



Implementasi PhET *Interactive Simulation* dalam Meningkatkan Pemahaman Konsep Persamaan Garis Lurus Mahasiswa Calon Guru Sekolah Dasar

Muhammad Erfan^{1*}, Mohammad Archi Maulyda²

¹PGSD/FKIP/Universitas Mataram

Email: muhammaderfan@unram.ac.id

²PGSD/FKIP/Universitas Mataram

Email: archimaulyda@unram.ac.id

Abstract. *The concept of a linear equation is an initial concept that must be mastered by prospective elementary school teachers. This study aims to improve the understanding of the concept of linear equations for elementary school teacher candidates by implementing PhET Interactive Simulation. This research is a quasi-experimental study with a pre-test-post-test control group design. The sample in this study was class 2F as the experimental class, namely the class that learned the concept of linear equations using PhET Interactive Simulation and class 2H as the control class, namely the class that learned the concept of straight-line equations conventionally (lectures or online meetings). Data on the concept understanding of linear equations were obtained by test and analyzed by independent sample t-test and normalized gain test. The results showed that the experimental class showed a significant increase in understanding the concept of linear equations compared to the control class. The average value of students' conceptual understanding on linear equations in the experimental class is higher than the post-test average in the control class, so PhET Interactive Simulation is effective in improving students' understanding of straight-line equations concepts.*

Keywords: *Concept; PhET; Simulation; Straight Line.*

Abstrak. *Konsep persamaan garis lurus merupakan konsep awal yang wajib dikuasai oleh mahasiswa calon guru sekolah dasar. Berangkat dari konsep persamaan garis lurus, mahasiswa calon guru sekolah dasar dapat mengasah kemampuan memprediksi suatu persamaan dalam bentuk persamaan garis lurus. Penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan pemahaman konsep persamaan garis lurus mahasiswa calon guru sekolah dasar dengan mengimplementasikan PhET Interactive Simulation. Penelitian ini merupakan penelitian kuasi eksperimen dengan pre-test-post-test control group design. Sampel pada penelitian ini adalah kelas 2F sebagai kelas eksperimen yaitu kelas yang belajar konsep persamaan garis lurus dengan menggunakan PhET Interactive Simulation dan kelas 2H sebagai kelas kontrol yaitu kelas yang belajar konsep persamaan garis lurus secara konvensional (ceramah atau online meeting). Data mengenai pemahaman konsep persamaan garis lurus diperoleh dengan tes dan dianalisis dengan uji-t independent sampel dan uji gain ternormalisasi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kelas eksperimen menunjukkan peningkatan pemahaman konsep persamaan garis lurus yang signifikan dibandingkan kelas kontrol. Nilai rata-rata posttest pemahaman konsep mahasiswa pada materi persamaan garis lurus di kelas eksperimen lebih tinggi daripada rata-rata post-test di kelas kontrol sehingga PhET Interactive Simulation efektif dalam meningkatkan pemahaman konsep persamaan garis lurus mahasiswa calon guru sekolah dasar.*

Kata Kunci: *Garis Lurus; Konsep; PhET; Simulasi.*

PENDAHULUAN

Salah satu cabang ilmu yang wajib dikuasai oleh calon guru sekolah dasar adalah Matematika. Melalui matematika, calon guru sekolah dasar tidak hanya memahami bahasa universal tetapi juga dapat mengasah kemampuan berpikir rasional dan sistematis (Akrom dkk., 2020; Brown, 2016; Cresswell & Speelman, 2020; Salado dkk., 2019). Meskipun materi yang disampaikan pada tingkat sekolah dasar merupakan materi yang dikemas secara tematik, namun setiap peserta didik di tingkat sekolah dasar diwajibkan menguasai kemampuan bernalar dan kemampuan bermatematika walaupun hanya sampai pada tingkat dasar. Hal ini menunjukkan bahwa konsep-konsep yang ada atau yang disampaikan pada mata pelajaran matematika merupakan konsep-konsep yang penting untuk dikuasai peserta didik.

Salah satu konsep atau sub materi yang diajarkan pada mata kuliah pendidikan matematika Sekolah Dasar adalah konsep persamaan garis lurus. Sebetulnya konsep persamaan garis lurus diberikan pada kelas VIII (delapan) namun secara khusus materi mengenai persamaan garis lurus didahului oleh materi mengenai himpunan, relasi, fungsi, serta pemetaan atau korespondensi yang saling beririsan. Melalui konsep persamaan garis lurus seseorang dapat memprediksi suatu permasalahan dalam kehidupan sehari-hari yang berkaitan dengan implementasi konsep persamaan garis lurus, seperti pada persamaan linear menentukan untung rugi dengan bahan seminimal mungkin, yang memperoleh keuntungan semaksimal mungkin (Masruroh & Mauladi, 2020).

