



## **Efektivitas Model Pembelajaran PEPSA pada Pengantar Fisika Kuantum untuk Meningkatkan Keterampilan Berpikir Kritis Mahasiswa**

### **Paken Pandiangan**

Program Studi Pendidikan Fisika, Universitas Terbuka, Jl. Cabe Raya Tangerang Selatan, Indonesia  
Korespondensi penulis, e-mail: [pakenp@ecampus.ut.ac.id](mailto:pakenp@ecampus.ut.ac.id)

**Abstrak:** Telah dilakukan uji efektivitas terhadap sebuah model pembelajaran PEPSA yang terdiri atas lima sintak melalui penelitian EDR (Educational and Development Research). Kelima sintak tersebut adalah Purpuse, Explanation, Problem-Solving, Summary, dan Advance-Drills. Setiap fase dari kelima sintak model pembelajaran PEPSA didukung baik secara teori pembelajaran modern maupun secara empiris dari para pakar dan praktisi pendidikan sains yang ahli dalam pengembangan model dan strategi pembelajaran. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis efektivitas model pembelajaran PEPSA melalui tutorial online untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis (KBK) mahasiswa pada mata kuliah pengantar fisika kuantum. Penelitian ini menggunakan one group pre-test and post-test design pada kelompok tunggal satu kelas (30 mahasiswa) dan kelompok replikasi tiga kelas (90 mahasiswa) tanpa menggunakan kelompok kontrol. Penelitian diawali dengan menyusun perangkat Model pembelajaran PEPSA. Sebelum dilakukan pembelajaran, mahasiswa diberikan tes KBK pada mata kuliah pengantar fisika kuantum (pre-test) dan sesudah pembelajaran, mahasiswa kembali diberikan tes yang sama (post-test). Data dianalisis dengan Paired t-test, Independent t-test, n-gain, dan ANOVA. Hasil Penelitian menunjukkan bahwa: (1) model pembelajaran PEPSA dapat meningkatkan KBK mahasiswa secara signifikan pada  $\alpha = 5\%$  dengan n-gain keempat kelasnya berturut-turut sebesar:  $[(0.79; 0.82; 0.83; 0.81) \geq 0.71]$  atau berkategori tinggi pada seluruh kelas; (2) respons mahasiswa terhadap model pembelajaran PEPSA berkategori kuat dan sangat kuat. Dengan demikian, model pembelajaran PEPSA sangat efektif untuk meningkatkan KBK mahasiswa.

**Kata kunci:** Model pembelajaran PEPSA, Efektivitas model PEPSA, keterampilan berpikir kritis, respons mahasiswa, n-gain, pembelajaran jarak jauh, pengantar fisika kuantum, tutorial online.

### **The Effectiveness of the PEPSA Teaching Model in the Introductory Quantum Physics to Improve Students' Critical Thinking Skills**

**Abstract:** An effectiveness test has been carried out on a PEPSA teaching model consisting of five syntaxes through EDR (Educational and Development Research) research. The five syntaxes are Purpuse, Explanation, Problem-Solving, Summary, and Advance-Drills. Each phase of the five syntaxes of the PEPSA teaching model is supported both in modern learning theory and empirically from science education experts and practitioners who are experts in developing learning models and strategies. This study aims to analyze the effectiveness of the PEPSA teaching model through online tutorials to improve students' critical thinking skills (CTS) in the introductory quantum physics course. This study used a one-group pre-test and post-test design in a single-class group (30 students) and a three-class replication group (90 students) without using a control group. The research began by compiling the PEPSA teaching model set. Prior to learning, students are given a CTS test in the introductory quantum physics course (pre-test) and after learning, students are again given the same test (post-test). Data were analyzed by Paired t-test, independent t-test, and n-gain calculations. The results showed that: (1) the PEPSA teaching model can significantly increase the student's CTS at  $\alpha = 5\%$  with n-gain for the four consecutive classes of:  $[(0.79; 0.82; 0.83; 0.81) \geq 0.71]$  or high category in all classes; (2) student responses to the PEPSA teaching model are in the strong and very strong categories. Thus, the PEPSA teaching model is very effective for improving student CTS.

