

Penguasaan Konsep Siswa Pada Materi Termodinamika Dalam Pembelajaran *Argument Driven Inquiry for STEM Education*

Dionisius Bukifan¹, Lia Yuliati¹, Supriyono Koes Handayanto¹

¹Pendidikan Fisika-Universitas Negeri Malang

INFO ARTIKEL

Riwayat Artikel:

Diterima: 18-10-2019

Disetujui: 15-10-2020

Kata kunci:

mastery of concepts;
ADI for STEM education;
thermodynamics;
penguasaan konsep;
ADI for STEM education;
termodinamika

Alamat Korespondensi:

Dionisius Bukifan
Pendidikan Fisika
Universitas Negeri Malang
Jalan Semarang 5 Malang
E-mail: dionisiusbukifan1505@gmail.com

ABSTRAK

Abstract: This study aims to explore students' conceptual understanding of thermodynamic in ADI for STEM education. The study uses embedded experimental design methods. It involved 29 students of XI grade high school in Kupang. Instruments tes consisted of 13 reasoning multiple choice questions. Wilcoxon test results is $P=0.000$ with an average posttest higher than pretest shows that there is significant difference between students' conceptual understanding of before and after learning. The effect size value is 2,39. Students' conceptual understanding of each indicator is also discussed.

Abstrak: Tujuan penelitian adalah mengetahui penguasaan konsep siswa pada materi termodinamika dalam pembelajaran *Argument Driven Inquiry (ADI) for STEM education*. Penelitian menggunakan *mixed method* desain *embedded experimental*. Penelitian melibatkan 29 siswa kelas XI SMA di Kupang. Instrumen tes berupa 13 soal penguasaan konsep pilihan ganda. Hasil uji Wilcoxon sebesar $p=0.000$ menunjukkan bahwa terdapat perbedaan yang signifikan antara penguasaan konsep siswa sebelum dan sesudah pembelajaran. Nilai *effect size* sebesar 2,39 menunjukkan bahwa pembelajaran *ADI for STEM education* berpengaruh kuat terhadap penguasaan konsep.

Termodinamika merupakan materi fisika yang konsepnya banyak diterapkan dalam kehidupan sehari-hari (Adila, Sutopo, dan Wartono, 2017). Termodinamika adalah ilmu modern tentang panas dan kerja yang berguna untuk mengubah panas menjadi kerja (Bejan, 2017). Konsep termodinamika banyak diterapkan dalam kehidupan sehari-hari sehingga penguasaan konsep termodinamika pada siswa sangat penting. Konsep dasar yang perlu dipahami oleh para siswa dari termodinamika mencakup hubungan timbal balik dan transformasi antara energi internal, panas, dan kerja yang memungkinkan penerapannya pada mobil, telepon, satelit sehingga dapat bekerja secara maksimal (Vigeant dkk., 2014). Oleh karena itu dalam kegiatan pembelajaran konsep termodinamika menjadi perhatian penting bagi siswa dalam menerapkan konsep termodinamika dalam fisika maupun lintas bidang ilmu.

Penelitian terdahulu menemukan bahwa siswa belum mampu menguasai konsep termodinamika dengan baik (Wattanakasiwich dkk., 2013, Leinonen dkk., 2015 dan Brookes & Etkina, 2015). Banyak siswa seringkali memahami kalor sebagai bentuk dari energi (Meltzer, 2004 dan Brookes & Etkina, 2015). Salah satu faktor penyebab siswa tidak memahami konsep kalor secara benar yakni siswa melihat dari buku-buku teks yang menuliskan kalor itu ditransfer kedalam dan keluar sistem termodinamika yang tidak konsisten atau sesuai dengan definisi dari transfer energi (Brookes & Etkina, 2015). Pemahaman yang keliru juga dialami oleh siswa yang masih berpikir tidak akan terjadi transfer energi atau kalor jika suhu dari sistem itu tetap (Haglund & Jeppsson, 2014). Siswa berpikir tidak terjadi transfer energi atau kalor ketika suhu sistem tetap karena siswa masih menerapkan persamaan keadaan gas untuk mengetahui adanya perubahan suhu. Siswa tidak memahami termodinamika dengan baik dimana dua proses yang terjadi dalam termodinamika yakni kalor masuk dan melakukan usaha. Padahal kalor dan usaha inilah yang menyebabkan perubahan energi kinetik rata-rata partikel. (Brookes & Etkina, 2015).

