

Identifikasi Pemahaman Konsep Siswa SMA Pada Materi Termodinamika

Dewi Nur Azizah^{1*}, Sutopo², Siti Zulaikah²

¹Pascasarjana Pendidikan Fisika Universitas Negeri Malang, Jalan Semarang No.5 Malang

²Jurusan Fisika Universitas Negeri Malang, Jalan Semarang No.5 Malang

*E-mail: dewinurazizah231.dna@gmail.com

Abstrak: Pemahaman siswa pada termodinamika akan mempengaruhi keberhasilan siswa memahami fenomena perubahan keadaan sistem akibat pertukaran energi dengan lingkungan dalam bentuk kalor dan usaha. Artikel ini bertujuan mengungkap pemahaman konsep siswa pada materi termodinamika, melalui tes Thermodynamics Concept Survey (TCS) yang dikembangkan sebelumnya oleh Wattanakasiwich et al. (2013). Tes diberikan pada siswa kelas XII IPA SMA sebanyak 56 siswa. Tes terdiri dari 24 soal pilihan ganda beralasan. Alasan siswa dalam menjawab tes digunakan untuk mengidentifikasi kemungkinan pemahaman konsep siswa pada materi termodinamika. Ditemukan kesalahan konsep yang dominan pada siswa, antara lain siswa mengalami kesulitan dalam memahami prinsip kesetimbangan mekanik (89,3% siswa); siswa salah dalam menghubungkan perubahan suhu gas dengan tekanan yang dihasilkan (79,77% siswa); serta siswa mengalami kesulitan dalam mengerjakan soal tentang proses isothermal (73,2% siswa).

Kata kunci: Pemahaman konsep, Kesalahan konsep, Termodinamika

Termodinamika merupakan cabang fisika yang membahas tentang kalor dan usaha (Giancoli, 2014). Termodinamika mencakup konsep kesetimbangan termal dan transfer maupun transformasi energi. Termodinamika dicirikan sebagai fenomena transfer energi antara sistem dan lingkungan dimana energi yang berperan adalah usaha dan kalor.

Fenomena dan pengalaman sehari-hari yang dialami oleh siswa dapat dihubungkan dengan termodinamika (Tatar & Oktay, 2011), sehingga diharapkan siswa tidak mengalami kesulitan dalam memahami konsep. Salah satu contoh fenomena yang dapat dihubungkan dengan termodinamika adalah pemanasan global. Termodinamika dapat memberikan wawasan sains berupa solusi untuk mengatasi fenomena pemanasan global yang saat ini terjadi. Saat fenomena pemanasan global sebagai konsekuensi eksploitasi berlebihan pada bahan bakar fosil, pemahaman terhadap termodinamika memberikan kontribusi pada perkembangan teknologi agar masyarakat dapat mengatasi pemanasan global.

PER (*physics education research*) menunjukkan banyak siswa yang biasa melakukan pemecahan masalah secara kuantitatif memiliki kesulitan konseptual yang serius dan salah satu topik yang dirasa sulit oleh banyak siswa adalah termodinamika (Sriyansyah & Suhandi, 2016). Kesulitan konseptual dapat diatasi melalui penggunaan pemecahan masalah secara kualitatif tanpa mengesampingkan pemecahan masalah secara kuantitatif (Doctor et al., 2015). Diharapkan kedua tahapan ini dapat saling bersinergis menghasilkan solusi yang lengkap dan kokoh.

Djarot & Wiyono (2015) telah menganalisis kesalahan siswa dalam mengerjakan soal termodinamika. Ditemukan beberapa bentuk kesalahan siswa saat mengerjakan soal termodinamika antara lain salah menginterpretasi besaran pada soal dikarenakan siswa tergesa-gesa, lupa, dan bingung saat proses menyelesaikan soal, salah saat menetapkan tanda positif atau negatif pada usaha maupun kalor sehingga siswa kurang teliti dalam proses

perhitungan matematis, dan siswa salah menggambarkan diagram P-V pada proses termodinamika.