Biasanya pendidik mengajarkan konsep persamaan garis lurus dengan menjelaskan saja, tanpa banyak melibatkan simulasi atau media pembelajaran lain, padahal dalam menyampaikan konsep garis lurus, konsep ini masih terhitung abstrak yang perlu dibuat menjadi real bahkan perlu divisualisasikan sehingga mudah dipahami oleh peserta didik. Salah satu upaya yang dapat dilakukan pendidik dalam mengajarkan konsep persamaan garis lurus dengan memvisualisasikan grafik persamaan garis lurus secara *live* adalah dengan PhET *Interactive Simulation*.

PhET atau *Physics Education and Technology* merupakan media simulasi yang dikembangkan oleh Katherin Perkins dari Universitas Colorado Amerika Serikat. PhET *Interactive Simulation* dibuat dalam bentuk Java atau Flash sehingga dapat dijalankan langsung melalui web browser standar yang dapat digunakan di *PC Desktop* atau browser pada *smartphone* (Prima dkk., 2018; Riantoni dkk., 2019; Rizaldi dkk., 2020; Taibu dkk., 2021; Taufik Adi Sarwoto dkk., 2020). Memang belum semua konsep-konsep dalam mata pelajaran matematika, fisika, kimia atau biologi yang disajikan pada PhET, namun dari semua simulasi yang tersedia, dapat digunakan secara *live* dan gratis selama *device* terhubung dengan internet.

Penelitian sebelumnya yang berkaitan dengan penggunaan PhET dalam kegiatan pembelajaran banyak memberikan hasil yang positif. PhET sebagai laboratorium virtual terbukti tidak hanya dapat meningkatkan kemampuan siswa dalam berpikir kritis dan analitis tetapi juga terbukti dapat meningkatkan keterampilan proses sains siswa (Fithriani dkk., 2016; Hati & Sapiruddin, 2020; Ngadinem, 2019). Selain itu, berkaitan dengan penguasaan konsep peserta didik, penggunaan PhET dan berbagai simulasi yang disajikan secara virtual dalam kegiatan pembelajaran juga dapat meningkatkan penguasaan konsep peserta didik (Theasy dkk., 2021). Oleh karena itu, simulasi interaktif PhET juga dapat digunakan sebagai media dalam menyampaikan berbagai konsep melalui berbagai simulasi dan bahkan dapat membantu meningkatkan keterampilan berpikir peserta didik.

Salah satu simulasi yang disediakan di PhET *Interactive Simulation* adalah tentang persamaan garis lurus yang terdiri dari simulasi mengenai kemiringan atau gradien (*slope*), konsep gradien yang diperoleh dari perpotongan antara grafik garis lurus dengan sumbu vertikal, konsep gradien yang dibentuk dari dua titik serta disediakan *line games* yang terdiri dari 6 (enam) level sesuai dengan pemahaman peserta didik mengenai konsep persamaan garis lurus (Ariyanto & Purwaningrum, 2022; Garcia, 2020; Supriadi dkk., 2021). Visualisasi berbagai konsep yang abstrak melalui PhET *Interactive Simulation* diharapkan dapat membantu mempercepat peserta didik untuk memahami dan mengejar ketertinggalan materi yang dikarenakan adanya indikasi *Learning Loss* selama pandemi yang

menyebabkan banyak peserta didik harus belajar dari rumah (BDR).

Adanya pandemi juga membuat peserta didik menjadi terbiasa dengan instrumen atau alat-alat digital. Selama masa pandemi peserta didik melakukan atau mengerjakan tugas melalui perangkat digital, pengumpulan tugas juga dilakukan secara digital, sehingga dengan seringnya peserta didik berinteraksi dengan perangkat digital membuat peserta didik menjadi terbiasa mengerjakan sesuatu dengan bantuan perangkat digital (Hanifah Salsabila dkk., 2020; Maknun, 2020; Suryatni, 2022). Kebiasaan peserta didik dalam memanfaatkan perangkat digital hingga mahir ini dapat dimanfaatkan oleh pendidik dalam menyampaikan beberapa konsep-konsep dasar yang penting melalui simulasi secara virtual yang dioperasikan pada perangkat digital. Kelebihan dilakukannya simulasi suatu konsep pada perangkat digital adalah lebih menghemat biaya, portabilitas, serta tidak membahayakan pengguna pada saat menyimulasikan suatu konsep yang berbahaya (Nirwana, 2011).

