

<http://dx.doi.org/10.31800/jtp.kw.v7n1.p45--56>

PEMBELAJARAN *PROBLEM SOLVING* TERINTEGRASI PHET: MEMBANGUN PEMAHAMAN KONSEP LISTRIK DINAMIS

*PhET-Integrated in Problem Solving Instruction: To Construct the
Dynamic Electric Conceptual Understanding*

Muhammad Reyza Arief Taqwa¹, Lugy Rivaldo²

¹Pendidikan Fisika, FMIPA, Universitas Negeri Malang
Jalan Semarang 5, Malang, Indonesia

²Pendidikan Fisika, FKIP, Universitas Jambi

Pos-el: reyza.arief.fmipa@um.ac.id¹, lugyrivaldo@unja.ac.id²

INFORMASI ARTIKEL

Riwayat Artikel:

Diterima : 28 Mei 2019

Direvisi : 29 Mei 2019

Disetujui : 12 Juni 2019

Keywords:

*Problem-solving, PhET,
conceptual understanding,
dynamics electric*

Kata kunci:

Problem-solving, PhET,
pemahaman konsep, listrik
dinamis

ABSTRACT:

This study aims to see the effectiveness of problem solving learning (PS) on PhET integration on the topic of dynamic electric. The study was conducted in 3 classes at SMAN 1 Malang and 3 classes at SMAN 4 Malang with groups taught with PS integrated PhET, PS, and conventional. Each group consists of 2 classes with a total of 48 students. 20 reasoned multiple-choices questions were used in posttest to measure differences in the average score of each group. Data analysis used one-way anova and further tests using the Tukey's HSD test. Based on the results of the analysis obtained $F_h = 22.31$. With $F_t = 3.06$, it can be concluded that the average score of the three groups is significantly different at $\alpha = 0.05$. Based on further tests it was found that the PS group was integrated with PhET better than the PS group, and the PS group was better than the conventional group.

ABSTRAK:

Penelitian ini bertujuan untuk melihat efektivitas pembelajaran problem solving (PS) diintegrasikan PhET pada topik listrik dinamis. Penelitian dilakukan pada 3 kelas di SMAN 1 Malang dan 3 kelas di SMAN 4 Malang dengan kelompok yang diajar dengan PS diintegrasikan PhET, PS, dan konvensional. Tiap grup terdiri atas 2 kelas dengan jumlah 48 siswa. 20 soal

pilihan ganda beralasan digunakan dalam posttest untuk mengukur perbedaan rata-rata skor tiap kelompok. Analisis data digunakan anova satu arah dan uji lanjut dengan menggunakan uji Tukey's HSD. Berdasarkan hasil analisis diperoleh $F_h = 22,31$. Dengan $F_t = 3,06$ maka dapat disimpulkan bahwa rata-rata skor ketiga kelompok berbeda secara signifikan pada $\alpha = 0,05$. Berdasarkan uji lanjut diperoleh bahwa kelompok PS diintegrasikan PhET lebih baik dari pada kelompok PS, dan kelompok PS lebih baik dari pada kelompok konvensional.

PENDAHULUAN

Hasil belajar fisika siswa akan lebih memuaskan ketika pengalaman belajar siswa berupa pembelajaran *student centre* (Antika, 2014) karena siswa dituntut untuk aktif. Pembelajaran *problem solving* dan *problem-based learning* merupakan salah satu pembelajaran yang berbasis *student centered*. Dalam pembelajaran berbasis pemecahan masalah siswa digiring untuk menyadari bahwa belajar tidak akan berakhir, belajar suatu subjek akan beriringan dengan subjek lain dan saling berhubungan (Sarwi & Liliyasi, 2009). Dalam *problem solving* maupun *problem-based learning*, peran guru sama-sama sebagai pendidik dan hanya sebagai fasilitator bukan berperan sebagai ahli. Keduanya berbeda dalam konteks permasalahan yang akan dipecahkan oleh siswa. Pada *problem solving* masalah yang diberikan biasanya masalah yang bersifat

umum atau biasa, sedangkan masalah pada pembelajaran *problem-based learning* merupakan masalah-masalah yang aktual, sehingga proses penyelesaian masalahnya harus melalui beberapa langkah yang cukup panjang.

