

Deskripsi Kesulitan Mahasiswa pada Materi Termodinamika

Agista Sintia Dewi Adila^{1*}, Sutopo², Wartono²

¹Pascasarjana Pendidikan Fisika Universitas Negeri Malang

²Jurusan Fisika FMIPA Universitas Negeri Malang

**E-mail*: agistasintia24@gmail.com

Abstrak: Penulisan artikel ini bertujuan untuk mendeskripsikan kesulitan-kesulitan yang dihadapi pada materi termodinamika. Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa materi termodinamika merupakan materi yang sulit untuk dipahami. Kesulitan yang biasa dihadapi adalah (1) tidak dapat membedakan besaran mikroskopik dengan proses makroskopik, (2), tidak konsisten dalam menggunakan persamaan keadaan gas saat menjelaskan fenomena sehari-hari (3) pemahaman tentang energi dan usaha masih tertukar dengan kalor, suhu, usaha dan energi internal, (4) menggunakan kekekalan energi dalam menjelaskan entropi.

Kata kunci: termodinamika, kesulitan

Pemahaman konsep menjadi pusat perhatian para pengajar. Jika mahasiswa tidak memahami konsep maka dapat dipastikan mereka tidak dapat menjelaskan fenomena sehari-hari menggunakan konsep fisika (Cengel, 2005; Tatar & Oktay, 2011). Seringkali mahasiswa menjelaskan fenomena tidak menggunakan konsep fisika yang ada bahkan mereka menggunakan konsep yang berlawanan dengan konsep yang ada (Loverude et al, 2002; Meltzer, 2004; Docktor & Mestre, 2014). Hal ini dikarenakan mahasiswa lebih mudah mengaktivasi konsep yang salah daripada konsep yang dipelajarinya di kampus atau belum bisanya menghubungkan satu konsep dengan konsep yang lainnya dikarenakan konstruksi konsep-konsep yang dipelajarinya belum utuh (Docktor & Mestre, 2014). Untuk dapat membantu mahasiswa menghubungkan konsep-konsep yang ada maka pengajar perlu mengetahui kesulitan-kesulitan yang dihadapi mahasiswa.

Salah satu materi yang sulit tetapi menjadi dasar untuk berbagai bidang ilmu adalah termodinamika. Termodinamika memiliki peran mendasar pada kehidupan sehari-hari dan pembelajaran. Sebagai ilmu dasar yang perlu dipahami dengan baik maka diperlukan pengajaran Termodinamika yang efektif. Bekal untuk pengajaran yang baik dapat dimulai dengan mengetahui kesulitan-kesulitan yang dihadapi mahasiswa mengenai konsep-konsep Termodinamika (Meltzer, 2004).

Esensi termodinamika adalah mempelajari tentang perubahan energi menjadi gerak mekanik dan usaha. Untuk dapat memahami esensi termodinamika ini diperlukan pemahaman yang utuh mengenai besaran-besaran makroskopik dan mikroskopik termodinamika (Loverude et al, 2002). Dengan memahami kedua besaran tersebut maka mahasiswa akan memahami konsep persamaan keadaan gas, suhu, kalor, usaha, energi internal, dan entropi.

BAHASAN UTAMA

Persamaan Keadaan Gas

Kesulitan utama pada persamaan keadaan gas terletak pada ketidak konsistenan mahasiswa dalam menggunakan konsep persamaan keadaan gas. Dalam menjelaskan suhu didalam piston terisolasi yang sedang dikompresi, secara tidak langsung mahasiswa mengasumsikan dua keadaan. Keadaan pertama, volume dalam silinder gas berkurang sehingga menyebabkan tekanan meningkat. Berdasarkan keadaan pertama ini dapat disimpulkan mahasiswa menyatakan suhunya konstan atau isothermal. Karena tekanan meningkat maka menyebabkan suhu meningkat pula. Secara tidak langsung mahasiswa menyatakan keadaan kedua ini sebagai proses isobarik. Sehingga dalam menjelaskan satu fenomena ini dapat dikatakan bahwa mahasiswa masih belum konsisten dalam menggunakan konsep persamaan keadaan gas (Loverude et al, 2002).

