

Penguasaan Konsep Fluida Dinamis Siswa melalui Pembelajaran Berbasis Inkuiri dalam STEM

Cikita Bella Nurbaya¹, Lia Yuliati¹, Sutopo¹

¹Pendidikan Fisika-Universitas Negeri Malang

INFO ARTIKEL

Riwayat Artikel:

Diterima: 08-04-2019
Disetujui: 21-04-2019

Kata kunci:

conceptual understanding;
inquiry-based learning;
fluid dynamic;
penguasaan konsep;
pembelajaran berbasis inkuiri;
fluida dinamis

Alamat Korespondensi:

Cikita Bella Nurbaya
Pendidikan Fisika
Universitas Negeri Malang
Jalan Semarang 5 Malang
E-mail: cikitabella20@gmail.com

ABSTRAK

Abstract: The aim of the study was to determine the effect of inquiry-based learning in the STEM program on mastering students' concepts in dynamic fluid material. The subject of the study consisted of 32 students of Malang State High School 9. Data were collected through pretest and posttest. Data were analyzed using the constant comparative technique. The results show that there is a shift in the category of student answers in each item. These results indicate that inquiry based-learning for STEM program effectively increases mastery of students' concepts in dynamic fluid material.

Abstrak: Tujuan penelitian untuk mengetahui pengaruh pembelajaran berbasis inkuiri dalam program STEM terhadap penguasaan konsep siswa pada materi fluida dinamis. Subjek penelitian terdiri atas 32 siswa SMA Negeri 9 Malang. Data dikumpulkan melalui *pretest* dan *posttest*. Data dianalisis menggunakan teknik *constant comparative*. Hasilnya menunjukkan bahwa terjadi pergeseran kategori jawaban siswa pada setiap butir soal. Hasil ini menunjukkan bahwa pembelajaran inkuiri dalam program STEM efektif meningkatkan penguasaan konsep siswa dalam materi fluida dinamis.