Wattanakasiwich et al. (2013) telah mengembangkan tes *Thermodynamics Concept Survey* (TCS), tes tersebut mencakup konsep suhu dan perpindahan kalor, hukum gas ideal, serta hukum pertama termodinamika. Tes ini telah diujikan pada 200 mahasiswa di negara Thailand dan Australia. Tes ini bertujuan untuk mengontruksi konsep siswa menggunakan teknik survei (*conceptual survey*) yang terdiri dari konsep suhu dan perpindahan kalor, hukum gas ideal, serta hukum pertama termodinamika sehingga dinamakan *Thermodynamics Concept Survey* (TCS). Hasilnya menunjukkan terdapat kesalahpahaman dominan mahasiswa saat mengerjakan tes ini yaitu salah menghubungkan tekanan dengan suhu, salah menghubungkan kalor yang ditransfer dengan suhu, serta mahasiswa kesulitan menerapkan hukum pertama termodinamika untuk menentukan kalor yang ditransfer berdasarkan diagram P-V. Artikel ini bertujuan mengidentifikasi tingkat pemahaman konsep serta mengungkapkan kesalahan konsep pada materi termodinamika.

METODE

Pengumpulan data dilakukan melalui tes. Data tes dikumpulkan melalui 24 soal dari instrumen tes *Thermodynamics Concept Survey* (TCS) yang telah dikembangkan sebelumnya oleh Wattanakasiwich et al. (2013). Tes terdiri dari 24 soal TCS yang berupa soal-soal hukum gas ideal dan hukum pertama termodinamika, instrumen ini tersedia dalam bentuk bahasa Indonesia. Tes berupa pilihan ganda beralasan dan analisis yang digunakan berupa analisis deskriptif kualitatif berupa analisis kualitatif maupun analisis kuantitatif untuk melihat presentase pemahaman konsep siswa. Alasan yang dikemukakan siswa ini direpresentasikan sebagai pemahaman konsep yang dimiliki siswa. Sampel sebanyak 56 siswa merupakan siswa kelas XII IPA SMA yang telah mempelajari materi termodinamika sebelumnya.

HASIL

Analisis terhadap semua jawaban tes baik berupa jawaban pilihan ganda maupun alasan yang dikemukakan oleh responden pada 24 soal tes yang diberikan. Analisa data pertama dilakukan dengan cara mencari skor rata-rata jawaban benar pada pilihan ganda untuk melihat gambaran awal mengenai pemahaman konsep siswa yang ditunjukkan pada tabel 1 dan analisa data berikutnya dilakukan dengan cara mengelompokkan pemahaman siswa menjadi 3 kategori berdasarkan alasan yang dikemukakan oleh siswa, tiga katogori ini berupa paham konsep (PK) dimana alasan yang dikemukakan siswa sesuai konsep, salah konsep (SK) dimana alasan yang dikemukakan siswa tidak sesuai konsep, dan no respon (NR) dimana siswa tidak memberikan respon. Data ini untuk menentukan apakah siswa mengalami salah konsep atau paham konsep. Presentase pemahaman konsep siswa terhadap 3 kategori tersebut pada setiap butir soal ditunjukkan pada tabel 1.

Tabel 1 Presentase jawaban benar dan pemahaman konsep siswa

Sub Konsep	No. Soal	Jawaban Benar (%)	Kategori Pemahaman Konsep (%)		
			NR	SK	PK
Hubungan perubahan suhu gas dan tekanan yang dihasilkan	1	57	1,8	71,4	26,8
	2	14	7,1	87,5	5,4

	3	41	7,1	80,4	12,5
Keseimbangan mekanik	4	14	10,7	87,5	1,8
	5	9	8,9	91,1	0,0
Hubungan perubahan suhu gas dan kalor yang ditransfer	6	16	12,5	83,9	3,6
	7	64	16,1	50,0	33,9
	8	23	19,6	67,9	12,5
	9	29	14,3	69,6	16,1
Proses adiabatik	10	32	26,8	50,0	23,2
	11	11	30,4	62,5	7,1
	12	27	37,5	60,7	1,8
Proses isobarik	13	36	26,8	69,6	3,6
Proses isothermal	14	14	26,8	73,2	0,0
Proses siklus	15	38	25,0	71,4	3,6
	16	9	35,7	64,3	0,0
	17	13	41,1	58,9	0,0
Diagram P-V	18	18	32,1	67,9	0,0
	19	20	41,1	58,9	0,0
	20	43	53,6	37,5	8,9
	21	25	41,1	58,9	0,0
	22	21	48,2	46,4	5,4
	23	64	48,2	51,8	0,0
	24	39	48,2	51,8	0,0
Rata-rata		29	27,5	65,6	7

Keterangan: NR (no respon), SK (salah konsep), PK (paham konsep)

Analisis data diperoleh bahwa kesalahan konsep siswa terjadi pada setiap sub konsep materi termodinamika yang diujikan, selanjutnya akan dideskripsikan bagaimana kesalahan konsep siswa pada setiap subkonsep dengan memfokuskan pada hasil jawaban siswa berupa alasan yang dikemukakan oleh siswa.