Terdapat beberapa upaya yang telah dilakukan untuk memantu siswa menguasai konsep termodinamika. *Online platform* melalui tugas rumah dengan memberikan umpan balik langsung kepada siswa dapat mengungkapkan konsep-konsep siswa yang bermasalah untuk kelas secara keseluruhan (Liberatore, 2017). *Interactive lecture demonstrations* memberikan manfaat dari penerapan yang sangat terstruktur, dengan gagasan belajar aktif telah ada selama beberapa waktu dengan memberikan kesempatan kepada siswa lebih banyak peluang untuk berdiskusi dengan teman sebaya dan pengajar (Georgiou & Sharma, 2015). Penggunaan pembelajaran *selfgenerated analogies* merupakan metode belajar bagi siswa dengan mengacu pada

pengetahuan yang dimiliki siswa sebelumnya. Siswa dihadapkan oleh dua fenomena yaitu entropi dan ekspansi bebas, tujuan penelitian ini ingin mengetahui pemahaman siswa terhadap dua fenomena tersebut. Diperoleh siswa dapat memahami konsep entropi dengan baik melalui *scaffold* yang diberikan (Haglund & Jeppson, 2014).

Salah satu pembelajaran di era 4,0 yang dapat membantu siswa menguasai konsep termodinamika yakni *ADI for STEM education*. Langkah-langkah pembelajaran ADI dapat membantu meningkatkan kemampuan argumentasi ilmiah siswa (Demircioglu, 2015). Selain itu dengan menerapkan pembelajaran ADI dapat membantu siswa dalam menegaskan dan menalar suatu masalah (Ding & Harskamp, 2011; Hasnunidah dkk., 2015). Pembelajaran ADI juga mampu mengembangkan kemampuan siswa memahami penjelasan ilmiah (Sampson, dkk., 2011). Untuk memengaruhi perubahan norma sosial di kelas, siswa perlu waktu untuk belajar bagaimana mengkritik dan mengevaluasi klaim menggunakan kriteria yang dinilai dalam sains dan guru harus mendorong mereka untuk menggunakan kriteria itu saat dibutuhkan. Hal ini menunjukkan bahwa siswa perlu terlibat dalam argumentasi untuk mengembangkan pemahaman yang lebih baik tentang konten, misalnya berdebat untuk belajar, tetapi juga siswa perlu belajar apa yang dianggap sebagai argumen dan argumentasi dalam sains, misalnya belajar berdebat sebagai bagian dari proses. Pengetahuan konten yang meningkat mungkin juga berkontribusi dalam penulisan yang lebih baik dan ulasan sejawat yang lebih akurat dari waktu ke waktu yang membuat siswa menjadi lebih akrab dengan sistem selama belajar (Walker & Sampson, 2013).

Alur pembelajaran *ADI for STEM education* dapat diterapkan dalam materi termodinamika. ADI dirancang untuk memberi siswa kesempatan untuk mengembangkan metode mereka sendiri menghasilkan data, untuk melakukan investigasi, menggunakan data untuk menjawab pertanyaan penelitian, menulis, dan menjadi lebih reflektif saat mereka bekerja. Selain itu, model pembelajaran ADI mengintegrasikan peluang bagi siswa untuk terlibat dalam argumentasi ilmiah dan ulasan sejawat (Sampson dkk., 2011). Model pembelajaran *ADI for STEM education* dirancang untuk memberikan tempat yang lebih sentral untuk argumentasi dan peran argumen dalam konstruksi sosial pengetahuan ilmiah. Perkembangan kemampuan siswa untuk membangun argumen ilmiah dan untuk berpartisipasi dalam argumentasi ilmiah dapat diamati dari waktu ke waktu (Walker & Sampson, 2013). Alur pembelajaran ADI dimulai dari identifikasi tugas, mengumpulkan data, analisis data, pengembangan argumen, sesi argumentasi, diskusi eksplisit, dan menulis laporan investigasi (Sampson dkk., 2011). Pada pembelajaran ADI, siswa diberikan kesempatan untuk belajar bagaimana (1) mengembangkan metode untuk (2) mengolah data, (3) dan melaksanakan investigasi, (4) menggunakan data sebagai klaim terhadap pertanyaan penelitian, (5) menulis laporan, dan (6) lebih reflektif (Sampson, dkk., 2010). Berdasarkan penjelasan di atas, maka diperlukan penelitian dengan menerapkan pembelajaran *ADI for STEM education*. Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui pengaruh pembelajaran *ADI for STEM education* terhadap kemampuan penguasaan konsep siswa kelas XI SMA pada materi termodinamika.

