



***Conceptual Problem Solving (CPS)* dalam Latihan Memecahkan Masalah untuk Meningkatkan Penguasaan Konsep Mahasiswa pada Topik Termodinamika**

P S Eda, E Purwaningsih*, dan S Sutopo

Jurusan Fisika, FMIPA, Universitas Negeri Malang, Jl. Semarang 5, Malang, 65145, Indonesia

*E-mail: endang.purwaningsih.fmipa@um.ac.id

Received
23 Juli 2020

Revised
25 Juli 2020

Accepted for Publication
29 Agustus 2020

Published
31 Agustus 2020



This work is licensed under a [Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/).

Abstract

This study aims to determine the conceptual mastery of students in thermodynamics, learning by practicing solving problems with CPS approach. The use of CPS approach is motivated by findings of previous research related to students' habit of using *chug* and *plug* strategies in solving problems. The method used is a mixed method with embedded experimental design. The study involved 22 second year students of Nusa Cendana University in Kupang. Pretest and posttest instruments consisted of 12 concept mastery questions in multiple choices, with a reliability of 0.524. Paired sample t-test results obtained a significance value of 0,000. The effect size value is 1.69 categorized into very strong categories, indicates that learning by solving problems with CPS approach has a strong effect on increasing student conceptual mastery.

Keywords: conceptual problem solving, conceptual mastery, thermodynamics.

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui penguasaan konsep mahasiswa pada materi termodinamika setelah berlatih memecahkan masalah menggunakan pendekatan CPS. Penggunaan pendekatan CPS dilatarbelakangi oleh banyaknya temuan hasil penelitian terdahulu terkait kebiasaan mahasiswa menggunakan strategi *chug* and *plug* dalam menyelesaikan masalah. Metode yang digunakan adalah *mixed method* dengan desain *embedded experimental*. Penelitian ini melibatkan 22 mahasiswa tahun kedua Universitas Nusa Cendana di Kupang. Instrumen *pretest* dan *posttest* berupa 12 soal penguasaan konsep berbentuk pilihan ganda dengan reliabilitas 0,524. Hasil uji *paired sample t-test* diperoleh nilai signifikansi sebesar 0,000. Nilai *effect size* sebesar 1,69 dan berada pada kategori kuat menunjukkan bahwa berlatih memecahkan masalah menggunakan pendekatan CPS berpengaruh kuat terhadap peningkatan penguasaan konsep mahasiswa.

Kata Kunci: *conceptual problem solving*, penguasaan konsep, termodinamika.

1. Pendahuluan

Termodinamika merupakan salah satu materi yang sulit dikuasai siswa di tingkat SMA, hingga mahasiswa di tingkat universitas [1]–[7]. Konsep termodinamika yang bersifat abstrak membuat siswa sering mengalami miskonsepsi ketika belajar. Beberapa miskonsepsi yang sering dialami siswa di tingkat SMA hingga mahasiswa di tingkat universitas diantaranya: 1) kesulitan membedakan konsep usaha pada mekanika dengan usaha pada termodinamika, 2) menganggap perubahan suhu hanya dapat terjadi bila ada interaksi melalui kalor antara sistem dan lingkungan, 3) kesulitan mengidentifikasi jenis proses yang dialami sistem, dan 4) kesulitan menentukan tanda usaha dan kalor [3], [7].

Sitasi: P. S. Eda, E. Purwaningsih, dan S. Sutopo, “*Conceptual Problem Solving (CPS)* dalam Latihan Memecahkan Masalah untuk Meningkatkan Penguasaan Konsep Mahasiswa pada Topik Termodinamika”, *Jurnal Riset Pendidikan Fisika*, vol. 5, no. 1, hal. 1-11, 2020.

Penggunaan strategi *chug and plug* dalam menyelesaikan masalah merupakan penyebab lemahnya pengetahuan kualitatif yang dimiliki *novice* terkait persamaan [8]–[13]. Siswa memiliki kecenderungan mencari variabel-variabel yang terkandung di dalam soal untuk menentukan persamaan yang akan digunakan dalam menyelesaikan persoalan. Strategi ini dikenal dengan strategi *chug and plug* [8]–[13]. Siswa yang menggunakan strategi ini jarang mengaktifkan kembali pengetahuan kualitatif yang dimiliki, sehingga pengetahuan ini lama kelamaan terlupakan dan menyebabkan rendahnya penguasaan konsep. Berbeda dengan *novice*, *expert* menggunakan pendekatan kualitatif dalam menyelesaikan masalah [9], [14]–[16]. Pendekatan ini dikenal dengan istilah *qualitative problem solving*. Beberapa penelitian menemukan bahwa *qualitative problem solving* sangat dibutuhkan untuk meningkatkan pemahaman kualitatif [16]–[20].

Salah satu pendekatan *qualitative problem solving* adalah pendekatan *Conceptual Problem Solving* (CPS) yang diajukan oleh Docktor dkk (2015). Secara garis besar, CPS terdiri dari 3 tahapan yakni *principle*, *justification*, dan *plan* [21]. *Principle* merupakan tahapan dimana mahasiswa menentukan konsep atau prinsip-prinsip yang akan digunakan untuk menyelesaikan masalah. Tahapan ini bertujuan untuk melatih penguasaan konsep mahasiswa dalam menentukan kapan suatu prinsip dapat diterapkan, dan bagaimana prinsip tersebut diterapkan untuk memecahkan masalah. Soal kemampuan pemecahan masalah membutuhkan dua atau lebih prinsip dalam proses penyelesaiannya. Prinsip-prinsip ini dapat dikelompokkan menjadi dua kelompok yakni prinsip utama dan prinsip tambahan. Prinsip utama merupakan prinsip yang menghubungkan informasi yang diketahui dari soal (seluruh atau sebagian), dengan variabel yang ditanyakan. Pemilihan prinsip utama dilakukan dengan mempertimbangkan kondisi yang diketahui dari soal. Untuk dapat memilih prinsip utama dengan tepat mahasiswa harus memiliki pengetahuan terkait kapan prinsip-prinsip yang mereka miliki dapat diterapkan. Prinsip-prinsip tambahan merupakan prinsip yang menghubungkan prinsip utama dan variabel yang ditanyakan. Pemilihan prinsip tambahan dilakukan dengan mempertimbangkan bagaimana prinsip utama akan diterapkan. Untuk dapat memilih prinsip tambahan dengan tepat, mahasiswa harus memiliki pengetahuan terkait hubungan antara prinsip-prinsip yang mereka miliki.