**Keywords:** PEPSA teaching model, Effectiveness of PEPSA model, critical thinking skills, student response, n-gain, distance learning, introduction to quantum physics, online tutorials

#### **PENDAHULUAN**

Pada awal ditemukannya wabah covid-19 akhir November tahun 2019 yang melanda negara China terutama Provinsi Wuhan, secara perlahan tapi pasti wabah covid-19 ini merebak keseluruh dunia termasuk Indonesia. Di Indonesia, wabah covid-19 ini pertama kali ditemukan pada dua orang yang berdomisili di Kota Depok sejak medio maret 2020 dan menular begitu cepatnya ke seluruh provinsi yang ada di Indonesia. Begitu cepatnya penularan covid-19 memaksa pemerintah menyelenggarakan pendidikan yang tadinya diselenggarakan secara tatap muka, pada akhirnya harus dilakukan secara online untuk menekan laju pertumbuhan dan penyebarannya (Ennis, 2011). Pembelajaran online memaksa seluruh pihak pemangku kepentingan untuk menerima dan beradaptasi dengan sistem pembelajaran abad ke-21 yang menitikberatkan

pada keterampilan dan pemanfaatan teknologi informasi dan komunikasi (TIK) dalam proses pembelajaran (Kalloo & Kamalodeen, 2020; Asad, Hussain, Wadho, & Ch

uri, 2021). Pada era globalisasi revolusi industri 4.0 dan masa pandemik covid-19 ini, tuntutan pembelajaran abad ke-21 mengharuskan semua institusi pendidikan melakukan inovasi berbasis TIK (Adeyanju, Ajilore, Ogunlalu, Onatunji, & Mogaji, 2022; do Livramento Gonçalves, Deggau, Rita, Birch, & de Andrade Guerra, 2023).

Permendikbud No.73 Tahun 2013 tentang kerangka kualifikasi nasional Indonesia mengharuskan perguruan tinggi menyesuaikan kurikulum yang tepat sehingga mahasiswa mempunyai kemampuan dan KBK yang tinggi (Permendikbud, 2013; Rowe, Gillespie, Harris, Koether, Shannon, & Rose, 2015; Dekker, 2020). Atas dasar kebutuhan tersebut, Universitas Terbuka (UT) harus memiliki peran yang sangat penting dalam menyediakan kualitas proses dan hasil pembelajaran melalui pengembangan model pembelajaran online yang valid, praktis, dan efektif (layak) khususnya dalam Pendidikan Jarak Jauh (PJJ) (Pandiangan, 2022). KBK dapat dimiliki oleh mahasiswa apabila dirancang suatu model pembelajaran yang layak sehingga dapat dijadikan sebagai pedoman dalam merencanakan, melaksanakan dan mengevaluasi suatu pembelajaran baik melalui tutorial online maupun lewat tutorial tatap muka (Pandiangan, Sanjaya, & Jatmiko, 2017). Sebagai bahan operasionalisasi model pembelajaran di dalam kelas tutorial, maka harus dirancang sebuah perangkat pembelajaran berupa silabus, bahan ajar, lembar kerja mahasiswa dan instrumen evaluasi sehingga diharapkan dapat digunakan untuk meningkatkan KBK mahasiswa pada PJJ.

Hasil penelitian (Pithers, & Soden, 2000) menyatakan bahwa untuk meningkatkan KBK harus dikembangkan sebuah model pembelajaran yang cocok dan sesuai sehingga diharapkan mahasiswa memiliki semangat belajar yang tinggi dan berkontribusi terhadap peningkatan hasil belajar mahasiswa. Rendahnya KBK mahasiswa sangat erat kaitannya dengan proses pembelajaran yang terjadi (Liu, Tang, Wang, Chen, & Sun, 2023; Negoro, Rusilowati, & Aji, 2023). Model pembelajaran yang digunakan yaitu model pembelajaran konvensional yang kurang memfasilitasi mahasiswa dalam mengembangkan KBK yang berakibat rendahnya hasil belajar mahasiswa (Chiu, Hwang, & Hsia, 2023). Oleh karena itu, untuk memperbaiki pembelajaran sains/fisika khususnya konsep-konsep dalam fisika kuantum perlu dicari alternatif solusinya, yaitu dengan mengembangkan model pembelajaran PEPSA (Purpuse, Explanation, Problem-Solving, Summary, Advance-Drills). Model pembelajaran PEPSA ini merupakan model pembelajaran berbasis pendekatan Easy Java Simulation (EJS) berlandaskan teori konstruktivis, teori andragogy, teori kecerdasan majemuk, dan teori kognitif yang praktis dan efektif digunakan dalam pembelajaran fisika kuantum (Pandiangan, 2022; Stanney, Skinner, & Hughes, 2023).