Calon guru sekolah dasar merupakan generasi penerus yang pada suatu saat akan menggantikan guru sekolah dasar yang pada saatnya akan purna tugas. Penyampaian konsep yang benar kepada calon pendidik tingkat sekolah dasar akan memutus mata rantai miskonsepsi terutama pada konsep persamaan garis lurus di pembelajaran matematika di sekolah dasar yang mungkin saja terjadi pada generasi sebelumnya. Oleh karena itu, peneliti berkeinginan untuk meluruskan dan meningkatkan pemahaman konsep mahasiswa calon guru sekolah dasar khususnya pada konsep persamaan garis lurus yang disimulasikan dengan bantuan PhET *Interactive Simulation*.

METODE

Penelitian ini merupakan penelitian kuantitatif dengan pendekatan kuasi eksperimen atau eksperimen semu dengan desain penelitian yang digunakan adalah *pre-test-post-test control group* yang dimana terdapat kelas yang diberi perlakuan dan kelas kontrol. Penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan pemahaman konsep persamaan garis lurus mahasiswa calon guru sekolah dasar dengan mengimplementasikan *PhET Interactive Simulation* pada *Graphing Lines* dengan konsep-konsep yang diajarkan yaitu konsep gradien (*slope*), menentukan gradien pada garis yang berpotongan, menentukan gradien pada dua titik pada garis lurus, serta dilengkapi dengan *Line Game* berupa permainan interaktif tentang konsep persamaan garis lurus.

Populasi pada penelitian ini adalah seluruh mahasiswa semester dua di salah satu perguruan tinggi di Kota Mataram yang berjumlah 284 orang mahasiswa calon guru sekolah dasar. Sampel pada penelitian ini diambil secara *cluster random sampling* dan diperoleh kelas 2F (32 mahasiswa) sebagai kelas eksperimen yaitu kelas yang mempelajari konsep persamaan garis lurus dengan *PhET Interactive Simulation*, dan kelas 2H (31 mahasiswa) sebagai kelas kontrol yaitu kelas konvensional yang belajar konsep persamaan garis lurus dengan ceramah dan *live meeting* (untuk pembelajaran dalam jaringan). Data mengenai pemahaman konsep persamaan garis lurus mahasiswa diperoleh dengan tes pilihan ganda. Data pada penelitian ini selain dianalisis dengan uji-t sampel independen, juga dilakukan uji gain ternormalisasi untuk melihat mana yang lebih baik dalam meningkatkan pemahaman konsep persamaan garis lurus mahasiswa calon guru sekolah dasar.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

Sebelum diberikan perlakuan kepada mahasiswa calon guru sekolah dasar dalam bentuk pembelajaran mata kuliah pendidikan matematika sekolah dasar pada materi konsep persamaan garis lurus, terlebih dahulu dilakukan *pre-test* atau uji kemampuan awal mahasiswa berkaitan dengan pemahaman konsep persamaan garis lurus. Selanjutnya dilakukan uji prasyarat analisis pada nilai *pre-test* untuk mengetahui apakah data mengenai pemahaman konsep mahasiswa calon guru pada materi persamaan garis lurus berdistribusi normal dan kedua kelas yaitu kelas eksperimen dan kelas kontrol memiliki variansi data yang sama (homogen). Hasil uji awal mengenai pemahaman konsep mahasiswa calon guru sekolah

dasar pada materi persamaan garis lurus disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Rata-rata Nilai *Pre-test* pada Kelas Kontrol dan Kelas Eksperimen.