Pembelajaran *problem solving* dipandang mempunyai keunggulan yang bersesuaian dengan karakteristik fisika, sehingga relevan dengan bidikan pembelajaran fisika. *Problem solving* berperan membangun pengetahuan siswa (Fitriyanto *et al.*, 2012). Disamping itu pembelajaran *problem solving* juga berpeluang untuk menggiring siswa lebih aktif dalam pembelajaran. Hal tersebut terjadi karena siswa dipicu untuk aktif dalam memahami masalah, merencanakan pemecahan masalah, mengeksekusi rencana, hingga mengevaluasi hasil kinerja mereka. Hal tersebut penting untuk dilatih kepada siswa agar siswa terbiasa

memecahkan ragam persoalan (Darmawan & Rahayu, 2016).

Pembelajaran *problem solving* dalam tataran praktis juga memiliki kelemahan, misalkan pada topik tertentu tidak dapat dilaksanakan praktikum dikarenakan keterbatasan alat praktikum. Pembelajaran *problem solving* juga memerlukan alokasi waktu yang lebih panjang dibandingkan dengan strategi pembelajaran yang lain.

Kelemahan yang ada pada *problem solving* dapat diminimalisir dengan penggunaan media ajar yang menarik dan memiliki manfaat serupa dengan kegiatan pengumpulan data di laboratorium. PhET (*Physics Education Technology*) merupakan media simulasi yang menarik untuk kepentingan pengajaran di kelas atau belajar individu (Prihatiningtyas *et al.*, 2013) dan seperti halnya media pembelajaran secara umum yang dapat dipergunakan secara periodik untuk mempermudah proses pembelajaran (Warsita, 2013). Kegunaan PhET seperti halnya media pembelajaran lainnya yang berguna untuk alat bantu mentransformasi pesan (Arham & Dwiningsih, 2016). Simulasi PhET dan aplikasi lab maya lainnya (Manikowati & Iskandar, 2018) dapat menggantikan praktikum untuk topik dengan set alat terbatas,

berbahaya, dan sulit dilakukan di sekolah. Selain itu, PhET bersifat interaktif dan menarik dikemas dalam bentuk seperti permainan. Simulasi PhET menekankan hubungan antara fenomena kehidupan nyata dengan ilmu yang mendasari, mendukung pendekatan interaktif dan konstruktivis, memberikan umpan balik, dan menyediakan tempat kerja kreatif (Finkelstein *et al.*, 2006).

Salah satu tujuan pembelajaran fisika adalah untuk membangun pemahaman konsep siswa yang nantinya berguna bagi mereka untuk menjelaskan bermacam fenomena fisika dan memecahkan persoalan terkait (Dockett & Mestre, 2014; Hegde & Meera, 2012; Ryan, Frodermann, Heller, Hsu, & Mason, 2016; Sutopo, Jayanti, & Wartono, 2016). Salah satu konsep yang sangat berguna dan banyak ditemui dalam kehidupan sehari-hari namun siswa sering mengalami kesulitan dalam membangun pemahaman yang utuh adalah listrik statis. Penelitian ini difokuskan untuk menguji apakah pembelajaran *problem solving* yang diintegrasikan dengan media PhET dapat berguna untuk meningkatkan pemahaman konsep listrik dinamis.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan desain eksperimen kuasi (*quasi experiment*). Dalam penelitian ini, digunakan tiga kelompok, yakni dua kelompok eksperimen dan satu kelompok kontrol. Masing-masing kelompok terdiri dari dua kelas yang berbeda. Kelompok eksperimen yang pertama diberikan perlakuan berupa strategi pembelajaran *problem solving* berbantuan media simulasi PhET, kelompok eksperimen kedua diberikan perlakuan berupa strategi pembelajaran *problem solving*, sedangkan kelompok kontrol diberikan perlakuan strategi pembelajaran konvensional.