Model pembelajaran PEPSA ini dapat memotivasi mahasiswa untuk melakukan penelusuran dan pemecahan masalah pada situasi kehidupan nyata serta merangsang mahasiswa untuk menghasilkan sebuah produk dalam meningkatkan KBK. UT sebagai lembaga pendidikan tinggi yang menyelenggarakan PJJ telah memfasilitasi mahasiswa dengan berbagai bahan ajar dan model pembelajaran yang terintegrasi dengan TIK. Namun, hampir semua bahan ajar yang ada belum mengacu pada suatu model pembelajaran tertentu untuk memberikan pengalaman pembelajaran bagi mahasiswa yang berprofesi guru dalam jabatan. Hampir semua bahan ajar yang disediakan UT hanya digunakan sebagai learning tools dan belum dimanfaatkan sebagai learning model. Model-model pembelajaran yang diperoleh melalui penelitian belum maksimal dan efektif karena tidak digunakan secara melembaga. Model pembelajaran PEPSA ini sangat bermanfaat untuk meningkatkan kompetensi tutor dan keterampilan mahasiswa dalam merancang, melaksanakan, dan mengevaluasi pembelajaran pada PTJJ. Pembelajaran menjadi lebih menarik, lebih menantang, dan lebih cocok dengan kebutuhan mahasiswa apabila menggunakan model pembelajaran PEPSA yang diduga valid, praktis, dan efektif untuk meningkatkan KBK mahasiswa. Pada umumnya KBK mahasiswa yang rendah secara teori disebabkan oleh motivasi yang rendah (Howard, Tang, & Jill Austin, 2015; Rafiq, Triyono, & Djatmiko, 2023) tanggung jawab yang kurang (Amirian, Ghaniabadi, Heydarnejad, & Abbasi, 2023), kemampuan analisis yang rendah (Lombardi, 2023) dan kurang disiplin dalam pembelajaran (Bassot, 2023). Oleh karena itu, perlu dilakukan pengembangan model pembelajaran PEPSA yang dapat digunakan untuk meningkatkan KBK mahasiswa melalui tutorial online dalam Pendidikan jarak jauh.

Model pembelajaran PEPSA merupakan model pembelajaran sains/fisika yang terdiri atas empat sintak yaitu purpuse, explanation, problem-solving, summary, advance-drill (PEPSA) yang didesain berbasis eksplanasi dan pemecahan masalah dan dirumuskan berdasarkan hasil kajian teori dan empiris sehingga dapat melatih keterampilan berpikir kritis (KBK) mahasiswa pada pendidikan jarak jauh (PJJ). Model pembelajaran PEPSA dikembangkan mengacu pada ciri-ciri model pembelajaran yang baik menurut (Arends, 2014; Pandiangan, 2022) yang menyatakan bahwa terdapat empat ciri khas model pembelajaran yang dapat digunakan untuk mencapai tujuan pembelajaran secara efektif, yaitu: (1) rasional teoritis yang logis dari perancangannya; (2) tujuan pembelajaran yang ingin dicapai; (3) tingkah laku dosen atau tutor dalam mengajar sehingga pembelajaran dapat terlaksana dengan baik; dan (4) lingkungan belajar yang

mendukung untuk mencapai tujuan pembelajaran. Model pembelajaran PEPSA yang dikembangkan dalam penelitian ini secara khusus digunakan untuk meningkatkan KBK mahasiswa pada PJJ (Marin & Halpern, 2011; Doyan, Susilawati, Hadisaputra, & Muliyadi, 2022).

KBK mahasiswa dalam pembelajaran sains/fisika didasarkan pada karakteristik materi sains/fisika yang bersifat abstrak dan relatif dianggap sulit dan kompleks (Shanta & Wells, 2022), dan walaupun mahasiswa menunjukkan kemampuan yang baik dalam keterampilan pemecahan masalah, namun ada bukti bahwa pemahaman konsep dan KBK mahasiswa masih sangat rendah (Pandiangan, Jatmiko, & Sanjaya, 2017; Busingo, Yadav, Mugisha, & Mashood, 2022). Model pembelajaran PEPSA yang dikembangkan untuk meningkatkan KBK mengacu pada alur berpikir critical thinking skills Ennis. Menurut (Ennis, 2011) menyatakan bahwa KBK merupakan proses yang terdiri atas: (1) analyzing; (2) assessing dan (3) improving. Pengembangan model pembelajaran PEPSA ini mahasiswa diharapkan mampu membangun inisiatif dan persistensi dalam belajar sehingga dapat meningkatkan KBK secara mandiri serta aktif membangun inisiatifnya dalam pembelajaran sains/fisika dengan orang lain dan lingkungannya (Laurencin, 2021).

