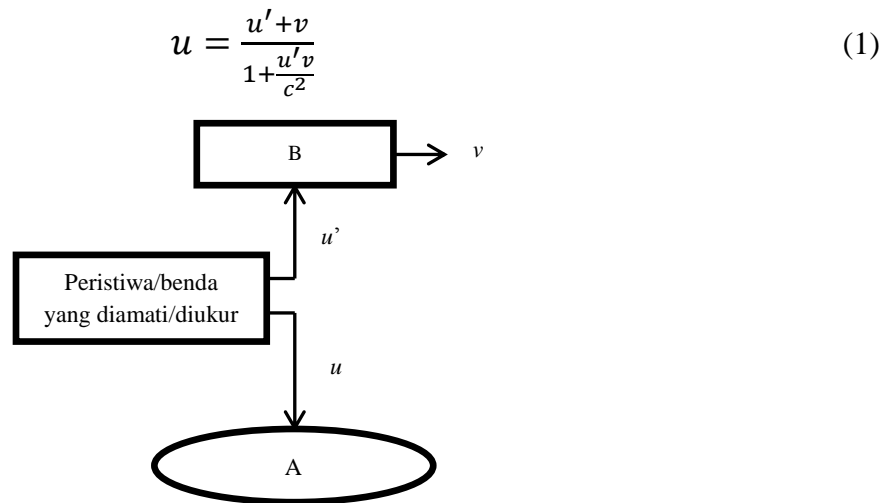
BAB V : KESIMPULAN DAN SARAN

Berisi kesimpulan berdasarkan pembahasan pada bab sebelumnya dan saran untuk penelitian lebih lanjut.

Tinjauan Pustaka

2.1 Metode Identifikasi Variabel berdasarkan Skema

Metode identifikasi variabel berdasarkan skema menekankan pada penentuan variabel dengan tepat melalui sebuah skema. Langkah-langkahnya secara umum adalah dengan melakukan penyederhanaan definisi, membuat skema, menyusun langkah-langkah penyelesaian soal, kemudian menerapkan pada persoalan. Pada topik kecepatan relativistik diungkapkan definisi variabel kecepatan secara sederhana terkait kecepatan relativistik, formulasinya ditunjukkan oleh Persamaan (1), dimana u adalah kecepatan benda atau peristiwa yang diamati menurut A, u' adalah kecepatan peristiwa atau benda yang diamati menurut B, dan v adalah kecepatan B terhadap A. Skema ditunjukkan oleh Gambar 2.1 (Suryantari, R, 2012).



Gambar 2.1: Skema formulasi kecepatan relativistik

Pada contoh penyelesaian soal, diberikan langkah-langkah sebagai berikut:

- a) Tentukan peristiwa atau benda yang diamati atau diukur oleh kedua pengamat.

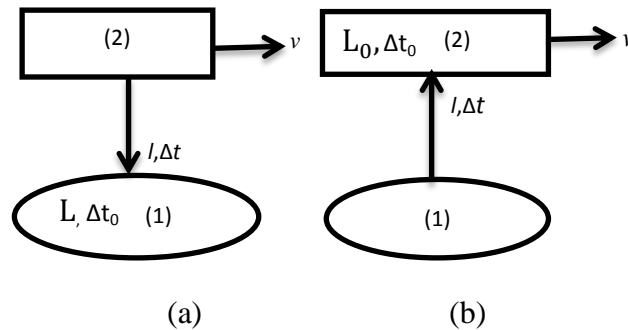
- b) Buat skema seperti Gambar 1, benda atau peristiwa yang diukur oleh dua pengamat diletakkan di antara B dan A, B adalah pengamat yang bergerak dengan kecepatan v relatif terhadap A.
- c) Tuliskan variabel sesuai dengan Gambar 2.1 (urutannya dari atas ke bawah selalu v , u' , u).
- d) Lakukan perhitungan.

Persamaan untuk waktu relativistik, ditunjukkan oleh Persamaan (1), dengan definisi Δt_0 adalah waktu proper (waktu wajar) yaitu interval waktu di antara dua peristiwa yang terjadi pada titik ruang yang sama, sedangkan Δt adalah interval waktu dua peristiwa yang sama yang terjadi pada titik ruang yang berbeda. Persamaan (2) menunjukkan bahwa pengamat akan mengukur jamnya berdetak lebih lambat jika jam itu bergerak dengan kecepatan v relatif terhadap pengamat tersebut.

$$\Delta t = \frac{\Delta t_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \quad (2)$$

Persamaan untuk panjang relativistik, ditunjukkan oleh persamaan (3). Bila benda berada pada kerangka acuan B yang bergerak dengan kecepatan v relatif terhadap A, maka pengamat di B akan mengukur panjang benda sebesar L_0 (disebut panjang proper), sedangkan pengamat A akan mengukur panjang benda sebesar L . Gambar 2.2 menunjukkan skema untuk persoalan panjang dan waktu relativistik (Suryantari, 2012).

