

PENINGKATAN KEMAMPUAN PENALARAN MATEMATIS SISWA DENGAN *E-MODUL* LOGIKA MATEMATIKA BERBASIS *PHET SIMULATION*

Iwit Prihatin¹, Muhamad Firdaus², Dwi Oktaviana³, Utin Desy Susiaty⁴
Program Studi Pendidikan Matematika, IKIP PGRI Pontianak^{1,2,3,4}
Email: kiranafirdiani@gmail.com

Abstrak

Kemampuan penalaran matematis sangat penting dimiliki oleh peserta didik. Pendidik dapat memberikan permasalahan yang *open-ended* dalam soal matematika sebagai tujuan melatih kemampuan penalaran matematis siswa dengan begitu kemampuan tersebut dapat ditingkatkan. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui kemampuan penalaran matematis siswa melalui pembelajaran sesudah mendapatkan pembelajaran dengan *e-modul* logika matematika berbasis *phet simulation*. Penelitian ini merupakan penelitian eksperimen dengan rancangan *one group pretest-posttest design*. Sampel dalam penelitian ini adalah 35 siswa kelas XI SMK Koperasi Pontianak dengan teknik *cluster random sampling* dimana sebelum diambil sampel dilakukan terlebih dahulu uji homogenitas dan dimana variansi dari populasi homogen. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pembelajaran dengan *e-modul* logika matematika berbasis *phet simulation* pada kelas XI SMK Koperasi Pontianak dapat meningkatkan kemampuan penalaran matematis siswa dimana diperoleh persentase ketuntasan belajar sebelum dan sesudah diberikan pembelajaran tersebut sebesar 41% dan 59%.

Kata Kunci : Penalaran Matematis, *E-modul*, Logika Matematika, *Phet Simulation*

Abstract

Mathematical reasoning ability is very important for students. Educators can provide open-ended problems in math problems as a goal to train students' mathematical reasoning abilities so that these abilities can be improved. The purpose of this study is to determine the students' mathematical reasoning ability through learning after receiving learning with phet simulation-based mathematical logic e-modules. This research is an experimental study with a one group pretest-posttest design. The sample in this study was 35 students of class XI SMK Koperasi Pontianak with cluster random sampling technique where before the sample was taken the homogeneity test was carried out first and where the variance of the population was homogeneous. The results showed that learning with phet simulation-based mathematical logic e-modules in class XI SMK Koperasi Pontianak can improve students' mathematical reasoning abilities where the percentage of mastery learning before and after the learning is given is 41% and 59%, respectively.

Key Words : *Mathematical Reasoning, E-modules, Mathematical Logic, Phet Simulation*

PENDAHULUAN

Matematika merupakan mata pelajaran wajib dalam setiap tingkat pendidikan sekolah. Untuk memahami dan menyelesaikan permasalahan yang sering ditemui dalam pembelajaran matematika diperlukan kemampuan matematis yang terlatih dari peserta didik itu sendiri. Peran penting dalam berbagai macam disiplin ilmu yang dimana dapat memajukan kemampuan berpikir manusia dalam hal ini daya pikir dipegang oleh ilmu matematika

sebagai dasar mengembangkan teknologi sebagai ilmu yang universal, mempunyai peranan penting dalam berbagai disiplin ilmu dan memajukan daya pikir manusia [1]. Berdasarkan NCTM dirumuskan tujuan pembelajaran matematika yaitu sebagai berikut: (1) *problem solving* atau memecahkan masalah; (2) *reasoning and proof* atau menalar melalui pembuktian; (3) *communication* atau mengkomunikasikan; (4) *connection* atau menghubungkan koneksi; (5)

representation atau merepresentasikan [2]. Salah satu tujuan yang perlu dicapai siswa dalam pembelajaran matematika di sekolah adalah penalaran matematika atau yang dikenal kemampuan penalaran matematis.

Selain pemahaman, kemampuan penalaran matematis juga merupakan tujuan utama yang tidak boleh diabaikan. Suatu kemampuan yang menitikberatkan kepada sistem, struktur, konsep, prinsip, dan hubungan yang erat antara satu unsur dengan unsur lainnya bahkan mengembangkan kemampuan tersebut melalui pembelajaran matematika di lingkungan sekolah maupun perguruan tinggi dikenal dengan sebutan kemampuan penalaran matematis. Menurut Maulana, proses pemahaman matematika maupun di dalam lingkungan kehidupan sehari-hari dalam diri siswa sangat diperlukan kemampuan penalaran matematis [3]. Penalaran matematika adalah fondasi untuk mendapatkan atau menkonstruksi pengetahuan matematika [4]. Oleh sebab itu, kemampuan penalaran matematis wajib ditingkatkan agar mahasiswa dapat mengkonstruksikan pengetahuannya dalam pembelajaran matematika. Dengan adanya praktikum yang dilakukan diharapkan mahasiswa dapat meningkatkan kemampuan penalarannya dengan dilakukan percobaan secara langsung.