Kelompok	Rerata	Normalitas	Homogenitas	Signifikansi
Eksperimen (E)	50,94	Sig. 0,137 > 0,05	Sig. 0,565 > 0,05	t-hitung < t-tabel 1,137 < 1,999
Kontrol (K)	47,10	Sig. 0,227 > 0,05		Sig. (2-tailed) 0,260 > 0,05
Tidak berbeda signifikan				

Kemampuan awal pemahaman konsep mahasiswa calon guru sekolah dasar pada materi persamaan garis lurus sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 1 diketahui bahwa nilai rata-rata pre-test mahasiswa di kelas eksperimen adalah sebesar 50,94 dan kelas kontrol sebesar 47,10. Berdasarkan hasil uji Normalitas pada Tabel 1 juga diketahui bahwa nilai signifikansi Shapiro-Wilk pada kelas eksperimen adalah 0,137 yang lebih besar dari 0,05 dan untuk kelas kontrol diperoleh nilai signifikansi (Sig. 0,227 > 0,05). Kedua nilai signifikansi tersebut menunjukkan bahwa data nilai pretest pemahaman konsep awal mahasiswa calon guru sekolah dasar pada materi persamaan garis lurus semuanya berdistribusi normal. Hasil uji homogenitas untuk melihat apakah nilai pre-test pada kelas eksperimen maupun kelas kontrol memiliki varian yang sama, juga diperoleh nilai signifikansi diatas 0,05 (Sig. 0,565 > 0,05) yang berarti bahwa data kemampuan awal (pre-test) mahasiswa calon guru sekolah dasar antara kedua kelas (eksperimen dan kontrol) memiliki varian atau ragam data yang sama atau homogen.

Untuk melihat apakah terdapat perbedaan yang signifikan pada nilai rata-rata kedua kelas dilakukan uji-*t independent sample* pada data pre-test dan hasilnya menunjukkan bahwa nilai t-hitung kurang dari nilai t-tabel (1,137 < 1,999) dan nilai Sig (2-tailed) yang diperoleh adalah 0,260 yang lebih besar dari 0,05 dan berarti bahwa tidak terdapat perbedaan signifikan pada nilai rata-rata pretest pemahaman konsep calon guru sekolah dasar antara kelas eksperimen maupun kelas kontrol pada materi persamaan garis lurus. Setelah diberikan perlakuan berupa pembelajaran Matematika pada materi konsep persamaan garis lurus yang melibatkan kemampuan peserta didik dalam penguasaan konsep gradien (*slope*), mengenali dan mengidentifikasi gradien atau kemiringan, menentukan gradien pada garis yang berpotongan, menentukan gradien pada dua titik pada garis lurus dengan menggunakan *PhET Interactive Simulation*, dilakukan post-test untuk melihat apakah terdapat peningkatan kemampuan peserta didik dalam memahami konsep persamaan garis lurus. Hasil post-test kemampuan mahasiswa calon guru sekolah dasar setelah diberikan perlakuan disajikan pada Tabel 2.

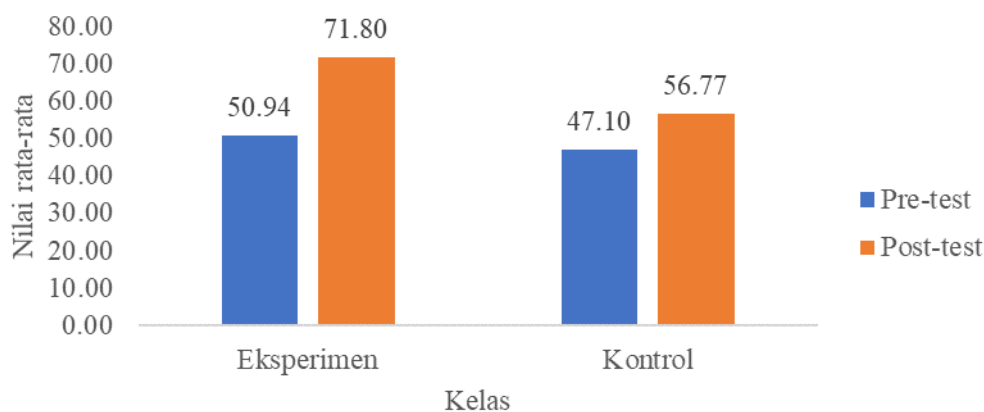
Tabel 2. Rata-rata Nilai *Post-test* pada Kelas Kontrol dan Kelas Eksperimen.