$$L = L_0 \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}} \quad (3)$$



Gambar 2.2: Skema formulasi panjang dan waktu relativistik (a) 1 menurut 2 (b) 2 menurut 1

2.2 Hukum Pertama Termodinamika

Pada penelitian kali ini akan diterapkan metode serupa pada topik termodinamika. Termodinamika merupakan salah satu topik dalam fisika yang secara umum membahas mengenai fenomena termal yang berhubungan dengan parameter suhu, kalor dan perubahan energi dalam sistem. Hukum Pertama Termodinamika merupakan suatu persamaan kekekalan energi yang melibatkan variabel kalor, usaha, dan perubahan energi dalam. Konsekuensi penting dari hukum ini adalah adanya nilai perubahan energi dalam yang ditentukan oleh keadaan sistem. Hukum pertama termodinamika diformulasikan seperti persamaan (4). Besaran Q menyatakan kalor, ΔU menyatakan perubahan energi dalam sistem, dan W menyatakan usaha. Ketiga besaran tersebut memiliki satuan joule (Giancoli, 2005).

$$Q = \Delta U + W \quad (4)$$

Dalam berbagai referensi, seringkali ditekankan untuk memperhatikan apakah kalor dan usaha tersebut diberikan pada sistem atau dihasilkan oleh sistem. Untuk membedakannya digunakan tanda positif dan negatif. Besaran Q bernilai positif bila kalor masuk atau diberikan ke sistem, Q bernilai negatif bila kalor dihasilkan oleh sistem, W bernilai negatif bila usaha diberikan ke sistem, W bernilai positif bila usaha dihasilkan oleh sistem. Sementara energi dapat meningkat atau menurun, sehingga ΔU bernilai positif bila terjadi kenaikan energi dalam dan ΔU bernilai negatif bila terjadi penurunan energi dalam (Giancoli, 2005).

Permasalahan yang ditemui dalam kelas fisika adalah ketika tanda positif atau negatif tidak diberikan dengan tepat dan konsisten, maka terdapat kemungkinan besar terjadi kesalahan pada perhitungan hasil akhir. Oleh karena itu akan dibuat skema yang dapat membantu siswa dalam menyelesaikan soal terkait formulasi ini, tanpa harus memikirkan tanda positif atau negatif pada variabel Q dan W . Skema tersebut akan diterapkan pada contoh-contoh soal sederhana.

2.3. Hukum Kedua Termodinamika

Hukum kedua termodinamika didasarkan pada bahwa tidak adanya proses reversibel. Hukum ini merupakan pernyataan mengenai proses yang terjadi di alam. Salah satu

pernyataan yang diungkapkan oleh R.J.E Clausius adalah kalor mengalir secara alami dari benda yang bersuhu tinggi ke benda yang bersuhu rendah, bukan sebaliknya. Perkembangan pernyataan hukum kedua termodinamika didasarkan pada studi mesin kalor, yaitu alat yang dapat mengubah energi termal menjadi kerja mekanik, seperti mesin uap (Giancoli, 2005).

Kerja mekanik diperoleh dari energi termal ketika kalor mengalir dari suhu tinggi ke suhu rendah. Reservoir mentransfer sejumlah energi kalor (Q_H) dari suhu yang lebih tinggi (T_H) ke suhu yang lebih rendah (T_L), sebagian menjadi usaha (W) dan sisanya (Q_L). Semua kuantitas tersebut bernilai positif. Pada mesin kalor dipelajari suatu mesin yang bekerja secara siklus. Dalam siklus, perubahan energi dalam sistem adalah nol, sebagai konsekuensi dari hukum pertama termodinamika.

Perbandingan kerja yang dilakukan mesin (W) terhadap masukan kalor pada suhu tinggi (Q_H) disebut efisiensi mesin (e). Efisiensi (e) suatu mesin dapat dituliskan seperti persamaan (5).

$$e = \frac{W}{Q_H} \quad (5)$$

Sebagai konsekuensi dari hukum pertama termodinamika (kekekalan energi), maka masukan kalor (Q_H) harus sama dengan kerja yang dilakukan ditambah dengan dengan kalor yang mengalir keluar pada suhu rendah (Q_L), ditunjukkan oleh persamaan (6).

$$Q_H = W + Q_L \quad (6)$$

Dengan substitusi persamaan (6) ke persamaan (5), maka persamaan (5) dapat diungkapkan seperti dalam persamaan (7).

$$e = \frac{Q_H - Q_L}{Q_H} = 1 - \frac{Q_L}{Q_H} \quad (7)$$

Sadi Carnot (1796-1832) meneliti karakteristik mesin ideal yang disebut mesin Carnot. Hasil penelitiannya mengungkapkan bahwa untuk mesin yang reversibel (bisa sebaliknya), kalor Q_H dan Q_L sebanding dengan suhu operasional mesin T_H dan T_L , sehingga efisiensi mesin Carnot dapat dituliskan seperti dalam persamaan (8).

$$e = \frac{T_H - T_L}{T_H} = 1 - \frac{T_L}{T_H} \quad (8)$$

Suhu T_H dan T_L dalam Kelvin.