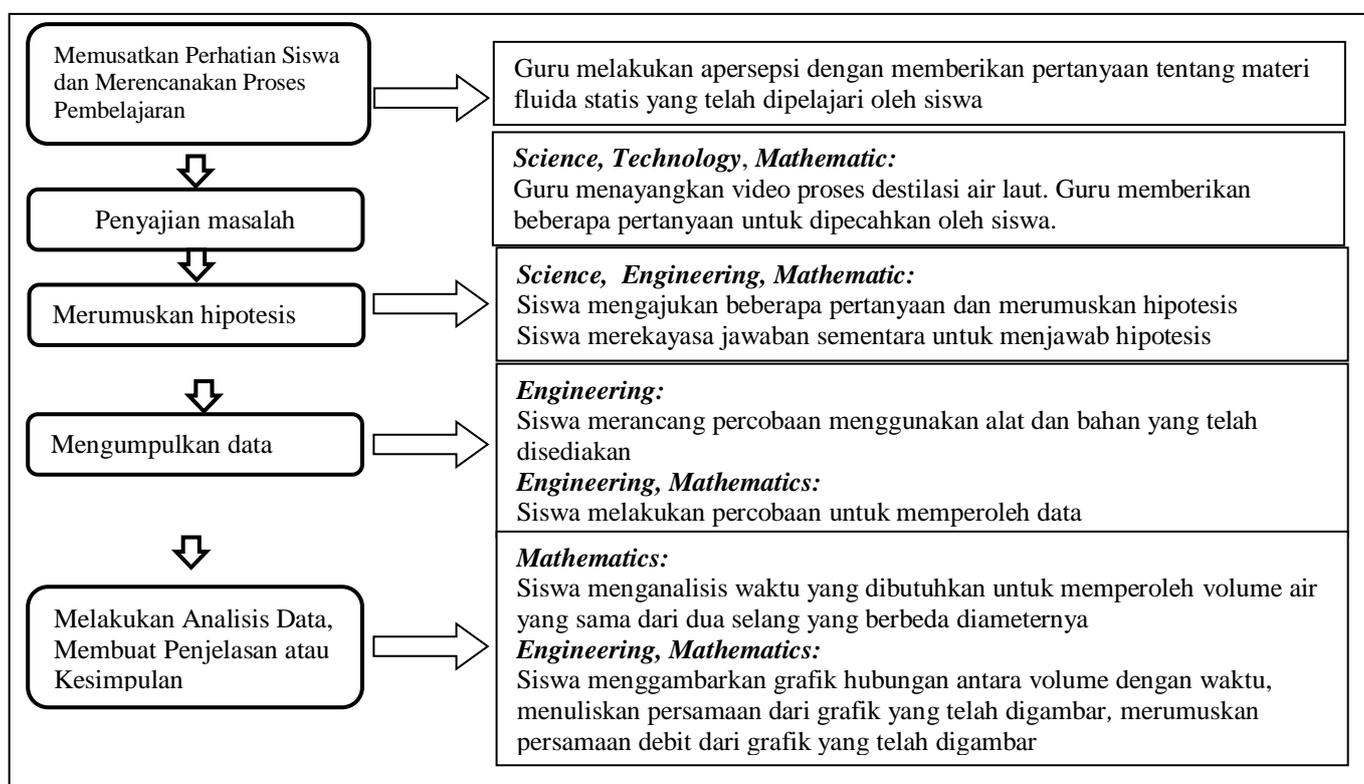
Penguasaan konsep menjadi salah satu tujuan pembelajaran fisika (Nugraha, Kaniawati, Rusdiana, & Kirana, 2016; Sutopo, Jayanti, & Wartono, 2017; Afwa, Sutopo, & Latifah, 2016; Jannah, Parno, & Yuliati, 2016) dan menjadi indikator keberhasilan pembelajaran fisika (Yadaeni & Kusairi, 2018). Penguasaan konsep didefinisikan sebagai kemampuan siswa untuk menerapkan pengetahuan yang baru dipelajari ke fenomena kehidupan sehari-hari (Kim & Song, 2009). Penelitian tentang penguasaan konsep siswa telah menjadi masalah yang populer dalam penelitian pendidikan fisika (Docktor & Mestre, 2014; Taşoğlu & Bakaç, 2014). Beberapa hasil penelitian menunjukkan bahwa penguasaan konsep yang dimiliki siswa tergolong rendah (Atasoy, 2013; Hashemi, Abu, Kashefi, & Rahimi, 2014; Saleh, 2011). Siswa dapat memecahkan masalah fisika secara matematis, tetapi tidak bisa menjawab pertanyaan konseptual (Koenig, 2004; McDermott, 2001). Meskipun siswa mendapatkan skor tinggi dalam tes kuantitatif, ternyata tidak menjamin untuk memiliki penguasaan konsep yang baik (Kim & Pak, 2002). Rendahnya penguasaan konsep siswa, di antaranya terjadi karena siswa tidak memahami konsep dasarnya dan salah saat mengembangkan gagasan (Saifullah, Sutopo, & Wisodo, 2017) atau mengalami miskonsepsi (Sari, Parno, & Taufiq, 2018) yang diperoleh dari pengalaman sehari-hari (Hung & Jonassen, 2006).

Salah satu materi fisika yang sering terjadi miskonsepsi adalah fluida dinamis. Miskonsepsi yang paling banyak dialami siswa terkait asas Bernoulli dan asas kontinuitas (Aini, Prastowo, & Astutik, 2018; Diani, Latifah, Anggraeni, & Fujiani, 2018). Pada materi kontinuitas, siswa menganggap debit fluida pada pipa yang berbeda penampang tidak sama dan pada materi Bernoulli siswa menganggap tekanan berbanding terbalik dengan luas penampang (Aprita, Supriadi, & Prihandono, 2018) dan tekanan sebanding dengan kecepatan aliran fluida (Pebriana & Diantoro, 2018). Penelitian lain menemukan siswa tidak bisa menghubungkan tekanan dengan gaya yang bekerja pada fluida dan perubahan kecepatannya (Suarez, Kahan, Zavala, & Marti, 2017) dan siswa menganggap kecepatan aliran fluida dipengaruhi oleh ketinggian (Pebriana & Diantoro, 2018).

Salah satu kemungkinan penyebab rendahnya penguasaan konsep siswa dan krang tepatnya strategi pengajaran yang diterapkan. Penelitian menunjukkan bahwa pengajaran tradisional tidak membantu meningkatkan penguasaan konsep (Echeverría, Barrios, Nussbaum, Améstica, & Leclerc, 2012; Johnsen, Nilsen, Hjelseth, & Merschbrock, 2016). Pembelajaran yang mampu mengurangi miskonsepsi dan meningkatkan penguasaan konsep adalah pembelajaran yang berpusat pada siswa (Yadav, Vinh, Shaver, Meckl, & Firebaugh, 2014) dan melibatkan siswa secara aktif dalam pembelajaran (Darmofal, Shoderholm, Brodeur, 2002). Salah satu pembelajaran yang dimaksud adalah pembelajaran inkuiri dalam program STEM (*Science, Technology, Engineering and Mathematics*).

