

Efektivitas Program Pembelajaran Menggunakan Model Pembelajaran ExPRession untuk Meningkatkan *Systems Thinking Skills* Siswa

Septina Sri Haryanti¹, Kartini Herlina^{2*}, Abdurrahman³, Ike Festiana⁴, Munadhirotul Azizah⁵

^{1,2,3,5}. Universitas Lampung, ⁴ Universitas Nahdlatul Ulama Lampung

*E-mail: kkartini.herlina@gmail.com

Abstrak

Penelitian ini mendeskripsikan efektivitas program pembelajaran menggunakan Model Pembelajaran ExPRession untuk meningkatkan keterampilan sistem berpikir siswa pada materi interferensi cahaya. Sampel penelitian terdiri dari siswa kelas XI MIPA 1 dan XI MIPA 2 dari salah satu SMA di Lampung Timur. Desain penelitian yang digunakan adalah *Non-Equivalent Pretest-Posttest Control Group Design*. Teknik pengumpulan data menggunakan teknik tes. Instrumen tes berupa 7 soal esai yang mengakomodasi tujuh indikator kemampuan berpikir sistem, yaitu: 1) mengeksplorasi berbagai sudut pandang; 2) mempertimbangkan permasalahan secara tepat; 3) menetapkan batasan; 4) unsur pembeda dan pengukur; 5) mengidentifikasi dan mengkarakterisasi hubungan; 6) mengidentifikasi dan mengkarakterisasi umpan balik; 7) menjelaskan dan memprediksi perilaku sistem. Teknik analisis data menggunakan data deskriptif dan parametrik dengan menggunakan Independent Sample T-Test dan N-gain. Hasil Uji Independent Sample T-Test menunjukkan bahwa Sig. (2-tailed) posttest 0,001 kurang dari 0,05 yang berarti terdapat perbedaan yang signifikan rata-rata skor keterampilan berpikir sistem siswa pada kelas eksperimen dan kontrol setelah diberikan perlakuan. Peningkatan keterampilan berpikir sistem siswa pada kelas eksperimen yang melaksanakan program pembelajaran dengan model Pembelajaran ExPRession sebesar 0,6 termasuk dalam kategori sedang, lebih signifikan dibandingkan dengan kelas kontrol dengan pembelajaran konvensional yaitu sebesar 0,2 dengan kategori rendah.

Kata kunci: efektivitas, ExPRession, *Systems Thinking Skills*.

PENDAHULUAN

Keterampilan Abad 21 diakui sebagai standar kompetensi yang harus dimiliki siswa untuk memenuhi tuntutan keberhasilan dalam pekerjaan dan kehidupan di masa depan (Asrizalet al, 2018; Kan'an, 2018). Oleh karena itu, memasukkan kompetensi abad ke-21 ke dalam kurikulum pendidikan, khususnya pendidikan tingkat menengah, sangatlah penting. Perubahan pola pikir, cara belajar, dan cara bertindak siswa dalam mengembangkan inovasi kreatif di berbagai bidang dapat dilakukan sebagai upaya perbaikan sistem pendidikan (Adel & Dayan, 2021; Lucas & Hanson, 2016; Shurygin & Krasnova, 2016). Guru dapat mendukung hal tersebut dengan menggali potensi siswa untuk beradaptasi dengan perubahan yang ada agar berhasil dalam kehidupan saat ini (Ashraf, 2020; Gleason, 2018; Häkkinen, 2017). Kebaruan ide dan kreativitas guru dalam mengembangkan cara penyajian materi pelajaran di sekolah sangat diperlukan sebagai bagian dari inovasi pembelajaran abad 21 saat ini. Kreativitas berkaitan dengan kemampuan guru dalam memilih metode, pendekatan, dan media yang tepat dalam menyajikan materi pembelajaran (Gunawan et al, 2019; Kusasi et al 2021), yang dapat dikembangkan dalam suatu perangkat atau program pembelajaran. Tentunya perangkat pembelajaran yang dikembangkan harus mampu melatih keterampilan abad 21 siswa (Aslan, 2015; Barak, 2017).

Salah satu keterampilan abad ke-21 yang penting untuk dipraktikkan adalah berpikir kritis dan pemecahan masalah (Afandi, 2019; Doleck et al, 2017). Keduanya memerlukan pemikiran sistem untuk memudahkan siswa menghubungkan sebab dan akibat suatu fenomena, mengkaji interaksi antar komponen sebagai suatu susunan interaksi, dan meningkatkan pemahaman mereka terhadap banyak topik, salah satunya sains (Hmelo-Silver, 2007; Ke L et al, 2021). Pemikiran sistem digunakan untuk

menganalisis bagian dari keseluruhan interaksi antara siswa dalam memberikan hasil keseluruhan dalam sistem yang kompleks, menerima peningkatan perhatian tidak hanya dalam pendidikan tetapi juga dalam kehidupan sehari-hari (Bobek & Tversky, 2016; Hilpert, 2018; Stuntz, 2001).

Berpikir sistem sangat penting untuk memperoleh informasi, membuat keputusan, dan memecahkan masalah dalam semua aspek kehidupan pribadi, sosial, dan profesional (Afandi, 2019; Hogan, 2000). Namun fakta menggambarkan bahwa berpikir sistem perlu dilatih secara menyeluruh dalam pembelajaran. Hal ini diketahui dari temuan studi pendahuluan terhadap sekolah-sekolah di 4 kabupaten di Lampung dimana keterbatasan alokasi waktu, keterbatasan media pembelajaran dan sumber belajar yang mumpuni, serta kurangnya waktu untuk melakukan eksperimen memicu belum diterapkannya pemikiran sistem dalam pembelajaran. Mengeksplorasi berbagai perspektif, mempertimbangkan masalah dengan tepat, mendefinisikan batasan, membedakan dan mengukur elemen, mengidentifikasi dan mengkarakterisasi hubungan, mengidentifikasi dan mengkarakterisasi umpan balik, dan menjelaskan dan memprediksi perilaku sistem merupakan indikator dari pemikiran sistem (Can, 2020). Semua keterampilan tersebut dapat diterapkan untuk menyelesaikan permasalahan yang berkaitan dengan fenomena yang ada dalam kehidupan sehari-hari (Gurr et al, 2020; Nurse & Grant, 2020)

Salah satu keterampilan abad ke-21 yang penting untuk dipraktikkan adalah berpikir kritis dan pemecahan masalah (Afandi, 2019; Doleck et al, 2017). Keduanya memerlukan pemikiran sistem untuk memudahkan siswa menghubungkan sebab dan akibat suatu fenomena, mengkaji interaksi antar komponen sebagai suatu susunan interaksi, dan meningkatkan pemahaman mereka terhadap banyak topik, salah satunya sains (Hmelo-Silver, 2007; Ke L et al, 2021). Pemikiran sistem digunakan untuk menganalisis bagian dari keseluruhan interaksi antara siswa dalam memberikan hasil keseluruhan dalam sistem yang kompleks, menerima peningkatan perhatian tidak hanya dalam pendidikan tetapi juga dalam kehidupan sehari-hari (Bobek & Tversky, 2016; Hilpert, 2018; Stuntz, 2001).