Kelompok	Rerata	Normalitas	Homogenitas	Signifikansi
Eksperimen (E)	71,80	Sig. 0,321 > 0,05	Sig. 0,766 > 0,05	t-hitung > t-tabel 1,137 > 1,999
Kontrol (K)	56,77	Sig. 0,193 > 0,05		Sig. (2-tailed) 0,000 < 0,05
Berbeda signifikan				

Berdasarkan Tabel 3.2 diketahui bahwa terdapat perbedaan nilai rata-rata antara kedua kelas baik pada kelas eksperimen maupun pada kelas kontrol dimana rata-rata nilai post-test pada kelas eksperimen lebih tinggi daripada rata-rata nilai post-test pada kelas kontrol. Nilai rata-rata post-test pada kelas eksperimen menjadi 71,80 lebih besar daripada kelas kontrol dengan nilai rata-rata 56,77. Selanjutnya untuk melihat lebih jauh apakah perbedaan nilai rata-rata antara kelas eksperimen dan kelas kontrol benar-benar berbeda secara signifikan, dilakukan uji t sampel independen yang dimana hasilnya sesuai dengan Tabel 2 dengan nilai t-hitung lebih besar daripada nilai t-tabel (4,427 > 1,999). Berdasarkan hasil uji t sampel independen tersebut diketahui bahwa terdapat perbedaan nilai rata-rata post-test yang signifikan antara kelas yang belajar konsep materi persamaan garis lurus dengan aplikasi *PhET Interactive Simulation*.

Perbandingan hasil capaian pemahaman konsep mahasiswa calon guru pada materi persamaan garis lurus pada pre-test maupun post-test di kelas eksperimen maupun kelas kontrol disajikan pada Gambar 1.

Gambar 1. Perbandingan hasil pre-test dan post test pada kedua kelas.



Berdasarkan Gambar 3.1 dapat dilihat bahwa peningkatan pemahaman konsep persamaan garis lurus mahasiswa calon guru sekolah dasar di kelas eksperimen jauh lebih tinggi daripada peningkatan pemahaman konsep persamaan garis lurus di kelas kontrol. Berdasarkan hasil uji-t pada tabel nilai post-test kedua kelas juga mendukung bahwa capaian peningkatan pemahaman konsep mahasiswa calon guru sekolah dasar pada kelas eksperimen jauh lebih tinggi daripada capaian pemahaman konsep mahasiswa calon guru sekolah dasar di kelas kontrol. Hasil uji-t pada nilai post-test kedua kelas (eksperimen dan kontrol) di mana t-hitung lebih besar dari t-tabel dengan t-hitung sebesar 4,427 dan t-tabel sebesar 1,999 pada taraf signifikansi 5%. Hasil uji-t ini mengindikasikan bahwa terdapat perbedaan yang signifikan antara nilai rata-rata pemahaman konsep persamaan garis lurus mahasiswa calon guru sekolah dasar setelah diberikan perlakuan pada kedua kelas (kelas eksperimen dan kelas kontrol).

Berdasarkan Gambar 1 juga diketahui bahwa kelas eksperimen mengalami peningkatan nilai rata-rata yang lebih tinggi daripada kelas kontrol. Hal ini menunjukkan bahwa pembelajaran Matematika pada mahasiswa calon guru sekolah dasar berbantuan *PhET Interactive Simulation* memberikan dampak positif terhadap pemahaman konsep mahasiswa calon guru sekolah dasar pada materi persamaan garis lurus. Sebagaimana diketahui sebelumnya bahwa gradien atau kemiringan suatu kurva garis lurus bergantung pada besarnya nilai pada sumbu X berbanding dengan sumbu Y. Perbandingan antara nilai pada daerah asal (domain) terhadap nilai pada daerah kawan (kodomain) dari suatu fungsi. Visualisasi perbandingan antara nilai yang ada pada daerah asal (domain) dengan daerah kawan (kodomain) tentu akan lebih mudah dipahami apabila disajikan dalam bentuk visual (Adirakasiwi & Warmi, 2018; Surya, 2014; Wardaya, 2018). Selain itu pada visualisasi kemiringan atau gradien pada persamaan garis lurus ditampilkan juga perbedaan antara gradien yang bernilai positif dan gradien yang bernilai negatif sehingga dapat memudahkan peserta didik dalam menentukan ciri khusus dari masing-masing gradien.