Suatu proses ataupun kegiatan melalui berpikir dalam rangka merumuskan kesimpulan serta menyusun pernyataan baru berdasarkan pernyataan yang sudah ada sebelumnya setelah dibuktikan kebenarannya disebut dengan penalaran [5]. Pentingnya kemampuan penalaran matematis yang dimiliki oleh siswa dibuktikan dengan ditetapkannya kemampuan penalaran sebagai tujuan dan visi dalam pembelajaran matematika itu sendiri [6]. Turmudi mengemukakan bahwa suatu habit ataupun kebiasaan yang selalu diproses oleh otak seperti kebiasaan

yang lain dimana harus dikembangkan secara tetap dan konsisten melalui penggunaan berbagai macam konteks, pengenalan terhadap menalar dan membuktikan sebagai aspek-aspek fundamental bagi matematika itu sendiri merupakan kemampuan penalaran matematis [6]. Siswa terampil dalam pengajuan permasalahan dilanjutkan dengan penyusunan bukti serta dapat memanipulasi suatu permasalahan matematis dan melakukan penarikan suatu kesimpulan yang tepat dan benar dapat diperoleh melalui kemampuan penalaran matematis. Suatu kemampuan dari keseluruhan kemampuan yang harus dimiliki oleh siswa yang mana dapat dikembangkan melalui pembelajaran matematis merupakan kemampuan penalaran [7]. Kemampuan penalaran merupakan kemampuan matematis yang perlu dikembangkan [8]. Kemampuan penalaran matematis sangat penting dimiliki oleh peserta didik. Pendidik dapat memberikan permasalahan yang *open-ended* dalam soal matematika sebagai tujuan melatih kemampuan penalaran matematis siswa dengan begitu kemampuan tersebut dapat ditingkatkan [9]. Kemudahan dalam mengkomunikasikan matematis baik itu secara lisan maupun tulisan diproses melalui kebiasaan otak untuk berpikir dikembangkan secara baik dan konsisten merupakan penalaran matematis [10]. Kompetensi atau kemampuan siswa dalam menyelesaikan soal yang diberikan oleh guru merupakan kemampuan penalaran matematika siswa [11].

Berdasarkan paparan tersebut di atas, dapat disimpulkan bahwa kemampuan penalaran matematis siswa sangat diperlukan dalam pembelajaran matematika, terutama dalam pembelajaran materi logika matematika kelas XI SMK. Materi pembelajaran wajib yang dipelajari oleh siswa pada setiap tingkat satuan Pendidikan adalah

matematika. Pelajaran matematika merupakan sistematisasi dari logika, sehingga bisa dikatakan logika merupakan kategori matematika murni. Suatu ilmu yang menyampaikan simpulan yang padu serta khusus mengembangkan dalam penggunaan metode matematika serta menggunakan bantuan simbol yang khusus yang akibatnya seseorang mungkin untuk menghindari pemaknaan ganda pada pemakaian Bahasa sehari-hari disebut dengan logika simbolik [12]. Berdasarkan hasil wawancara yang diperoleh dari guru mata pelajaran matematika di SMK Koperasi Pontianak, kemampuan penalaran matematis dalam materi logika masih tergolong rendah, oleh karena itu perlu dilakukan peningkatan terhadap kemampuan tersebut.

Salah satu cara yang dapat dilakukan adalah menerapkan pembelajaran dengan *e-modul* logika matematika berbasis *phet simulation*. *E-modul* adalah suatu media pembelajaran yang disajikan berupa bahan ajar yang menarik. Materi pembelajaran yang disajikan dalam bentuk modul elektronik merupakan penerapan pembelajaran melalui *e-modul*. Akibatnya peningkatan keaktifan siswa dalam proses belajar mengajar cukup baik setelah diterapkan media pembelajaran *e-modul* [13]. Suatu bahan ajar yang mudah diakses dan dapat dibuka secara bebas melalui media elektronik *smartphone* dapat menggunakan *e-modul* [14]. Modul yang disajikan secara interaktif dan memberikan kemudahan dalam penggunaannya, menyajikan gambar dan animasi, video dan audio serta dilengkapi dengan tes maupun kuis formatif serta umpan balik bagi penggunaannya disebut dengan *e-modul* [15]. *E-modul* yang digunakan dalam penelitian ini adalah *e-modul* berbasis *phet simulation*. Simulasi *Physics Education Technology (PhET)* adalah suatu simulasi interaktif yang dikembangkan oleh tim dari Universitas Colorado Amerika Serikat dan