Berpikir sistem sangat penting untuk memperoleh informasi, membuat keputusan, dan memecahkan masalah dalam semua aspek kehidupan pribadi, sosial, dan profesional (Afandi, 2019; Hogan, 2000). Namun fakta menggambarkan bahwa berpikir sistem perlu dilatih secara menyeluruh dalam pembelajaran. Hal ini diketahui dari temuan studi pendahuluan terhadap sekolah-sekolah di 4 kabupaten di Lampung dimana keterbatasan alokasi waktu, keterbatasan media pembelajaran dan sumber belajar yang mumpuni, serta kurangnya waktu untuk melakukan eksperimen memicu belum diterapkannya pemikiran sistem dalam pembelajaran. Mengeksplorasi berbagai perspektif, mempertimbangkan masalah dengan tepat, mendefinisikan batasan, membedakan dan mengukur elemen, mengidentifikasi dan mengkarakterisasi hubungan, mengidentifikasi dan mengkarakterisasi umpan balik, dan menjelaskan dan memprediksi perilaku sistem merupakan indikator dari pemikiran sistem (Can, 2020). Semua keterampilan tersebut dapat diterapkan untuk menyelesaikan permasalahan yang berkaitan dengan fenomena yang ada dalam kehidupan sehari-hari (Gurr et al, 2020; Nurse & Grant, 2020).

Salah satu jenis pembelajaran yang mempunyai ciri khas adalah memunculkan fenomena sehari-hari yang berkaitan erat dengan kehidupan dan memerlukan keterlibatan siswa dalam merefleksikannya, yaitu Fisika (Calmer, 2019; Furtak & Penuel, 2019; Geller et al, 2018). Pembelajaran fisika dapat dilakukan dengan menerapkan tahapan memahami permasalahan dari fenomena yang disajikan, menjelaskannya, dan menghasilkan prediksi tentang situasi berikut yang masih saling berkaitan (Doktor, 2014; Herlina, 2020; Kubricht et al 2017). Hal ini tertuang dalam salah satu model pembelajaran ExPReSSion yaitu sebagai model pembelajaran yang terdiri dari kegiatan pemecahan masalah yang ditampilkan dalam bentuk fenomena-fenomena untuk memotivasi siswa dan memicu pembelajaran khususnya pada topik (Herlina, 2020; Putranta & Jumadi, 2019). Model ini terdiri dari orientasi sintaksis, ekspresi, investigasi, evaluasi, dan generalisasi, dengan aktivitas pada setiap sintaksis yang berpotensi melatih indikator keterampilan berpikir sistem. Kegiatan orientasi sintaksis dalam mengamati fenomena dan sintaksis ekspresi dalam menemukan masalah, membuat sketsa representasi masalah, membuat diagram sinar, dan membuat persamaan matematika dapat melatih

indikator untuk mempertimbangkan masalah dengan benar. Sintaks investigatif melalui kegiatan inkuiri dapat melatih siswa dalam mendefinisikan batasan, membedakan dan mengkuantifikasi unsur-unsur, mengidentifikasi dan mengkarakterisasi hubungan, serta memprediksi dan menjelaskan perilaku sistem. Sintaks evaluasi berupa penyajian hasil penyelidikan dan evaluasi hasil kerja dapat melatih siswa dalam mengeksplorasi berbagai sudut pandang serta mengidentifikasi dan mengkarakterisasi umpan balik. Terakhir, sintaks generalisasi berupa penyelesaian masalah fisika dapat melatih siswa mempertimbangkan masalah dan mendefinisikan (Herlina, 2020; Haryanti, 2023). Namun penelitian sebelumnya mengenai model ExPRession sejauh ini masih jarang dilakukan. Penelitian yang menggunakan model ExPRession meliputi validitas program pembelajaran yang menggunakan model ini untuk merangsang berpikir sistem dan keterampilan berhitung (Haryanti, 2023), validitas e-Worksheets yang menggunakan model ini dalam merangsang keterampilan berpikir komputasi (Indah Pratiwi, 2023) dan penerapan model ini dalam pelatihan pemecahan masalah dan berpikir komputasi (Limbong et al, 2023), belum diteliti keefektifannya dalam meningkatkan berpikir sistem dalam pembelajaran fisika.

Materi Fisika yang termasuk dalam materi optika adalah gelombang cahaya, yang didalamnya terdapat subtopik Interferensi Cahaya. Subtopik ini sulit bagi siswa (Krijtenburg-Lewerissa et al, 2017; Nurdiansah et al 2020). Siswa mengalami kesulitan; mereka memerlukan bantuan penerapan model gelombang untuk menjelaskan interferensi setelah guru menjelaskan hanya dengan menggunakan metode ceramah (Ambrose et al, 1999). Selain itu, siswa tidak dapat menggunakan pemahaman yang dipelajari dalam optik fisik pada tingkat pengantar atau lanjutan untuk mengembangkan model yang koheren untuk memprediksi dan menjelaskan efek interferensi cahaya (Wosilait et al, 1999). Kesulitan belajar pada topik ini dapat menghambat pemahaman topik-topik yang lebih kompleks nantinya jika tidak segera diperbaiki, seperti sifat gelombang materi dan model foton cahaya (Ambrose et al, 1999).