Suatu mesin tidak akan memiliki efisiensi sebesar 100%, artinya semua masukan kalor tidak mungkin digunakan seluruhnya sebagai kerja (Pernyataan Kelvin-Planck). Semua mesin yang nyata memiliki efisiensi kurang dari mesin Carnot karena tidak ada siklus yang reversibel.

Proses sebaliknya (yaitu mengalirkan kalor dari suhu yang lebih rendah ke suhu yang lebih tinggi) dapat dilakukan dengan memberikan kerja. Mesin yang demikian diaplikasikan pada mesin pendingin. Pada sistem ini yang dimanfaatkan adalah kalor pada suhu rendah (Q_L). Semakin banyak kalor Q_L yang dialirkan untuk sejumlah kerja tertentu atau semakin sedikit kerja yang diberikan pada mesin, maka makin baik (efisien) mesin tersebut. Untuk menyatakan kemampuan kinerja mesin pendingin, didefinisikan koefisien kinerja (KK), seperti pada persamaan (9).

$$KK_{\text{pendingin}} = \frac{Q_L}{W} \quad (9)$$

Menurut hukum pertama termodinamika,

$$Q_L + W = Q_H \quad (10)$$

sehingga persamaan (9) menjadi,

$$KK_{\text{pendingin}} = \frac{Q_L}{W} = \frac{Q_L}{Q_H - Q_L} \quad (11)$$

Untuk mesin pendingin ideal dapat diungkapkan seperti pada persamaan 12.

$$KK_{\text{pendingin}} = \frac{Q_L}{Q_H - Q_L} = \frac{T_L}{T_H - T_L} \quad (12)$$

Apabila pada suatu kondisi dimana yang diambil adalah kalor pada suhu rendahnya (T_L) namun yang dimanfaatkan adalah kalor pada suhu tingginya (Q_H), misalnya pada mesin penghangat ruangan, koefisien kinerja untuk mesin pemanas dapat diungkapkan seperti pada persamaan (13).