Justification merupakan tahapan dimana mahasiswa menulis pembenaran atas prinsip-prinsip yang dipilih. Tahapan ini bertujuan untuk memastikan mahasiswa melakukan pemecahan masalah dengan menggunakan penguasaan konsep serta menghilangkan kebiasaan mahasiswa dalam menggunakan strategi *chug and plug*. Tahapan ini hanya dilakukan dalam sesi latihan memecahkan masalah, pada kegiatan pemecahan masalah yang sebenarnya tahapan ini tidak perlu dituliskan.

Plan merupakan tahapan dimana mahasiswa merancang langkah-langkah pemecahan masalah. Pada tahapan ini, mahasiswa melatih kemampuan memanipulasi persamaan dari prinsip utama dengan menggunakan persamaan dari prinsip tambahan. Jika prinsip tambahan yang digunakan lebih dari satu prinsip, mahasiswa perlu menetapkan urutan penggunaan prinsip tambahan, yang tidak lain merupakan langkah-langkah pemecahan masalah. Setelah memanipulasi persamaan, langkah terakhir dari tahapan ini adalah memasukan nilai-nilai besaran yang diketahui dari soal untuk memperoleh jawaban.

Berdasarkan ulasan yang telah disebutkan di atas, diketahui bahwa berlatih memecahkan masalah dengan pendekatan CPS dapat meningkatkan pemahaman terkait kapan suatu prinsip yang telah dipelajari dapat diterapkan, dan bagaimana prinsip-prinsip tersebut saling berkaitan antara satu dan lainnya [21]. Peningkatan pemahaman ini seharusnya dapat meminimalisir terjadinya miskonsepsi sehingga dapat meningkatkan penguasaan konsep mahasiswa. Sejauh ini belum banyak penelitian dalam bidang pendidikan fisika yang mengungkap pengaruh berlatih memecahkan masalah dengan CPS terhadap penguasaan konsep. Berangkat dari persoalan ini, kami melakukan penelitian untuk menganalisis pengaruh penerapan pendekatan CPS dalam menyelesaikan masalah terhadap penguasaan konsep mahasiswa. Berikut disajikan gambaran penelitian yang kami lakukan dalam menerapkan pendekatan CPS pada materi termodinamika.

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh penggunaan pendekatan CPS yang dikembangkan oleh Docktor dkk (2015) dalam latihan memecahkan masalah, terhadap penguasaan konsep mahasiswa pada materi termodinamika. Penerapan pendekatan CPS yang dilakukan dalam penelitian ini berlangsung selama tiga kali pertemuan. Pertemuan pertama dengan kompetensi inti menganalisis usaha atau kerja mekanik pada proses termodinamika dengan menerapkan persamaan gas ideal. Pertemuan ini dimulai dengan tahap persiapan pengetahuan prasyarat mahasiswa, dilakukan melalui tanya jawab berbantuan media animasi Phet. Media animasi ini berisi animasi gas ideal dalam

tabung berpiston dengan variable keadaan tekanan, volume, dan suhu dapat dimanipulasi. Prasyarat pengetahuan yang dibutuhkan dalam pertemuan ini adalah penguasaan konsep persamaan gas ideal, dan persamaan usaha pada proses termodinamika. Kegiatan inti pada pertemuan ini adalah latihan memecahkan masalah usaha pada proses termodinamika yang diberikan dalam bentuk lembar kerja CPS.

Pertemuan kedua dengan kompetensi inti menerapkan hukum I termodinamika dan persamaan gas ideal untuk menentukan usaha total yang dihasilkan, dan jumlah kalor yang dibutuhkan mesin, yang ditampilkan dalam bentuk diagram proses siklik. Pertemuan dimulai dengan persiapan pengetahuan prasyarat mahasiswa, dilakukan melalui tanya jawab berbantuan media animasi Phet dan media gambar. Media animasi yang digunakan pada pertemuan kedua adalah media animasi yang sama yang digunakan pada pertemuan pertama, sedangkan media gambar yang digunakan pada pertemuan kedua berupa gambar proses siklik dan gambar langkah kerja mesin pembakaran internal. Prasyarat pengetahuan yang dibutuhkan dalam pertemuan ini adalah penguasaan konsep usaha mekanik, kalor, energi dalam, dan hukum I termodinamika. Kegiatan inti pada pertemuan ini adalah latihan memecahkan masalah hukum I termodinamika yang diberikan dalam bentuk lembar kerja CPS.

Pertemuan ketiga dengan kompetensi inti menerapkan hukum I termodinamika, persamaan gas ideal, dan hukum II termodinamika untuk menentukan efisiensi mesin yang ditampilkan dalam bentuk diagram proses siklik. Pertemuan ini dimulai dengan persiapan pengetahuan prasyarat mahasiswa, dilakukan melalui tanya jawab berbantuan media gambar. Media gambar yang digunakan pada pertemuan ketiga adalah gambar langkah kerja mesin pembakaran internal. Prasyarat pengetahuan yang dibutuhkan dalam pertemuan ini adalah penguasaan konsep usaha mekanik, kalor, energi dalam, hukum I termodinamika, dan hukum II termodinamika. Kegiatan inti pada pertemuan ini adalah latihan memecahkan masalah hukum II termodinamika yang diberikan dalam bentuk lembar kerja CPS.

2. Metode

Penelitian ini berjenis *mixed method* dengan desain *embedded experimental*. Subjek penelitian ini menggunakan 22 mahasiswa tahun kedua Universitas Nusa Cendana Kupang. Instrumen yang digunakan untuk mengukur penguasaan konsep adalah tes berbentuk pilihan ganda, diikuti dengan wawancara untuk memperoleh alasan dari jawaban yang diberikan mahasiswa pada tes. Tes penguasaan konsep menggunakan butir soal yang diadaptasi dari *Thermodynamic Concept Survey* (TCS) [7]. TCS dengan karakter soal tidak mengandung angka dapat mencegah kemungkinan penggunaan strategi *chug and plug*, sehingga data hasil tes penguasaan konsep dapat mewakili kemampuan penguasaan konsep mahasiswa.