METODE

Penelitian ini menggunakan *mixed method* dengan desain *embedded experimental*. Subjek dalam penelitian ini adalah siswa kelas XI Sekolah Menengah Atas di Kupang yang melibatkan 29 siswa. Siswa memperoleh intervensi pembelajaran *ADI for STEM education*. Perlakuan diberikan selama tiga pertemuan tatap muka pada materi termodinamika.

Langkah pertama diawali dengan wawancara dan observasi pembelajaran. Hasil wawancara dan observasi siswa diolah menjadi data kualitatif, sedangkan langkah berikutnya dilakukan *pretest* tentang penguasaan konsep siswa. Hasil jawaban siswa diolah menjadi data kuantitatif. Pelaksanaan kegiatan pertemuan pertama adalah orientasi masalah dan penyelidikan. Siswa diminta mengidentifikasi prinsip kerja pompa tangan pada ban sepeda yang menerapkan prinsip usaha pada proses termodinamika yang dapat membantu mengatasi ban sepeda yang kempes saat berolahraga. Untuk mengatasi masalah ini diperlukan pompa tangan yang didesain dengan menerapkan konsep usaha pada proses termodinamika. Selanjutnya siswa menunjukkan desain sederhana yang menerapkan prinsip kerja usaha pada proses termodinamika, hukum I termodinamika dan hukum II termodinamika seperti mesin stirling. Siswa diberikan bacaan tentang pembuatan mesin stirling. Langkah kedua adalah intervensi melalui model pembelajaran *ADI for STEM* tentang materi usaha pada proses termodinamika, hukum I termodinamika, dan hukum II termodinamika. Selama proses intervensi, siswa diberi permasalahan yang terdapat pada LKS dan masalah pada kehidupan sehari-hari untuk diselesaikan dan hasilnya digunakan untuk mengetahui perubahan penguasaan konsep. Langkah ketiga adalah melakukan wawancara dan *posttest* akhir. Soal *posttest* berupa pilihan ganda untuk mendapatkan data penguasaan konsep siswa (kuantitatif) dan perubahan penguasaan konsep (kualitatif). Wawancara akhir dilakukan kepada siswa untuk mengetahui penguasaan konsep dan kemampuan akhir siswa serta mengonfirmasi akhir terhadap jawaban siswa.

Sebelum perlakuan siswa diberikan hasil *pretest* sebesar 31% dan *posttest* sebesar 66% setelah perlakuan untuk mengukur kemampuan penguasaan konsep siswa. Instrumen yang digunakan berupa 13 soal pilihan ganda dengan level kognitif dari C2 sampai C6. Data *pretest* dan *posttest* dianalisis dengan menggunakan uji Wilcoxon untuk mengetahui signifikansi perbedaan nilai *pretest* dan *posttest*. Uji non parametrik wilcoxon dilakukan karena data *pretest* dan *posttest* penguasaan konsep tidak terdistribusi normal. Nilai *effect size* juga dihitung untuk mengetahui pengaruh pembelajaran *ADI for STEM education*.

HASIL

Hasil pretest dan posttest penguasaan konsep siswa pada materi termodinamika ditampilkan pada tabel 1. Data hasil penguasaan konsep siswa pada tabel 1 menunjukkan bahwa nilai rata-rata *posttest* lebih tinggi daripada *pretest*. Hal ini menunjukkan bahwa ada peningkatan kemampuan penguasaan konsep siswa setelah dibelajarkan dengan pembelajaran ADI for STEM education. Hasil *pretest* dan *posttest* ini juga diuji beda untuk mengetahui apakah perbedaan tersebut signifikan atau tidak. Oleh karena data *pretest* dan *posttest* tidak terdistribusi normal, maka dilanjutkan dengan uji Wilcoxon. Hasil uji Wilcoxon menunjukkan bahwa rata-rata nilai *pretest* dan *posttest* berbeda secara signifikan ($p=,000$). Adapun besar *effect size* adalah 2,39. Hasil ini menunjukkan bahwa pembelajaran ADI for STEM education berpengaruh kuat terhadap penguasaan konsep siswa.