Desain penelitian ini menggunakan *posttest only design* dengan skema berikut.

Kelas	Perlakuan (X)	Setelah Perlakuan Y
A ₁	X ₁	O ₁
A ₂	X ₂	O ₂
A ₃	X ₃	O ₃

(Sumber: diadaptasi dari Creswell, 2014)

Keterangan:

- A₁ : kelas eksperimen PS + PhET
- A₂ : kelas eksperimen PS
- A₃ : kelas kontrol
- X₁ : perlakuan dengan pembelajaran *problem solving* berbantuan PhET
- X₂ : perlakuan dengan pembelajaran *problem solving*

X₃ : perlakuan dengan pembelajaran konvensional

O₁ - O₃ : pemahaman konsep fisika

Penelitian dilakukan di SMAN 1 Malang dan SMAN 4 Malang. Penelitian dilakukan pada 3 kelas yakni X MIA 2 SMAN 1 Malang dan X MIA 4 SMAN 4 Malang, X MIA 4 SMAN 1 Malang dan X MIA 3 SMAN 4 Malang, dan X MIA 5 SMAN 1 Malang dan X MIA 2 SMAN 4 Malang. Jumlah subjek penelitian total adalah 144 siswa dengan masing-masing kelompok sebanyak 48 siswa.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui apakah terdapat perbedaan penguasaan konsep siswa yang diajar dengan pembelajaran *problem solving* terintegrasi PhET, *problem solving*, dan konvensional. Akan dilakukan uji statistik untuk menguji hipotesis null yang menyatakan bahwa tidak ada perbedaan antara kelas yang diajar dengan pembelajaran *problem solving* terintegrasi PhET, *problem solving*, dan konvensional.

Instrumen yang digunakan dalam penelitian ini untuk instrumen intervensi dan instrumen variabel dependent. Instrumen intervensi berupa silabus, rencana pelaksanaan pembelajaran (RPP) yang telah divalidasi oleh ahli dan lembar kerja

siswa (LKS) yang telah divalidasi oleh ahli. Adapun instrumen variabel *dependent* adalah berupa 20 soal tes pilihan ganda beralasan yang telah divalidasi oleh ahli dan melalui uji empirik dan memenuhi kriteria validitas, reliabilitas, daya beda dan kesukaran. Dalam penelitian ini telah dirancang 25 soal *pretest-posttest*. Dalam uji empirik terdapat 5 soal yang tidak memenuhi kriteria kelayakan sehingga digunakan 20 soal. Kendati demikian, 20 soal tersebut telah mewakili masing-masing indikator ketercapaian pemahaman konsep yang akan diukur.

Analisis data yang dilakukan untuk menguji hipotesis null adalah dengan menggunakan uji statistik anova satu jalur. Jika hipotesis null ditolak maka dilakukan uji Tukey's HSD (Day & Quinn, 1989; Kao & Green, 2008; Sawyer, 2014; Schlattmann & Dirnagl, 2010). Uji Tukey's HSD bertujuan untuk mengetahui perbedaan interaksi terbesar berdasarkan nilai *mean difference*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Deskripsi Pembelajaran

Proses pembelajaran pada kelas *problem solving* berbantuan PhET meliputi memahami masalah, merencanakan pemecahan masalah,

melaksanakan rencana pemecahan masalah, pemanfaatan media simulasi PhET, dan melakukan evaluasi pemecahan masalah. Pada tahapan melaksanakan rencana pemecahan masalah dilaksanakan praktikum disertai penguatan dengan menggunakan media simulasi PhET.

Dalam proses pembelajaran, siswa cenderung lebih aktif dan bersemangat ketika melakukan percobaan. Terutama ketika siswa melakukan pendalaman materi dengan melakukan percobaan menggunakan PhET, tampak siswa begitu antusias mencoba-coba rangkaian. Hal tersebut mengindikasikan bahwa dengan menggunakan PhET siswa lebih antusias dan mampu meningkatkan motivasi (Khairunnisak, 2018; Wuryaningsih & Suharno, 2014).