Perpotongan antara garis lurus dengan sumbu mendatar (sumbu X) dan sumbu tegak (sumbu Y) dapat ditampilkan atau divisualisasikan dengan baik menggunakan *PhET Interactive Simulation*. Visualisasi perpotongan antara dua buah garis lurus baik yang sejajar atau yang berpotongan juga dapat ditampilkan dengan baik di *PhET Interactive Simulation*, melalui visualisasi perpotongan antara dua buah garis lurus dalam suatu grafik dapat dilakukan pembuktian untuk garis lurus yang berpotongan, hasil perkalian kedua gradien bernilai negatif. Daya visualisasi yang baik dalam menampilkan beberapa kurva persamaan garis lurus inilah yang berpengaruh besar terhadap kemampuan mahasiswa calon guru sekolah dasar dalam memahami konsep persamaan garis lurus (İlhan & Tutak, 2021; Urban dkk., 2017; Yilmaz & Argun, 2017).

SIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan dapat disimpulkan bahwa penggunaan *PhET Interactive Simulation* dalam proses perkuliahan pendidikan matematika Sekolah Dasar efektif dalam meningkatkan pemahaman konsep mahasiswa calon guru sekolah dasar pada materi persamaan garis lurus yang dibuktikan dengan adanya perbedaan yang signifikan antara nilai rata-rata pemahaman konsep mahasiswa calon guru sekolah dasar dalam materi persamaan garis lurus setelah belajar dengan *PhET Interactive Simulation*.

DAFTAR RUJUKAN

- Adirakasiwi, A. G., & Warmi, A. (2018). Penggunaan Software CABRI 3d dalam Pembelajaran Matematika Upaya Meningkatkan Kemampuan Visualisasi Spasial Matematis Siswa. *JURNAL SILOGISME: Kajian Ilmu Matematika dan Pembelajarannya*, 3(1), 28. <https://doi.org/10.24269/js.v3i1.972>
- Akrom, M., Triyanto, T., & Nurhasanah, F. (2020). Students' Mathematical Reasoning Ability Viewed from Personality Type Rational and Idealist. *International Journal of Multicultural and Multireligious Understanding*, 7(11), 132. <https://doi.org/10.18415/ijmmu.v7i11.2149>
- Ariyanto, M. P., & Purwaningrum, J. P. (2022). Penerapan teori Bruner dalam pembelajaran menentukan gradien garis lurus berbantuan PhET simulation. *AKSIOMA: Jurnal Matematika dan Pendidikan Matematika*, 13(1), 75–84.
- Brown, T. (2016). Rationality and belief in learning mathematics. *Educational Studies in Mathematics*, 92(1), 75–90. <https://doi.org/10.1007/s10649-015-9670-7>
- Cresswell, C., & Speelman, C. P. (2020). Does mathematics training lead to better logical thinking and reasoning? A cross-sectional assessment from students to professors. *PLOS ONE*, 15(7), e0236153. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0236153>
- Fithriani, S. L., Halim, A., & Khaldun, I. (2016). Penggunaan Media Simulasi PhET Dengan Pendekatan Inkuiri Terbimbing Untuk Meningkatkan Keterampilan Berpikir Kritis Siswa Pada Pokok Bahasan Kalor di Sma Negeri 12 Banda Aceh. *Jurnal Pendidikan Sains Indonesia*, 4(2), 45–52.
- Garcia, A. V. (2020). Interactive Simulations in Teaching Linear Equations. *International Journal of Creative Research Thought (IJCRT)*, 8(7), 4611–4617. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.36310.55364>
- Hanifah Salsabila, U., Irna Sari, L., Haibati Lathif, K., Puji Lestari, A., & Ayuning, A. (2020). Peran Teknologi Dalam Pembelajaran Di Masa Pandemi Covid-19. *Al-Mutharahah: Jurnal Penelitian dan Kajian Sosial Keagamaan*, 17(2), 188–198. <https://doi.org/10.46781/al-mutharahah.v17i2.138>
- Hati, H., & Sapiruddin, S. (2020). Penerapan Modeling Instruction Dan Simulasi PhET Dalam Meningkatkan Kemampuan Menganalisis. *Kappa Journal*, 4(1), 76–84. <https://doi.org/10.29408/kpj.v4i1.1820>
- Ilhan, A., & Tutak, T. (2021). A Research about Mathematical Visualization Perceptions of Mathematics Teacher Candidates in Terms of Some Variables. *Journal of Computer and Education Research*, 9(18), 497–512. <https://doi.org/10.18009/jcer.821211>