PEMBAHASAN

Konsep hubungan perubahan suhu gas dengan tekanan yang dihasilkan

Soal nomor 1 diberikan ilustrasi soal yaitu suntik yang mengandung gas ideal dan memiliki piston tanpa gesek dengan massa M dipindahkan dari gelas air dingin ke gelas air panas, sehingga suntik mencapai kesetimbangan termal pada air panas. Bagaimana perubahan suhu gas pada suntik. Diperoleh respon siswa memilih jawaban tidak berubah, alasan yang dikemukakan siswa adalah suntik yang mencapai kesetimbangan termal memiliki suhu yang tidak berubah dan sistem mengalami proses isothermal. Siswa ada juga yang memilih jawaban menurun, alasan yang dikemukakan ketika suntik dari gelas air dingin dipindahkan ke gelas air panas membuat suhu gas pada suntik menurun. Soal nomor 2 dengan ilustrasi soal nomor 1 menanyakan perubahan tekanan gas pada suntik. Diperoleh respon siswa memilih jawaban tidak berubah, alasan yang dikemukakan siswa adalah suntik telah mencapai kesetimbangan termal sehingga tekanan gas tidak berubah. Siswa ada juga yang memilih jawaban meningkat, alasan yang dikemukakan siswa adalah akibat suhu gas yang meningkat (Kautz, Heron, Loverude, et al., 2005; Wattanakasiwich et al., 2013). Ini menunjukkan siswa salah dalam menghubungkan tekanan yang dihasilkan dengan suhu gas. Soal nomor 3 dengan ilustrasi

soal nomor 1 menanyakan perubahan volume gas pada suntik. Siswa merespon dengan memilih jawaban tidak berubah, alasan yang dikemukakan siswa adalah kesetimbangan termal yang dicapai oleh suntik mengakibatkan perubahan volume gas tidak berubah. Siswa juga ada yang memilih jawaban meningkat, alasan yang dikemukakan siswa adalah tekanan gas yang meningkat.

Konsep kesetimbangan mekanik

Soal nomor 4 diberikan ilustrasi soal tiga silinder yang berisi gas ideal ditutup dengan piston identik tanpa gesek dengan massa M , gas nitrogen pada silinder A dan gas hidrogen pada silinder B berada pada kesetimbangan termal dengan suhu $20\text{ }^{\circ}\text{C}$, gas hidrogen pada silinder C dijaga pada suhu $80\text{ }^{\circ}\text{C}$, silinder B dan silinder C memiliki volume yang sama. Piston masing-masing silinder A, B, dan C pada kesetimbangan mekanis dengan lingkungan. Bagaimana perbandingan antara tekanan gas nitrogen pada silinder A dan gas hidrogen pada silinder B. Respon siswa adalah memilih jawaban lebih besar, alasan yang dikemukakan siswa adalah volume pada silinder A lebih besar dibandingkan volume pada silinder B. Soal nomor 5 dengan ilustrasi soal nomor 4 menanyakan perbandingan antara tekanan gas hidrogen pada silinder B dan pada silinder C. Respon siswa adalah memilih jawaban kurang dari, alasan yang dikemukakan siswa adalah suhu gas hidrogen pada silinder C lebih tinggi dibandingkan gas hidrogen pada silinder B. Siswa juga ada yang memilih jawaban lebih besar, alasan yang dikemukakan siswa adalah suhu gas hidrogen pada silinder C lebih tinggi dibandingkan gas hidrogen pada silinder B. Alasan yang dikemukakan siswa pada soal nomor 4 dan 5 menunjukkan siswa belum memahami prinsip dari kesetimbangan mekanik.