Dalam pelaksanaan penelitian ini, siswa sering kali keliru dalam merencanakan pemecahan masalah. Hal tersebut menyebabkan siswa gagal dalam memecahkan permasalahan sehingga mengulang kembali untuk merencanakan pemecahan permasalahan. Perencanaan pemecahan masalah yang baik memang memerlukan pemahaman konsep yang cukup, faktor kepekaan dan kebiasaan siswa

dalam mem-*frame* permasalahan itu sendiri. Faktor penghambat ini sering kali ditemui dan menjadikan salah satu alasan mengapa guru lebih memilih untuk mengajar secara konvensional.

Tidak dapat dipungkiri bahwa pembelajaran konvensional memang cenderung lebih mudah dilaksanakan dari pada model-model pembelajaran lain dengan pendekatan saintifik dan memerlukan waktu yang relatif singkat. Namun untuk membangun pemahaman konsep yang kokoh, diperlukan pengalaman belajar yang lebih oleh siswa. Oleh karena itu, pembelajaran dengan menggunakan pendekatan saintifik merupakan cara yang baik untuk membangun konsep yang kokoh pada siswa.

Skor Pemahaman Konsep

Data penguasaan konsep siswa berupa skor akhir tes penguasaan konsep. Deskripsi skor penguasaan konsep dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1: Tabel Statistik Deskriptif Data Pemahaman Konsep

Statistik	PS + PhET	PS	Konvensional
Subjek	48	48	48
Rata-rata	77,28	71,67	63,43
Std. Dev.	8,21	9,48	8,08
Varian	67,40	89,87	65,29
Skor Min	65	65	50
Skor Maks	95	90	80
<i>Skewness</i>	0,265	-0,562	-0,201

Tabel 1 menunjukkan adanya selisih nilai rata-rata penguasaan konsep fisika antara kelas eksperimen dan kelas kontrol. Pada kelas dengan pembelajaran *problem solving* berbantuan PhET memiliki nilai rata-rata 77,28. Pada kelas dengan pembelajaran *problem solving* memiliki nilai rata-rata 71,67. Sedangkan pada kelas yang belajar secara konvensional memiliki nilai rata-rata 63,43.

Berdasarkan rata-rata nilai yang diperoleh menunjukkan bahwa siswa yang belajar dengan menggunakan pembelajaran *problem solving* terintegrasi PhET lebih tinggi dari pada pemahaman siswa lain yang diajarkan dengan *problem solving* maupun konvensional. Namun demikian, rerata skor tersebut tidak dapat menjadi dasar klaim untuk mengatakan ada tidaknya perbedaan skor pemahaman konsep dan pembelajaran mana yang lebih baik. Untuk memperoleh klaim tersebut dilakukan uji statistik anova satu arah.

Pengaruh Pembelajaran Terhadap Pemahaman Konsep Listrik Statis

Untuk melihat bagaimana pengaruh proses pembelajaran terhadap skor pemahaman konsep siswa dianalisis dengan statistik parametrik menggunakan uji statistik

anova satu arah. Hal tersebut dilakukan karena data terdistribusi normal dan homogen. Hasil analisis uji anava satu arah ditunjukkan Tabel 2.

Tabel 2: Hasil Anava Satu Jalur Penguasaan Konsep

Pengaruh	Fh	Sig.	Keputusan
Kelompok kelas	22,31	0,00	Ada perbedaan signifikan

Tabel 2 menunjukkan hasil perhitungan uji statistik anava satu jalur dengan F_{hitung} sebesar 22,31 dan F_{tabel} sebesar 3,06. Selain itu nilai $sig.$ diperoleh sebesar 0,00. Berdasarkan hasil tersebut, dapat disimpulkan bahwa rata-rata skor penguasaan konsep siswa pada

topik listrik dinamis memiliki perbedaan secara signifikan pada taraf signifikansi 0,05.