Upaya peningkatan penguasaan konsep perlu dilakukan karena diperlukan siswa untuk memecahkan masalah (Doktor & Mestre, 2014). Siswa yang menguasai dengan baik adalah dapat memecahkan berbagai masalah secara konseptual yang menantang (Hill, Sharma, & Johnston, 2015). Penguasaan konsep dapat menghasilkan pembelajaran yang bermakna (Sofiuiddin Kusairi, Sutopo, 2018). Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa pembelajaran inkuiri dalam program STEM efektif meningkatkan penguasaan konsep siswa (Yuliati, Parno, Yogismawati, & Nisa, 2018) dan membantu siswa mencapai prestasi tinggi (Suwama, Astuti, & Endah, 2015). Melalui pembelajaran berbasis inkuiri, siswa merumuskan pertanyaan yang dijawab melalui penyelidikan untuk memperoleh informasi sebelum siswa terlibat dalam proses memecahkan masalah (Kennedy & Odell, 2015). Penggunaan strategi instruksional yang melibatkan proses inkuiri terbukti dapat membantu siswa untuk membangun pemahaman yang bermakna (Ates & Cataloglu, 2007) dan memungkinkan siswa untuk mengembangkan kerangka kerja konseptual yang lebih kuat (Marshall & Dorward, 2000). Pembelajaran berbasis inkuiri membuat siswa untuk melakukan praktik penyelidikan ilmiah yang secara aktif dapat mengembangkan penguasaan konsep (Bumbacher, Salehi, Wierzchula, & Blikstein, 2008). Namun, belum banyak penelitian yang menerapkan pembelajaran berbasis inkuiri dalam STEM pada topik fluida dinamis.

Kami telah mengembangkan pembelajaran berbasis inkuiri pada topik fluida dinamis. Secara garis besar, pembelajaran pada submateri azas kontinuitas diuraikan seperti gambar 1. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui penguasaan konsep siswa pada materi fluida dinamis dengan pembelajaran berbasis inkuiri pada program STEM.



Gambar 1. Langkah-langkah Pembelajaran Berbasis Inkuiri pada Program STEM

METODE

Subjek penelitian adalah siswa SMA 9 Malang yang terdiri atas 32 siswa. Pengambilan data dilakukan sebelum dan setelah perlakuan dan dilakukan wawancara. Teknik pengumpulan data pada penelitian ini menggunakan tes pemahaman konsep. Instrumen tes menggunakan dua butir soal tes pemahaman konsep yang berbentuk uraian pada submateri azas kontinuitas (Tabel 1) dan hukum Bernoulli (Tabel 2)

Analisis data secara kualitatif menggunakan teknik *constant comparative* untuk menganalisis jawaban siswa (Demirdogen, 2016). Analisis dilakukan dengan mengelompokkan jawaban siswa yang serupa. Kelompok jawaban siswa di review lagi jika masih ada jawaban siswa yang saling tumpang tindih sehingga diperoleh sejumlah kategori yang saling bebas tentang penguasaan konsep siswa pada masing-masing topik, meliputi azas kontinuitas dan hukum Bernoulli.

HASIL

Hasil jawaban siswa saat *pretest* dan *posttest* pada masing-masing soal dikategorikan berdasarkan jawaban yang serupa. Kemudian kategorikan lagi berdasarkan level penguasaan konsep siswa. Distribusi jawaban siswa pada masing-masing soal dapat dilihat pada tabel 1 dan 2.

Tabel 1. Distribusi Jawaban Siswa pada Soal Azas Kontinuitas

<i>Pretest</i>		<i>Posttest</i>	
Jawaban Siswa	Jml Siswa	Jawaban Siswa	Jml Siswa
karena pengaruh gaya kohesi	8	karena pengaruh gaya gravitasi sehingga kecepatan air semakin ke bawah semakin besar, sesuai dengan prinsip kontinuitas kecepatan berbanding terbalik dengan luas penampang, jadi semakin kebawah diameternya semakin kecil	26
karena pengaruh gravitasi bumi, sehingga semakin kebawah kecepatannya semakin besar	15	gambar air yang keluar dari kran semakin kebawah semakin mengecil karena menurut hukum bernoulli ketika air jatuh bebas maka kecepatannya semakin besar, sehingga arus air akan menyempit	6
Tidak menjawab	9		