- Maknun, J. (2020). Pengaruh Media Belajar Smartphone Terhadap Belajar Siswa Di Era Pandemi Covid-19. *Indonesian Education Administration and Leadership Journal (IDEAL)*, 2(2), 94–106.
- Masruroh, M., & Mauladi, K. F. (2020). Penerapan Metode Regresi Linear Berganda dalam Sistem Prediksi Nilai Ujian Nasional Siswa SMP. *Jurnal Teknika*, 12(1), 1–6.
- Ngadinem, N. (2019). Penggunaan Media Simulasi Phet Untuk Meningkatkan Keterampilan Proses Sains. *Jurnal Ilmiah WUNY*, 1(1). <https://doi.org/10.21831/jwuny.v1i1.26850>
- Nirwana, R. R. (2011). Pemanfaatan Laboratorium Virtual dan E-Reference dalam Proses Pembelajaran dan Penelitian Ilmu Kimia. *Jurnal PHENOMENON*, 1(1), 115–123.
- Prima, E. C., Putri, A. R., & Rustaman, N. (2018). Learning solar system using PhET simulation to improve students' understanding and motivation. *Journal of Science Learning*, 1(2), 60. <https://doi.org/10.17509/jsl.v1i2.10239>
- Riantoni, C., Astalini, A., & Darmaji, D. (2019). Studi penggunaan PhET Interactive Simulations dalam pembelajaran fisika. *Jurnal Riset dan Kajian Pendidikan Fisika*, 6(2), 71. <https://doi.org/10.12928/jrkpf.v6i2.14202>
- Rizaldi, D. R., Jufri, A. W., & Jamaluddin, J. (2020). PhET: Simulasi Interaktif Dalam Proses Pembelajaran Fisika. *Jurnal Ilmiah Profesi Pendidikan*, 5(1), 10–14.
- Salado, A., Chowdhury, A. H., & Norton, A. (2019). Systems thinking and mathematical problem solving. *School Science and Mathematics*, 119(1), 49–58. <https://doi.org/10.1111/ssm.12312>
- Supriadi, N., Man, Y. L., Pirma, F. O., Lestari, N. L., Sugiharta, I., & Netriwati. (2021). Mathematical reasoning ability in linear equations with two variables: The impact of flipped classroom. *Journal of Physics: Conference Series*, 1796(1), 012022. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1796/1/012022>
- Surya, E. (2014). Memicu Visualisasi dan Kreativitas dalam Pembelajaran Matematika Membentuk Karakter Positif Siswa. *Jurnal Tematik*, 4(2), 130–144. <https://doi.org/10.24114/jt.v4i02.3159>
- Suryatni, L. (2022). Literasi Media Digital dalam Keluarga di Masa Pandemi Coronavirus Disease 2019. *JSI (Jurnal sistem Informasi) Universitas Suryadarma*, 9(1), 23–38. <https://doi.org/10.35968/jsi.v9i1.839>
- Taibu, R., Mataka, L.I., & Shekoyan, V. (2021). Using PhET Simulations to Improve Scientific Skills and Attitudes of Community College Students. *International Journal of Education in Mathematics, Science and Technology*, 9(3), 353–370. <https://doi.org/10.46328/ijemst.1214>
- Taufik Adi Sarwoto, Budi Jatmiko, & Elok Sudibyo. (2020). Development of Online Science Teaching Instrument Based on Scientific Approach Using PhET Simulation to Improve Learning Outcomes at Elementary School. *IJORER: International Journal of Recent Educational Research*, 1(2), 90–107. <https://doi.org/10.46245/ijorer.v1i2.40>
- Theasy, Y., Bustan, A., & Nawir, M. (2021). Penggunaan Media Laboratorium Virtual PhET Simulation untuk Meningkatkan Pemahaman Konsep Fisika Mahasiswa pada Mata Kuliah Eksperimen Fisika Sekolah. *Variabel*, 4(2), 39. <https://doi.org/10.26737/var.v4i2.2607>

- Urban, M., Murauyova, H., & Gadzaova, S. (2017). Didactic Principles of Visualization of Mathematical Concepts in Primary Education. *Pedagogika*, 127(3), 70–86. <https://doi.org/10.15823/p.2017.40>
- Wardaya, M. (2018). Visual Media as Assisting Instrument to Improve Students' Listening Ability. *VCD(Journal of Visual Communication Design)*, 3(1), 1–12. <https://doi.org/10.37715/vcd.v3i1.797>
- Yilmaz, R., & Argun, Z. (2017). Role of Visualization in Mathematical Abstraction: The Case of Congruence Concept. *International Journal of Education in Mathematics, Science and Technology*, 1–1. <https://doi.org/10.18404/ijemst.328337>