Hasil perhitungan tersebut hanya dapat digunakan sebagai klaim bahwa ketiga kelompok memiliki rata-rata skor yang berbeda. Untuk mengetahui kelompok yang memiliki rata-rata skor yang lebih baik dari pada kelas lain maka diperlukan uji lanjut. Dalam penelitian ini digunakan uji lanjut Tukey karena jumlah data tiap kelompok sama besar. Hasil perhitungan uji Tukey's HSD ditunjukkan Tabel 3.

Tabel 3: Uji Tukey's HSD Pemahaman Konsep Listrik Dinamis

Pembelajaran (I)	Pembelajaran (J)	Perbedaan Rata-Rata (I-J)	Sig.	Keputusan
PS + PhET	PS	5,61*	0,000	PS+PhET > PS
	Konvensional	13,85*	0,000	PS+PhET > Konv
PS	PS + PhET	-5,61*	0,000	PS < PS+PhET
	Konvensional	8,24*	0,003	PS > Konv
Konvensional	PS + PhET	-13,85*	0,000	Konv < PS+PhET
	PS	-8,24*	0,003	Konv < PS

Berdasarkan Tabel 3 dapat dilihat bahwa kelompok siswa yang diajar dengan menggunakan model pembelajaran *Problem Solving* yang diintegrasikan PhET memiliki rata-rata skor yang paling tinggi dibandingkan dengan kelas lainnya. Berdasarkan data tersebut dapat diinterpretasi bahwa (1) rata-rata skor pemahaman konsep kelompok siswa dengan *treatment* pembelajaran *Problem Solving* diintegrasikan PhET lebih tinggi

sebesar 5,61 dibanding kelompok siswa dengan *treatment* pembelajaran *Problem Solving* tanpa PhET; (2) rata-rata skor pemahaman konsep kelompok siswa dengan *treatment* pembelajaran *Problem Solving* diintegrasikan PhET lebih tinggi sebesar 13,85 dibanding kelompok siswa dengan *treatment* pembelajaran konvensional; dan (3) rata-rata skor pemahaman konsep kelompok siswa dengan *treatment* pembelajaran

Problem Solving lebih tinggi sebesar 8,24 dibanding kelompok siswa dengan treatment pembelajaran konvensional. Perbedaan rata-rata skor pemahaman konsep listrik statis antara masing-masing kelompok tersebut juga berbeda secara signifikan pada taraf signifikansi 0,05.

Efektifitas pembelajaran *Problem Solving* sebenarnya telah banyak diteliti sebelumnya, terutama dalam pembelajaran sains. Dalam pembelajaran fisika misalnya, pembelajaran *Problem Solving* diklaim mampu meningkatkan hasil belajar siswa pada topik suhu dan kalor (Sukaisih & Muhali, 2014) dan optik (Warimun, 2012). Selain hasil belajar fisika, siswa yang diajar dengan pembelajaran *Problem Solving* juga mengalami perbaikan sikap ilmiah (Purwanti & Manurung, 2015). Dalam pembelajaran kimia topik larutan penyangga (Fitriyanto *et al.*, 2012) dan hukum dasar kimia (Carolin *et al.*, 2015), siswa yang diberi treatment pembelajaran *Problem Solving* juga mengalami peningkatan hasil belajar. Pada mata pelajaran matematika, implementasi pembelajaran *Problem Solving* juga mengalami peningkatan hasil belajar, seperti penelitian Anwar & Asriani (2013) pada topik Sistem Persamaan Linier Dua Variabel (SPLDV). Tidak hanya pada pembelajaran eksakta saja, pada mata

pelajaran Biologi pun implementasi pembelajaran *Problem Solving* dapat meningkatkan kemampuan siswa pada ranah berpikir kritis (Ristiasari *et al.*, 2012).

Dalam menerapkan pembelajaran *Problem Solving* mengalami beberapa kendala yang salah satunya adalah sulitnya melakukan abstraksi konsep-konsep fisika tertentu. Oleh karena itu, aplikasi pendukung virtual lab memegang peranan penting untuk membantu siswa memahami konsep abstrak yang dapat dibantu dengan PhET. PhET juga berguna untuk sekolah dengan keterbatasan alat praktikum (Perdana *et al.*, 2017). Dalam pembelajaran listrik dinamis, PhET merupakan media belajar yang efektif untuk melatih keterampilan proses siswa (Saputra *et al.*, 2017).