Tabel 2. Statistik Deskriptif Skor Penguasaan Konsep Siswa

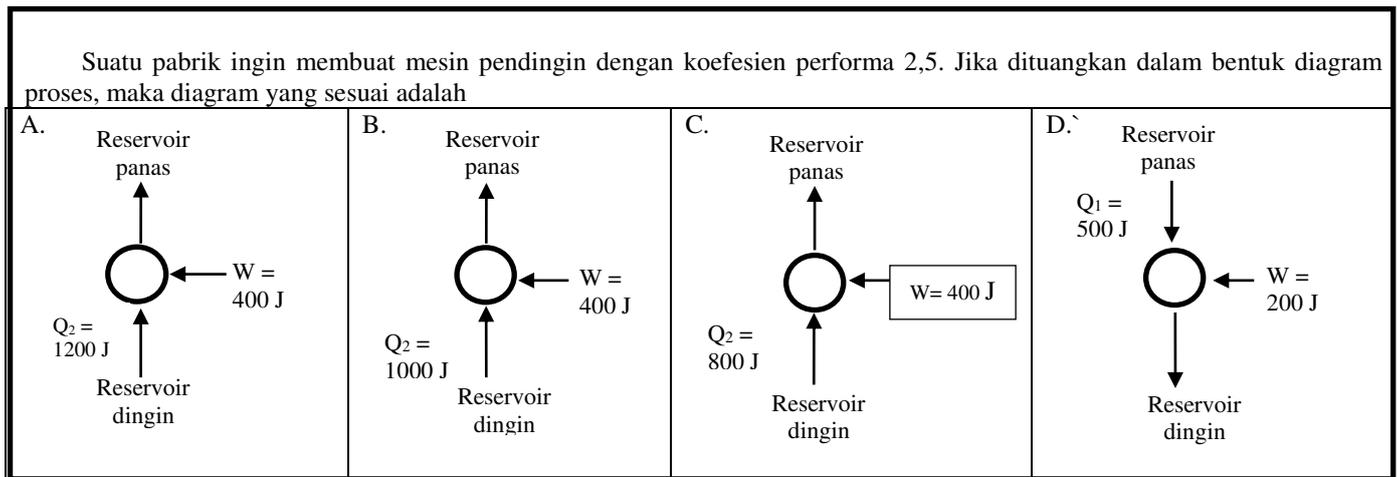
	N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation
<i>Pretest</i>	29	8	46	31,76	10,281
<i>Posttest</i>	29	38	85	64,72	12,334

Penguasaan konsep siswa dapat diamati berdasarkan persentase penguasaan konsep siswa setiap indikator pada tabel 2. Ketika *pretest*, ada beberapa indikator yang persentasenya paling rendah. Indikator tersebut adalah indikator 5, 6, dan 10. Setelah diberikan pembelajaran ADI for STEM education, persentase indikator 5 dan meningkat menjadi 59% dan 66%. Berbeda dengan indikator 12 yang hanya meningkat sebesar 11%. Sedangkan peningkatan paling besar terjadi pada indikator 3 yang mencapai 90% setelah diberikan perlakuan. Sementara itu, indikator lainnya mengalami peningkatan yang tinggi. Peningkatan indikator 4 termasuk rendah namun ketika *pretest* persentasenya sudah tinggi, yaitu sebesar 62% dan ketika *posttest* persentasenya menjadi 90%.

Tabel 3. Persentase Penguasaan Konsep Siswa Pada Setiap Indikator

No	Indikator	Persentase		Perbedaan
		<i>Pretest</i> (%)	<i>Posttest</i> (%)	
1	Menjelaskan prinsip kerja dari mesin pendingin	24	79	45
2	Menentukan besar usaha pada proses adiabatik	48	79	31
3	Menghitung perubahan energi dalam pada gas	38	90	52
4	Menghitung perubahan energi dalam sistem	62	90	28
5	Menentukan efisiensi mesin kalor dari surat kabar	14	59	45
6	Membedakan suhu awal dan suhu akhir pada proses isobaric	14	66	52
7	Membedakan usaha terbesar dan terkecil yang dilakukan sistem pada mesin kalor	52	66	14
8	Menilai besar usaha yang dilakukan pada sistem dengan dua proses yang berbeda	28	55	27
9	Memilih usaha yang paling besar pada proses adiabatik	31	55	24
10	Memberikan argumentasi terkait suhu udara yang keluar dan masuk dari kipas angin	31	59	28
11	Mengecek waktu yang diperlukan untuk pembekuan air dari kulkas	28	55	27
12	Mendesain sebuah mesin pendingin dengan efisiensi tertentu	17	38	11
13	Merencanakan kerja negatif pada sistem	21	69	48

Soal indikator 12 (mendesain sebuah mesin pendingin dengan efisiensi tertentu) ditunjukkan pada gambar 1.