Tes dan wawancara dilakukan sebelum dan sesudah perlakuan untuk memperoleh data penguasaan konsep mahasiswa sebelum dan sesudah berlatih memecahkan masalah dengan pendekatan CPS. *Pretest* diberikan sebelum perlakuan untuk mengukur penguasaan konsep awal dan *posttest* diberikan setelah perlakuan untuk mengukur penguasaan konsep setelah perlakuan. *Pretest* dan *posttest* menggunakan tes yang sama berupa 12 soal pilihan ganda dengan reliabilitas 0,524. Analisis data *pretest* dan *posttest* dilakukan dengan menggunakan uji beda, perhitungan N-Gain, dan perhitungan *effect size*. Uji beda yang digunakan adalah uji *paired sample t-test*, Uji *paired sample t-test* dapat dilakukan apabila data terdistribusi normal, atau setidaknya kurva data mendekati kurva distribusi normal. Kurva data dikatakan mendekati kurva distribusi normal untuk data dengan sampel berukuran kecil, jika hasil bagi nilai *skewness* dengan nilai *std. Error* data tidak lebih besar dari 2,5 [22]. Penelitian ini menggunakan sampel dalam jumlah kecil (<30), dan hasil bagi antara nilai *skewness* dengan nilai *std. Error* data *pretest* dan data *posttest* tidak lebih dari 2,5 seperti yang ditampilkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Distribusi dan tendensi data penguasaan konsep mahasiswa

	N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation	Skewness	Std. Error	Skewness/ Std. Error
<i>Pretest</i>	22	0,00	58,00	39,36	14,26	-0.942	0.491	-1,918
<i>Posttest</i>	22	25,00	83,00	66,68	18,11	-1.180	0.491	2,403

Tabel 2. Persentase penguasaan konsep mahasiswa pada *pretest* dan *posttest* untuk setiap butir soal

No soal	Indikator Soal	Persentase		<i>Posttest</i> (%) - <i>Pretest</i> (%)
		<i>Pretest</i> (%)	<i>Posttest</i> (%)	
1	Mahasiswa dapat mengenali suatu proses adiabatik dan dapat menganalisis secara kualitatif perubahan suhu yang dialami gas.	59,09	95,45	36,36
2	Mahasiswa dapat mengenali suatu proses adiabatik dan dapat menentukan arah transfer energi melalui usaha mekanik yang dialami gas.	36,36	90,91	54,55
3	Mahasiswa dapat mengenali suatu proses adiabatik dan dapat menentukan arah transfer energi melalui kalor yang dialami gas.	27,27	50	22,73
4	Mahasiswa dapat mengenali suatu proses adiabatik dan dapat menganalisis secara kualitatif perubahan energi dalam yang dialami gas.	45,45	72,73	27,28
5	Mahasiswa dapat menganalisis secara kualitatif perubahan energi dalam yang dialami gas dari diagram proses siklik	13,63	59,09	45,46
6	Mahasiswa dapat menentukan arah transfer energi yang terjadi antara gas dan lingkungan melalui usaha mekanik dari diagram proses siklik.	22,73	9,09	-13,64
7	Mahasiswa dapat menentukan arah transfer energi yang terjadi antara gas dan lingkungan melalui kalor dari diagram proses siklik.	31,82	36,36	4,54
8	Mahasiswa mampu membandingkan besarnya usaha mekanik yang dialami gas dari dua proses yang ditampilkan pada diagram <i>PV</i>	50	77,27	27,27
9	Mahasiswa dapat mengenali suatu proses adiabatik dan dapat menganalisis secara kualitatif perubahan suhu yang dialami gas	63,64	81,82	18,18
10	Mahasiswa dapat mengenali suatu proses adiabatik dan dapat dapat menganalisis secara kualitatif perubahan tekanan yang dialami gas.	59,09	81,82	22,73
11	Mahasiswa dapat mengenali suatu proses adiabatik dan dapat dapat menganalisis secara kualitatif perubahan volume yang dialami gas.	40,91	77,27	36,36
12	Mahasiswa dapat menentukan diagram proses dari suatu mesin pendingin yang diketahui besar koefisien performanya	22,27	72,73	50,46

3. Hasil dan Pembahasan

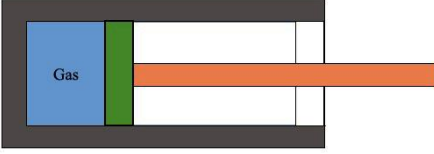
3.1. Hasil

Hasil penelitian ini berupa data kuantitatif dan data kualitatif penguasaan konsep mahasiswa. Data kuantitatif diperoleh melalui *pretest* dan *posttest*, selanjutnya dianalisis menggunakan analisis statistik untuk menjawab hipotesis penelitian. Data kualitatif diperoleh melalui wawancara, selanjutnya dianalisis dengan membandingkan hasil wawancara pada *pretest* dan *posttest*. Hasil analisis data kualitatif digunakan untuk mempertegas hasil analisis data kuantitatif dan untuk menjelaskan dampak dari perlakuan yang diberikan. Berikut disajikan analisis data hasil penelitian.

3.1.1. Analisis Data Kuantitatif

Analisis data kuantitatif dilakukan dengan melakukan uji beda, perhitungan *normalized gain* (*N-Gain*), dan perhitungan *effect size*. Uji beda dilakukan untuk menentukan ada tidaknya perbedaan yang signifikan antara nilai *pretest* dan nilai *posttest* penguasaan konsep mahasiswa. Setelah melakukan uji beda, tahapan selanjutnya adalah melakukan perhitungan *N-Gain* untuk menentukan seberapa besar peningkatan penguasaan konsep mahasiswa. Tahapan terakhir adalah melakukan

Sebuah silinder berpiston diisi dengan satu mol gas ideal. Piston tersebut sangat rapat sehingga tidak ada gas yang keluar dari sistem, dan gaya gesek antara piston dan silinder dapat diabaikan.



2. Bagaimana usaha yang dialami oleh gas?

- Masuk ke gas
- Keluar dari gas
- Tidak ada usaha yang keluar atau masuk gas

Gambar 1. Soal nomor 2

perhitungan *effect size* untuk menentukan seberapa besar pengaruh latihan memecahkan masalah dengan pendekatan CPS terhadap peningkatan penguasaan konsep mahasiswa.

Distribusi dan tendensi data penguasaan konsep pada *pretest* dan *posttest* terdiri dari nilai mean, standar deviasi, nilai minimum, nilai maksimum, dan nilai *skewness* untuk menggambarkan penyebaran data pada *pretest* dan *posttest*. Distribusi dan tendensi data penguasaan konsep disajikan pada Tabel 1.