Berdasarkan data tabel 1, diperoleh dua kategori jawaban siswa pada *pretest*. Kategori yang pertama, sebanyak delapan siswa menjawab karena disebabkan karena gaya kohesi. Jawaban siswa yang demikian kurang sesuai dengan konteks pada soal. Kategori kedua, sebanyak 15 siswa memberikan penjelasan bahwa hal tersebut dapat terjadi karena adanya gaya gravitasi bumi. Akibat dari adanya gravitasi bumi, kecepatan air yang jatuh akan semakin cepat. Analisis jawaban *posttest*, diperoleh dua kategori jawaban siswa. Kategori yang pertama, sebanyak 19 siswa memberikan penjelasan bahwa kecepatan air yang jatuh akan semakin besar dipengaruhi oleh percepatan gravitasi bumi. Kategori yang kedua, sebanyak enam siswa mengaitkan hukum Bernoulli dengan azas kontinuitas.

Tabel 2. Distribusi Jawaban Siswa pada Soal Hukum Bernoulli

Level Jawaban Siswa			
<i>Pretest</i>		<i>Posttest</i>	
Jawaban Siswa	Jml Siswa	Jawaban Siswa	Jml Siswa
$v_b > v_a > v_c$ karena pipa vertikal di titik b memiliki tekanan paling besar	13	Dari gambar diketahui bahwa $h_b > h_a > h_c$, Tekanan air yang rendah akan menyebabkan air di pipa vertikal terisi penuh. Dan tekanan berbanding terbalik dengan kecepatan, sehingga kecepatan aliran gas pada ketiga titik tersebut adalah $v_b > v_a > v_c$	24
$v_a > v_b > v_c$ karena titik a dekat dengan pusat dan titik c jauh dari pusat	3		
Tidak menjawab	7	$v_c > v_a > v_b$ karena titik c memiliki tekanan yang lebih besar dari a, dan titik b tidak ada tekanan	8

Hasil analisis jawaban *pretest* diperoleh dua kategori jawaban. Kategori yang pertama, sebanyak 12 siswa memberikan penjelasan bahwa pipa vertikal yang terisi penuh akan memiliki kecepatan yang besar. Kategori jawaban yang kedua, sebanyak 13 siswa beranggapan bahwa titik yang dekat dengan sumber akan memiliki kecepatan yang lebih besar. Pada *posttest*, terdapat dua kategori jawaban siswa. Kategori yang pertama, sebanyak 24 siswa menjawab benar. Siswa menjelaskan ketika air pada pipa vertikal tinggi, berarti tekannya rendah dan kecepatannya tinggi. Kategori yang kedua, sebanyak delapan siswa memberi penjelasan bahwa pada pipa vertikal yang mendapat sedikit tekanan maka gas dalam pipa akan sedikit, dan begitu sebaliknya jika pipa mendapat tekanan yang besar maka gas yang mengisi fluida akan banyak.

PEMBAHASAN

Terjadi peningkatan pemahaman konsep siswa pada submateri azas kontinuitas. Peningkatan dapat dilihat dari hasil analisis jawaban *pretest* dan *posttest* yang menunjukkan adanya pergeseran kategori jawaban siswa. Hasil analisis *pretest*, sebanyak 15 siswa menjawab bahwa ketika air jatuh maka akan mendapat pengaruh gravitasi bumi sehingga menyebabkan kecepatannya semakin besar. Hal ini menunjukkan bahwa siswa menggunakan pemikiran naive untuk menyelesaikan permasalahan. Namun, siswa belum dapat menjelaskan bagaimana ketika fluida yang kecepatannya besar memiliki luas penampang yang kecil

Berdasarkan analisis hasil *posttest*, seluruh siswa dapat menyelesaikan permasalahan dengan jawaban yang logis dan ilmiah. Terdapat dua kategori jawaban yang keduanya dapat menjelaskan soal pada Tabel 1. Kategori yang pertama, siswa memberikan penjelasan bahwa kecepatan air yang jatuh akan semakin besar dipengaruhi oleh percepatan gravitasi bumi. Sesuai dengan persamaan kontinuitas $A_1v_1=A_2v_2$ (Serway & Jewett, 2004) ketika kecepatan alirannya semakin besar maka penampang alirannya akan semakin kecil. Kategori yang kedua, siswa mengaitkan hukum Bernoulli dengan azas kontinuitas. Sesuai dengan hukum Bernoulli dimana kecepatan aliran berbanding terbalik dengan tekanan. Air yang jatuh dari kran akan mendapat tekanan dari udara di sekitar yang besarnya sama pada setiap bagian. Ketika kecepatan air semakin besar, maka tekanan di dalam air akan semakin kecil dibandingkan dengan tekanan udara sekitar. Sehingga udara sekitar menekan molekul air dan menyebabkan diameter air menyempit.