Gambar 1. Soal Indikator Mendesain Sebuah Mesin Pendingin dengan Efisiensi Tertentu

Tabel 4. Crosstabulation Nilai Pretest dan Posttest Penguasaan Konsep Siswa Dimensi Mencipta

		Posttest		
		Rendah	Tinggi	Jumlah
Pretest	Rendah	16	8	24
	Tinggi	2	3	5
	Jumlah	18	11	29

Nilai penguasaan konsep siswa pada level mencipta dikelompokkan ke dalam dua kategori, yaitu tinggi dan rendah sebelum dilakukan analisis deskriptif *crosstabulation*. Tabel 4 menunjukkan bahwa ketika *pretest* 24 siswa berada pada kategori rendah dan lima siswa berada pada kategori tinggi. Setelah melalui pembelajaran pembelajaran *ADI for STEM education*, untuk kategori rendah terjadi peningkatan dimana 11 siswa bergeser ke kategori tinggi sedangkan siswanya 18 siswa tetap pada kategori rendah. Hasil tersebut menunjukkan bahwa penguasaan konsep siswa untuk dimensi mencipta mengalami pergeseran sehingga menempatkan 11 (37,9%) siswa pada kategori tinggi sementara 18 (62,1%) siswa masih berada pada kategori rendah.

Dari 13 indikator soal yang diujikan hasilnya menunjukkan bahwa indikator 12 paling rendah ketika diuji sebelum diberikan perlakuan (*pretest*). Hasil uji ini menunjukkan jumlah siswa yang menjawab dengan benar sebanyak 5 orang dari 29 responden. Setelah diberikan perlakuan dan dilakukan *posttest* dan jumlah siswa yang menjawab benar meningkat menjadi 11 orang. Meskipun terjadi peningkatan namun indikator 12 paling sedikit peningkatannya dari indikator lainnya.

Hasil konfirmasi terhadap siswa terkait dengan jawaban siswa mendapatkan alasan bahwa kebanyakan siswa menjawab tanpa memperhatikan diagram dari reservoir dingin dan reservoir panas. Sebagian siswa lagi menganggap jika membuat desain mesin pendingin maka kalor yang disedot berasal dari reservoir panas yang lebih kecil dari kalor yang dibuang ke reservoir dingin. Padahal pada mesin pendingin Kalor yang disedot berasal dari reservoir dingin yang lebih kecil dari kalor yang dibuang ke reservoir panas. Hal inilah yang membuat siswa salah dalam menjawab soal pada indikator 12.

PEMBAHASAN

Setelah melalui uji statistik, terjadi peningkatan kemampuan penguasaan konsep siswa secara signifikan setelah dibelajarkan dengan pembelajaran *ADI for Stem education*. Selain itu juga nilai *effect size* menunjukkan bahwa pembelajaran *ADI for STEM education* berpengaruh kuat terhadap kemampuan penguasaan konsep siswa. Peningkatan kemampuan penguasaan konsep siswa dipengaruhi oleh pembelajaran ADI yang mengarahkan siswa untuk melakukan percobaan dan melakukan kegiatan penyelidikan untuk menguasai konsep. Pembelajaran ADI merupakan pembelajaran berbasis penyelidikan (Walker, 2011). Selama kegiatan praktikum di laboratorium, guru biasanya memberi siswa langkah prosedur untuk diikuti dan siswa juga diarahkan untuk benar-benar menemukann, mengonfirmasi, atau memverifikasi konsep atau prinsip tertentu (Sampson, 2017). Ini juga menunjukkan bahwa pembelajaran inquiri efektif dalam meningkatkan penguasaan konsep (Prima & Kaniawati, 2011). Peningkatan penguasaan konsep yang baik, dapat meminimalkan kesalahpahaman siswa yang memiliki kemampuan akademik tinggi (Mufit dkk., 2018).

Hasil uji statistik juga menunjukkan bahwa siswa telah memiliki penguasaan konsep cukup bagus dalam beberapa indikator dengan tingkat kesulitan seperti C2, C3, C4, dan C5, sedangkan besar peningkatan kemampuan penguasaan konsep siswa secara keseluruhan sebesar 31,9%. Hasil ini dilihat dari peningkatan penguasaan konsep setelah diberikan perlakuan.