Implementasi pembelajaran *Problem Solving* ini berdampak positif terhadap pemahaman konsep Listrik Dinamis karena siswa berperan aktif selama proses pembelajaran. Dalam kegiatan pembelajaran siswa diberi kesempatan untuk melakukan kegiatan secara langsung untuk memecahkan persoalan yang diberikan. Dalam proses pemecahan masalah siswa juga tampak antusias melakukan percobaan seperti menyusun rangkaian untuk memahami hukum Ohm, rangkaian

seri, rangkaian paralel dan rangkaian seri-paralel. Hal tersebut membuat siswa berperan aktif membangun pengetahuannya sendiri.

Proses membangun pengetahuan oleh siswa sendiri melalui percobaan merupakan aspek penting agar pengetahuan yang mereka miliki lebih bermakna. Pengetahuan yang bermakna serta komprehensif ini adalah hal penting untuk bekal siswa memecahkan bermacam persoalan yang akan mereka temui nantinya. Sering kali siswa gagal dalam memecahkan persoalan bukan karena tidak memiliki pengetahuan, namun gagal memanggil pengetahuan yang relevan dan justru menggunakan pengetahuan yang tidak relevan (Afwa *et al.*, 2016; Hammer, 2000; Rivaldo *et al.*, 2018; Taqwa *et al.*, 2017; Taqwa & Rivaldo, 2018). Oleh karena itu, prinsip pembelajaran sains bahwa siswa harus membangun pengetahuan secara mandiri adalah hal penting.

SIMPULAN

Rata-rata skor pemahaman konsep listrik dinamis siswa yang diajar dengan pembelajaran *problem solving* terintegrasi PhET, *problem solving*, dan konvensional berturut-turut adalah 77,28; 71,67; dan 63,43. Untuk

menguji perbedaan rata-rata skor secara statistik digunakan uji anava satu arah dengan *F*hitung diperoleh sebesar 22,31 dan *F*tabel sebesar 3,06. Selain itu nilai *sig.* diperoleh diperoleh sebesar 0,00 yang dapat disimpulkan bahwa rata-rata skor ketiga kelompok berbeda secara signifikan pada $\alpha = 0,05$. Dari hasil uji lanjut menggunakan uji Tukey's HSD pula menunjukkan bahwa pembelajaran *problem solving* yang diintegrasikan dengan PhET lebih baik dari pada pembelajaran *problem solving* saja. Selain itu pembelajaran *problem solving* juga lebih baik dari pada pembelajaran konvensional.

Ucapan Terima Kasih

Kami mengucapkan terimakasih kepada pihak SMAN 1 Malang dan SMAN 4 Malang karena telah mengizinkan proses penelitian. Penelitian ini tidak akan dapat berjalan dengan lancar jika tidak mendapatkan izin dan jika tidak ada kerja sama yang baik dengan pihak guru dan siswa.

Pustaka Acuan

- 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.
- Antika, R. R. (2014). Proses