Konsep hubungan perubahan suhu gas dengan kalor yang ditransfer

Soal nomor 6 diberikan ilustrasi soal gas ideal pada silinder dengan piston rapat sehingga tidak ada gas yang lolos dan silinder diletakkan dalam jaket isolasi, beberapa massa kecil ditambahkan di atas piston dengan cepat. Bagaimana suhu gas dari perubahan yang dialami sistem. Respon siswa adalah memilih jawaban tidak berubah, alasan yang dikemukakan siswa adalah silinder diletakkan di dalam jaket isolasi dan terjadi proses isothermal. Siswa ada juga yang memilih jawaban tidak berubah, alasan yang dikemukakan siswa adalah tidak ada perubahan gas. Soal nomor 7 dengan ilustrasi soal nomor 6 menanyakan tekanan gas dari perubahan yang dialami sistem. Siswa merespon memilih jawaban tidak berubah, alasan yang dikemukakan siswa adalah silinder diletakkan di dalam jaket isolasi sehingga terjadi proses isobarik. Soal nomor 8 dengan ilustrasi soal nomor 6 menanyakan volume gas dari perubahan yang dialami sistem. Respon siswa adalah memilih jawaban tidak berubah, alasan yang dikemukakan siswa adalah silinder tertutup rapat oleh jaket isolasi. Siswa ada juga yang memilih jawaban meningkat, alasan yang dikemukakan siswa adalah sejumlah massa kecil yang diletakkan di atas piston. Soal nomor 9 dengan ilustrasi soal pompa silinder berisi satu mol gas ideal dengan piston yang sangat pas sehingga tidak terdapat gas yang keluar dan gesekan antara piston dan dinding silinder diabaikan, piston ditekan ke dalam sehingga volume gas berkurang dengan seketika. Bagaimana suhu gas dari perubahan yang dialami sistem. Siswa yang salah konsep memilih jawaban meningkat, alasan yang dikemukakan siswa adalah adanya gesekan pada dinding piston dan siswa ada yang merespon suhu gas tidak berubah karena tidak ada perubahan gas (Kautz, Heron, Loverude, et al., 2005; Wattanakasiwich et al., 2013).

Konsep proses adiabatik

Soal nomor 10 dengan ilustrasi soal nomor 9 menanyakan usaha total pada gas. Respon siswa memilih jawaban meningkat, alasan yang dikemukakan siswa adalah suhu gas meningkat dan terdapat siswa yang memilih jawaban tidak berubah, alasan yang dikemukakan siswa adalah volume tetap. Soal nomor 11 dengan ilustrasi soal nomor 9 menanyakan kalor yang ditransfer ke dalam sistem. Respon siswa memilih jawaban meningkat, alasan yang dikemukakan siswa adalah piston ditekan kedalam dan gas berurung. Siswa juga ada yang memilih jawaban meningkat, alasan yang dikemukakan siswa adalah karena volume gas yang berkurang. Ditemukan bahwa siswa tidak mengenali proses pada soal ini yang merupakan proses adiabatik. Soal nomor 12 dengan ilustrasi soal nomor 9 menanyakan bagaimana energi internal gas. Respon siswa memilih jawaban menurun, alasan yang dikemukakan siswa adalah volume gas berkurang. Siswa ada juga yang memilih jawaban menurun, alasan yang dikemukakan siswa adalah meningkatnya energi eksternal yang dilakukan oleh piston.

Konsep proses isobarik

Soal nomor 13 diberikan ilustrasi berupa silinder logam yang berisi gas ideal disegel dengan piston isolasi bergerak tanpa gesekan. Piston berat dan tidak terdapat perpindahan panas ke atau dari piston itu sendiri. Silinder dikelilingi oleh wadah besar dengan dinding tinggi. Pada proses 1 piston yang dikelilingi wadah yang berisi air, saat posisi A seluruh sistem pada suhu kamar; saat posisi B piston pada posisi baru dan suhu sistem telah berubah dikarenakan adanya proses pemanasan; kemudian beban ditambahkan di atas piston sehingga piston bergerak turun secara perlahan dan suhu tetap sama saat posisi B; saat posisi C masih terdapat beban, piston pada posisi sama saat pada posisi A dan suhu sama pada posisi B; saat posisi D beban dilepaskan, posisi piston dan suhu sama pada posisi A. Proses 2 sama seperti proses 1 dimulai pada posisi A dan D, namun transfer kalor ke air dalam jangka waktu yang lama. Piston kemudian berlanjut hingga beban dilepaskan sehingga proses ini pada posisi E. Menanyakan pernyataan yang benar tentang usaha dari posisi A ke posisi B pada proses 1. Respon siswa memilih jawaban usaha positif dilakukan oleh gas pada lingkungan, alasan yang dikemukakan siswa adalah piston mengalami kenaikan suhu sehingga mempengaruhi usaha yang dilakukan oleh gas pada lingkungan. Siswa juga ada yang memilih jawaban usaha positif dilakukan pada gas oleh lingkungan, alasan yang dikemukakan siswa adalah gas mendapat penambahan kalor dari lingkungan (Wattanakasiwich et al., 2013; Djarod & Wiyono, 2015). Diperoleh kesulitan siswa saat menjawab soal ini dalam menetapkan tanda pada usaha yang dilakukan pada sistem dan usaha yang dilakukan oleh sistem.