Hasil analisis keterampilan berpikir sistem menunjukkan bahwa keterampilan tersebut sangat mendasar untuk diterapkan dalam proses pembelajaran sebagai wujud peningkatan pendidikan di era modern saat ini (Hmelo-Silver, 2007; Wang et al, 2018) dan dapat digunakan untuk mengantisipasi perubahan global (Baharuddin, 2022). Namun penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa penerapan keterampilan berpikir sistem dalam pembelajaran belum berjalan dengan baik karena beberapa kendala, salah satunya adalah guru yang masih harus menjadi profesional (Baharuddin, 2022). Selain itu, penelitian oleh (Aspridanel et al, 2022) terkait dengan perspektif guru terhadap flippedclasses menggunakan e-modul terintegrasi STEM untuk meningkatkan kemampuan berpikir sistem dan penelitian oleh (Haryanti, 2023) tentang validitas program pembelajaran menggunakan model ExPRession dalam menstimulasi kemampuan berpikir sistem dan berhitung. Keduanya belum diuji keefektifannya dalam pembelajaran. Oleh karena itu, penting dilakukan penelitian untuk mendeskripsikan efektivitas program pembelajaran menggunakan model ExPRession untuk meningkatkan keterampilan sistem berpikir siswa pada materi interferensi cahaya.

METODE/EKSPERIMEN

Penelitian ini menggunakan Non-Equivalent Pretest-Posttest Control Group Design dengan menggunakan teknik purposive sampling untuk mengambil sampel dari populasi. Populasinya berasal dari siswa kelas XI sebuah SMA di Kabupaten Lampung Timur, sedangkan sampel penelitiannya adalah siswa kelas XI MIPA 1 sebagai kelas kontrol dengan pembelajaran konvensional dan kelas XI MIPA 2 sebagai kelas eksperimen yang melaksanakan program pembelajaran menggunakan metode pembelajaran konvensional. Model ekspresi.

Instrumen yang digunakan berbentuk esai berjumlah tujuh butir yang memuat tujuh indikator keterampilan berpikir sistem, yaitu: 1) mengeksplorasi berbagai sudut pandang; 2) mempertimbangkan permasalahan secara tepat; 3) menetapkan batas-batas; 4) membedakan dan mengukur unsur-unsur; 5) mengidentifikasi dan mengkarakterisasi hubungan; 6) mengidentifikasi dan mengkarakterisasi umpan balik; dan 7) menjelaskan dan memprediksi perilaku sistem. Instrumen ini telah diuji validitas

dan reliabilitasnya. Uji validitas menunjukkan tujuh item berkategori valid, dan reliabilitas instrumen menunjukkan nilai koefisien reliabilitas sebesar 0,74 dengan kategori reliabilitas tinggi.

Data keefektifan diperoleh dari skor pretest dan posttest pada kelas eksperimen yang melaksanakan program pembelajaran menggunakan model ExPRession dan kelas kontrol dengan pembelajaran konvensional. Data tersebut kemudian dilakukan dengan teknik analisis statistik parametrik dengan menggunakan Independent Sample T-Test yang dibantu dengan software SPSS. Uji normalitas menggunakan uji one sample Smirnov Kormogorof, dan uji homogenitas menggunakan Levene's Test. Hasil uji normalitas menunjukkan data berdistribusi normal, sehingga dilanjutkan dengan uji parametrik menggunakan Independent Sample T-Test.

Persamaan berikut menghitung peningkatan keterampilan berpikir sistem terhadap hasil N-Gain dengan persamaan (1):

$$N - \text{gain} = \frac{\text{posttest score} - \text{pretest score}}{\text{maximum score} - \text{pretest score}} \quad (1)$$

Dengan kriteria nilai N-Gain, $0 < G < 0,3$ termasuk dalam kategori rendah, $0,3 \leq G < 0,7$ termasuk dalam kategori sedang, dan $0,7 < G$ termasuk dalam kategori tinggi (Hake, 1998).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

Hasil penelitian ini berupa data keterampilan berpikir sistem siswa yang diperoleh dari skor pretest, posttest, dan N-Gain pada kelas eksperimen dan kontrol. Data keterampilan berpikir sistem kemudian diuji normalitas, uji homogenitas, Uji Independent Sample T-Test, dan N-Gain. Hasil uji normalitas (satu sampel Kolmogorov-Smirnov) dan statistik deskriptif masing-masing ditunjukkan pada Tabel 1 dan Tabel 2.

Tabel 1. Hasil Uji Normalitas

Sig.	Pretest		Posttest	
	Experiment	Control	Experiment	Control
	0.062	0.144	0.162	0.131
Decision	Normal			

Tabel 1 menunjukkan nilai signifikansi pretest kelas eksperimen sebesar 0,062 dan kelas kontrol sebesar 0,144, serta signifikansi posttest kelas eksperimen sebesar 0,162 dan kelas kontrol sebesar 0,131. Nilai signifikansi yang diperoleh lebih besar dari signifikansi 0,05 sehingga data pretest dan posttest pada kelas eksperimen dan kontrol biasanya terdistribusi. Hal ini mendasari bahwa analisis lebih lanjut dapat dilakukan dengan analisis parametrik Independent sample T-Test.

Tabel 2. Descriptive Statistics dari Nilai *Pretest and Posttest*

	Kelas	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pretest	Experiment	24	4.17	2.681	0.547
	Control	20	3.60	2.010	0.450
Posttest	Experiment	24	21.42	9.198	1.878
	Control	20	12.90	6.223	1.392

Tabel 2 menunjukkan rata-rata skor pretest kelas eksperimen adalah 4,17 lebih besar dari kelas kontrol yaitu 3,60, dan rata-rata skor posttest kelas eksperimen adalah 21,42 lebih besar dari kelas kontrol yaitu 12,90. Hal ini menunjukkan adanya perbedaan rata-rata skor pretest kelas eksperimen dan kelas kontrol serta skor posttest kelas eksperimen dan kelas kontrol. Hasil uji homogenitas menggunakan Levene's Test terhadap skor pretest dan posttest pada kelas eksperimen dan kontrol ditunjukkan pada

Tabel 3.