Peningkatan penguasaan konsep siswa menunjukkan bahwa siswa sudah cukup mampu untuk menguasai materi termodinamika dengan baik. Peningkatan penguasaan konsep siswa dipengaruhi oleh kegiatan siswa melalui proses pembelajaran *ADI for STEM education*. Melalui model pembelajaran *ADI for STEM education*, persoalan-persoalan yang masuk dalam Taksonomi Bloom pada kategori C4 dan C5 mengalami peningkatan yang cukup. Peningkatan ini menunjukkan bahwa siswa yang diuji dengan pertanyaan tingkat tinggi memperoleh pemahaman konseptual yang mendalam tentang materi dan memori yang lebih baik untuk informasi dan dukungan untuk sifat hierarki yang diusulkan dari Taksonomi Bloom (Jensen dkk., 2014). Selain itu, model pembelajaran *argument driven inquiry for STEM education* memberikan peluang bagi siswa untuk terlibat dalam berbagai kegiatan, seperti generasi suatu argumen, diskusi temuan, dan penulisan serta pengeditan naskah selain eksperimental desain dan analisis data sehingga membantu siswa untuk menemukan konsep (Walker dkk., 2011). Hal ini sesuai dengan walker (2013) model pembelajaran *argument driven inquiry* memberikan tempat yang lebih sentral kepada siswa untuk berargumentasi dalam mengonstruksi pengetahuan ilmiah. Argumentasi ilmiah sangat penting untuk pengembangan dan perbaikan pengetahuan ilmiah serta menumbuhkan argumentasi terkait konsep ilmiah yang dapat membantu siswa terlibat dalam berbagai keilmuan serta mempraktikkan dan meningkatkan sains dan pengetahuan konten (Grooms dkk., 2015).

Selain peningkatan penguasaan konsep yang cukup bagus pada beberapa indikator, namun penguasaan konsep siswa pada hukum II termodinamika masih sangat rendah. Pada hukum II termodinamika banyak siswa mengalami kebingungan ketika menyelesaikan persoalan hukum II, seperti menentukan efisiensi mesin kalor dan mendesain sebuah mesin pendingin dengan efisiensi tertentu. Siswa menjawab persoalan hukum II termodinamika ini tanpa menggunakan konsep hukum II termodinamika seperti mesin carnot, efisiensi dan entropi. Mereka hanya menjawab bahwa efisiensi dari mesin kalor akan mencapai 100 %. Padahal secara teori tidak memungkinkan efisiensi dari mesin kalor dapat mencapai 100% karena kalor yang dibutuhkan akan diubah menjadi usaha dan sisanya dibuang. Hasil ini sejalan dengan penelitian (Cochran & Heron, 2006) yang menemukan bahwa ketika mahasiswa diarahkan untuk menjelaskan hukum II termodinamika, mahasiswa tidak menjelaskan menggunakan efisiensi dan teorema Carnot atau konsep entropi. Akan tetapi, mahasiswa hanya mampu menjelaskan bahwa saat kalor masuk akan diubah menjadi usaha dan panas. Sementara itu, kesalahan yang sama pula ditemukan oleh Leinonen dkk., (2015) dimana siswa masih cenderung menentukan entropi ketika terdapat dua benda yang memiliki suhu berbeda. Padahal entropi dari kedua benda tidak dapat ditentukan karena tidak diketahui benda mana yang memiliki suhu yang lebih tinggi.

Penguasaan konsep pada penelitian ini dilihat dengan menggunakan Taksonomi Bloom. Penguasaan konsep untuk level kognitif mencipta dengan indikator mendesain sebuah mesin pendingin dengan efisiensi tertentu masih rendah. Hasil ini ditunjukkan dengan besar peningkatan untuk level kognitif mencipta hanya sebesar 11%. Hal ini disebabkan karena pada indikator dengan tingkat kesulitan pada level mencipta siswa dituntut untuk menciptakan sesuatu dari persoalan yang diberikan. Hal ini menuntut siswa untuk bisa menciptakan sesuatu dari konsep hukum II termodinamika yang memanfaatkan efisiensi dari sebuah mesin. Rata-rata siswa belum mampu untuk menyelesaikan soal ini dengan benar. Senada dengan (Cochran & Heron, 2006) ketika mahasiswa diminta penjelasannya tentang mesin carnot, mereka menjelaskan tidak menggunakan efisiensi, teorema Carnot atau konsep yang berkaitan dengan entropi. Namun mereka hanya menjelaskan bahwa kalor yang masuk akan diubah menjadi usaha dan sisanya diubah menjadi panas. Penguasaan konsep yang baik bagi siswa dapat meningkatkan indikator pencapaian level kognitif mencipta dan dapat menyelesaikan masalah yang dipelajarinya (Jannah, Yuliati, Parno, 2016).