$$KK_{\text{pemanas}} = \frac{Q_H}{W} \quad (13)$$

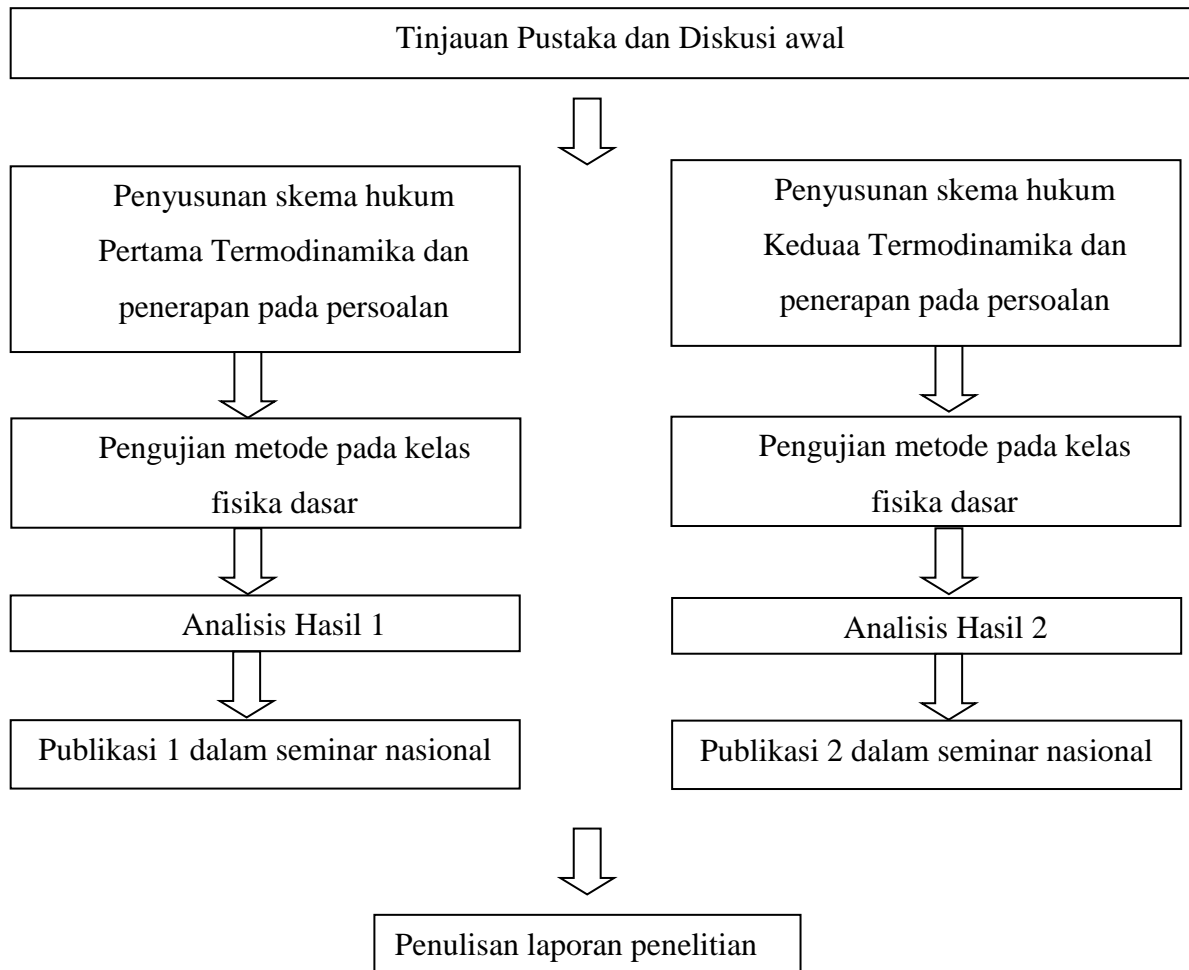
Untuk mesin pemanas ideal,

$$KK_{\text{pemanas}} = \frac{Q_H}{Q_H - Q_L} = \frac{T_H}{T_H - T_L} \quad (14)$$

(Giancoli, 2005).

Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan adalah studi literatur dari buku-buku referensi fisika dasar untuk mahasiswa tingkat pertama, serta mengembangkan penelitian sebelumnya. Diagram alir penelitian disajikan dalam gambar 3.1.



Gambar 3.1: Diagram alir penelitian

Jadwal Pelaksanaan

Jadwal pelaksanaan penelitian ditunjukkan oleh Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Jadwal pelaksanaan penelitian

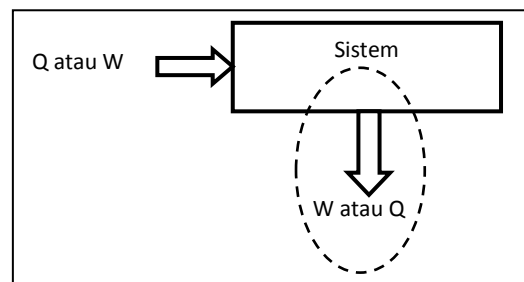
Kegiatan	Bulan ke-											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Tinjauan Pustaka dan Diskusi awal	■											
Penyusunan skema Hukum Pertama Termodinamika, dan penerapan pada persoalan	■											
Pengujian metode		■										
Analisis hasil		■										
Publikasi 1			■									
Penyusunan skema Hukum Kedua Termodinamika, dan penerapan pada persoalan				■	■	■	■	■	■	■		
Pengujian metode											■	
Analisis hasil											■	
Publikasi 2												■
Pembuatan Laporan Akhir												■

Hasil dan Pembahasan

5.1 Hukum Pertama Termodinamika

5.1.1 Skema Hukum Pertama Termodinamika

Skema dibuat berdasarkan berbagai persoalan yang sering muncul pada buku referensi. Skema ditunjukkan oleh Gambar 5.1.



Gambar 5.1: Skema untuk hukum pertama termodinamika

Penjelasan yang diberikan kepada siswa sebagai berikut:

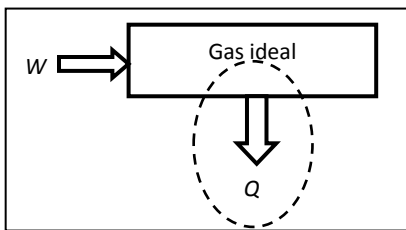
- Buat skema seperti gambar. Tanda panah ke kanan menunjukkan besaran apa yang diberikan ke sistem. Tanda panah ke bawah menunjukkan besaran apa yang dihasilkan oleh sistem.
- Tuliskan simbol besaran yang diberikan ke sistem di sebelah kiri tanda panah ke kanan (Q atau W) dan yang dihasilkan oleh sistem di sebelah bawah tanda panah ke bawah (Q atau W).
- ΔU selalu diletakkan di tengah (pada sistem).
- Tulis persamaan dari atas ke bawah, maka formulasinya adalah $Q = \Delta U + W$ atau $W = \Delta U + Q$.

5.1.2 Penerapan pada Persoalan

Soal-soal berikut diambil dari literatur dengan sedikit modifikasi untuk menyederhanakan sistem dan berfokus pada penggunaan hukum pertama termodinamika saja (Young&Freedman, 1999).