Tabel 3. Experimental and Control Class Homogeneity Test Results

Levene's Test for Equality of Variances		
Sig.	Pretest	Posttest
	0.071	0.015
Decision	Homogen	Tidak homogen

Tabel 3 menunjukkan nilai signifikansi skor pretest sebesar 0,071 lebih dari 0,05 yang berarti tidak terdapat perbedaan rata-rata variance pretest pada kedua kelas atau kedua kelas bersifat homogen. Sebaliknya signifikansi posttest pada kelas eksperimen dan kelas kontrol sebesar 0,015 lebih kecil dari 0,05 yang berarti terdapat perbedaan mean variance posttest pada kedua kelas, atau kedua kelas tidak homogen setelah diberikan perlakuan. Selanjutnya hasil Independent Sample T-Test ditunjukkan pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil Independent Sample T-Test Result

t-test for Equality of Means		
Sig.	Pretest	Posttest
	0.440	0.001
Decision	H ₀ diterima	H ₀ ditolak

Tabel 4 menunjukkan Sig. (2-tailed) pretest 0,440 lebih dari 0,05 yang berarti tidak terdapat perbedaan yang signifikan rata-rata keterampilan berpikir sistem siswa pada kelas eksperimen dan kontrol sebelum perlakuan. Sebaliknya nilai Sig. (2-tailed) posttest 0,001 kurang dari 0,05 yang berarti terdapat perbedaan yang signifikan rata-rata skor keterampilan berpikir sistem siswa kelas eksperimen dan kontrol setelah diberikan perlakuan.

Karena terdapat perbedaan yang signifikan rata-rata skor keterampilan berpikir sistem siswa pada kelas eksperimen dan kontrol setelah diberikan perlakuan, maka untuk memperkuat hal tersebut dapat ditinjau peningkatannya seperti terlihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Hasil rata-rata N-Gain Mean dari kelas Eksperimen dan Kelas Kontrol

Class	N-Gain	Category
<i>Experiment</i>	0.6	<i>Currently</i>
<i>Control</i>	0.2	<i>Low</i>

Berdasarkan Tabel 5 diketahui terdapat perbedaan rata-rata N-Gain kelas eksperimen dan kelas kontrol. N-Gain kelas eksperimen sebesar 0,6 yang termasuk dalam kategori sedang, dan kelas kontrol sebesar 0,2 yang termasuk dalam kategori rendah. Hal ini menunjukkan bahwa siswa pada kelas eksperimen dan kontrol mengalami peningkatan kemampuan berpikir sistem. Peningkatan pada kelas eksperimen yang mendapat perlakuan dengan melaksanakan program pembelajaran menggunakan model Expression lebih signifikan dibandingkan dengan kelas kontrol yang melaksanakan pembelajaran konvensional. Peningkatan secara rinci pada masing-masing indikator keterampilan berpikir sistem disajikan pada Tabel 6.

Tabel 6. Hasil Rata-rata N-pada Tiap Indikator System Thinking Skills

Indicattorr	Experiment		Control	
	N-Gain	Category	N-Gain	Category
<i>Explore multiple perspectives</i>	0,6	<i>Currently</i>	0,6	<i>Currently</i>
<i>Appropriately considers the problem</i>	0,5	<i>Currently</i>	0,2	<i>Low</i>
<i>Define boundaries</i>	0,9	<i>High</i>	0,7	<i>High</i>

Indicattorr	Experiment		Control	
	N-Gain	Category	N-Gain	Category
<i>Distinguish and quantify elements</i>	0,5	Currently	0,2	Low
<i>Identify and characterize relationships</i>	0,6	Currently	0,4	Currently
<i>Identify and characterize feedback</i>	0,5	Currently	0,2	Low
<i>Describe and predict system behavior</i>	0,8	High	0,6	Currently

Tabel 6 menunjukkan bahwa peningkatan keterampilan berpikir sistem siswa pada kelas eksperimen lebih signifikan dibandingkan pada kelas kontrol untuk setiap indikatornya, kecuali pada indikator mengeksplorasi berbagai perspektif yang memperoleh N-Gain yang sama. Artinya meningkatkan keterampilan berpikir sistem pada indikator mengeksplorasi berbagai sudut pandang pada kelas yang melaksanakan pembelajaran dengan melaksanakan program pembelajaran menggunakan model Ekspresi atau pembelajaran konvensional sama saja.

Pembahasan

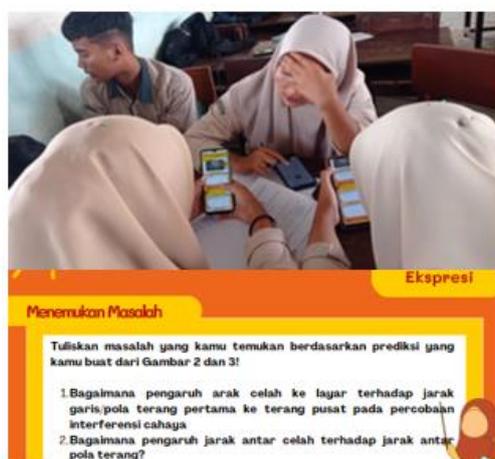
Penelitian ini dilaksanakan pada semester genap tahun ajaran 2022/2023 di salah satu SMA di Lampung Timur untuk mendeskripsikan efektivitas program pembelajaran model Expression dalam meningkatkan keterampilan berpikir sistem. Program pembelajaran yang dimaksud terdiri dari silabus, RPP, e-LKPD dan e-Handout dengan bantuan platform Canva.

Penelitian dilakukan pada dua kelas yaitu kelas eksperimen yang menerapkan program pembelajaran dengan model ExPRession dan kelas kontrol dengan pembelajaran konvensional. Hasil peningkatan keterampilan berpikir sistem siswa pada kelas eksperimen lebih signifikan dibandingkan kelas kontrol pada setiap indikatornya, kecuali pada indikator mengeksplorasi berbagai sudut pandang memperoleh N-Gain yang sama. Keterampilan berpikir sistem siswa pada kelas eksperimen mengalami peningkatan yang lebih tinggi dibandingkan kelas kontrol pada setiap indikatornya karena pada setiap sintaksis model pembelajaran Expression yang diterapkan pada kelas eksperimen terdapat kegiatan-kegiatan yang merangsang keterampilan tersebut. Sintaks pertama (orientasi) ditunjukkan pada Gambar 1, peningkatan keterampilan berpikir sistem pada indikator mempertimbangkan masalah dengan benar yaitu dengan N-Gain 0,6 termasuk dalam kategori sedang. Peningkatan ini terjadi karena sintaks orientasi memuat kegiatan melakukan prediksi berdasarkan interferensi cahaya dalam bentuk gambar dan grafik. Siswa menjadi lebih siap menghadapi sintaks berikut dengan memahami masalahnya terlebih dahulu. Siswa yang mempersiapkan pengetahuan sebelum belajar akan berprestasi lebih baik (Novitra, 2021; Zambrano, 2019) sesuai dengan teori pembelajaran bermakna yang menyatakan bahwa pengetahuan baru bergantung pada apa yang telah diketahui sebelumnya. Proses belajar bermakna apabila dalam pelaksanaannya menghubungkan informasi baru dengan konsep-konsep relevan yang terkandung dalam struktur kognitif seseorang (Ausubel, 1961).