Model pembelajaran PEPSA yang dikembangkan ini dirancang secara khusus dalam pembelajaran tutorial online untuk meningkatkan KBK mahasiswa PJJ melalui teori-teori belajar yang mutakhir, yaitu: (1) teori belajar perilaku; (2) teori belajar motivasi; (3) teori belajar pemrosesan informasi; (4) teori belajar psikologi kognitif; (5) teori belajar konstruktivisme dan (6) teori belajar orang dewasa (andragogy). Rasionalitas urutan kelima sintak pada model pembelajaran PEPSA yang dikembangkan didasarkan pada kajian teori dan kajian empiris (Saputro, Tukiran, & Supardi, 2022) sebagaimana diuraikan pada gambar 1.



Gambar 1. Sintak model pembelajaran PIL

Model pembelajaran PEPSA ini merupakan model pembelajaran yang digunakan pada proses perkuliahan Pengantar Fisika Kuantum yang merupakan salah satu mata kuliah wajib pada tingkat Sarjana Program Studi Pendidikan Fisika di Universitas Terbuka. Materi mata kuliah ini tergolong sulit dan bersifat abstrak sehingga untuk memahaminya diperlukan sebuah model pembelajaran yang sesuai khususnya untuk meningkatkan KBK mahasiswa (Bouchée, Thurlings, de Putter-Smits, & Pepin, 2023; Rosadi, 2023). Sebagaimana diketahui bahwa tujuan pendidikan tidak hanya menekankan pada perolehan pengetahuan dan menghafal sejumlah fakta dan konsep, tetapi harus dapat menggambarkan hasil belajar sampai pada keterampilan berpikir tingkat tinggi, di antaranya adalah KBK. Pembelajaran harus dilakukan bukan hanya mengarah pada pencapaian pemahaman tetapi juga peningkatan KBK (Bolden, Hawkins, & Gosling, 2023; Bassot, 2023). Keterampilan berpikir dapat didefinisikan sebagai proses kognitif yang dipecah-pecah ke dalam langkah-langkah nyata dan kemudian digunakan sebagai panduan dalam berpikir (Lee, Joswick, & Pole, 2023; Cross, 2023).

Banyak pendapat ahli dalam mendefinisikan berpikir kritis. Menurut (Ennis (2011) mendefinisikan berpikir kritis sebagai pemikiran reflektif dan rasional yang berfokus untuk menentukan apa yang harus dilakukan. Berpikir kritis telah didefinisikan dan diukur dalam berbagai cara, tetapi umumnya melibatkan keterampilan individu untuk mengidentifikasi isu sentral, asumsi dalam argumen, dan mengenali hubungan yang penting (Ghanizadeh, 2017; Dowd, Thompson Jr, Schiff, & Reynolds, 2018), membuat kesimpulan yang benar dari data, menyimpulkan kesimpulan dari informasi atau data yang diberikan. Berpikir kritis menurut (Marin & Halpern, 2011) juga dikenal dengan thinking skills, berpikir kreatif, berpikir tingkat tinggi. Dalam berpikir kritis terdapat dua dimensi penting, yaitu kerangka berpikir dan pekerjaan mental yang spesifik. Menurut (Snyder & Snyder, 2008) mengatakan berpikir kritis adalah berpikir berdasarkan pengetahuan yang sesuai dan dapat dipercaya, dapat digambarkan, dan bertanggung jawab. Dalam pengertian ini seseorang dikatakan berpikir kritis bila menanyakan suatu hal dan mencari informasi dengan tepat. Berdasarkan uraian tersebut, maka dalam penelitian ini indikator berpikir kritis yang digunakan adalah (1) interpretasi, (2) identifikasi variabel, (3) inferensi, (4) menganalisis data, dan (5) membuat evaluasi.

Model pembelajaran PEPSA dikatakan efektif ketika proses belajar secara statistik mampu mencapai peningkatan KBK secara signifikan setelah pre-test dan post-test. Efektivitas KBK mahasiswa melalui tutorial online pada PJJ ditentukan oleh nilai gain yang dinormalisasi, yaitu:  $n\text{-gain} = \frac{[(\text{post-test score}) - (\text{pre-test score})]}{[(\text{maximum score}) - (\text{pre-test score})]}$  dengan kriteria berikut: (1) jika  $n\text{-gain} > 0.70$  (kategori tinggi); (2) jika  $0.30 < n\text{-gain} < 0.70$  (kategori sedang); dan (3) jika  $n\text{-gain} < 0.30$  (kategori rendah) (Hake, 1999; Pandiangan, Sanjaya, Jatmiko, 2017). Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis efektivitas model

pembelajaran PEPSA ditinjau dari peningkatan n-gain KBK dan respons mahasiswa terhadap model pembelajaran PEPSA.