dapat diakses melalui internet dengan memakai bahasa pemrograman *java* dan *flash* ([9], [16]). *PhET* berisikan simulasi materi yang melibatkan pengguna secara aktif dikarenakan adanya penjabaran tentang teori dan eksperimen. Melakukan manipulasi terhadap kegiatan yang terkait dengan eksperimen dapat dilakukan langsung oleh pengguna [17]. Simulasi *PhET* dapat dijalankan langsung dari situs *web* menggunakan *browser web* standar [18]. Simulasi tersebut dapat diakses kapanpun dan dimanapun baik itu melalui perangkat komputer maupun *smartphone* baik secara *online* maupun *offline* [19]. Sebuah laboratorium yang nyata dalam menjelaskan suatu fakta yang terungkap beserta prinsip-prinsip yang muncul dapat digantikan dengan *PhET* simulasi [20].

Berdasarkan paparan tersebut, maka sangat diperlukan penerapan pembelajaran matematika khususnya logika matematika di kelas XI SMK dengan *e-modul* logika matematika berbasis *phet simulation* dengan tujuan untuk meningkatkan kemampuan penalaran matematis. Adapun tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui peningkatan kemampuan penalaran matematis siswa dengan *e-modul* logika matematika berbasis *phet simulation*. Melalui penelitian ini diharapkan terdapat peningkatan yang signifikan terhadap kemampuan penalaran matematis siswa kelas XI SMK Koperasi Pontianak dengan *e-modul* logika matematika berbasis *phet simulation* baik itu digunakan secara *offline* maupun *online*.

Beberapa penelitian terdahulu yang relevan dengan penelitian ini adalah sebagai berikut: (1) Penggunaan *e-modul* Matematika Dasar pada materi Logika Matematika efektif untuk meningkatkan *divergent thinking skill* mahasiswa [12]; (2) Modul praktikum logika matematika

berbasis *PhET simulation* dapat meningkatkan kemampuan penalaran mahasiswa [21]; (3) Terdapat peningkatan kemampuan penalaran matematis mahasiswa sesudah menggunakan modul praktikum logika matematika berbasis *PhET simulation* [4]. Ketiga penelitian terdahulu tersebut memiliki kesamaan dengan penelitian ini yaitu terletak pada modul maupun e-modul materi logika matematika berbasis *phet simulation* yang dimana menghasilkan peningkatan terhadap kemampuan penalaran matematis peserta didik. Sedangkan perbedaan yang dimiliki oleh penelitian ini dibandingkan ketiga penelitian terdahulu tersebut yakni terletak pada penggunaan *e-modul* yang dapat digunakan secara *online* dan *offline* kepada peserta didik dalam pembelajaran materi logika matematika di kelas bukan praktikum logika matematika serta pengaruhnya terhadap kemampuan penalaran matematis peserta didik.

METODE

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimen dengan rancangan *one group pretest-posttest design*. Di dalam rancangan ini dilakukan 2 kali pemberian tes yaitu sebelum eksperimen disebut *pretest* dan perlakuan atau *treatment* sesudah eksperimen disebut *posttest*. Penelitian ini dilakukan di SMK Koperasi Pontianak pada semester ganjil TA. 2022-2023. Populasi dalam penelitian ini adalah seluruh siswa kelas XI SMK Koperasi Pontianak. Sampel dalam penelitian ini adalah 35 siswa kelas XI SMK Koperasi

Pontianak dengan teknik *cluster random sampling* dimana sebelum diambil sampel dilakukan terlebih dahulu uji homogenitas dan dimana variansi dari populasi homogen.