Gambar 1. Aktivitas Siswa pada Sintaks Orientasi

Sintaks kedua (ekspresi) meningkatkan keterampilan berpikir sistem pada indikator mempertimbangkan masalah dengan benar, dengan N-Gain 0,6 dalam kategori sedang. Peningkatan ini terjadi karena sintaksis ekspresi memuat kegiatan mencari masalah, membuat sketsa representasi masalah, membuat representasi masalah dalam bentuk diagram, dan merepresentasikan fisika dalam persamaan matematika, seperti terlihat pada Gambar 2. Merepresentasikan masalah dalam berbagai bentuk (multiple representasi), dalam bentuk sketsa, diagram, dan matematika, dapat mendukung pemahaman konsep siswa (Chrestella et al, 2021; Syahri & Yusnadar, 2022).



Gambar 2. Aktivitas Siswa Pada Sintak Ekspresi

Sintaks ketiga (investigasi) meningkatkan kemampuan berpikir sistem siswa pada indikator mendefinisikan batasan dengan N-Gain 0,9 kategori tinggi, membedakan dan mengkuantifikasi unsur-unsur dengan N-Gain 0,5 kategori sedang, mengidentifikasi dan mengkarakterisasi hubungan dengan N-Gain 0,6 kategori sedang, dan menjelaskan perilaku sistem dengan N-Gain 0,8 kategori tinggi. Peningkatan ini terjadi karena sintaks investigasi berisi kegiatan merumuskan masalah dan hipotesis, menentukan variabel, melakukan eksperimen virtual untuk mengamati pola interferensi terang dan gelap dengan simulasi PhET, menyajikan data eksperimen dalam bentuk tabel dan grafik, menganalisisnya, dan membuat kesimpulan—sintaks investigasi penyelidikan ini. Penerapan eksperimen virtual ini sesuai dengan karakter siswa saat ini yang sudah terbiasa dengan gadget dan dapat meningkatkan pengetahuan dan keterampilan siswa (Burdick & Willis, 2011; Hikmawati, 2018; Zacharia & Olympiou, 2018). Situasi pembelajaran pada tahap investigasi dapat dilihat pada Gambar 3.

	A	B	C	D
1				
2	Jarak celah ke layar	Jarak terang pertama ke terang pusat	Jarak antar celah	
3	3027,5	677,1	1250	
4	2062,2	342,1	1250	
5	1169,4	127,5	1250	
6				

Gambar 3. Aktivitas Siswa Pada Sintak Investigasi

Sintaks keempat (evaluasi) meningkatkan keterampilan berpikir sistem dengan mengeksplorasi berbagai perspektif dan mengidentifikasi serta mengkarakterisasi umpan balik dengan N-Gains masing-masing 0,6 dan 0,5 dalam kategori sedang. Peningkatan ini terjadi karena sintaks evaluasi memuat kegiatan menyajikan hasil eksperimen dan melakukan penilaian diri sendiri dan rekan kerja, seperti terlihat pada Gambar 4.

The image shows a digital form with two main sections: 'Angket Penilaian Diri' (Self-Evaluation) and 'Penilaian Teman Sejawat' (Peer Evaluation). Both sections have a score of 0 of 0 points.

Angket Penilaian Diri

- Nama ***: Muhamad Galang Saputra
- Kelas ***: XI Mipa 2
- 1. Mempersiapkan alat dan bahan eksperimen ***: Rated 4 (Baik). The scale shows radio buttons for 1 (Tidak Baik), 2, 3, 4 (Baik), with 4 selected.

Penilaian Teman Sejawat

- Nama Teman yang Dinilai ***: Fery Ilham
- 1. Mempersiapkan alat dan bahan eksperimen ***: Rated 3. The scale shows radio buttons for 1 (Tidak Baik), 2, 3, 4 (Baik), with 3 selected.

Gambar 4. Aktivitas Siswa pada Sintak Evaluasi

Sintaks kelima (generalisasi) memuat kegiatan pemecahan masalah fisika dengan menerapkan deskripsi yang bermanfaat, pendekatan fisika, penerapan fisika secara spesifik, prosedur matematis, dan perkembangan logika, yang dapat dilihat pada Gambar 5. Sintaks ini meningkatkan keterampilan berpikir sistem dalam mempertimbangkan masalah dengan benar dan mendefinisikan batas-batas. Menurut (Herlina, 2020), penyelesaian masalah fisika pada tahap generalisasi membuat siswa terbiasa mentransformasikan masalah ke dalam berbagai bentuk representasi, mengidentifikasi prinsip dan hukum, kemudian mengintegrasikan penyelesaian masalah dengan berbagai prosedur matematika sehingga pada akhirnya diperoleh hasil yang baik.