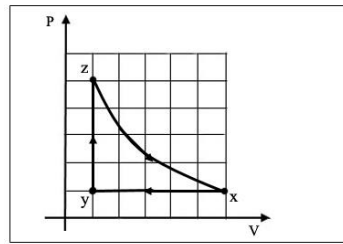
Berdasarkan hasil *pretest* penguasaan konsep, diperoleh rata-rata jumlah jawaban benar 22 orang mahasiswa sebesar 4,77 jawaban dari 12 pertanyaan, dengan jumlah jawaban benar maksimum 7 dan minimum 0. Setelah diberikan perlakuan, perolehan hasil tes penguasaan konsep pada *posttest* meningkat dengan rata-rata jumlah jawaban benar sebesar 8,04 jawaban dari 12 pertanyaan, dengan jumlah jawaban benar maksimum 10 dan minimum 3. Persentase hasil perolehan setiap soal pada *pretest* dan *posttest* ditampilkan pada Tabel 2.

Berdasarkan hasil *paired sample correlations*, diperoleh koefisien korelasi sebesar 0,188 dengan nilai signifikansi korelasi sebesar 0,402. Hasil ini menunjukkan bahwa tidak ada korelasi antara pencapaian mahasiswa pada nilai *pretest* dengan nilai *posttest*. Hasil uji *paired sample t-test* diperoleh nilai signifikansi sebesar 0,000. Hasil ini menunjukkan terdapat perbedaan yang signifikan antara nilai *pretest* dan nilai *posttest* penguasaan konsep mahasiswa. Setelah diketahui terdapat perbedaan yang signifikan, tahapan selanjutnya adalah menentukan seberapa besar peningkatan penguasaan konsep mahasiswa dengan menggunakan perhitungan N-Gain. Hasil perhitungan N-Gain untuk nilai *pretest* dan *posttest* penguasaan konsep diperoleh nilai *g* rata-rata sebesar 0,44 dan berada pada kategori sedang. Analisis dilanjutkan dengan perhitungan *effect size* untuk menentukan seberapa besar pengaruh penggunaan pendekatan CPS dalam latihan memecahkan masalah terhadap peningkatan penguasaan konsep mahasiswa. Hasil perhitungan *effect size* sebesar 1,69 dan berada pada kategori kuat.

3.1.2. Analisis Data Kualitatif

Data kualitatif penguasaan konsep diperoleh melalui wawancara terhadap mahasiswa. Data kualitatif yang dipilih untuk dianalisis adalah data hasil wawancara seorang mahasiswa untuk masing-masing soal nomor 2, nomor 6, dan nomor 11. Soal nomor 2 adalah soal dengan persentase rata-rata peningkatan maksimum setelah diberikan perlakuan, soal nomor 6 adalah satu-satunya soal yang mengalami penurunan setelah diberikan perlakuan (ditampilkan pada Tabel 2), dan soal nomor 11 adalah soal yang memberikan informasi paling jelas terkait penyebab lemahnya penguasaan konsep mahasiswa pada *pretest*. Mahasiswa yang diwawancarai diberi inisial mahasiswa A, mahasiswa B, dan mahasiswa C. Mahasiswa A adalah salah mahasiswa yang mengalami peningkatan penguasaan konsep untuk soal nomor 2 setelah diberi perlakuan, mahasiswa B adalah mahasiswa yang mengalami penurunan penguasaan konsep untuk soal 6 setelah diberi perlakuan, dan mahasiswa C adalah mahasiswa dengan jawaban wawancara paling jelas terkait penyebab lemahnya penguasaan konsep. Berikut analisis kualitatif untuk soal nomor 2, nomor 6, dan nomor 11.

Seorang siswa melakukan eksperimen pada gas ideal yang berada dalam silinder berpiston. Diagram PV di bawah ini menunjukkan tekanan dan volume gas saat eksperimen, dimulai pada titik X berlanjut ke titik Y dan Z, dan kembali ke titik X. Proses Z-X adalah isothermal.



6. Transfer energi melalui usaha mekanik antara gas dan lingkungan selama satu siklus (X-Y-Z-X) adalah.....
- Energi masuk ke dalam gas
 - Energi keluar gas

Gambar 2. Soal nomor 6

3.1.2.1. Soal nomor 2: Menentukan Arah Usaha Mekanik pada Sistem yang Mengalami Proses Adiabatik

Berdasarkan hasil yang ditampilkan pada Tabel 2, soal nomor 2 mengalami peningkatan persentase rata-rata dari *pretest* ke *posttest*. Berikut ini ditampilkan soal penguasaan konsep yang digunakan sebagai soal nomor 2, diikuti dengan hasil wawancara dan analisis peningkatan penguasaan konsep mahasiswa A dari *pretest* ke *posttest*.

Mahasiswa A memperoleh jawaban yang salah pada *pretest* untuk soal nomor 2, dengan memilih opsi jawaban B. Hasil wawancara dengan mahasiswa A menunjukkan bahwa mahasiswa A salah memaknai kalimat “usaha yang dialami oleh gas” sehingga salah menentukan arah transfer energi dalam bentuk usaha mekanik. Mahasiswa A memaknai kalimat ini dengan gas menjadi pelaku dari usaha. Berikut adalah pendapat mahasiswa A ketika diwawancarai. “Ketika piston ditekan gas akan memberikan tekanan balik terhadap piston, tekanan ini mengarah keluar dan menuju ke lingkungan, sehingga usaha yang dialami gas adalah keluar dari gas”.

Setelah berlatih memecahkan masalah dengan pendekatan CPS, mahasiswa A memperoleh jawaban benar pada *posttest* untuk soal nomor 2 dengan memilih opsi jawaban A. Hasil wawancara mengindikasikan terjadinya peningkatan pemahaman konsep mahasiswa A. Mahasiswa mampu menentukan arah usaha yang dialami gas dengan benar. Berikut adalah pendapat mahasiswa A ketika diwawancarai. “Ketika piston ditekan terjadi perpindahan energi dari lingkungan (tangan) ke sistem (gas) melalui usaha mekanik”

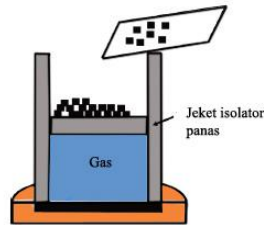
3.1.2.2. Soal nomor 6: Menentukan Arah Transfer Energi Melalui Usaha Mekanik pada Proses Siklik

Berdasarkan hasil yang ditampilkan pada Tabel 2, soal nomor 6 mengalami penurunan persentase rata-rata dari *pretest* ke *posttest*. Berikut ini ditampilkan soal penguasaan konsep yang digunakan sebagai soal nomor 6, diikuti dengan hasil wawancara dan analisis penurunan penguasaan konsep mahasiswa B dari *pretest* ke *posttest*.