Teknik pengumpulan data yang digunakan dalam penelitian ini adalah teknik pengukuran dimana instrumen pengumpulan data adalah instrumen tes kemampuan penalaran matematis siswa. Teknik analisis data menggunakan statistik deskriptif untuk menyatakan kemampuan penalaran matematis siswa sebelum dan sesudah diberikan pembelajaran dengan *e-modul* logika matematika berbasis *phet simulation* sedangkan untuk mengetahui apakah terdapat peningkatan kemampuan penalaran matematis siswa melalui pembelajaran dengan *e-modul* logika matematika berbasis *phet simulation* dianalisis menggunakan statistik inferensial dan pengujiannya dilakukan dengan menggunakan Uji-*t* sampel berpasangan dimana sebelumnya dilakukan uji prasyarat normalitas terlebih dahulu dengan *SPSS*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bagian ini diuraikan hasil penelitian dan pembahasan terkait data yang diperoleh pada saat penelitian. Berikut disajikan data terkait ketuntasan klasikal kemampuan penalaran matematis siswa sebelum dan sesudah diberikan pembelajaran dengan *e-modul* logika matematika berbasis *phet simulation* pada Gambar 1 berikut.



Gambar 1. Hasil Ketuntasan *Pretest* dan *Posttest*

Gambar 1 memberikan informasi bahwa terlihat peningkatan yang signifikan terhadap kemampuan penalaran matematis siswa kelas XI SMK Koperasi Pontianak. Selanjutnya untuk membuktikan hal tersebut, dilakukan pengujian hipotesis untuk mengetahui apakah terdapat peningkatan kemampuan penalaran

matematis siswa melalui pembelajaran dengan *e-modul* logika matematika berbasis *phet simulation*. Sebelumnya dilakukan pengujian normalitas terhadap data *pretest* dan *posttest* kemampuan penalaran matematis siswa dimana dapat dilihat pada Tabel 1 berikut.

Tabel 1. Ringkasan Hasil Uji Normalitas

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
<i>pretest</i>	.121	35	.200*	.963	35	.277
<i>posttest</i>	.112	35	.200*	.946	35	.083

a. Lilliefors Significance Correction

*. This is a lower bound of the true significance.

Berdasarkan Tabel 1 diperoleh $Sig. > 0,05$ (Uji Kolmogorov-Smirnov^a dan Shapiro-Wilk) diketahui bahwa data *pretest* maupun *posttest* dari penalaran matematis siswa berdistribusi normal. Dengan demikian, asumsi atau persyaratan

normalitas dalam Uji-*t* sampel berpasangan sudah terpenuhi. Selanjutnya dilakukan uji hipotesis dapat dilihat pada Tabel 2 berikut.

Tabel 2. Ringkasan Hasil Uji Hipotesis

	Paired Samples Test							
	Paired Differences							
	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference		t	df	Sig. (2-tailed)
				Lower	Upper			
Pair 1 <i>pretest - posttest</i>	-2.51143E1	13.10315	2.21484	-29.61537	-20.61320	-11.339	34	.000

Berdasarkan Tabel 2 diperoleh $Sig. < 0,05$ ($0,000 < 0,05$) yang berarti terdapat peningkatan yang signifikan kemampuan penalaran matematis siswa melalui pembelajaran sesudah mendapatkan pembelajaran dengan *e-modul* logika matematika berbasis *phet simulation*. Peningkatan kemampuan penalaran matematis siswa tersebut terjadi karena siswa yang pada mulanya mengikuti pembelajaran materi logika matematika dengan media yang telah disediakan oleh guru di sekolah, menjadi lebih termotivasi

belajar dengan menggunakan *e-modul* logika matematika berbasis *phet simulation*. Dengan penerapan pembelajaran yang dirasakan baru oleh siswa tersebut siswa menjadi lebih bersemangat dalam mengikuti pembelajaran ditambah lagi dapat mengakses modul pembelajaran dimanapun dan kapanpun serta lebih menarik dalam belajar dan merasa tertantang oleh *phet simulation*.

Beberapa penelitian terdahulu tentang kemampuan penalaran matematis siswa

melalui pembelajaran dengan *e-modul* logika matematika berbasis *phet simulation* yaitu menyimpulkan bahwa (1) Modul praktikum logika matematika berbasis *phet simulation* berpengaruh terhadap kemampuan penalaran matematis mahasiswa [4]; (2) LKS berbasis virtual lab berbantuan simulasi *PhET* yang dikembangkan memenuhi kriteria valid dan dapat meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa, serta mendapat respon positif dari siswa [22]; (3) Penggunaan *e-modul* Matematika Dasar pada materi Logika Matematika efektif untuk meningkatkan *divergent thinking skills* siswa [12]; (4) Simulasi *PhET* merupakan media pembelajaran yang mampu untuk meningkatkan efektivitas belajar siswa [20]; (5) Pembelajaran dengan menggunakan *PhET Simulation* dapat meningkatkan pemahaman konsep fisika peserta didik [19]; dan (6) Pengaruh linear yang positif dan signifikan antara simulasi *PhET* terhadap kualitas dan hasil belajar fisika [17]. Dari beberapa penelitian terdahulu tersebut menunjukkan bahwa *e-modul* berbasis *phet simulation* dapat menunjang proses pembelajaran serta meningkatkan kemampuan matematis peserta didik khususnya kemampuan penalaran matematis siswa kelas XI SMK Koperasi Pontianak.

SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan maka dapat disimpulkan bahwa pembelajaran dengan *e-modul* logika matematika berbasis *phet simulation* pada kelas XI SMK Koperasi Pontianak dapat meningkatkan kemampuan penalaran matematis siswa dimana diperoleh persentase ketuntasan belajar sebelum dan sesudah diberikan pembelajaran tersebut sebesar 41% dan 59%.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan penulis kepada LPPM IKIP PGRI Pontianak yang

telah memberikan dana hibah Penelitian Kompetitif tahun anggaran 2022 beserta SMK Koperasi Pontianak sebagai mitra penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. A. Kotto, U. Babys, dan N. J. M. Gella, "Meningkatkan Kemampuan Penalaran Matematika Siswa Melalui Model PBL (Problem Based Learning)," *J. Sains dan Edukasi Sains*, vol. 5, no. 1, pp. 24–27, 2022, doi: 10.24246/juses.v5i1p24-27.
- [2] NCTM, *Principles and Standards for School Mathematics*. United States of America: The National Council of Teachers of Mathematics, Inc, 2000.
- [3] Ikhwanuddin, M. Ikhsan, dan R. Johar, "Peningkatan Kemampuan Penalaran Matematis melalui Pendekatan Pembelajaran Contextual Teaching and Learning pada Materi Logika Siswa SMAN 7 Aceh Barat Daya," *J. Peluang*, vol. 7, no. 1, pp. 177–184, 2019.
- [4] D. Oktaviana dan I. Prihatin, "Pengaruh Penggunaan Modul Praktikum Logika Matematika Berbasis Phet Simulation terhadap Kemampuan Penalaran Matematis Mahasiswa," in *Prosiding Seminar Nasional Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat*, 2020, pp. 12–16. [Online]. Available: <http://www.tjybjb.ac.cn/CN/article/downloadArticleFile.do?attachType=PDF&id=9987>
- [5] T. S. Sumartini, "Peningkatan Kemampuan Penalaran Matematis Siswa Melalui Pembelajaran Berbasis Masalah," *Mosharafa J. Pendidik. Mat.*, vol. 5, no. 1, pp. 1–10, 2015.
- [6] M. Konita, M. Asikin, dan T. S. Noor Asih, "Kemampuan Penalaran Matematis dalam Model Pembelajaran Connecting, Organizing, Reflecting, Extending