Usefull Perception

Diketahui

$$d = 0,2 \text{ mm} = 0,2 \times 10^{-3} \text{ m}$$

$$y_m = 9,63 \text{ mm} = 9,63 \times 10^{-3} \text{ m}$$

$$m = 3$$

$$\lambda = 642 \text{ nm} = 642 \times 10^{-9} \text{ m}$$

Physics Approach

Interferensi celah ganda

ditanya : l

Specific App of Physics

$$l = \frac{y_m d}{m \lambda}$$

Mathematical Procedure

$$l = \frac{9,63 \times 10^{-3} \times 0,2 \times 10^{-3}}{3 \times 642 \times 10^{-9}}$$

$$l = \frac{0,601}{10^{-3}} = 1 \text{ m}$$

Logical progression

Jarak layar ke celah adalah 1 m yang lebih besar dibandingkan jarak antar celah

Gambar 5. Aktivitas Siswa Pada Sintak Generalisasi

Peningkatan keterampilan berpikir sistem pada setiap indikator melalui pelaksanaan program pembelajaran menggunakan model Expression yang telah diuraikan menunjukkan bahwa indikator yang mengalami peningkatan pada kategori tinggi adalah indikator mendefinisikan batasan dengan N-Gain 0,9, serta menjelaskan dan memprediksi perilaku sistem dengan N-Gain 0,8. Hal ini dikarenakan pada pembelajaran sintaksis investigatif pada kelas eksperimen, siswa melalui aktivitas merumuskan masalah, membuat hipotesis, menentukan variabel, dan menganalisis hasil percobaan interferensi cahaya. Kegiatan tersebut berkaitan dengan proses atau metode ilmiah yang sistematis dan terstruktur untuk memecahkan masalah atau menjawab pertanyaan ilmiah. Melalui merumuskan masalah, siswa belajar mengidentifikasi masalah yang ingin dipecahkan atau pertanyaan yang harus dijawab (Astra et al, 2020; Purwaningsih, 2020). Kemudian dalam membuat hipotesis, siswa belajar membuat prediksi yang dapat diuji secara empiris tentang apa yang mungkin terjadi jika suatu hipotesis benar (May et al, 2022; Scheel et al 2021), begitu pula dalam menentukan variabel, siswa belajar mengidentifikasi faktor-faktor yang dapat mempengaruhi hasil eksperimen dan bagaimana caranya. Untuk mengukur variabel-variabel tersebut secara objektif (Banda & Nzabahimana, 2023; Cho & Baek, 2019). Melalui aktivitas menganalisis hasil eksperimen, siswa belajar menganalisis data yang dikumpulkan selama eksperimen dan menarik kesimpulan berdasarkan hasil tersebut, sehingga mereka dapat menentukan batasan dan menjelaskan perilaku sistem, serta memprediksi bagaimana sistem akan berperilaku dalam situasi yang berbeda (Maknun, 2020; Ramdani 2021).

Lima sintaks model pembelajaran ExPRession yang disertakan dalam program pembelajaran ini meningkatkan indikator keterampilan berpikir sistem yang diadaptasi dari Can (2021). Langkah ini disusun agar siswa dapat dengan cepat menerapkan dan memahaminya sesuai dengan karakteristik materi interferensi cahaya yang sulit dipahami siswa jika hanya diajarkan secara tradisional dengan metode ceramah (Ratnasari, 2022; Riski, 2022). Pelaksanaan tahap ini dilakukan dengan metode eksperimen, diskusi, dan tanya jawab, yang menciptakan suasana belajar dalam komunitas praktik

dalam kelompok kecil dan menimbulkan kolaborasi antar siswa. Menurut teori konstruktivis sosial, pembelajaran dengan kondisi tersebut dapat membangun pengetahuan siswa (Newman, 2005). Aktivitas siswa yang berkontribusi terhadap pembelajaran ini dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 5. Pembelajaran Secara Berkelompok

Penelitian ini menghasilkan temuan berupa program pembelajaran dengan menggunakan model Expression yang dapat meningkatkan keterampilan berpikir sistem siswa. Temuan ini memberikan kontribusi terhadap praktik Guru Fisika dalam melaksanakan program pembelajaran yang dapat merangsang keterampilan berpikir sistem, serta menjadi pilihan untuk memajukan pembelajaran sesuai dengan karakteristik siswa yang saat ini terbiasa dengan platform digital. Penelitian ini menunjukkan bahwa pembelajaran fisika dengan pendekatan saintifik yang berpusat pada siswa dapat diselaraskan dengan pemanfaatan teknologi yang relevan di era digital saat ini.

PENUTUP

Berdasarkan hasil penelitian, program pembelajaran dengan model ExPRession efektif meningkatkan keterampilan berpikir sistem siswa. Hasil Uji Independent Sample T-Test menunjukkan bahwa Sig. (2-tailed) posttest 0,001 kurang dari 0,05 yang berarti terdapat perbedaan yang signifikan rata-rata skor keterampilan berpikir sistem siswa kelas eksperimen dan kontrol setelah diberikan perlakuan. Peningkatan keterampilan berpikir sistem siswa pada kelas eksperimen yang melaksanakan program pembelajaran menggunakan model Ekspresi sebesar 0,6 termasuk dalam kategori sedang, lebih signifikan dibandingkan dengan kelas kontrol dengan pembelajaran konvensional yaitu sebesar 0,2 dalam kategori rendah. Berdasarkan hasil penelitian, program pembelajaran dengan model Expression efektif meningkatkan keterampilan berpikir sistem siswa.

UCAPAN TERIMAKASIH

Ucapan terimakasih ditujukan kepada institusi yang telah mengizinkan untuk melakukan penelitian dan tempat penelitian yang telah mengizinkan peneliti untuk dilakukan penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- Adel, A., Dayan, J. (2021). Towards an intelligent blended system of learning activities model for New Zealand institutions: an investigative approach. *Humanit Soc Sci Commun*, 8(1), 1–14.
- Afandi, A., Sajidan, S., Akhyar, M., Suryani, N. (2019). Development frameworks of the Indonesian partnership 21st-century skills standards for prospective science teachers: A Delphi Study.

Jurnal Pendidikan IPA Indonesia, 8(1), 89–100.