Konsep proses isothermal

Soal nomor 14 dengan ilustrasi soal nomor 13 menanyakan kalor yang ditransfer antara gas dan air dari posisi B ke posisi C pada proses 1. Siswa yang salah konsep merespon memilih jawaban tidak ada perubahan, alasan yang dikemukakan siswa adalah tidak terdapat perubahan suhu pada posisi B ke posisi C.

Konsep proses siklus

Soal nomor 15 dengan ilustrasi soal nomor 13 menanyakan diagram P-V untuk menggambarkan proses dari posisi A ke posisi D. Pilihan jawaban yang benar adalah B karena proses pada posisi A ke posisi B adalah proses isobarik, posisi B ke posisi C adalah

proses isothermal, dan posisi C ke posisi D adalah proses isokhorik. Siswa yang salah menjawab soal ini hanya memperhatikan salah satu proses saja (Wattanakasiwich et al., 2013; Djarod & Wiyono, 2015). Soal nomor 16 dengan ilustrasi soal nomor 13 menanyakan usaha total yang dilakukan oleh gas pada lingkungan saat piston dari posisi A ke posisi D dan kemudian ke posisi E pada proses 2. Respon siswa adalah memilih jawaban sama dengan nol, alasan yang dikemukakan siswa adalah dari posisi A ke posisi D dan kemudian ke posisi E piston kembali ke posisi awal. Siswa ada juga yang memilih jawaban lebih dari nol, alasan yang dikemukakan siswa adalah gas tidak memberikan usaha apapun pada lingkungan. Soal nomor 17 dengan ilustrasi soal nomor 13 menanyakan kalor yang ditransfer dari air ke gas saat piston dari posisi A ke posisi D dan kemudian ke posisi E pada proses 2. Ditemukan respon siswa memilih jawaban lebih dari nol, alasan yang dikemukakan siswa adalah gas mengalami peningkatan suhu (Kautz, Heron, Loverude, et al., 2005).

Konsep diagram P-V

Soal nomor 18 diberikan ilustrasi berupa seorang siswa melakukan eksperimen dengan gas ideal yang berada dalam silinder berpiston. Terdapat diagram P-V yang menunjukkan nilai tekanan dan volume gas saat eksperimen dimulai pada titik X berlanjut ke titik Y dan Z, dan kembali ke titik X. Proses Z ke X adalah isothermal. Bagaimana usaha total gas pada siklus ($X \rightarrow Y \rightarrow Z \rightarrow X$). Diperoleh respon siswa adalah memilih jawaban sama dengan nol, alasan yang dikemukakan siswa adalah proses kembali pada posisi awal dan respon siswa ada yang memilih jawaban negatif, alasan yang dikemukakan siswa adalah terdapat adanya penurunan suhu. Soal nomor 19 dengan ilustrasi soal nomor 18 menanyakan kalor total yang ditransfer pada siklus ($X \rightarrow Y \rightarrow Z \rightarrow X$), ditemukan respon siswa yang memilih jawaban sama dengan nol, alasan yang dikemukakan siswa adalah salah satu proses pada siklus terdapat proses isothermal dimana suhu tetap (Kautz, Heron, Loverude, et al., 2005; Wattanakasiwich et al., 2013; Djarod & Wiyono, 2015). Ini menunjukkan bahwa siswa tidak mengaplikasikan hukum pertama termodinamika dalam menjawab soal ini. Soal nomor 20 dengan ilustrasi soal nomor 18 menanyakan perubahan energi internal pada siklus ($X \rightarrow Y \rightarrow Z \rightarrow X$). Ditemukan respon siswa yang memilih jawaban sama dengan nol, alasan yang dikemukakan siswa adalah adanya proses isothermal dimana suhu tetap (Wattanakasiwich et al., 2013; Djarod & Wiyono, 2015).