- (CORE),” *Prism. Semin. Nas. Mat.*, vol. 2, pp. 611–615, 2019.
- [7] I. Saputri, E. Susanti, dan N. Aisyah, “Kemampuan Penalaran Matematis Siswa Menggunakan Pendekatan Metaphorical Thinking pada Materi Perbandingan Kelas VIII di SMPN 1 Indralaya Utara,” *J. Elem.*, vol. 3, no. 1, p. 15, 2017, doi: 10.29408/jel.v3i1.302.
- [8] S. Raharjo, H. Saleh, dan D. Sawitri, “Analisis Kemampuan Penalaran Matematis Siswa dengan Pendekatan Open-Ended dalam Pembelajaran Matematika,” *Paedagoria J. Kajian, Penelit. dan Pengemb. Kependidikan*, vol. 11, no. 1, pp. 36–43, 2020, doi: 10.31764/paedagoria.v11i1.1881.
- [9] I. A. D. Astuti dan S. Handayani, “Penggunaan Virtual Laboratory Berbasis PhET Simulation untuk Menentukan Konstanta Wien,” *J. Penelit. Pembelajaran Fis.*, vol. 9, no. 2, pp. 66–72, 2018, doi: 10.26877/jp2f.v9i2.2487.
- [10] M. Muslimin dan S. Sunardi, “Analisis Kemampuan Penalaran Matematika Siswa SMA pada Materi Geometri Ruang,” *Kreano, J. Mat. Kreat.*, vol. 10, no. 2, pp. 171–178, 2019, doi: 10.15294/kreano.v10i2.18323.
- [11] D. K. Putri, J. Sulianto, and M. Azizah, “Kemampuan Penalaran Matematis Ditinjau dari Kemampuan Pemecahan Masalah,” *Int. J. Elem. Educ.*, vol. 3, no. 3, pp. 351–357, 2019, doi: 10.23887/ijee.v3i3.19497.
- [12] F. Rahmawati, M. D. Pamungkas, and B. Ardiyanto, “Pengembangan E-Modul Logika Matematika berbasis HOTS untuk Meningkatkan Divergent Thinking Skill,” *J. Didact. Math.*, vol. 3, no. 2, pp. 68–74, 2021, [Online]. Available: <https://ejournal.unma.ac.id/index.php/dm/article/view/1629>
- [13] N. Hikmah and A. K. Haqiqi, “Pengembangan E-Modul Matematika Terintegrasi Nilai-Nilai Islam Berbasis Pendekatan Saintifik pada Materi Bentuk Aljabar,” *J. Focus Action Res. Math. (Factor M)*, vol. 4, no. 1, pp. 125–140, 2021, doi: 10.30762/factor_m.v4i1.3438.
- [14] S. Andriani dan N. Izzati, “Pengembangan E-modul Berbasis Kontekstual pada Materi Logika Matematika Kelas XI SMK,” *J. Pendidik. Mat. dan Sains*, vol. 8, no. 1, pp. 32–35, 2020, [Online]. Available: <http://journal.uny.ac.id/index.php/jpms>
- [15] L. Pombo, M. Smith, M. Abelha, H. Caixinha, and N. Costa, “Evaluating an Online E-module for Portuguese Primary Teachers: Trainees’ Perceptions,” *Technol. Pedagog. Educ.*, vol. 21, no. 1, pp. 21–36, 2012.
- [16] S. Fithriani, A. Halim, and I. Khaldun, “Penggunaan Media Simulasi Phet dengan Pendekatan Inkuiri Terbimbing untuk Meningkatkan Keterampilan Berpikir Kritis Siswa pada Pokok Bahasan Kalor di SMA Negeri 12 Banda Aceh,” *J. Pendidik. Sains Indones.*, vol. 4, no. 2, pp. 45–52, 2016.
- [17] Y. Alam, F. N. Putra, dan R. Sholichin, “Pengaruh Simulasi PhET (Physic Education and Tecnology) terhadap Kualitas dan Hasil Belajar,” *Briliant J. Ris. dan Konseptual*, vol. 6, no. 1, pp. 225–231, 2021, doi: 10.28926/briliant.v6i1.599.
- [18] D. R. Rizaldi, A. W. Jufri, dan J. Jamaluddin, “PhET: Simulasi Interaktif dalam Proses Pembelajaran Fisika,” *J. Ilm. Profesi Pendidik.*, vol. 5, no. 1, pp. 10–14, 2020, doi: 10.29303/jipp.v5i1.103.
- [19] S. I. Masita, P. B. Donuata, A. A. Ete, dan M. E. Rusdin, “Penggunaan

- Phet Simulation dalam Meningkatkan Pemahaman Konsep Fisika Peserta Didik,” *J. Penelit. Pendidik. Fis.*, vol. 5, no. 2, p. 136, 2020, doi: 10.36709/jipfi.v5i2.12900.
- [20] S. R. Muzana, S. P. W. Lubis, dan Wirda, “Penggunaan Simulasi PhET terhadap Efektivitas Belajar IPA,” *J. Dedik. Pendidik.*, vol. 5, no. 1, pp. 227–236, 2021, [Online]. Available: <http://jurnal.abulyatama.ac.id/index.php/dedikasi>
- [21] I. Prihatin dan D. Oktaviana, “Pengembangan Modul Praktikum Logika Matematika Berbasis Simulasi PhET untuk Meningkatkan Kemampuan Penalaran Siswa,” *Kreano, J. Mat. Kreat. -Inovatif*, vol. 12, no. 2, pp. 189–199, 2021, [Online]. Available: <http://journal.unnes.ac.id/nju/index.php/kreano>
- [22] Muliani, D. Siska, dan A. Hasri, “Pengembangan LKS (Lembar Kerja Siswa) Berbasis Virtual Lab Berbantuan Simulasi Phet untuk Meningkatkan Keterampilan Berpikir Kritis Siswa pada Materi Getaran Harmonik,” *Relativ. J. Ris. Inov. Pembelajaran Fis.*, vol. 5, no. 1, pp. 59–68, 2022.