Peningkatan penguasaan konsep siswa pada submateri kontinuitas diperoleh siswa setelah diterapkan pembelajaran inkuiri dalam STEM. Pada tahap merumuskan hipotesis, siswa berdiskusi untuk merumuskan hipotesis yang nantinya akan dibuktikan melalui tahap percobaan. Pada tahap pengumpulan data, siswa berdiskusi untuk merancang percobaan yang bertujuan untuk mengetahui hubungan kecepatan fluida dengan luas penampang. Siswa melakukan percobaan dengan mengalirkan air pada selang dan kemudian salah satu ujung selang ditutup. Siswa mengamati bagaimana aliran air yang keluar dari kedua selang tersebut. Selain itu, siswa juga mencatat waktu yang dibutuhkan untuk mengisi ember. Dari data yang diperoleh, siswa dapat menggambarkan grafik hubungan antara waktu dan volume. Dibantu dengan panduan pada lembar kerja, akhirnya siswa memperoleh persamaan kontinuitas $A_1v_1=A_2v_2$. Melalui pembelajaran tersebut, siswa mengetahui bahwa kecepatan aliran fluida yang besar, memiliki luas penampang yang kecil.

Peningkatan pemahaman konsep juga terjadi pada submateri hukum Bernoulli. Dari hasil analisis *pretest* terdapat dua kategori jawaban siswa. Kategori yang pertama, siswa menjawab $v_a > v_b > v_c$ karena titik a paling dekat dengan sumber dan kategori yang kedua siswa menjawab $v_b > v_a > v_c$ karena pada titik b tekanannya paling besar. Hal ini menunjukkan bahwa siswa menggunakan pemikiran naive dalam menjawab, yaitu semakin besar kecepatan fluida maka tekannya juga semakin besar (Suarez, Kahan, Zavala, Marti, 2017).

Setelah dilakukan pembelajaran, siswa lebih memahami konsep hukum Bernoulli. Hasil *posttest* menunjukkan terdapat dua kategori jawaban siswa. Kategori yang pertama, sebanyak 24 siswa menjawab benar yaitu $v_b > v_a > v_c$. Siswa menjelaskan ketika cairan pada pipa vertikal tinggi, berarti tekannya kecil. Berdasarkan hukum Bernoulli, daerah yang memiliki tekanan kecil maka kecepatannya akan besar. Kategori yang kedua sebanyak 8 siswa masih mengalami miskonsepsi dengan menjawab $v_c > v_a > v_b$. Siswa memberi penjelasan bahwa pada pipa c tekannya paling rendah sehingga kecepatan gas yang melewati pipa c besar.

Melalui pembelajaran berbasis inkuiri dalam STEM, siswa mencoba menemukan bagaimana hubungan kecepatan fluida dengan tekanan. Siswa melakukan percobaan sederhana dengan meniup udara di antara kedua kertas. Percobaan tersebut menghasilkan bahwa kedua kertas saling menempel. Siswa berdiskusi untuk memecahkan permasalahan. Hasil diskusi, siswa menyatakan bahwa pada saat ditiup dianginkan tengah kedua kertas maka kecepatan udaranya besar. Sesuai dengan hukum Bernoulli, kecepatan udara yang besar menyebabkan tekannya lebih kecil dibanding dengan tekanan di daerah luar kertas. Sehingga udara di daerah luar kertas akan mendorong kertas saling menempel. Selain itu, siswa diminta untuk membuat produk STEM dengan membuat alat venturimeter sederhana.

Hasil ini juga didukung oleh penelitian sebelumnya (Yuliati, Parno, Yogismawati, Nisa, 2018). Pembelajaran berbasis inkuiri dalam program STEM dilakukan dengan menggabungkan sains, teknologi, teknik, dan matematika yang diimplementasikan pada langkah pembelajaran inkuiri (Yuliati, Parno, Yogismawati, dkk., 2018). Pada tahap mengumpulkan data, siswa berdiskusi untuk merancang percobaan dan bekerjasama untuk mengambil data percobaan. Kegiatan berdiskusi memberi siswa kesempatan menggunakan banyak representasi untuk diri mereka sendiri (Bates dkk., 2013). Melalui percobaan, siswa menyelidiki bagaimana hubungan antara kecepatan dan luas penampang dalam azas kontinuitas. Proses penyelidikan dalam pembelajaran inkuiri, memungkinkan siswa tidak hanya melakukan sains, tetapi juga belajar konsep sains (Bellová, Melicherčíková, & Tomčík, 2018). Siswa menemukan sendiri konsepnya sehingga apa yang diperoleh akan lebih bermakna (Alhudaya, Hidayat, & Koeshandayanto, 2018).