Soal nomor 21 diberikan ilustrasi soal terdapat diagram P-V merupakan sistem yang terdiri dari sejumlah gas ideal yang dapat mengalami dua proses yang berbeda, diawali dari keadaan A ke keadaan B melalui proses 1 dan proses 2 dimana kedua proses tersebut mulai dan berakhir pada titik yang sama. Bagaimana perbandingan usaha yang dilakukan oleh sistem pada proses 1 dan proses 2. Ditemukan respon siswa adalah memilih jawaban lebih besar dari pada, alasan yang dikemukakan siswa adalah tekanan pada proses 1 lebih besar dibandingkan proses 2 dan respon siswa ada yang memilih jawaban sama dengan, alasan yang dikemukakan siswa adalah kedua proses memiliki keadaan awal dan akhir yang sama. Soal nomor 22 dengan ilustrasi soal nomor 21 menanyakan perbandingan perubahan energi internal semua molekul sistem pada proses 1 dan proses 2. Respon siswa memilih jawaban lebih besar dari pada, alasan yang dikemukakan siswa adalah ditinjau dari posisi proses 1 berada diatas proses 2. Soal nomor 23 dengan ilustrasi soal nomor 21 menanyakan perbandingan kalor yang ditransfer ke dalam sistem pada proses 1 dan proses 2. Respon siswa adalah memilih jawaban sama dengan, alasan yang dikemukakan siswa adalah kedua proses dimulai dan berakhir pada posisi yang sama dan respon siswa ada yang memilih

jawaban lebih besar dari pada, alasan yang dikemukakan siswa adalah tekanan pada proses 1 lebih besar dibandingkan proses 2 (Wattanakasiwich et al., 2013).

Soal nomor 24 dengan ilustrasi soal seorang siswa melakukan percobaan dengan gas ideal yang berada pada silinder berpiston. Diagram P-V diberikan menunjukkan nilai tekanan dan volume gas sepanjang percobaan, dimulai pada titik X dan berakhir pada titik Z. Bandingkan usaha yang dilakukan selama proses $X \rightarrow 2 \rightarrow Z$ dan proses $X \rightarrow 1 \rightarrow Z$. Diperoleh respon siswa memilih jawaban lebih besar dari pada, alasan yang dikemukakan siswa adalah tekanan dan volume pada proses $X \rightarrow 2 \rightarrow Z$ lebih besar dibandingkan proses $X \rightarrow 1 \rightarrow Z$ (Wattanakasiwich et al., 2013).

SIMPULAN

Hasil analisis data pemahaman konsep siswa SMA kelas XII pada materi termodinamika dapat disimpulkan bahwa

1. Pemahaman konsep siswa pada materi termodinamika masih rendah, hal ini dibuktikan terdapat salah konsep pada setiap subkonsep yang disajikan pada materi termodinamika (65,6% siswa).
2. Subkonsep yang paling rendah presentase jawaban benar adalah kesetimbangan mekanik (11,5% siswa). Salah konsep siswa adalah saat siswa diminta membandingkan tekanan gas pada 2 sistem yang mencapai kesetimbangan mekanik, siswa akan membandingkan tekanan gas kedua sistem dengan volume atau suhu gas yang dimiliki kedua sistem.
3. Salah konsep pada siswa yang paling dominan adalah siswa mengalami kesulitan dalam memahami prinsip kesetimbangan mekanik (89,3% siswa); siswa salah dalam menghubungkan perubahan suhu gas dengan tekanan yang dihasilkan (79,77% siswa); serta siswa mengalami kesulitan dalam mengerjakan soal tentang proses isothermal (73,2% siswa).

SARAN

Disarankan adanya tindak lanjut untuk mengungkapkan latar belakang salah konsep yang dialami oleh siswa dan diharapkan terdapat tindak lanjut terhadap artikel ini dengan mencoba berbagai strategi pembelajaran guna mengurangi salah konsep dan meningkatkan pemahaman konsep siswa terutama pada materi termodinamika.