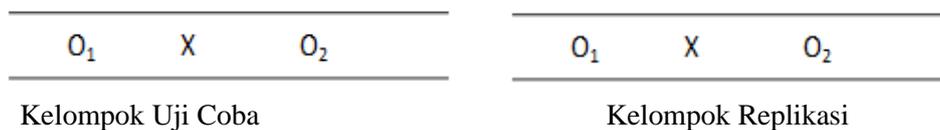
Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan tersebut, maka permasalahan dalam penelitian ini dapat dirumuskan “bagaimana efektivitas model pembelajaran PEPSA ditinjau dari peningkatan n-gain KBK dan respons mahasiswa terhadap model pembelajaran PEPSA? Fokus penelitian ini adalah untuk menganalisis efektivitas model pembelajaran PEPSA terhadap peningkatan KBK. Permasalahannya mencakup: (i) apakah terdapat peningkatan yang signifikan secara statistik KBK sebelum dan sesudah menggunakan model pembelajaran PEPSA? (ii) seberapa besar peningkatan KBK mahasiswa melalui tutorial online pada PJJ?; dan (iii) apakah terdapat perbedaan peningkatan KBK menggunakan model pembelajaran PEPSA pada semua kelas?.

**METODE**

Jenis penelitian ini adalah Educational Development Research. Menurut (Gall, Gall, & Borg, 2003) Educational Development Research merupakan jenis penelitian yang digunakan mengembangkan produk berkualitas tinggi agar dapat meningkatkan keterampilan tertentu secara layak. Produk suatu penelitian pengembangan pendidikan yang layak harus memenuhi kriteria valid baik isi maupun konstruk, praktis, dan efektif (Plomp & Nieveen, 2007; Plomp, 2013; Pandiangan, Jatmiko, & Sanjaya, 2017).

Penelitian ini dilaksanakan pada masa registrasi 2021.1 dan 2021.2 di Universitas Terbuka. Subjek dalam penelitian ini adalah model pembelajaran PEPSA. Subjek uji coba luas dipilih mahasiswa yang dapat mewakili populasi dan dilakukan dengan Stratified Random Sampling terhadap populasi yang ada. Sampel penelitian ini dilakukan terhadap 120 mahasiswa S1 Pendidikan Fisika Universitas Terbuka dari populasi 300 mahasiswa di seluruh Indonesia. Penentuan jumlah sampel didasarkan pada rumus Slovin, yaitu Sampel = [populasi/(1 + e<sup>2</sup> x populasi)] dengan toleransi kesalahan e = 5%, (Sevilla, Ochave, Punsalan, Regala, & Uriarte, 1984; Pandiangan, Sanjaya, Jatmiko, 2017). Pada uji coba luas menggunakan 39 UPBJJ-UT seluruh Indonesia dengan masing-masing mahasiswa peserta tutorial online dibagi ke dalam empat kelas/kelompok (1 kelompok untuk kelas uji coba dan 3 kelompok untuk kelas replikasi) masing-masing 30 mahasiswa. Efektivitas model pembelajaran PEPSA dilakukan melalui uji coba luas sebanyak 6 (enam kali pertemuan), 2 (dua kali pertemuan kegiatan pre-test dan post-test dan 4 (empat) kali pertemuan membahas materi pengantar fisika kuantum menggunakan model pembelajaran PEPSA terhadap seluruh mahasiswa dengan tingkat KBK yang sama pemahamannya terhadap materi pengantar fisika kuantum.

Uji coba luas model pembelajaran PEPSA dilakukan untuk menguji efektivitas model pembelajaran PEPSA dengan pokok bahasan pengantar fisika kuantum menggunakan one group pre-test and post-test design pada kelompok tunggal dengan kelompok replikasi tanpa menggunakan kelompok kontrol. Uji coba luas model pembelajaran PEPSA dilakukan untuk melihat kesesuaian pembelajaran dan karakteristik mahasiswa dalam jumlah terbatas. Sebelum melaksanakan tutorial online dengan model pembelajaran PEPSA (X) terlebih dahulu dilaksanakan tes awal (pre-test) O<sub>1</sub>, dan setelah melaksanakan tutorial online dengan model pembelajaran PEPSA dilakukan tes akhir (post-test) O<sub>2</sub>. Efektivitas model pembelajaran PEPSA meliputi peningkatan KBK diukur menggunakan tes tertulis, serta respons mahasiswa diukur menggunakan angket/ kuesioner. Desain uji coba luas model pembelajaran PEPSA ditunjukkan gambar 2 (Frankel, Wallen, & Hyun, 2012).