Sesuai hasil konfirmasi terhadap jawaban siswa, sebagian siswa menjawab soal dengan indikator mendesain sebuah mesin pendingin dengan efisiensi tertentu tanpa memerhatikan diagram dari reservoir panas dan reservoir dingin. Sedangkan siswa lainnya berpendapat bahwa jika membuat desain mesin pendingin maka kalor yang diserap berasal dari reservoir panas yang lebih kecil dari kalor yang dibuang ke reservoir dingin. Padahal desain mesin pendingin, kalor yang diserap berasal dari reservoir dingin yang lebih kecil dari kalor yang dibuang ke reservoir panas. Hasil penelitian Schnittka & Bell (2011) menunjukkan bahwa dengan menerapkan desain teknik melalui demonstrasi lebih efektif dalam memunculkan perubahan konseptual tentang perpindahan panas dan energi termal yang diinginkan daripada pembelajaran tanpa demonstrasi. Selain itu, dengan menerapkan desain teknik dapat membantu siswa berpikir secara kreatif dan interdisipliner (Lie dkk., 2019). Kombinasi dari demonstrasi dan kegiatan desain memungkinkan siswa untuk membuat konsep perpindahan panas dan energi termal ke tingkat yang lebih besar dan akurat (Schnittka & Bell, 2011).

SIMPULAN

Hasil uji Wilcoxon sebesar $p=.000$ dengan rata-rata nilai *posttest* lebih tinggi daripada nilai *pretest*. Hal ini menunjukkan bahwa terdapat perbedaan yang signifikan pada penguasaan konsep siswa setelah diberikan pembelajaran *ADI for STEM education*. Nilai *effect size* sebesar 2,39 menunjukkan bahwa pembelajaran *ADI for STEM education* berpengaruh kuat terhadap penguasaan konsep. Namun, pada indikator level mencipta siswa belum mampu menyelesaikan soal dengan baik. Banyak siswa menganggap tidak terbiasa dengan soal-soal pada level mencipta. Siswa seringkali dihadapkan pada persoalan menghitung tanpa memahami konsep dari soal tersebut dengan baik. Oleh karena itu, diperlukan penelitian lanjutan pembelajaran *ADI for STEM education* untuk mengetahui penguasaan konsep siswa.