Soal 1: Pada sejumlah gas ideal pada suhu konstan diberikan usaha 2700 J. Bila tidak ada perubahan energi dalam, berapa energi yang dipindahkan oleh kalor ke lingkungannya selama proses tersebut?

Skema:



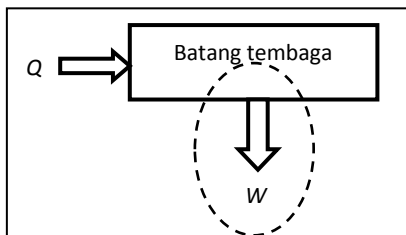
Formulasi: $W = \Delta U + Q$

Perhitungan: $2\,700\text{ J} = 0 + Q$

$$Q = 2\,700\text{ J}$$

Soal 2: Batang tembaga dipanaskan pada tekanan atmosfer. Usaha yang dilakukan oleh batang tembaga pada atmosfer sekitar 0,017 J. Bila kenaikan energi dalam dari tembaga tersebut adalah 1200 J, berapa jumlah energi yang dipindahkan ke batang tembaga oleh kalor?

Skema:

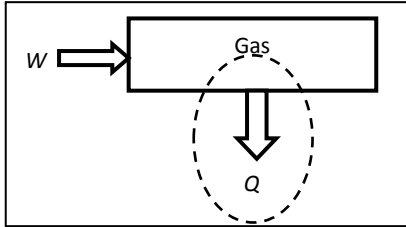


Formulasi: $Q = \Delta U + W$

Perhitungan: $Q = 1200\text{ J} + 0,017\text{ J} = 1200,017\text{ J}$

Soal 3: Sebuah gas dimampatkan pada tekanan tetap, pada proses ini 400 J energi keluar dari gas dalam bentuk kalor. Bila Usaha yang dilakukan pada gas adalah sebesar 400 000 J, berapa perubahan energi dalam gas?

Skema:



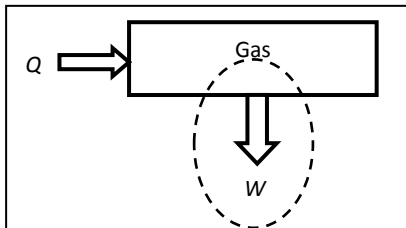
Formulasi: $W = \Delta U + Q$

Perhitungan: $400\,000\text{ J} = \Delta U + 400\text{ J}$

$$\Delta U = 399\,600\text{ J}$$

Soal 4: Perubahan energi dalam gas dalam sebuah ruang adalah 800 J. Usaha yang dilakukan oleh gas adalah 500 J. Berapa energi yang harus ditambahkan oleh kalor pada gas tersebut?

Skema:

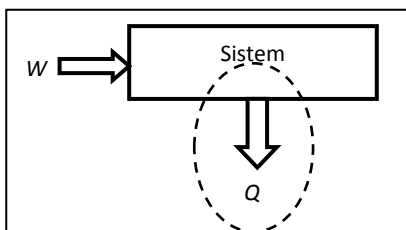


Formulasi: $Q = \Delta U + W$

Perhitungan: $Q = 800\text{ J} + 500\text{ J} = 1\,300\text{ J}$

Soal 5: Sebuah sistem melakukan suatu proses di mana energi dalamnya berkurang sebesar 500 J. Pada waktu yang sama, usaha sebesar 220 J dilakukan pada sistem tersebut. Carilah energi yang dipindahkan ke luar sistem dalam bentuk kalor!

Skema:



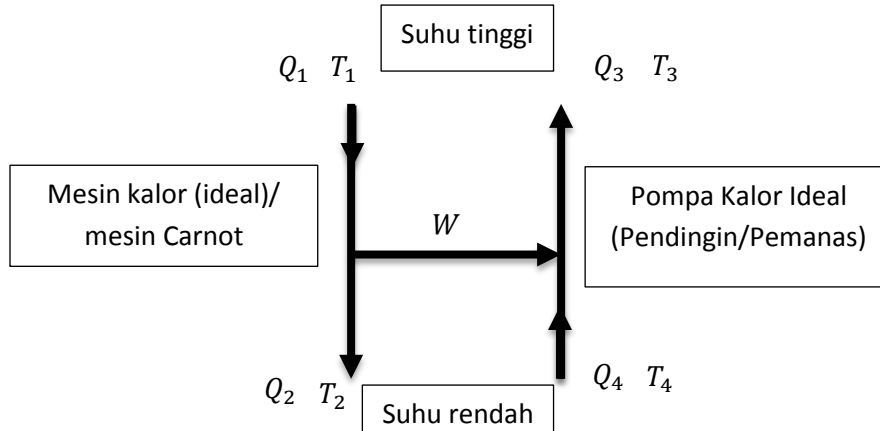
Formulasi: $W = \Delta U + Q$

Perhitungan: $220 \text{ J} = -500 \text{ J} + Q$

$$Q = 220 \text{ J} + 500 \text{ J} = 720 \text{ J}$$

5.2 Hukum Kedua Termodinamika

5.2.1 Skema Hukum Pertama Termodinamika



Gambar 5.2: Skema untuk efisiensi mesin ideal

Efisiensi ideal Mesin kalor:

$$e = \frac{W}{Q_1} = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} = \frac{T_1 - T_2}{T_1}$$