Gambar 2. Desain uji coba luas model pembelajaran PEPSA

Keterangan:

O<sub>1</sub> = tes awal (pre-test) KBK sebelum pembelajaran menggunakan model pembelajaran PEPSA

O<sub>2</sub> = tes akhir (post-test) KBK setelah pembelajaran menggunakan model pembelajaran PEPSA

X = Model pembelajaran PEPSA

Instrumen yang digunakan dalam penelitian ini adalah instrumen pengumpul data dan instrumen evaluasi hasil belajar mahasiswa. Instrumen pengumpul data terdiri atas: (1) lembar validasi, (2) lembar observasi, dan (3) kuesioner respons mahasiswa terhadap komponen dan kegiatan pembelajaran. Sedangkan instrumen evaluasi hasil belajar mahasiswa adalah tes KBK. Data hasil rancangan, pengembangan, dan evaluasi dianalisis dengan metode analisis deskriptif kualitatif, kuantitatif, dan inferensial, meliputi: uji-t

berpasangan dan uji-t independent, analisis n-gain. Secara ringkas variabel penelitian, data penelitian, dan metode analisis data ditunjukkan pada tabel 1.

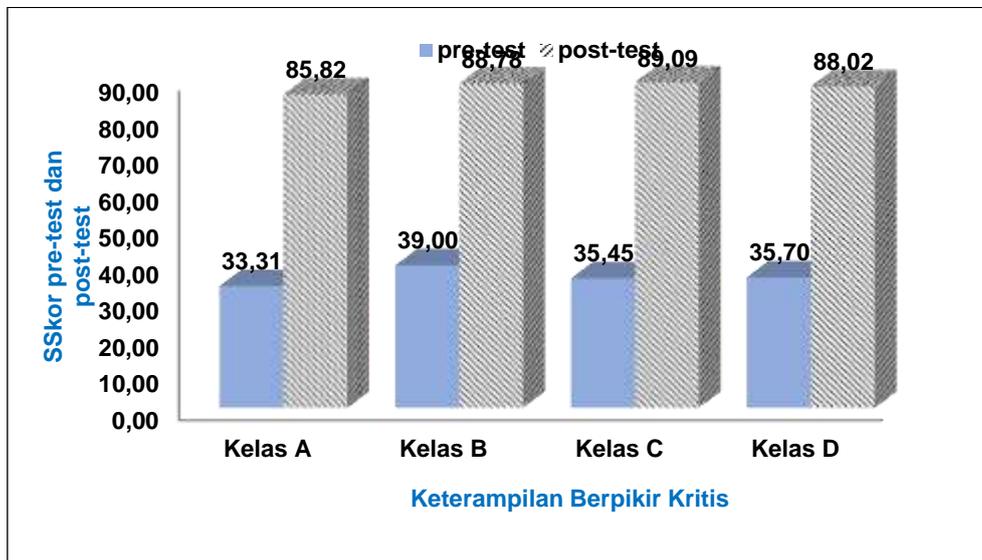
Tabel 1. Variabel, data, dan metode analisis data penelitian

| Variabel penelitian                  | Data penelitian                          | Cara analisis data  |
|--------------------------------------|--|---|
| Efektivitas model pembelajaran PEPSA | ❖ Hasil tes keterampilan berpikir kritis | <ul style="list-style-type: none"> <li>Uji-t berpasangan dan uji-t independent untuk melihat efektivitas model pembelajaran PEPSA terhadap hasil belajar (syarat: pre-test dan post-test harus berdistribusi normal).</li> <li>Analisis n-gain (<math>\langle g \rangle</math>) untuk menganalisis level dampak model pembelajaran PEPSA (level peningkatan pre-test dan post-test).</li> </ul> |
|                                      | ❖ Hasil respons mahasiswa                | <ul style="list-style-type: none"> <li>Uji statistik inferensial (interrater correlation coefficient dan cronbach alpha).</li> <li>Deskriptif kualitatif.</li> </ul>  |

**HASIL PENELITIAN**

Efektivitas model pembelajaran PEPSA dapat diukur berdasarkan dua kriteria yaitu: (1) terdapat peningkatan keterampilan berpikir kritis sebelum dan sesudah menerapkan model pembelajaran PEPSA pada pembelajaran pengantar fisika kuantum; (2) terdapat respons mahasiswa terhadap penerapan model pembelajaran PEPSA dengan kriteria kuat dan sangat kuat.