- Ambrose, B. S., Shaffer, P. S., Steinberg, R. N., Mcdermott, L. C., Ambrose, B. S., Shaffer, P. S. (1999). An investigation of student understanding of single-slit diffraction and double-slit interference. *American Journal of Physics*, 67(2), 146-155.
- Ashraf, A. (2020). Challenges and possibilities in teaching and learning of calculus: A case study of India. *Journal for the Education of Gifted Young Scientists*, 8(1), 407–33.
- Aslan, S. (2015). Is learning by teaching effective in gaining 21st century skills? The views of pre-service science teachers. *Educational Sciences: Theory & Practice*, 15(6).
- Aspridanel, A., Abdurrahman, A., Lengkana, D., Jalmo, T. (2022). STEM-Integrated Flipped Classroom in the Teacher's Perspective: Could its Implementation in E-Module Improve System Thinking Ability?. *Indonesian Journal of Science and Mathematics Education*, 5(1), 43–52.
- Asrizal, Amran, A., Ananda, A., Festiyed, F., Sumarmin, R. (2018). The development of integrated science instructional materials to improve students' digital literacy in scientific approach. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, 7(4), 442–50.
- Astra, I. M., Raihanati, R., Mujayanah, N. (2020). Development of electronic module using creative problem-solving model equipped with HOTS problems on the kinetic theory of gases material. *Jurnal Penelitian & Pengembangan Pendidikan Fisika*, 6(2), 181–94.
- Ausubel, D. P., Fitzgerald, D. (1961). Chapter V: Meaningful Learning and Retention: Intrapersonal Cognitive Variables, 31(5), 500-510.
- Baharuddin, D. (2022). Systemic Thinking Professional Teachers Learning Development. *Jurnal Sinestesia*, 12(1).
- Banda, H. J, Nzabahimana, J. (2023). The impact of physics education technology (PhET) interactive simulation-based learning on motivation and academic achievement among malawian physics students. *J Sci Educ Technol*, 32(1), 127–41.
- Barak, M. (2017). Science teacher education in the twenty-first century: A pedagogical framework for technology-integrated social constructivism. *Res Sci Educ*, 47, 283–303.
- Bobek, E., Tversky, B. (2016). Creating visual explanations improves learning. *Cogn Res Princ Implic*, 1, 1–14.
- Burdick, A., Willis, H. (2011). Digital learning, digital scholarship and design thinking. *Des Stud*, 32(6), 546–56.
- Calmer, J. M. (2019). Teaching Physics within a Next Generation Science Standards Perspective. *Pedagogical Research*, 4(4), 1–6.
- Can, H. (2020). Implementation Of Systems Thinking Skills Module For The Context Of Energy. *Dissertation*.
- Cho, J., Baek, W. (2019). Identifying factors affecting the quality of teaching in basic science education: Physics, biological sciences, mathematics, and chemistry. *Sustainability*, 11(14), 3958.
- Chrestella, D., Haka, N. B., Supriyadi, S. (2021). Analisis Kemampuan Berpikir Kritis dan Self Regulation Peserta Didik melalui Pembelajaran Menggunakan Model Multipel Representasi. *Jurnal Bio Educatio*. 6(2), 27-34.
- Docktor, J. L, Mestre, J. P. (2014). Synthesis of discipline-based education research in physics.

Physical Review Special Topics-Physics Education Research, 10(2), 020119.

- Doleck, T., Bazelais, P., Lemay, D. J., Saxena, A., Basnet, R. B. (2017). Algorithmic thinking, cooperativity, creativity, critical thinking, and problem solving: exploring the relationship between computational thinking skills and academic performance. *Journal of Computers in Education*, 4, 355–69.
- Furtak, E. M., Penuel, W. R. (2019). Coming to terms: Addressing the persistence of “hands-on” and other reform terminology in the era of science as practice. *Sci Educ*, 103(1), 167–86.
- Geller, B. D., Turpen, C., Crouch, C. H. (2018). Sources of student engagement in Introductory Physics for Life Sciences. *Phys Rev Phys Educ Res*, 14(1), 10118.
- Gleason, N. W. (2018). Higher Education in the Era of the Fourth Industrial Revolution. Higher Education in the Era of the Fourth Industrial Revolution. *Springer Singapore*, 1–229 p.
- Gunawan, G., Harjono, A., Herayanti, L., Husein, S. (2019). Problem-based learning approach with supported interactive multimedia in physics course: Its effects on critical thinking disposition. *Journal for the Education of Gifted Young Scientists*, 7(4), 1075–89.
- Gurr, D., Longmuir, F., Reed, C. (2020). Creating successful and unique schools: leadership, context and systems thinking perspectives. *Journal of Educational Administration*, 59(1), 59-76.
- Hake, R. R. (1998). Interactive-engagement versus traditional methods: A six-thousand-student survey of mechanics test data for introductory physics courses. *Am J Phys*, 66(1), 64–74.
- Häkkinen, P., Järvelä, S., Mäkitalo-Siegl, K., Ahonen, A., Näykki, P., Valtonen, T. (2017). Preparing teacher-students for twenty-first-century learning practices (PREP 21): a framework for enhancing collaborative problem-solving and strategic learning skills. *Teachers and Teaching*, 23(1), 25–41.
- Haryanti, S. S., Herlina, K., Abdurrahman, A. (2023). The Learning Program Validity uo Using of The ExPRession Model to Stimulate Student’s System Thinking and Numeracy Skills. *Momentum: Physics Educational Journal*, 7(1), 164–77.
- Herlina, K. (2020). *Model Pembelajaran ExPRession untuk Membangun Model Mental dan Kemampuan Problem Solving*. Yogyakarta: Graha Ilmu. 54 p.
- Hikmawati, H., Kusmiyati, K., Sutrio, S., Kurniawan, E., Sakdiyah, H. (2018). Implementasi Metode Real Experiments dan Virtual Experiments Pada Pembelajaran Fisika di SMAN 1 Kediri. *Jurnal Pendidikan Fisika dan Teknologi*, 4(2), 185–91.
- Hilpert, J. C., Marchand, G. C. (2018). Complex systems research in educational psychology: Aligning theory and method. *Educ Psychol*, 53(3), 185–202.
- Hmelo-Silver, C. E. (2007). Fish swim, rocks sit, and lungs breathe: Expert-novice understanding of complex systems and designs for learning. *The Journal of the Learning Sciences*, 16(3), 307–331.
- Hogan, K. (2000). Assessing students’ systems reasoning in ecology. *J Biol Educ*, 35(1), 22–8.
- Indah Pratiwi, F. A., Herlina, K., Viyanti, V., Andra, D. (2023). Validation of ExPRession Learning Model-based E-Worksheet Assisted with Heyzine to Construct Computational Thinking Skill. *Jurnal Ilmiah Pendidikan Fisika*, 7(1), 120.
- Kan’an, A. (2018). The Relationship between Jordanian Students’ 21st Century Skills (Cs21) and

Academic Achievement in Science. *Journal of Turkish Science Education*, 15(2), 82–94.