Mahasiswa B memilih jawaban benar pada *pretest* untuk soal nomor 6 dengan memilih opsi jawaban B. Hasil wawancara terkait alasan dari pemilihan jawaban ini menemukan adanya kesalahan konsep yang digunakan untuk menemukan jawaban. Mahasiswa B menggunakan arah proses terakhir yang dialami gas (proses dari Z ke X) untuk menentukan arah transfer energi melalui usaha mekanik. Berikut pendapat mahasiswa B ketika diwawancarai. “Berdasarkan soal diketahui bahwa selama satu siklus gas mengalami perubahan titik keadaan (P,V,T) dengan urutan titik keadaan yang dilalui gas adalah X-Y-Z-X. Proses terakhir yang dilalui gas adalah proses dari Z ke X dimana grafik dari ZX menurun, sehingga menurut saya energi dalam gas menurun. Arah proses ZX keluar sehingga usaha yang dialami gas keluar dari gas”.

Setelah berlatih memecahkan masalah dengan pendekatan CPS, mahasiswa B memilih jawaban yang salah pada *posttest* untuk soal nomor 6. Hasil wawancara menemukan bahwa mahasiswa B

Suatu jenis gas ideal diletakan pada sebuah silinder berpiston. Piston ini sangat rapat terhadap silinder, sehingga tidak ada gas yang keluar. Silinder diletakan di dalam wadah terisolasi secara termal. Sejumlah kubik kecil bermassa diletakan diatas piston seperti yang ditampilkkan pada gambar di bawah ini (abaikan gesekan piston dengan silinder).



11. Bagaimana perubahan volume dari gas tersebut?
- Lebih besar
 - Lebih kecil

Gambar 3. Soal nomor 11

menggunakan titik keadaan awal gas sebagai pedoman untuk menentukan arah transfer energi dalam bentuk usaha mekanik. Berikut pendapat mahasiswa B ketika diwawancarai. “*Pada soal, diketahui keadaan gas mula-mula berada pada titik X kemudian mengalami pemampatan menuju titik Y, sehingga gas yang berada dalam sistem mula-mula ditekan atau memperoleh transfer energi dari lingkungan dalam bentuk usaha mekanik yang mengarah ke dalam*”

3.1.2.3. Soal nomor 11: Menentukan perubahan volume gas yang mengalami proses adiabatik

Berdasarkan hasil yang ditampilkkan pada Tabel 2, soal nomor 11 mengalami peningkatan persentase rata-rata dari *pretest* ke *posttest*. Berikut ini ditampilkkan soal penguasaan konsep yang digunakan sebagai soal nomor 11, diikuti dengan hasil wawancara dan analisis peningkatan penguasaan konsep mahasiswa C dari *pretest* ke *posttest*.

Mahasiswa C memilih jawaban yang keliru untuk soal nomor 11 dengan memilih opsi jawaban C. Hasil wawancara dengan mahasiswa C menunjukkan bahwa mahasiswa C berhasil mengidentifikasi proses yang dialami gas sebagai proses adiabatik, namun belum memahami konsep usaha mekanik sebagai salah satu cara transfer energi antara gas dan lingkungan. Mahasiswa C menganggap perubahan suhu, perubahan tekanan, dan perubahan volume sama dengan nol. Berikut pendapat mahasiswa C ketika diwawancarai. “*Karena gas mengalami proses adiabatik, tidak ada kalor yang keluar atau masuk ke gas sehingga suhu gas konstan. Karena suhu konstan, maka tekanan dan volume gas juga konstan*”.

Setelah berlatih memecahkan masalah dengan pendekatan CPS, mahasiswa C memilih jawaban yang benar pada *posttest* untuk soal nomor 11 dengan memilih opsi jawaban B. Hasil wawancara dengan mahasiswa C menemukan peningkatan pemahaman konsep mahasiswa C. Mahasiswa C berhasil memahami usaha mekanik sebagai salah satu cara transfer energi antara gas dan lingkungan. Berikut pendapat mahasiswa C ketika diwawancarai. “*Gaya berat dari kubus-kubus kecil yang diletakan di atas permukaan piston akan menekan piston ke bawah menyebabkan terjadinya perubahan volume dan menghasilkan usaha dari lingkungan ke gas*”.

3.2. Pembahasan

Setelah diberikan perlakuan dengan berlatih memecahkan masalah menggunakan pendekatan CPS, penguasaan konsep termodinamika mahasiswa mengalami peningkatan secara signifikan. Faktor utama penyebab lemahnya penguasaan konsep mahasiswa sebelum perlakuan diberikan berhasil teridentifikasi sebagai dampak negatif dari kebiasaan mahasiswa menggunakan strategi *chug and plug* ketika mengerjakan soal-soal fisika. Berikut ini adalah penjelasan tentang keterkaitan penggunaan strategi *chug and plug* dan lemahnya penguasaan konsep awal, serta bagaimana pendekatan CPS dapat meningkatkan penguasaan konsep mahasiswa.

3.2.1. Kemampuan Awal Penguasaan Konsep

Menurut tiga teori *conceptual change* yakni teori miskonsepsi, teori *resources*, dan teori *ontology*, lemahnya penguasaan konsep disebabkan oleh adanya ketidaksesuaian antara konsep awal mahasiswa yang mereka bentuk dari pengalaman sehari-hari (*naive conceptions*) dengan konsep sains yang benar [14]. Hasil analisis *pretest* penguasaan konsep mahasiswa menemukan bahwa lemahnya penguasaan konsep disebabkan oleh adanya miskonsepsi. Miskonsepsi yang dialami mahasiswa antara lain: a) salah dalam memaknai kalimat “usaha yang dialami gas” dan mengartikannya dengan gas sebagai pelaku usaha (soal nomor 2), b) kesalahan dalam membaca diagram *PV* (soal nomor 6), c) kesalahan dengan menganggap perubahan suhu hanya dapat terjadi jika ada transfer energi dalam bentuk kalor antara gas dan lingkungan (soal nomor 11).