DAFTAR RUJUKAN

- Adila, A. S. D. (2017). Deskripsi Kesulitan Mahasiswa pada Materi Termodinamika. *Prosiding Seminar Pendidikan IPA Pascasarjana UM 2*, 92-97.
- Bejan, A. (2017). Evolution in Thermodynamics. *Applied Physics Reviews*, 4(1), 011305. <https://doi.org/10.1063/1.4978611>
- 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. <https://doi.org/10.1080/09500693.2015.1025246>
- Cochran, M. J., & Heron, P. R. L. (2006). Development and Assessment of Research-Based Tutorials on Heat Engines and the Second Law of Thermodynamics. *American Journal of Physics*, 74(8), 734-741. <https://doi.org/10.1119/1.2198889>
- Ding, N., & Harskamp, E. G. (2011). Collaboration and Peer Tutoring in Chemistry Laboratory Education. *International Journal of Science Education*, 33(6), 839-863. <https://doi.org/10.1080/09500693.2010.498842>
- Georgiou, H., & Sharma, M. D. (2015). Does Using Active Learning in Thermodynamics Lectures Improve Students' Conceptual Understanding and Learning Experiences? *European Journal of Physics*, 36(1), 015020. <https://doi.org/10.1088/0143-0807/36/1/015020>
- Grooms, J., Enderle, P., & Sampson, V. (2015). *Coordinating Scientific Argumentation and the Next Generation Science Standards through Argument Driven Inquiry*. 24(1), 6.
- Haglund, J., & Jeppsson, F. (2014). Confronting Conceptual Challenges in Thermodynamics by Use of Self-Generated Analogies. *Science & Education*, 23(7), 1505-1529. <https://doi.org/10.1007/s11191-013-9630-5>
- Hasnunidah, N., Susilo, H., Irawati, M. H., & Sutomo, H. (2015). Argument-Driven Inquiry with Scaffolding as the Development Strategies of Argumentation and Critical Thinking Skills of Students in Lampung, Indonesia. *American Journal of Educational Research*, 3(9), 1185-1192.
- Investigating the Effect of Argument-Driven Inquiry in Laboratory Instruction. (2015). *Educational Sciences: Theory & Practice*. <https://doi.org/10.12738/Estp.2015.1.2324>
- Jannah, A. N., Yuliati, L., & Parno. (2016). Penguasaan Konsep dan Kemampuan Bertanya Siswa pada Materi Hukum Newton melalui Pembelajaran Inquiry Lesson dengan Strategi LBQ. *Jurnal Pendidikan: Teori, Penelitian, dan Pengembangan*, 1(3), 409-420.
- Jensen, J. L., McDaniel, M. A., Woodard, S. M., & Kummer, T. A. (2014). Teaching to the Test...or Testing to Teach: Exams Requiring Higher Order Thinking Skills Encourage Greater Conceptual Understanding. *Educational Psychology Review*, 26(2), 307-329. <https://doi.org/10.1007/s10648-013-9248-9>
- Leinonen, R., Asikainen, M. A., & Hirvonen, P. E. (2015). Grasping the Second Law of Thermodynamics at University: The Consistency of Macroscopic and Microscopic Explanations. *Physical Review Special Topics - Physics Education Research*, 11(2). <https://doi.org/10.1103/PhysRevSTPER.11.020122>
- Liberatore, M. W. (2017). *Effectiveness of Just In Time Teaching on Student Achievement in an Introductory Thermodynamics Course*. 15.
- Lie, R., Aranda, M. L., Guzey, S. S., & Moore, T. J. (2019). Students' Views of Design in an Engineering Design-Based Science Curricular Unit. *Research in Science Education*. <https://doi.org/10.1007/s11165-018-9813-9>
- 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. *American Journal of Physics*, 72(11), 1432-1446. <https://doi.org/10.1119/1.1789161>
- Mufit, F., Festiyed, F., Fauzan, A., & Lufri, L. (2018). Impact of Learning Model Based on Cognitive Conflict toward Student's Conceptual Understanding. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 335, 012072. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/335/1/012072>
- Prima, E. C., & Kaniawati, I. (2011). Penerapan Model Pembelajaran Problem Based Learning dengan Pendekatan Inkuiri untuk Meningkatkan Keterampilan Proses Sains dan Penguasaan Konsep Elastisitas pada Siswa SMA. *Jurnal Pengajaran Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam*, 16(1), 179. <https://doi.org/10.18269/jpmipa.v16i1.279>
- Sampson, V., Grooms, J., & Walker, J. P. (2011). Argument-Driven Inquiry as a Way to Help Students Learn How to Participate in Scientific Argumentation and Craft Written Arguments: An Exploratory Study. *Science Education*, 95(2), 217-257. <https://doi.org/10.1002/sce.20421>
- Schnittka, C., & Bell, R. (2011). Engineering Design and Conceptual Change in Science: Addressing Thermal Energy and Heat Transfer in Eighth Grade. *International Journal of Science Education*, 33(13), 1861-1887. <https://doi.org/10.1080/09500693.2010.529177>
- Vigeant, M., Prince, M., & Nottis, K. (2014). Repairing Engineering Students' Misconceptions About Energy and Thermodynamics. Dalam R. F. Chen, A. Eisenkraft, D. Fortus, J. Krajcik, K. Neumann, J. Nordine, & A. Scheff (Ed.), *Teaching and Learning of Energy in K - 12 Education* (hlm. 223-236). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-05017-1_13

- Walker, J. P., & Sampson, V. (2013). Learning to Argue and Arguing to Learn: Argument-Driven Inquiry as a Way to Help Undergraduate Chemistry Students Learn How to Construct Arguments and Engage in Argumentation During a Laboratory Course: Learning to Argue and Arguing to Learn. *Journal of Research in Science Teaching*, 50(5), 561–596. <https://doi.org/10.1002/tea.21082>
- Walker, J. P., Sampson, V., Grooms, J., Anderson, B., & Zimmerman, C. O. (2012). Argument-Driven Inquiry in Undergraduate Chemistry Labs: The Impact on Students' Conceptual Understanding, Argument Skills, and Attitudes Toward Science. *Journal of College Science Teaching*, 41(4), 82-89.
- Wattanakasiwich, P., Taleab, P., Sharma, M. D., & Johnston, I. D. (t.t.). *Development and Implementation of a Conceptual Survey in Thermodynamics*. 25.