Selain melakukan penyelidikan, siswa juga membuat produk STEM. Siswa membuat alat venturi sederhana sebagai penerapan hukum Bernoulli. Siswa menganalisis hubungan antara kecepatan, tekanan dan ketinggian fluida pada pipa vertikal pada venturi. Pembuatan produk (Jaakkola, Nurmi, & Veermans, 2011) pada pembelajaran inkuiri dalam STEM dapat meningkatkan penguasaan konsep siswa dan mengembangkan generasi baru yang multi talenta (Wang, Moore, Roehrig, & Park, 2011) dan memiliki keterampilan memecahkan masalah (Shahali, Halim, Rasul, Osman, & Zulkifeli, 2016).

SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa pembelajaran inkuiri dalam STEM efektif meningkatkan penguasaan konsep siswa. Kemampuan siswa dalam menerapkan azas kontinuitas dan hukum Bernoulli secara bersama-sama menjadi lebih baik. Peningkatan penguasaan konsep siswa ditandai dengan meningkatnya jumlah siswa yang menggeser jawabannya dari jawaban yang menggunakan pemikiran naive menuju ke jawaban yang memberikan penjelasan secara logis dan ilmiah sesuai dengan permasalahan.

Penguasaan konsep siswa perlu dikembangkan agar siswa mampu menguasai konsep dan menerapkannya untuk memecahkan masalah. Guru dapat menerapkan pembelajaran berbasis inkuiri dalam program STEM untuk mengembangkan penguasaan konsep siswa dan dapat mengembangkan lebih banyak soal-soal lebih beragam sehingga dapat memperdalam penguasaan konsep siswa.