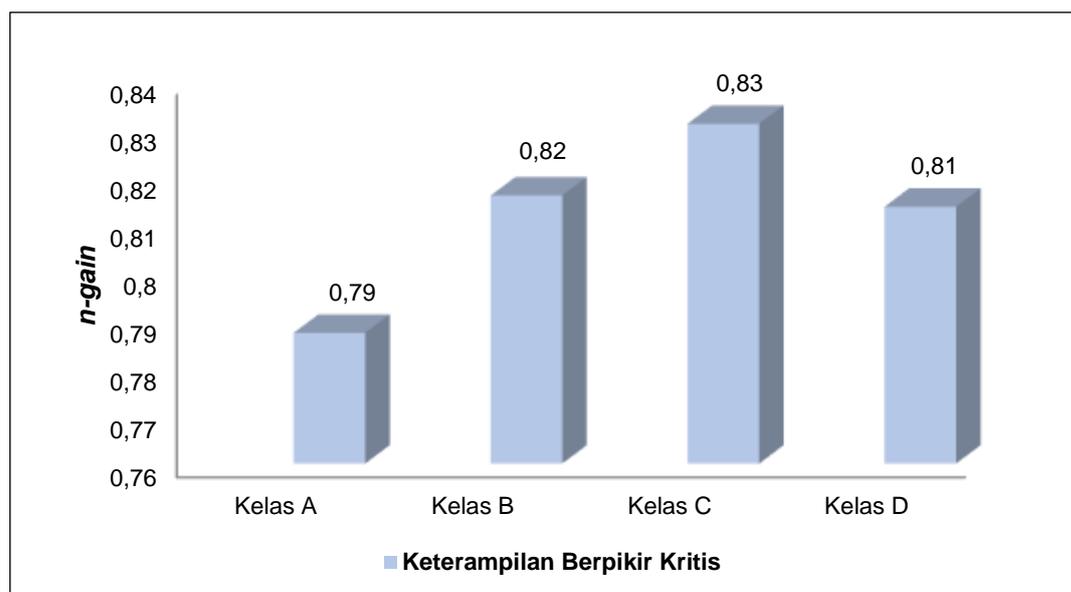
Peningkatan hasil belajar Keterampilan Berpikir Kritis (KBK) mahasiswa pada uji luas dapat dilihat dari hasil gain yang dinormalisasi atau n-gain ( $\langle g \rangle$ ) keterampilan berpikir kritis materi pengantar fisika kuantum. Gain yang dinormalisasi dapat diperoleh melalui perhitungan nilai pre-test dan post-test yang diberikan kepada mahasiswa sebelum dan sesudah pelaksanaan tutorial online dengan model pembelajaran PEPSA sebagaimana ditunjukkan pada gambar 3 dan gambar 4.



Gambar 3. Skor pre-test dan post-test keterampilan berpikir kritis pada uji coba luas

Gambar 3 menunjukkan bahwa skor rata-rata antara pre-test dan post-test terkait dengan KBK mata kuliah pengantar fisika kuantum semua kelompok meningkat. Hal ini terlihat dari peningkatan rata-rata hasil belajar kelas A meningkat dari 33.31 menjadi 85.82, kelas B meningkat dari 39.00 menjadi 88.78, kelas C meningkat dari 35.45 menjadi 89.09, kelas D meningkat dari 35.70 menjadi 88.02. Besarnya dampak model pembelajaran PEPSA terhadap hasil belajar KBK dilakukan dengan cara menganalisis n-gain  $\langle g \rangle$  terhadap nilai pre-test dan nilai post-test KBK materi pengantar fisika kuantum per indikator. Nilai pre-test dan nilai post-test beserta hasil  $\langle g \rangle$  dan kategorinya untuk kelas uji efektivitas model pembelajaran PEPSA ditunjukkan pada Gambar 3. Terdapat dampak model pembelajaran PEPSA terhadap peningkatan hasil

belajar mahasiswa berupa KBK secara signifikan dengan *n-gain* yang tinggi. Nilai rata-rata *n-gain* KBK semua kelompok ditunjukkan pada gambar 4.