Berdasarkan hasil wawancara yang dilakukan dengan mahasiswa A, B, dan C diketahui bahwa penyebab miskonsepsi yang dialami ketiga mahasiswa ini sedikit berbeda jika dibandingkan dengan penyebab miskonsepsi yang dikemukakan oleh tiga teori *conceptual change* [14]. Penjelasan terkait miskonsepsi yang dialami ketiga mahasiswa ini secara lebih terperinci dapat dijelaskan oleh salah satu ciri perbedaan *expert* dan *novice* yakni perbedaan dalam mengorganisasikan pengetahuan yang tersimpan di *long-term memory* [14]. Setiap potongan pengetahuan yang dimiliki oleh *expert* mengandung pengetahuan kualitatif atau konsep, pengetahuan prosedur untuk mengaplikasikan konsep, dan pengetahuan tentang konteks yang tepat untuk mengaplikasikan konsep. Berbeda dengan *expert*, *novice* menyimpan pengetahuan di *long-term memory* dalam bentuk persamaan atau konteks sejenis dari suatu persoalan [14]. Sebagai akibat dari perbedaan ini, penelitian dalam kajian kemampuan pemecahan masalah juga menemukan bahwa kekeliruan dalam menerapkan persamaan diakibatkan oleh lemahnya pemahaman kualitatif terkait persamaan yang dimiliki [18], [19]. Perbedaan dalam mengorganisasikan pengetahuan yang tersimpan di *long-term memory* oleh *expert* dan *novice* disebabkan oleh perbedaan pendekatan atau strategi yang digunakan dalam menyelesaikan masalah. Pendekatan *qualitative problem solving* yang digunakan *expert* dalam menyelesaikan masalah mengharuskan *expert* menyimpan potongan-potongan pengetahuan dalam *long-term memory* seperti yang telah disebutkan di atas, sedangkan *novice* yang menggunakan strategi *chug and plug* dalam menyelesaikan masalah menganggap persamaan dan konteks sejenis dari suatu persoalan adalah hal yang paling penting untuk disimpan di *long-term memory* [14].

Minimnya pengetahuan kualitatif terkait persoalan yang tersimpan di *long-term memory* merupakan penyebab kesalahan mahasiswa A. Ketika mengerjakan soal penguasaan konsep pada *pretest* untuk soal nomor 2, mahasiswa A keliru dalam memaknai kalimat “usaha yang dialami gas” dan mengartikannya dengan gas sebagai pelaku usaha. Berdasarkan hasil interaksi dengan mahasiswa pada tahap persiapan pengetahuan prasyarat, diketahui bahwa sebagian besar mahasiswa memiliki pengetahuan tentang persamaan usaha pada proses termodinamika. Informasi ini membenarkan bahwa miskonsepsi yang dialami mahasiswa A diakibatkan oleh keterbatasan pengetahuan terkait konsep usaha pada proses termodinamika yang tersimpan di *long-term memory*. Khusus untuk konteks persoalan seperti pada soal nomor 2 (konteks persoalan usaha pada proses termodinamika yang tidak ditampilkan dalam bentuk grafik), pengetahuan yang dimiliki hanya sebatas persamaan. Soal penguasaan konsep yang tidak memiliki angka membuat penggunaan strategi *chug and plug* tidak dapat diaplikasikan. Untuk dapat menjawab soal nomor 2, mahasiswa A mengembangkan pengetahuan kualitatifnya saat itu juga berdasarkan informasi yang diketahui dari soal dan berakhir pada jawaban yang keliru.

Keterbatasan konteks persoalan yang tersimpan di *long-term memory* merupakan penyebab kesalahan mahasiswa B dan mahasiswa C. Mahasiswa B, diketahui memilih opsi jawaban yang benar untuk soal nomor 6 pada *pretest* namun menggunakan konsep yang keliru. Berdasarkan hasil wawancara dengan mahasiswa B, diketahui bahwa mahasiswa B menggunakan arah dari proses terakhir (proses Z ke X) sebagai arah usaha mekanik, dan mengabaikan usaha dari proses X ke Y yang memiliki arah yang berlawanan. Hasil ini menunjukkan bahwa mahasiswa B hanya menguasai konsep usaha sebagai luas daerah di bawah grafik *PV* pada proses tunggal dan mengalami kesulitan ketika menentukan usaha netto pada proses siklik, yang merupakan gabungan dari beberapa proses tunggal. Hal serupa juga dialami mahasiswa C ketika mengerjakan soal nomor 11 pada *pretest*. Berdasarkan hasil wawancara, diketahui mahasiswa C berhasil mengidentifikasi proses yang dialami gas sebagai proses adiabatik namun akhirnya memilih jawaban yang keliru. Mahasiswa C diketahui menyamakan konteks soal nomor 11 dengan konteks proses adiabatik yang dialami gas ketika berada

dalam tabung tertutup tanpa piston. Selain kesalahan karena menyamakan dua konteks persoalan yang berbeda, pengetahuan mahasiswa C terkait usaha dan energi dalam tidak saling terhubung sehingga mahasiswa C menganggap perubahan suhu hanya dapat terjadi bila adanya transfer energi melalui kalor. Hal yang sama juga dikemukakan Larkin (1980) bahwa pengetahuan yang cukup dan saling berkaitan tentang suatu persoalan merupakan faktor utama yang membedakan *expert* dan *novice* [15].

Berdasarkan analisis kesalahan yang dilakukan oleh ketiga mahasiswa di atas, dapat disimpulkan bahwa salah satu penyebab lemahnya penguasaan konsep mahasiswa adalah kebiasaan menggunakan strategi *chug and plug* dalam menyelesaikan masalah. Dampak negatif dari penggunaan strategi ini sangat jelas terlihat dari hasil wawancara dengan mahasiswa C untuk soal nomor 11. Konteks persoalan yang ditampilkan pada soal nomor 11 sangat sering ditemui dalam kehidupan sehari-hari. Ketika kubus bermasa diletakan di atas piston yang semula berada dalam keadaan setimbang, gaya berat dari kubus bermasa akan menekan piston ke bawah dan gas akan mengalami kompresi sehingga menyebabkan terjadinya penurunan volume. Meskipun contoh dari persoalan ini sering ditemukan dalam kehidupan sehari-hari, mahasiswa C yang berhasil mengidentifikasi proses yang dialami oleh gas sebagai proses adiabatik, memilih untuk menggunakan persamaan gas pada proses adiabatik (persamaan dengan konteks yang keliru) dan mendapati jawaban yang keliru yakni volume akhir yang dialami gas adalah tetap (konstan).