DAFTAR RUJUKAN

- Afwa, I. L., Sutopo., & Latifah, E. (2016). Deep Learning Question untuk Meningkatkan Pemahaman Konsep Fisika. *Jurnal Pendidikan: Teori, Penelitian, dan Pengembangan*, 1(3), 434–447.
- Aini, D. F., Prastowo, S. H. B., & Astutik, S. (2018). Kajian Dinamika Fluida pada Aliran Air Terjun Tancak Kembar Bondowoso sebagai Rancangan Handout Fisika. *Seminar Nasional Pendidikan Fisika 2018*, 3(Maret), 56–62.
- Alhudaya, M. T., Hidayat, A., & Koeshandayanto, S. (2018). Pengaruh Inkuiri Terbimbing terhadap Keterampilan Proses Sains dan Pemahaman Konsep Optik Siswa Kelas VIII. *Jurnal Pendidikan: Teori, Penelitian, dan Pengembangan*, 3(11), 1398–1404.
- Aprita, D. F., Supriadi, B., & Prihandono, T. (2018). Identifikasi Pemahaman Konsep Fluida Dinamis Menggunakan Four Tier Test Pada Siswa SMA. *Jurnal Pembelajaran Fisika*, 7(3), 315–321. <https://doi.org/10.19184/jpf.v7i3.8607>.
- Atasoy, Ş. (2013). Effect of Writing-to-Learn Strategy on Undergraduates' Conceptual Understanding of Electrostatics. *The Asia-Pacific Education Researcher*, 22(4), 593–602. <https://doi.org/10.1007/s40299-013-0062-4>.
- Ates, S., & Cataloglu, E. (2007). The effects of students' cognitive styles on conceptual understandings and problem-solving skills in introductory mechanics. *Research in Science & Technological Education*, 25(2), 167–178. <https://doi.org/10.1080/02635140701250618>.
- Bates, S., Donnelly, R., MacPhee, C., Sands, D., Birch, M., & Walet, N. R. (2013). Gender Differences in Conceptual Understanding of Newtonian Mechanics: A UK Cross-Institution Comparison. *European Journal of Physics*, 34(2), 421–434. <https://doi.org/10.1088/0143-0807/34/2/421>.
- Bellová, R., Melicherčíková, D., & Tomčík, P. (2018). Possible Reasons for Low Scientific Literacy of Slovak Students in Some Natural Science Subjects. *Research in Science & Technological Education*, 36(2), 226–242. <https://doi.org/10.1080/02635143.2017.1367656>.
- Bumbacher, E., Salehi, S., Wierzchula, M., & Blikstein, P. (2008). Learning Environments and Inquiry Behaviors in Science Inquiry Learning: How their Interplay Affects the Development of Conceptual Understanding in Physics. *Proceedings of the 8th International Conference on Educational Data Mining*, 61–68. <https://doi.org/10.1007/s10956-007-9057-3>.
- Darmofal, D. L., Soderholm, D. H., & Brodeur, D. R. (2002). Using Concept Maps and Concept Questions to Enhance Conceptual Understanding. *32nd Annual Frontiers in Education*, 1, T3A-1-T3A-6. <https://doi.org/10.1109/FIE.2002.1157954>.
- Diani, R., Latifah, S., Anggraeni, Y. M., & Fujiani, D. (2018). Physics Learning Based on Virtual Laboratory to Remediate Misconception in Fluid Material. *Tadris: Jurnal Keguruan dan Ilmu Tarbiyah*, 3(2), 167. <https://doi.org/10.24042/tadris.v3i2.3321>.
- Docktor, J. L., & Mestre, J. P. (2014). Synthesis of discipline-based education research in physics. *Physical Review Special Topics - Physics Education Research*, 10(2). <https://doi.org/10.1103/PhysRevSTPER.10.020119>.
- Echeverría, A., Barrios, E., Nussbaum, M., Améstica, M., & Leclerc, S. (2012). The Atomic Intrinsic Integration Approach: A Structured Methodology for the Design of Games for the Conceptual Understanding of Physics. *Computers & Education*, 59(2), 806–816. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2012.03.025>.
- Hashemi, N., Abu, M. S., Kashefi, H., & Rahimi, K. (2014). Undergraduate Students' Difficulties in Conceptual Understanding of Derivation. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 143, 358–366. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2014.07.495>.
- Hill, M., Sharma, M. D., & Johnston, H. (2015). How Online Learning Modules can Improve the Representational Fluency and Conceptual Understanding of University Physics Students. *European Journal of Physics*, 36(4), 045019. <https://doi.org/10.1088/0143-0807/36/4/045019>.
- Hung, W., & Jonassen, D. H. (2006). Conceptual Understanding of Causal Reasoning in Physics. *International Journal of Science Education*, 28(13), 1601–1621. <https://doi.org/10.1080/09500690600560902>.
- Jaakkola, T., Nurmi, S., & Veermans, K. (2011). A Comparison of Students' Conceptual Understanding of Electric Circuits in Simulation Only and Simulation-Laboratory Contexts. *Journal of Research in Science Teaching*, 48(1), 71–93. <https://doi.org/10.1002/tea.20386>.