Kesulitan yang kedua pada persamaan keadaan gas adalah mahasiswa belum bisa menghubungkan besaran makroskopik dan mikroskopik. Seperti yang kita ketahui hubungan antara volume dan suhu pada besaran makroskopik bukanlah berbanding terbalik. Namun karena mahasiswa yang salah menghubungkan besaran makroskopik dan mikroskopik maka mahasiswa tersebut mendapatkan hubungan volume berbanding terbalik dengan suhu (Loverude et al, 2002). Saat silinder dikompresi maka partikel gas akan lebih sering bertumbukan. Tumbukan antar partikel inilah yang menyebabkan suhu gas meningkat. Dalam hal ini, mahasiswa mengartikan perubahan energi internal dihasilkan dari interaksi internal yaitu tumbukan antar partikel gas bukan antara partikel gas dengan dinding wadah (Loverude et al, 2002). Seharusnya mahasiswa memahami bahwa perubahan energi internal dihasilkan dari interaksi sistem (partikel gas didalam silinder) dengan lingkungan (silinder). Hasil interaksi sistem dengan dinding wadah akan menyebabkan perubahan tekanan meningkat.

Kesulitan ketiga adalah mahasiswa belum bisa memahami hubungan antara tekanan, suhu dan volume. Mahasiswa mengklaim hubungan antara tekanan berbanding lurus dengan suhu pada suntikan yang pistonnya tidak ada gaya gesek dan awalnya dicelupkan kedalam air dingin kemudian dicelupkan kedalam air panas. Mahasiswa belum memahami fenomena tersebut merupakan proses isobarik. Mahasiswa cenderung menjelaskan situasi tersebut hanya berdasarkan variabel suhu saja (Kautz et al, 2005a; Jasien & Oberem, 2002; Madden et al, 2011; Wattanakasiwich et al, 2013). Selain itu, mahasiswa juga menggunakan model mikroskopis dalam menjelaskan fenomena tersebut. Mahasiswa menjelaskan bahwa partikel gas didalam suntikan akan bergerak lebih cepat dan akan menumbuk dinding suntikan lebih cepat sehingga tekanan akan meningkat. Sehingga mahasiswa mendapatkan hubungan suhu dan tekanan pada fenomena ini (Kautz et al, 2005a; Wattanakasiwich et al, 2013).

Hukum I Termodinamika

Kesulitan memahami konsep pada Hukum I Termodinamika yang pertama adalah konsep usaha. Saat mahasiswa diberi soal tentang kompresi adiabatik pada silinder, mahasiswa menjelaskan fenomena tersebut menggunakan persamaan keadaan gas. Mereka tidak menyadari bahwa persamaan keadaan gas belum bisa menjelaskan fenomena tersebut dengan valid. Untuk

dapat menyelesaikannya mereka perlu menggunakan Hukum I Termodinamika. Sepertinya dalam menjelaskan fenomena tersebut, mahasiswa belum menyadari jika usaha dapat mengubah energi internal. Agar mahasiswa dapat memahami konsep usaha pada fenomena ini maka sebaiknya mahasiswa perlu memahami konsep usaha di mekanika terlebih dahulu (Loverude et al, 2002).

Kesulitan yang biasa dihadapi mahasiswa pada konsep usaha adalah bingung dengan tanda pada usaha (Loverude et al, 2002; Meltzer, 2004; Wattanakasiwich et al, 2013). Kebingungan ini mungkin disebabkan karena beberapa buku menuliskan persamaan Hukum I Termodinamika menjadi dimana sebagai energi internal sistem, Q sebagai kalor yang ditransfer dari lingkungan ke sistem sedangkan W sebagai usaha dari lingkungan ke sistem (Serway & Jewett, 2014; Knight, 2017). Sedangkan beberapa buku menuliskan dimana hanya W yang berbeda dengan persamaan sebelumnya yaitu usaha dari sistem ke lingkungan (Urone et al, 2016). Namun perlu diingat bahwa besarnya W pada persamaan adalah .

Kesulitan memahami konsep pada Hukum I Termodinamika yang kedua adalah konsep kalor. Kalor (transfer kalor) merupakan representasi transfer energi antara sistem dengan lingkungan karena ada perbedaan suhu sedangkan suhu merupakan representasi dari energi kinetik rata-rata molekul pada sistem (dalam teori kinetik gas). Namun, mahasiswa sering sering menginterpretasikan kalor sebagai kuantitas spesifik dari energi yang ada pada objek dan suhu digunakan untuk mengukur kuantitas tersebut (Meltzer, 2004).

Permasalahan kalor bukanlah bentuk dari energi melainkan transfer energi dan fungsi keadaan telah dijelaskan secara eksplisit pada buku-buku teks fisika. Namun siswa masih memahami kalor itu merupakan bentuk dari energi. Penyebab mahasiswa tidak memahami konsep kalor tersebut mungkin disebabkan karena buku-buku teks menuliskan kalor ditransfer kedalam dan keluar sistem termodinamik-tidak konsisten dengan definisi transfer energi (Brookes & Etkina, 2015).