- Pembelajaran Berbasis Student Centered Learning (Studi Deskriptif di Sekolah Menengah Pertama Islam Baitul 'Izzah, Nganjuk). *BioKultur*, 3(1), 251–263.
- Anwar, B., & Asriani. (2013). Penerapan Pembelajaran Problem Solving untuk Meningkatkan Aktivitas dan Hasil Belajar Matematika pada Materi SPLDV. *Jurnal Pendidikan Matematika*, 4(2), 223–239.
- Arham, U. U., & Dwiningsih, K. (2016). Keefektifan Multimedia Interaktif Berbasis Blended Learning untuk Meningkatkan Hasil Belajar Siswa. *Kwangsan: Jurnal Teknologi Pendidikan*, 4(2), 111. <https://doi.org/10.31800/jtp.kw.v4n2.p111--118>
- Carolyn, Y., Saputro, S., & Saputro, A. N. C. (2015). Metode Pembelajaran Problem Solving Dilengkapi LKS untuk Meningkatkan Aktivitas dan Prestasi Belajar pada Materi Hukum Dasar Kimia Siswa Kelas X MIA 1 SMA Bhineka Karya 2 Boyolali Tahun Pelajaran 2014/2015. *Jurnal Pendidikan Kimia*, 4(4), 46–53. Retrieved from <http://www.jurnal.fkip.uns.ac.id/index.php/kimia/article/view/6569>
- Creswell, J. W. (2014). *Research Design: Qualitative, Quantitative, and Mixed Methods Approaches* (4th ed.). London: Sage Publication Ltd.
- Darmawan, D., & Rahayu, A. P. (2016). Case-Based Reasoning (CBR) dan Pengaruhnya terhadap Peningkatan Kemampuan Pemecahan Masalah. *Kwangsan: Jurnal Teknologi Pendidikan*, 4(1), 33. <https://doi.org/10.31800/jtp.kw.v4n1.p33--42>
- Day, R. W., & Quinn, G. P. (1989). Comparison of treatments after an analysis of variance in ecology. *Ecological Monographs*, 59(4), 433–463. <https://doi.org/10.2307/1943075>
- Docktor, J. L., & Mestre, J. P. (2014). A Synthesis of Discipline-Based Education Research in Physics. *Physical Review Special Topic - Physics Education Research*, 1–148.
- Finkelstein, N. D., Adams, W. K., Keller, C. J., Perkins, K. K., & Wieman, C. E. (2006). High-Tech tools for teaching physics: The Physics Education Technology project. *Journal of Online Learning and Teaching*, 2(3), 110–121.
- Fitriyanto, F., Nurhayati, S., & Saptorini. (2012). Penerapan model pembelajaran problem solving pada materi larutan penyangga dan hidrolisis. *Chemistry in Education*, 1(1), 40–44.
- Hammer, D. (2000). Student resources for learning introductory physics. *American Journal of Physics*, 68(S1), S52–S59. <https://doi.org/10.1119/1.19520>
- Hegde, B., & Meera, B. N. (2012). How do they solve it? An insight into the learner's approach to the

- mechanism of physics problem solving. *Physical Review Special Topics - Physics Education Research*, 8(1), 1–9. <https://doi.org/10.1103/PhysRevSTPER.8.010109>
- Kao, L. S., & Green, C. E. (2008). Analysis of Variance: Is There a Difference in Means and What Does It Mean? *J. Surg. Res.*, 144(1), 158–170. <https://doi.org/10.1016/j.jss.2007.02.053>. Analysis
- Khairunnisak. (2018). Peningkatan pemahaman konsep dan motivasi belajar siswa melalui simulasi physics education technology (PhET). *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA (JPPIPA)*, 4(2), 7–12.
- Manikowati, Nf., & Iskandar, D. (2018). Pengembangan Model Mobile Virtual Laboratorium untuk Pembelajaran Praktikum Siswa Sma. *Kwangsan: Jurnal Teknologi Pendidikan*, 6(1), 23. <https://doi.org/10.31800/jtp.kw.v6n1.p23--42>
- Perdana, A., Siswoyo, & Sunaryo. (2017). Pengembangan Lembar Kerja Siswa Berbasis Discovery Learning Berbantuan Phet Interactive Simulations Pada Materi Hukum Newton. *Jurnal Wahana Pendidikan Fisika*, 2(1), 73–79.
- Prihatiningtyas, S., Prastowo, T., & Jatmiko, B. (2013). Implementasi simulasi phet dan kit sederhana untuk mengajarkan keterampilan psikomotor siswa pada pokok bahasan alat optik. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, 2(1), 18–22. <https://doi.org/10.15294/jpii.v2i1.2505>
- Purwanti, S., & Manurung, S. (2015). Analisis pengaruh model pembelajaran problem solving dan sikap ilmiah terhadap hasil belajar fisika. *Jurnal Pendidikan Fisika*, 4(1), 57–62.
- Ristiasari, T., Priyono, B., & Sukaesih, S. (2012). Model Pembelajaran Problem Solving Dengan Mind Mapping Terhadap Kemampuan Berpikir Kritis Siswa. *Unnes Journal of Biology Education*, 1(3), 34–41.
- Rivaldo, L., Taqwa, M. R. A., & Taurusi, T. (2018). Resources Siswa SMA tentang Konsep Gaya Archimedes. *Jurnal Pendidikan Fisika Universitas Muhammadiyah Makassar*, 6(3), 251–258. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.26618/jpf.v6i3.1438>
- Ryan, Q. X., Frodermann, E., Heller, K., Hsu, L., & Mason, A. (2016). Computer problem-solving coaches for introductory physics: Design and usability studies. *Physical Review Physics Education Research*, 12(1), 1–17.
- Saputra, T. B. R. E., Nur, M., & Tarzan, P. (2017). Pengembangan pembelajaran inkuiri berbantuan PhET untuk melatih keterampilan proses sains siswa. *Journal of Science Education And Practice*, 1(1), 20–31.
- Sarwi, & Liliarsari. (2009). Penerapan