DAFTAR RUJUKAN

- Aviani, I., Me, V., Glun, M., & Gordana, Ž. (2016). *Development Of The Kinetic Molecular Theory Of Gases Concept Inventory : Preliminary Results On University Students ' Misconceptions, 20139*, 1–23. <http://doi.org/10.1103/PhysRevPhysEducRes.12.020139>
- Brookes, D. T., & Etkina, E. (2015). *The Importance of Language in Students' Reasoning About Heat in Thermodynamic Processes*. *International Journal of Science Education*, 37(5-6), 759–779. [http://doi.org/10.1080/09500693.\(2015\).1025246](http://doi.org/10.1080/09500693.(2015).1025246)
- Djarod, F. I. & Wiyono, E. (2015). *Analisis Kesalahan dalam Menyelesaikan Soal Materi Pokok Termodinamika pada Siswa Kelas XI SMA Al Islam 1 Surakarta Tahun Ajaran 2013 / 2014*, 6, 306–312.

- Docktor, J. L., Strand, N. E., Mestre, J. P., & Ross, B. H. (2015). *Conceptual Problem Solving In High School Physics*. Physical Review Special Topics - Physics Education Research, 11(2), 1–13. <http://doi.org/10.1103/PhysRevSTPER.11.020106>
- Gioncoli, Douglas C. (2014). *Fisika: Prinsip Dan Aplikasi Edisi 7 (Jilid 1) (A. M. Drajat & A. Safitri, Eds.)*. Jakarta: Penerbit Erlangga.
- Haglund, J. (2012). *Analogical reasoning in science education – connections to semantics and scientific*. Liu-Tryck, Linköping University, Linköping, Sweden.
- Hung, Woei & Jonassen, David H. (2006). *Conceptual Understanding of Causal Reasoning in Physics*. International Journal of Science Education, 28: 13, 1601 — 1621
- Kautz, C. H., Heron, P. R. L., Loverude, M. E., & Mcdermott, L. C. (2005). *Student understanding of the ideal gas law , Part I : A macroscopic perspective*, (April), 1055–1063. <http://doi.org/10.1119/1.2049286>
- Langbeheim, E., & Safran, S. A. (2013). *Evolution in students ' understanding of thermal physics with increasing complexity, 20117*, 1–22. <http://doi.org/10.1103/PhysRevSTPER.9.020117>
- Leinonen, R., Asikainen, M. A., & Hirvonen, P. E. (2013). *Overcoming students ' misconceptions concerning thermal physics with the aid of hints and peer interaction during a lecture course, 020112*, 1–22. <http://doi.org/10.1103/PhysRevSTPER.9.020112>
- Pizzolato, N., Fazio, C., Sperandeo Mineo, R. M., & Persano Adorno, D. (2014). *Open-Inquiry Driven Overcoming Of Epistemological Difficulties In Engineering Undergraduates: A Case Study In The Context Of Thermal Science*. Physical Review Special Topics - Physics Education Research, 10(1), 1–25. <http://doi.org/10.1103/PhysRevSTPER.10.010107>
- Schnittka, C., & Bell, R. (2011). *Engineering Design and Conceptual Change in Science : Addressing Thermal Energy And Heat Transfer in Eighth Grade*, (July 2012), 37–41. <http://doi.org/10.1080/09500693.2010.529177>
- Singer, S. R., Nielsen, N. R., & Schweingruber, H. A. (2012). *Discipline Based Education Research Understanding And Improving Learning In Undergraduate Science And Engineering*. The National Academies Press, Washington, Dc.
- Sriyansyah, S. P., & Suhandi, A. (2016). *Development Of A Representational Conceptual Evaluation In The First Law Of Thermodynamics Development Of A Representational Conceptual Evaluation In The First Law Of Thermodynamics*, <https://www.researchgate.net/publication/280601263> diakses pada tanggal 18/05/2017.
- Tatar, E., & Oktay, M. (2011). *Research in Science & Technological Education The*

effectiveness of problem-based learning on teaching the first law of thermodynamics,
(January 2015), 37–41. [http://doi.org/10.1080/02635143.\(2011\).599318](http://doi.org/10.1080/02635143.(2011).599318)

Wattanakasiwich, P., Taleab, P., Sharma, M. D., & Johnston, I. D. (2013). *Development and Implementation of a Conceptual Survey in Thermodynamics*, 21(1), 29–53.