Penjelasan mengenai sistem termodinamik tertutup yang dikompresi masih banyak yang belum memahaminya dengan baik. Beberapa siswa berfikir jika suhu dari sistem tetap maka tidak ada transfer energi / kalor. Hal ini dikarenakan beberapa siswa masih menggunakan persamaan keadaan gas untuk membantu mereka untuk mengetahui bahwa ada perubahan suhu. Siswa tidak menggunakan dua proses yang terjadi yaitu kalor masuk dan melakukan usaha. Padahal kedua proses inilah yang menyebabkan energi kinetik rata-rata partikel berubah (Brookes & Etkina, 2015).

Kesulitan memahami konsep usaha dan kalor yang lain adalah menganggap usaha dan kalor sebagai fungsi keadaan. Saat ditanya perbedaan usaha yang pada lintasan yang berbeda namun memiliki keadaan awal dan akhir yang sama, mahasiswa cenderung menyatakan usaha pada kedua lintasan tersebut adalah sama (Loverude et al, 2002; Meltzer, 2004; Wattanakasiwich, 2013). Secara tidak langsung pernyataan tersebut menyatakan bahwa usaha tidak tergantung pada lintasan. Selain itu, saat mahasiswa ditanya mengenai kalor, mereka menjawab bahwa kalor bergantung pada keadaan awal dan akhir saja (Loverude et al, 2002; Kaper & Goedhart, 2002; Meltzer, 2004; Wattanakasiwich, 2013). Salah satu faktor penyebab

mahasiswa menganggap usaha dan kalor sebagai fungsi keadaan adalah terlalu luasnya mengeneralisasikan konsep fungsi keadaan. Penjelasan yang benar mengenai usaha dan kalor adalah keduanya merupakan karakteristik spesifik dari proses termodinamika yang menjadi salah satu bagian penting dalam termodinamika.

Pemahaman mahasiswa terkait proses siklik masih perlu diperhatikan lagi. Mahasiswa mengklaim bahwa usaha total dan kalor total pada proses siklik adalah nol. Mahasiswa memahami usaha pada proses siklik dengan menganggap bahwa usaha tergantung perpindahan. Maksudnya adalah karena posisi akhir sama dengan posisi awal maka usaha negatif akan ditambah dengan usaha positif maka usaha totalnya adalah nol. Selain itu, mahasiswa memahami kalor berdasarkan perubahan suhu suatu sistem. Mahasiswa menjelaskan jika sistem termodinamik kembali ke titik awal (suhunya sama seperti semula) maka energi kalor sistem harus sama dengan energi kalor awal sehingga secara keseluruhan transfer kalor pada sistem termodinamik tertutup adalah nol (Meltzer, 2004; Brookes & Etkina, 2015).

Hukum II Termodinamika

Kesulitan pada Hukum II Termodinamika yang pertama adalah ide yang salah tentang entropi. Mahasiswa menganggap entropi itu kuantitas yang kekal (Sözbilir & Bennett, 2007; Christensen et al, 2009; Leinonen et al, 2015). Saat ditanya bagaimana entropi dua benda yang suhu awalnya berbeda. Mahasiswa menganggap akan ada transfer energi diantara dua benda tersebut. Mereka menganggap benda yang bersuhu lebih tinggi akan mentransfer kalor ke benda yang bersuhu rendah (Leinonen et al, 2015). Padahal yang terjadi sebenarnya adalah entropi kedua benda tidak dapat ditentukan karena tidak tahu benda mana yang memiliki suhu lebih tinggi.

Kesulitan yang kedua adalah menganggap persamaan sebagai persamaan untuk Hukum II Termodinamika. Saat mahasiswa diminta untuk menjelaskan mesin Carnot, mereka menjelaskan menggunakan tidak menggunakan efisiensi, teorema Carnot atau konsep yang berkaitan dengan entropi (Cochran & Heron, 2006). Mahasiswa hanya menjelaskan bahwa kalor yang masuk akan diubah menjadi usaha dan sisanya diubah menjadi panas.

Kesulitan – kesulitan pada Hukum II Termodinamika ini dapat diatasi dengan cara memahami besaran makroskopik dan mikroskopik secara utuh. Cara memahami kedua besaran ini dapat dilakukan dengan memberikan tantangan yaitu mahasiswa diminta mengevaluasi fenomena berdasarkan besaran makroskopik dan mikroskopik secara bersama-sama.