- Ke, L., Sadler, T. D., Zangori, L., Friedrichsen, P.J. (2021). Developing and using multiple models to promote scientific literacy in the context of socio-scientific issues. *Sci Educ (Dordr)*, 30(3), 589–607.
- Krijtenburg-Lewerissa, K., Pol, H. J., Brinkman, A., Van Joolingen, W. R. (2017). Insights into teaching quantum mechanics in secondary and lower undergraduate education. *Phys Rev Phys Educ Res*, 13(1), 010109.
- Kubricht, J. R., Holyoak, K. J., Lu, H. (2017). Intuitive physics: Current research and controversies. *Trends Cogn Sci*, 21(10), 749–59.
- Kusasi, M., Fahmi, F., Sanjaya, R. E., Riduan, M., Anjani, N. (2021). Feasibility of STEM-based basic chemistry teaching materials to improve students' science literature in wetland context. *Journal of Physics: Conference Series. IOP Publishing*, p. 012022.
- Limbong, N., Herlina, K., Maulina, H. (2023). Problem-Solving and Computational Thinking Practices: Lesson Learned from The Implementation of ExPRession Model. *JIPF (Jurnal Ilmu Pendidikan Fisika)*, 8(1).
- Lucas, B., Hanson, J. (2016). Thinking like an engineer: Using engineering habits of mind and signature pedagogies to redesign engineering education. *International Association of Online Engineering*, 6(2), 4-13.
- Maknun, J. (2020). Implementation of Guided Inquiry Learning Model to Improve Understanding Physics Concepts and Critical Thinking Skill of Vocational High School Students. *International Education Studies*, 13(6), 117–30.
- May, J. M., Barth-Cohen, L. A., Gerton, J. M., De Grandi, C., Adams, A. L. (2022). Student sensemaking about inconsistencies in a reform-based introductory physics lab. *Phys Rev Phys Educ Res*, 18(2), 020134.
- Newman, M. J. (2005). Problem Based Learning: An introduction and overview of the key features of the approach. *J Vet Med Educ*, 32(1), 12–20.
- Novitra, F., Festiyed, Yohandri, Asrizal. (2021). Development of Online-based Inquiry Learning Model to Improve 21st-Century Skills of Physics Students in Senior High School. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 17(9), 1–20.
- Nurdiansah, I., Islami, F. H., Nana, N. (2020). Penerapan Model POE2WE Yang Di Integrasikan dengan Bencana Tsunami Sebagai Upaya Pemahaman Konsep Fisika pada Materi Gelombang Berjalan dan Gelombang Stasioner Bagi Siswa Kelas XI SMA. *EduFisika*, 5(01), 16–22.
- Nurse, M. S., Grant, W. J. (2020). I'll see it when I believe it: Motivated numeracy in perceptions of climate change risk. *Environ Commun*, 14(2), 184–201.
- Purwaningsih, E., Sari, S. P., Sari, A. M., Suryadi, A. (2020). The Effect of STEM-PjBL and Discovery Learning on Improving Students' Problem-Solving Skills of Impulse and Momentum Topic. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, 9(4), 465–76.
- Putranta, H., Jumadi, J. (2019). Physics teacher efforts of Islamic high school in Yogyakarta to minimize students' anxiety when facing the assessment of physics learning outcomes. *Journal for the Education of Gifted Young Scientists*, 7(2), 119–36.
- Ramdani, A., Jufri, A. W., Gunawan, G., Fahrurrozi, M., Yustiqvar, M. (2021). Analysis of Students'

Critical Thinking Skills in terms of Gender Using Science Teaching Materials Based on The 5E Learning Cycle Integrated with Local Wisdom. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, 10(2), 187–99.

Ratnasari, R., Barorah, S. N. (2022). Penerapan Model Inkuiri Terbimbing Pada Materi Gelombang Cahaya Untuk Meningkatkan Penguasaan Konsep Dan Keterampilan Sains Siswa Kelas XI SMAIT Putri Abu Hurairah Mataram. *Jurnal Pengabdian Magister Pendidikan IPA*, 5(2), 197–203.

Riski, W. Y. (2022). Pengembangan Media Pembelajaran Berbasis Android Bermuatan Kearifan Lokal pada Materi Gerak Di Masa New Normal Covid-19 Kelas VIII SMP Negeri 1 Ledo. *Jurnal Inovasi Pendidikan dan Pengajaran (JIPP)*, 1(2), 96–105.

Scheel, A. M., Tiokhin, L., Isager, P. M., Lakens, D. (2021). Why hypothesis testers should spend less time testing hypotheses. *Perspectives on Psychological Science*, 16(4), 744–55.

Shurygin, V. Y., Krasnova, L. A. (2016). Electronic Learning Courses as a Means to Activate Students' Independent Work in Studying Physics. *International Journal of Environmental and Science Education*, 11(8), 1743–51.

Stuntz, L. N., Debra, A., Lyneis, D. A, Richardson, G. P. (2001). The Future of System and Learner-Centered Learning in K-12 Education. Education (Chula Vista).

Suryawati, E., Osman, K. (2017). Contextual learning: Innovative approach towards the development of students' scientific attitude and natural science performance. *Eurasia Journal of mathematics, science and technology education*, 14(1), 61–76.

Syahri, W., Yusnadar, Y. (2022). Pengembangan E-Book Materi Gas Ideal Berbasis Multipel Representasi Menggunakan 3D Pageflip. *Journal of The Indonesian Society of Integrated Chemistry (On Progress)*, 14(1), 1–9.

Wang, J., Jou, M, Lv Y., Huang, C. C. (2018). An investigation on teaching performances of model-based flipping classroom for physics supported by modern teaching technologies. *Comput Human Behav*, 84, 36–48.

Wosilait, K., Heron, P.R., Shaffer, P.S., Mcdermott, L.C. (1999). Addressing student difficulties in applying a wave model to the interference and diffraction of light to the interference and diffraction of light. *American Journal of Physics*, 67(S1), S5-S15.

Zacharia, Z. C., Olympiou, G. (2011). Physical versus virtual manipulative experimentation in physics learning. *Learn Instr.* 21(3), 317–31.

Zambrano, R. J., Kirschner, F., Sweller, J., Kirschner, P. A. (2019). Effects of prior knowledge on collaborative and individual learning. *Learn Instr*, 63.