3.2.2. Kemampuan Penguasaan Konsep Setelah Berlatih Memecahkan Masalah dengan Pendekatan CPS

Setelah diberi perlakuan dengan berlatih memecahkan masalah menggunakan pendekatan CPS, nilai rata-rata penguasaan konsep mahasiswa meningkat. Peningkatan penguasaan konsep *pretest* ke *posttest* dari hasil perhitungan N-Gain sebesar 0,44 dan berada pada kategori sedang. Hasil ini menunjukkan bahwa penerapan pendekatan CPS berpengaruh terhadap penguasaan konsep mahasiswa khususnya pada materi termodinamika. Hasil analisis *posttest* penguasaan konsep menemukan bahwa potongan-potongan pengetahuan yang dimiliki oleh mahasiswa mulai tersusun layaknya potongan-potongan pengetahuan yang dimiliki *expert*. Salah satu contoh perubahan potongan pengetahuan ini dapat diamati dari hasil wawancara dengan mahasiswa A. Mahasiswa A yang pada *pretest* keliru dalam menjawab soal nomor 2 berhasil menjawab benar pada *posttest*. Analisis hasil wawancara pada *posttest* menemukan bahwa potongan pengetahuan mahasiswa A untuk soal nomor 2 yang tadinya hanya sebatas persamaan usaha pada proses termodinamika, menjadi lebih lengkap setelah berlatih menggunakan pendekatan CPS. Selain persamaan, potongan pengetahuan mahasiswa A kini dilengkapi dengan pengetahuan terkait arah usaha mekanik yang diperoleh setelah menentukan sistem, lingkungan, dan gaya yang merupakan penyebab terjadinya usaha.

Tahapan mengidentifikasi prinsip yang tepat, dan membuat justifikasi mengapa prinsip tersebut dapat diaplikasikan kedalam persoalan membuat pengetahuan kualitatif dari suatu persamaan semakin meningkat dan menjadi saling berkaitan antara satu dengan yang lain [21]. Pengetahuan yang cukup dan saling berkaitan tentang suatu persoalan merupakan faktor utama yang membedakan *expert* dan *novice* [15]. Mengadaptasi CPS sebagai suatu pendekatan untuk menyelesaikan masalah akan mengantarkan mahasiswa dari tingkatan *novice* menuju *expert*, dan dapat mengatasi lemahnya penguasaan konsep mahasiswa sebagai akibat dari penggunaan strategi *chug and plug*. Penting untuk diingat bahwa subjek penelitian ini menggunakan mahasiswa tahun kedua pada mata kuliah kapita selekta, yang berarti mahasiswa-mahasiswa ini sebelumnya telah mempelajari materi termodinamika ditingkat SMA dan di tahun pertama kuliah, pada mata kuliah fisika dasar II. Lemahnya penguasaan konsep yang didapati pada *pretest* disebabkan oleh penyimpanan pengetahuan yang tidak terorganisir dengan baik pada *long-term memory*, sebagai akibat dari penggunaan strategi pemecahan masalah yang keliru, sehingga masalah ini dapat diatasi dengan menggunakan pendekatan CPS dalam berlatih memecahkan masalah.

Meskipun secara keseluruhan penerapan pendekatan CPS dalam pembelajaran pada materi termodinamika dapat meningkatkan penguasaan konsep mahasiswa, hasil dari penelitian ini belum maksimal dikarenakan waktu perlakuan yang relatif singkat yakni sebanyak tiga kali pertemuan. Tujuan utama dari penerapan pendekatan CPS adalah merubah kebiasaan mahasiswa dalam berburu persamaan untuk menyelesaikan masalah, dengan suatu tahapan penyelesaian yang lebih bermakna menggunakan konsep-konsep yang telah dipelajari [21]. Merubah kebiasaan mahasiswa dari perilaku

chug and plug dan memastikan mahasiswa mengadaptasi pendekatan CPS membutuhkan lebih banyak waktu dan lebih banyak topik pembelajaran secara berkesinambungan.

Penerapan pendekatan CPS dalam pembelajaran juga dapat menimbulkan miskonsepsi baru untuk beberapa mahasiswa. Salah satu contoh dari khusus ini dapat dilihat dari hasil *posttest* mahasiswa C. Meskipun demikian, miskonsepsi baru yang muncul setelah belajar dengan menggunakan pendekatan CPS berbeda dengan miskonsepsi yang muncul ketika menggunakan strategi *chug and plug*. Berdasarkan hasil wawancara dengan mahasiswa C, terkait kesalahan untuk soal nomor 6 pada *posttest*, diketahui bahwa miskonsepsi yang muncul setelah belajar menggunakan pendekatan CPS merupakan bagian kecil dari *naive conception* yang dimiliki mahasiswa. Dari pendapat mahasiswa C diketahui bahwa mahasiswa C mampu menjelaskan konsep usaha mekanik yang dialami selama proses dari keadaan X ke keadaan Y dengan sangat baik. Miskonsepsi yang dialami mahasiswa C adalah keliru dalam memahami konsep usaha netto, dan menyamakannya dengan usaha pada proses pertama yang dialami gas (proses dari keadaan X ke keadaan Y). Miskonsepsi ini memungkinkan terjadinya perubahan pemahaman konsep yang dijelaskan oleh tiga teori *conceptual change*, dan ini berbeda dengan miskonsepsi yang timbul sebagai akibat dari cocoklogi yang diperlihatkan dari hasil *pretest*. Miskonsepsi akibat cocoklogi tidak memberikan kontribusi terhadap perubahan pemahaman konsep ketika belajar.

4. Kesimpulan dan Saran

Penelitian ini menemukan bahwa adanya perbedaan yang signifikan antara penguasaan konsep mahasiswa sebelum dan sesudah berlatih memecahkan masalah dengan menggunakan pendekatan CPS, yang diperoleh melalui hasil uji *paired sample t-test* dengan nilai *signifikansi sebesar* 0,000. Penerapan pendekatan CPS dalam pembelajaran fisika sangat baik untuk meningkatkan penguasaan konsep mahasiswa, hasil ini diperoleh melalui perhitungan *effect size* hasil *pretest* dan *posttest* penguasaan konsep dengan nilai *effect size* sebesar 1,69 dan berada pada kategori kuat.