SIMPULAN

Cara untuk membantu mahasiswa untuk memahami konsep-konsep termodinamika adalah dengan menggunakan program resitasi. Program resitasi ini dapat membantu mahasiswa untuk belajar mandiri tetapi serasa diberi petunjuk oleh dosen karena program ini disertai dengan balikan yang sesuai. Pada program ini akar-akar permasalahan mengenai konsep termodinamika akan dipaparkan berkali-kali sehingga mahasiswa akan semakin memahami dan mudah mengaktivasi konsep tersebut. Dengan program ini mahasiswa juga akan diberi kesempatan untuk menghubungkan satu konsep dengan konsep termodinamika lainnya. Selain itu, penggunaan program ini dapat digunakan dimana saja.

DAFTAR RUJUKAN

- Brookes, D. T., & Etkina, E. (2015). The Importance of Language in Students' Reasoning About Heat in Thermodynamic Processes. *International Journal of Science Education*
- Christensen, W. M., Meltzer, D. E., & Ogilvie, C. S. (2009). Student ideas regarding entropy and the second law of thermodynamics in an introductory physics course, *Am. J. Phys.* 77, 907
- Cochran, M. J., & Heron, P. R. L. (2006). Development and assessment of research-based tutorials on heat engines and the second law of thermodynamics, *Am. J. Phys.* 74, 734.
- Docktor, J. L., & Mestre, J. P. (2014). Synthesis of discipline-based education research in physics. *Physical Review Special Topics-Physics Education Research*, 10(2), 020119.
- Kaper, W. H., & Goedhart, M. J. (2002). "Forms of energy,' an intermediary language on the road to thermodynamics? Part II," *Int. J. Sci. Educ.* 24, 119–137 ~2002!
- Kautz, C. H., Heron, P. R. L., Loverude, M. E. & McDermott, L. C. (2005a). Student Understanding of the Ideal Gas Law, part I: A Macroscopic Perspective. *American Journal of Physics*, 73: 1055–1063.
- Leinonen, R., Asikainen, M. A., & Hirvonen, P. E. (2015). Grasping the second law of thermodynamics at university: The consistency of macroscopic and microscopic explanations. *Physics Education Research* 11, 020122
- Loverude, M. E., Kautz, C. H., Heron, P. R. L. (2002). Student understanding of the first law of thermodynamics: Relating work to the adiabatic compression of an ideal gas. *Am. J. Phys.* 70 (2)
- Loverude, M. (2015). Identifying student resources in reasoning about entropy and the approach to thermal equilibrium. *Physics Education Research* 11, 020118
- Meltzer, D. E. (2004). Investigation of students' reasoning regarding heat, work, and the first law of thermodynamics in an introductory calculus-based general physics course. *Am. J. Phys.* 72 (11)
- Knight, R. D. (2017). *Physics for Scientists and Engineers—A Strategic Approach*, 4/E. San Francisco, USA: Pearson.
- Ryan, Q. X., Frodermann, E., Heller, K., Hsu, L., & Mason, A. (2016). Computer problem-solving coaches for introductory physics: Design and usability studies. *Physical Review Special Topics Physics Education Research*, 12, 010105.
- Serway, R.A, Jewett, J. R. (2014). *Physics for Scientist and Engineers with Modern Physics*, Ninth Edition. Boston, USA: Brooks/Cole Cengage Learning
- Sözbilir, M., Bennett, J. M. (2007). A study of Turkish chemistry undergraduates' understandings of entropy, *J. Chem. Educ.* 84,
- Sriyansyah, S. P & Suhandi, A. (2016). Development of a Representational Conceptual Evaluation in the First Law of Thermodynamics. *Journal of Physics: Conference Series* 739 (2016) 012125
- Sutopo. (2010). The Ways The Physics Teachers Solve A Multifaceted Real-World Problem Relates to the Behavior of Gas. *International Seminar of Science Education*, 2010
- Sutopo, Jayanti, I. B. R., Wartono. (2016). Program Resitasi Berbasis Komputer untuk Meningkatkan Penguasaan Konsep Mahasiswa Tentang Gaya dan Gerak. *Jurnal Inovasi Dan Pembelajaran Fisika*
- Urone, P. P., Hinrichs, R., Dirks, K., Sharma, M. (2016). *Collage Physcis*. Houston, Texas: Rice University. (<http://cnx.org/content/col11406/latest>)

Wattanakasiwich, P., Taleab, P., Sharma, M. D., Johnson, I. D. (2013). Development and Implementation of a Conceptual Survey in Thermodynamics. *International Journal of Innovation in Science and Mathematics Education*, 21(1), 29-53.