- Strategi Kooperatif Dan Pemecahan Masalah Pada Konsep Gelombang Untuk Mengembangkan Keterampilan Berfikir Kritis. *Pendidikan Fisika Indonesia*, 5, 90–95.
- Sawyer, S. F. (2014). Analysis of Variance: The Fundamental Concepts. *Journal of Manual & Manipulative Therapy*, 17(2), 27E-38E.
- Schlattmann, P., & Dirnagl, U. (2010). Statistics in experimental cerebrovascular research: Comparison of more than two groups with a continuous outcome variable. *Journal of Cerebral Blood Flow and Metabolism*, 30(9), 1558–1563.
- Sukaisih, R., & Muhali, M. (2014). Meningkatkan Kesadaran Metakognitif Dan Hasil Belajar Siswa Melalui Penerapan Pembelajaran Problem Solving. *Prisma Sains : Jurnal Pengkajian Ilmu Dan Pembelajaran Matematika Dan IPA IKIP Mataram*, 2(1), 71–82. <https://doi.org/10.33394/jps.v2i1.803>
- Sutopo, Jayanti, I. B., & Wartono. (2016). Efektivitas program resitasi berbasis komputer untuk meningkatkan penguasaan konsep mahasiswa tentang gaya dan gerak. *Jurnal Inovasi Dan Pembelajaran Fisika*, 3(1), 111–119.
- Taqwa, M. R. A., Hidayat, A., & Supoto. (2017). Konsistensi Pemahaman Konsep Kecepatan dalam Berbagai Representasi. *Jurnal Riset & Kajian Pendidikan Fisika*, 4(1), 31–39. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.12928/jrpkpf.v4i1.6469>
- Taqwa, M. R. A., & Rivaldo, L. (2018). Kinematics Conceptual Understanding : Interpretation of Position Equations as A Function of Time. *Jurnal Pendidikan Sains*, 6(4), 120–127. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.17977/jps.v6i4.11274>
- Warimun, E. S. (2012). Penerapan model pembelajaran problem solving fisika pada pembelajaran topik optika pada mahasiswa pendidikan fisika. *Jurnal Exacta*, 10(2), 111–114.
- Warsita, B. (2013). Perkembangan Definisi dan Kawasan Teknologi Pembelajaran Serta Perannya dalam Pemecahan Masalah Pembelajaran. *Kwangsan: Jurnal Teknologi Pendidikan*, 1(2), 72. <https://doi.org/10.31800/jtp.kw.v1n2.p72--94>
- Wuryaningsih, R., & Suharno. (2014). Penerapan Pembelajaran Fisika dengan Media Simulasi PhET pada Pokok Bahasan Gaya untuk Meningkatkan Hasil Belajar Siswa Kelas VIIIA SMPN 6 Yogyakarta. In *Prosiding Pertemuan Ilmiah XXVIII HFI Jateng & DIY* (pp. 400–402). Yogyakarta: Himpunan Fisika Indonesia Regional DIY Jawa Tengah.