Koefisien kinerja pompa pendingin (yang dimanfaatkan adalah kalor suhu rendah Q_4):

$$KK_{pendingin} = \frac{Q_4}{W} = \frac{Q_4}{Q_3 - Q_4} = \frac{T_4}{T_3 - T_4}$$

Koefisien kinerja pompa pemanas (yang dimanfaatkan adalah kalor suhu tinggi Q_3):

$$KK_{pemanas} = \frac{Q_3}{W} = \frac{Q_3}{Q_3 - Q_4} = \frac{T_3}{T_3 - T_4}$$

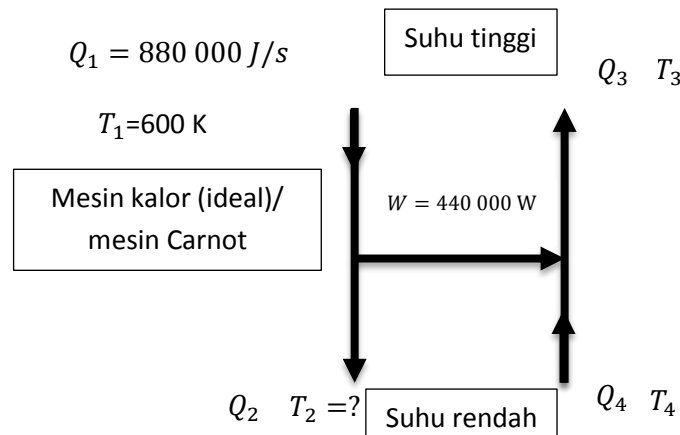
Penjelasan yang diberikan kepada mahasiswa adalah sebagai berikut:

1. Pahami soal dengan membuat skema.
2. Tuliskan simbol besaran yang sesuai pada tempat seperti yang ditunjukkan pada skema.
3. Tuliskan persamaan.
4. Lakukan perhitungan.

Pada saat mahasiswa menggambarkan skema, maka dengan memahami alur skema tersebut, dapat dipahami kinerja mesin kalor, termasuk perbedaan mesin pemanas dan pendingin, persamaan matematis yang dituliskan adalah hasil dari pemahaman tersebut.

5.2.2 Penerapan pada persoalan

Soal 1: Sebuah mesin Carnot melakukan kerja rata-rata perdetik 440 000 W menggunakan kalor sebesar 880 000 Joule per detik. Jika suhu sumber kalor adalah 600 K, pada suhu berapa kalor pembuangan dikeluarkan?

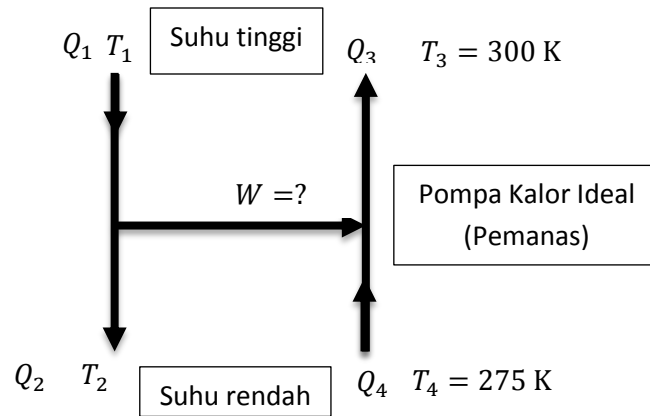


$$\frac{W}{Q_1} = \frac{T_1 - T_2}{T_1}$$

$$\frac{440\,000\text{ J/s}}{880\,000\text{ J/s}} = \frac{600\text{ K} - T_2}{600\text{ K}}$$

$$T_2 = 300\text{ K}$$

Soal 2: Sebuah pompa kalor digunakan untuk menjaga agar rumah tetap hangat pada 300 K. Berapa besar kerja yang dibutuhkan dari pompa untuk menghasilkan kalor 2800 J ke dalam rumah jika suhu di luar sebesar 275 K? anggap perilakunya adalah ideal.