- Jannah, A. N., Parno., & Yuliati, L. (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.
- Johnsen, E., Nilsen, M., Hjelseth, E., & Merschbrock, C. (2016). Exploring a Simple Visualization Tool for Improving Conceptual Understanding of Classical Beam Theory. *Procedia Engineering*, 164, 172–179. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.11.607>.
- Kennedy, T. J., & Odell, M. R. L. (2015). Engaging Students in STEM Education. *Science Education International*, 25(3), 246–258.
- Kim, E., & Pak, S. J. (2002). Students do not Overcome Conceptual Difficulties after Solving 1000 Traditional Problems. *American Journal of Physics*, 70(7), 759–765. <https://doi.org/10.1119/1.1484151>.
- Kim, M., & Song, J. (2009). The Effects of Dichotomous Attitudes toward Science on Interest and Conceptual Understanding in Physics. *International Journal of Science Education*, 31(17), 2385–2406. <https://doi.org/10.1080/09500690802563316>.
- Koenig, K. M. (2004). Study of TA's Ability to Implement the Tutorials in Introductory Physics and Student Conceptual Understanding. *AIP Conference Proceedings*, 720, 161–164. <https://doi.org/10.1063/1.1807279>.
- Marshall, J. A., & Dorward, J. T. (2000). Inquiry Experiences as a Lecture Supplement for Preservice Elementary Teachers and General Education Students. *American Journal of Physics*, 68(S1), S27–S36. <https://doi.org/10.1119/1.19516>.
- McDermott, L. C. (2001). Oersted Medal Lecture 2001: “Physics Education Research—The Key to Student Learning.” *American Journal of Physics*, 69(11), 1127–1137. <https://doi.org/10.1119/1.1389280>.
- Nugraha, M. G., Kaniawati, I., Rusdiana, D., & Kirana, K. H. (2016). Combination of Inquiry Learning Model and Computer Simulation to Improve Mastery Concept and the Correlation with Critical Thinking Skills (CTS). *AIP Conference Proceedings*, 070008 (1). <https://doi.org/10.1063/1.4941181>.
- Pebriana, I. N., & Diantoro, M. (2018). Dampak Program Resitasi terhadap 10P59 emahaman Konsep Mahasiswa pada Topik Fluida Dinamis. *Jurnal Pendidikan: Teori, Penelitian, dan Pengembangan*, 3(8), 110–114.
- Saifulah, A. M., Sutopo, S., & Widodo, H. (2017). SHS Students' Difficulty in Solving Impulse and Momenyum Problem. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, 6(1). <https://doi.org/10.15294/jpii.v6i1.9593>.
- Saleh, S. (2011). The Level of B.Sc.Ed Students' Conceptual Understanding of Newtonian Physics. *International Journal of Academic Research in Business and Social Sciences*, 1(3), 9.
- Sari, A. L. R., Parno., & Taufiq, A. (2018). Pemahaman Konsep dan Kesulitan Siswa SMA pada Materi Hukum Newton. *Jurnal Pendidikan: Teori, Penelitian, dan Pengembangan*, 3(10), 1323–1330.
- Serway, R. A., & Jewett, J. W. (2004). *Physics for Scientists and Engineers 6th Edition*. USA: Thomson Brooks/Cole.
- Shahali, E. H. M., Halim, L., Rasul, M. S., Osman, K., & Zulkifeli, M. A. (2016). STEM Learning through Engineering Design: Impact on Middle Secondary Students' Interest towards STEM. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 13(5), 1189–1211. <https://doi.org/10.12973/eurasia.2017.00667a>.
- Sofiuddin, M. B., Kusairi, S., & Sutopo. (2018). Analisis Penguasaan Konsep Siswa pada Materi Fluida Statis. *Jurnal Pendidikan: Teori, Penelitian, dan Pengembangan*, 3(7), 955–961.
- Suarez, A., Kahan, S., Zavala, G., & Marti, A. C. (2017). Students' conceptual difficulties in hydrodynamics. *Physical Review Physics Education Research*, 13(2). <https://doi.org/10.1103/PhysRevPhysEducRes.13.020132>
- Sutopo., Jayanti, I. B. R., & Wartono. (2017). Efektivitas Program Resitasi Berbasis Komputer untuk Meningkatkan Penguasaan Konsep Mahasiswa tentang Gaya dan Gerak. *Jurnal Inovasi dan Pembelajaran Fisika*, 4(1), 27–35.
- Suwarma, I. R., Astuti, P., & Endah, E. N. (2015). “Balloon Powered Car” Sebagai Media Pembelajaran Ipa Berbasis Stem (Science, Technology, Engineering, and Mathematics). *Prosiding Simposium Nasional Inovasi dan Pembelajaran Sains 2015 (SNIPS 2015)*: 373-376.
- Taşoğlu, A. K., & Bakaç, M. (2014). The Effect of Problem Based Learning Approach on Conceptual Understanding in Teaching of Magnetism Topics. *Eurasian Journal of Physics & Chemistry Education*, 6(2), 110-122.
- Wang, H. H., Moore, T. J., Roehrig, G. H., & Park, M. S. (t.t.). STEM Integration: Teacher Perceptions and Practice. *Journal of Pre-College Engineering Education Research (J-PEER)*, 1(2), 1–13. <https://doi.org/10.5703/1288284314636>.
- Yadaeni, A., & Kusairi, S. (2018). Penguasaan Konsep dan Keterampilan Proses Sains Siswa Kelas XII pada Materi Fluida Statis. *urnal Pendidikan: Teori, Penelitian, dan Pengembangan*, 3(3), 357–364.
- Yadav, A., Vinh, M., Shaver, G. M., Meckl, P., & Firebaugh, S. (2014). Case-Based Instruction: Improving Students' Conceptual Understanding through Cases in a Mechanical Engineering Course: Case-Based Instruction. *Journal of Research in Science Teaching*, 51(5), 659–677. <https://doi.org/10.1002/tea.21149>.
- Yuliati, L., Parno, Yogismawati, F., & Nisa, I. K. (2018). Building Scientific Literacy and Concept Achievement of Physics through Inquiry-Based Learning for STEM Education. *Journal of Physics: Conference Series*, 1097, 012022. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1097/1/012022>.