Pendekatan CPS merupakan pendekatan yang sangat efektif untuk mengatasi lemahnya penguasaan konsep dan kemampuan pemecahan masalah sebagai akibat dari penggunaan strategi *chug and plug* yang sering dipraktikkan peserta didik. Untuk menghilangkan penggunaan strategi *chug and plug*, penerapan CPS perlu dilakukan secara konsisten dan berkesinambungan pada setiap pokok materi yang dipelajari agar pengetahuan konsep peserta didik tidak terputus-putus.

Daftar Rujukan

- [1] A. S. D. Adila, S. Sutopo, and W. Wartono, "Deskripsi Kesulitan Mahasiswa pada Materi Termodinamika," in *Seminar Nasional Pendidikan IPA 2017*, 2018, vol. 2.
- [2] D. T. Brookes and E. Etkina, "The Importance of Language in Students' Reasoning About Heat in Thermodynamic Processes," *Int. J. Sci. Educ.*, vol. 37, no. 5–6, pp. 759–779, Apr. 2015, doi: 10.1080/09500693.2015.1025246.
- [3] B. R. Brown, "*Developing And Assessing Research-Based Tools For Teaching Quantum Mechanics And Thermodynamics*," p. 243 (Doctoral dissertation).
- [4] F. I. Djarod and E. Wiyono, "Analisis Kesalahan dalam Menyelesaikan Soal Materi Pokok Termodinamika pada Siswa Kelas XI SMA Al Islam 1 Surakarta Tahun Ajaran 2013/2014," vol. 6, p. 7, 2015.
- [5] R. Leinonen, M. A. Asikainen, and P. E. Hirvonen, "Grasping the second law of thermodynamics at university: The consistency of macroscopic and microscopic explanations," *Phys. Rev. Spec. Top. - Phys. Educ. Res.*, vol. 11, no. 2, p. 020122, Sep. 2015, doi: 10.1103/PhysRevSTPER.11.020122.
- [6] M. Loverude, "Identifying student resources in reasoning about entropy and the approach to thermal equilibrium," *Phys. Rev. Spec. Top. - Phys. Educ. Res.*, vol. 11, no. 2, p. 020118, Sep. 2015, doi: 10.1103/PhysRevSTPER.11.020118.
- [7] P. Wattanakasiwich, P. Taleab, M. D. Sharma, and I. D. Johnston, "Development and Implementation of a Conceptual Survey in Thermodynamics," p. 25.
- [8] V. Cahyadi, "No more 'plug and chug'," *Improv. Stud. Retent. High. Educ. Role Teach. Learn.*, p. 131, 2008.

- [9] M. T. H. Chi, P. J. Feltovich, and R. Glaser, "Categorization and Representation of Physics Problems by Experts and Novices*," *Cogn. Sci.*, vol. 5, no. 2, pp. 121–152, Apr. 1981, doi: 10.1207/s15516709cog0502_2.
- [10] G. Kortemeyer, "The Losing Battle Against Plug-and-Chug," *Phys. Teach.*, vol. 54, no. 1, pp. 14–17, Jan. 2016, doi: 10.1119/1.4937964.
- [11] J. Tuminaro, "A Cognitive Framework For Analyzing And Describing Introductory Students' Use And Understanding Of Mathematics In Physics," p. 239 (Doctoral dissertation).
- [12] J. Tuminaro and E. F. Redish, "Elements of a cognitive model of physics problem solving: Epistemic games," *Phys. Rev. Spec. Top. - Phys. Educ. Res.*, vol. 3, no. 2, p. 020101, Jul. 2007, doi: 10.1103/PhysRevSTPER.3.020101.
- [13] L. N. Walsh, R. G. Howard, and B. Bowe, "Phenomenographic study of students' problem solving approaches in physics," *Phys. Rev. Spec. Top. - Phys. Educ. Res.*, vol. 3, no. 2, p. 020108, Dec. 2007, doi: 10.1103/PhysRevSTPER.3.020108.
- [14] J. L. Docktor and J. P. Mestre, "Synthesis of discipline-based education research in physics," *Phys. Rev. Spec. Top. - Phys. Educ. Res.*, vol. 10, no. 2, Sep. 2014, doi: 10.1103/PhysRevSTPER.10.020119.
- [15] J. Larkin, J. McDermott, D. P. Simon, and H. A. Simon, "Expert and Novice Performance in Solving Physics Problems," *Science*, vol. 208, no. 4450, pp. 1335–1342, Jun. 1980, doi: 10.1126/science.208.4450.1335.
- [16] H. Mulyastuti, Sutopo, and A. Taufiq, "Identification of high school students' problem-solving skills on rotational dynamics," *J. Phys. Conf. Ser.*, vol. 1171, p. 012028, Feb. 2019, doi: 10.1088/1742-6596/1171/1/012028.
- [17] M. V. Bøe, E. K. Henriksen, and C. Angell, "Actual versus implied physics students: How students from traditional physics classrooms related to an innovative approach to quantum physics," *Sci. Educ.*, vol. 102, no. 4, pp. 649–667, Jul. 2018, doi: 10.1002/sce.21339.
- [18] J.-M. G. Rodriguez, K. Bain, N. P. Hux, and M. H. Towns, "than just algorithmic manipulation of variables," p. 15.
- [19] M. Eichenlaub and E. F. Redish, "Blending physical knowledge with mathematical form in physics problem solving," *ArXiv180401639 Phys.*, Apr. 2018, Accessed: Feb. 19, 2019. [Online]. Available: <http://arxiv.org/abs/1804.01639>.
- [20] J. Sirait, H. Hamdani, and S. Mursyid, "The relationship between students' views and performance of solving physics problems," *J. Phys. Conf. Ser.*, vol. 1171, p. 012008, Feb. 2019, doi: 10.1088/1742-6596/1171/1/012008.
- [21] J. L. Docktor, N. E. Strand, J. P. Mestre, and B. H. Ross, "Conceptual problem solving in high school physics," *Phys. Rev. Spec. Top. - Phys. Educ. Res.*, vol. 11, no. 2, Sep. 2015, doi: 10.1103/PhysRevSTPER.11.020106.
- [22] G. A. Morgan, Ed., *SPSS for introductory statistics: use and interpretation*, 2nd ed. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum, 2004.