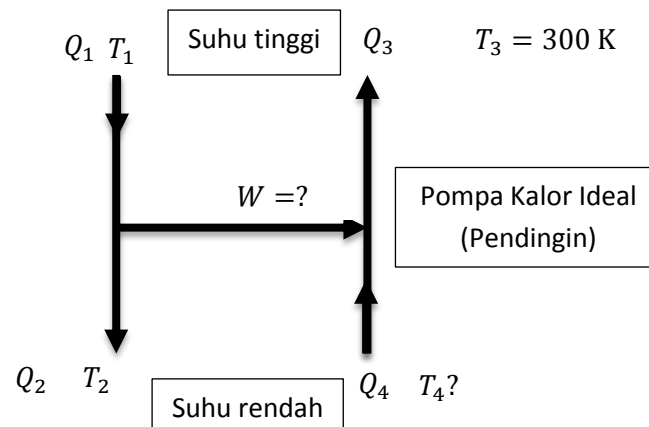


$$\frac{Q_3}{W} = \frac{T_3}{T_3 - T_4}$$

$$\frac{2800 \text{ J}}{W} = \frac{300 \text{ K}}{300 \text{ K} - 275 \text{ K}}$$

$$W \approx 156 \text{ J}$$

Soal 3: Lemari es memiliki koefisien kinerja 5. Jika suhu dapur, di luar lemari es adalah 300 K, berapa suhu terendah yang bisa didapat di dalam lemari es ideal?

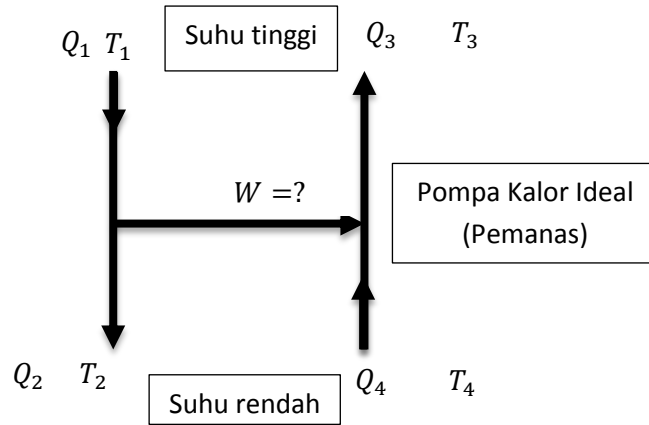


$$KK_{\text{pendingin}} = \frac{T_4}{T_3 - T_4}$$

$$5 = \frac{T_4}{300 \text{ K} - T_4}$$

$$T_4 = 250 \text{ K}$$

Soal 4: Sebuah mesin yang ideal mempunyai efisiensi 35%. Jika mesin tersebut harus bekerja sebagai pompa kalor (pemanas), pada suhu yang sama, berapa koefisien kinerjanya?



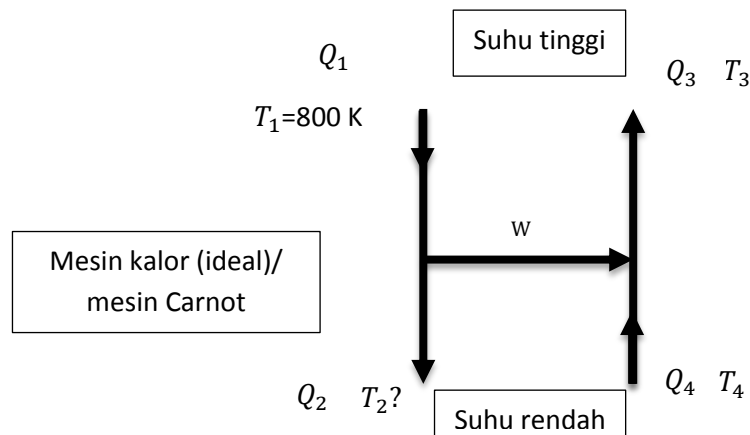
Efisiensi ideal mesin kalor: $e = \frac{T_1 - T_2}{T_1}$

$$KK_{pemanas} = \frac{Q_3}{W} = \frac{Q_3}{Q_3 - Q_4} = \frac{T_3}{T_3 - T_4}$$

Pada suhu yang sama: $T_1 = T_3$ dan $T_2 = T_4$

$$KK_{pemanas} = \frac{T_3}{T_3 - T_4} = \frac{T_1}{T_1 - T_2} = \frac{1}{e} = \frac{1}{0,35} = \frac{100}{35} \approx 3$$

Soal 5: Sebuah mesin kalor menggunakan sumber kalor 800 K dan mempunyai efisiensi ideal 30%. Untuk menaikkan efisiensinya sampai 40%, berapa suhu sumber kalor?



$$e = \frac{T_1 - T_2}{T_1}$$

$$0,3 = \frac{800 \text{ K} - T_2}{800 \text{ K}}$$

$$T_2 = 660 \text{ K}$$

$$e' = \frac{T_1 - T_2}{T_1}$$

$$0,4 = \frac{T_1' - 660 \text{ K}}{T_1'}$$

$$T_1' = 1100 \text{ K}$$

5.3 Pengujian Metode

Langkah-langkah pengujian adalah sebagai berikut:

- Mahasiswa diberikan penjelasan seperti referensi, lalu diberikan 5 persoalan, dan mengerjakan berdasarkan penjelasan awal.
- Mahasiswa diberikan penjelasan dengan skema, lalu diberikan 5 persoalan yang sama, dan mengerjakan dengan skema (Skema, penjelasan, soal, seperti yang dijelaskan pada bab IV.2).
- Hasil sebelum dan sesudah diberikan penjelasan dengan skema dibandingkan dan dianalisis
- Mahasiswa diminta pendapat apakah metode ini memudahkan atau tidak.

Rangkuman hasil pengujian metode dalam menuliskan persamaan dengan kebenaran 100% untuk keseluruhan dapat dilihat dalam Tabel 5.1.

Tabel 5.1: Hasil pengujian metode dan pendapat mahasiswa

Topik	Sebelum menggunakan skema	Setelah menggunakan skema	Lebih Memudahkan
Hukum Pertama Termodinamika*	21%	94%	94%
Hukum Kedua Termodinamika**	5 %	96%	96%

(*dari total mahasiswa 52 orang dan **dari total mahasiswa 58 orang)

Ketika diberikan pendapat mengenai kemudahan dengan skema, mahasiswa yang menjawab dengan benar menyatakan metode ini lebih memudahkan, namun bagi yang tidak dapat mengerjakan dengan sempurna menyatakan metode ini tidak memudahkan.

Dalam pengujian, waktu pengerjaan soal tidak dapat dibandingkan, karena tingkat kebenaran yang beragam sebelum diberikan penjelasan dengan skema, namun rata-rata dengan skema, mahasiswa dapat menyelesaikan 5 soal tersebut kurang dari 20 menit. Kebenaran perhitungan juga beragam, karena masalah eksekusi perhitungan yang tidak sempurna. Oleh karena itu, hasil nilai tidak dapat digunakan sebagai pembandingan, namun yang dilihat adalah dalam menuliskan persamaan apakah tepat atau tidak. Dalam proses perhitungan, diperlukan latihan tersendiri, dan hal tersebut bersifat teknis.

Kesimpulan dan Saran

6.1 Kesimpulan

1. Metode identifikasi variabel berdasarkan skema dapat diterapkan pada topik termodinamika.
2. Mahasiswa menyatakan bahwa dengan metode ini dapat lebih memudahkan dalam menyelesaikan persoalan dan memahami kinerja mesin kalor.

6.2 Saran

Metode ini terbatas pada formulasi dan aplikasi soal sederhana, perlu dipikirkan bagaimana metode yang lebih baik agar konseptual secara utuh dapat dipahami bahkan untuk persoalan yang rumit dengan beragam sistem sekalipun.

Daftar Pustaka

Douglas C. Giancoli, 2005, *Physics Principles With Applications*, 6th edition, Pearson Education, Inc.

Halliday, Resnick & Walker, 2007, *Fundamental of Physics*, 8th edition, John Wiley & Sons.

Serway, R., & Jewett, W, *Fisika untuk Sains dan Teknik*, edisi 6, alih bahasa oleh Sungkono, C, Salemba Teknika, 2010.

Suryantari, R, Problem Solving dengan Metode Identifikasi variabel berdasarkan Skema: Tinjauan terhadap Formulasi Kecepatan Relativistik, Prosiding Simposium Nasional Inovasi Pembelajaran dan Sains 2012 (SNIPS 2012), 7-8 Juni , Bandung, Indonesia, ISBN 978-602-19655-3-5, hal 13-16.

Suryantari, R, Problem Solving dengan Metode Identifikasi variabel berdasarkan Skema: Tinjauan terhadap Formulasi Panjang dan Waktu Relativistik, Prosiding Simposium Fisika Nasional XXV, 19-20 Oktober 2012, Palngkaraya, Indonesia, ISSN: 1411-4771, hal 297-306.

Suryantari, R, Problem Solving dengan Metode Identifikasi variabel berdasarkan Skema: Tinjauan terhadap Hukum Pertama Termodinamika, Makalah disajikan dalam Pertemuan Ilmiah XXVII HFI Jateng & DIY, Solo, 23 Maret 2013, UNESA, Solo.

Suryantari, R, Metode Identifikasi variabel berdasarkan Skema: Tinjauan terhadap Hukum Pertama Termodinamika, Makalah disajikan dalam Seminar Kontribusi Fisika 2013 (SKF 2013), 2-3 Desember 2013, ITB, Bandung, Indonesia.

Young&Freedman, 1999, *Fisika Universitas*, edisi 10, alih bahasa oleh Pantur Silaban ITB, Erlangga, 1999.