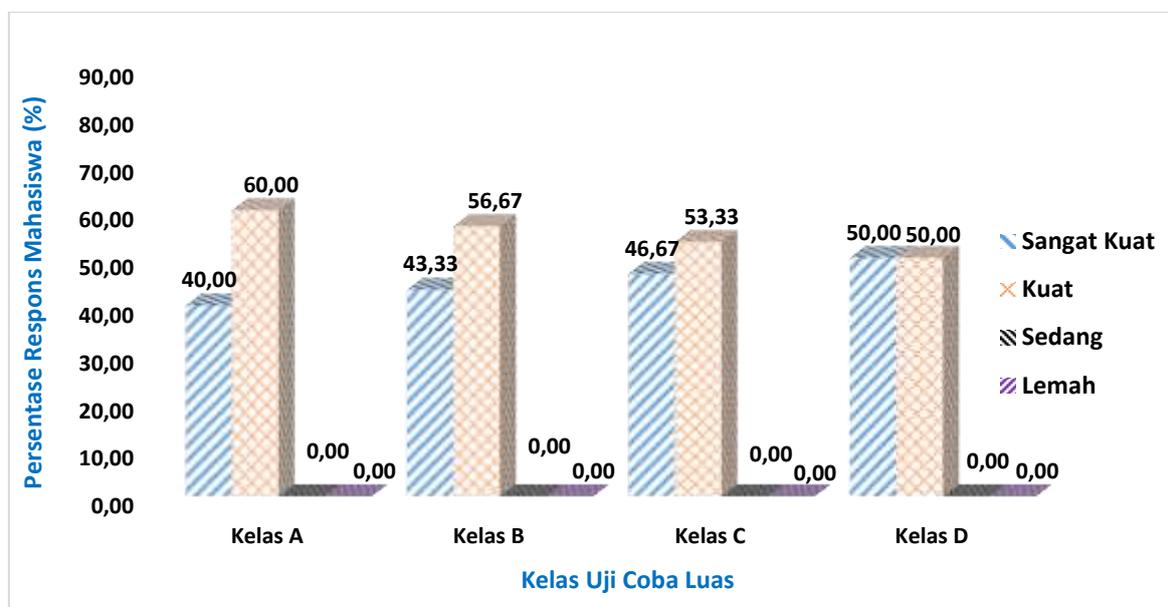


Gambar 4. Rata-rata skor *n-gain* keterampilan berpikir kritis pada uji coba luas

Gambar 4 menunjukkan bahwa nilai rata-rata *n-gain* KBK semua kelompok kelas A, kelas B, kelas C, dan kelas D berturut-turut sebesar: 0.79; 0.82; 0.83; dan 0.81. Rata-rata skor *n-gain* empat kelompok pada uji luas semuanya berkategori tinggi. Konsistensi dampak model pembelajaran PEPSA terhadap hasil belajar KBK antara *n-gain* seluruh kelas dapat dilakukan melalui beberapa cara, yaitu: (1) apabila data *n-gain* dua kelas atau lebih berdistribusi normal, maka untuk menguji dampak konsistensi model pembelajaran PEPSA terhadap peningkatan hasil belajar KBK menggunakan uji parametrik independent sample t-test (jika hanya dua kelas) dan uji ANOVA (jika terdapat tiga kelas atau lebih); (2) apabila data *n-gain* dua kelas atau lebih tidak berdistribusi normal, maka untuk menguji dampak konsistensi model pembelajaran PEPSA terhadap hasil belajar KBK menggunakan uji non parametrik Mann-Whitney (jika hanya dua kelas) dan menggunakan uji Kruskal Wallis (jika terdapat tiga kelas atau lebih).

Deskripsi respons mahasiswa terhadap model pembelajaran PEPSA pada seluruh kelas dapat diperoleh dengan cara memberikan angket respons kepada mahasiswa untuk diisi sesuai dengan keadaan sebenarnya. Hasil angket respons mahasiswa terlebih dahulu diuji validitas dan reliabilitasnya sebelum data respons tersebut digunakan untuk menghitung persentase respons mahasiswa terhadap model pembelajaran PEPSA.

Kategori dan persentase respons mahasiswa terhadap model pembelajaran PEPSA untuk seluruh kelas ditunjukkan pada gambar 5.



Gambar 5. Kategori dan persentase respons mahasiswa pada uji coba luas

Gambar 5 menunjukkan bahwa respons mahasiswa terhadap model pembelajaran PEPSA pada kelas uji coba luas adalah sangat kuat dan positif. Hal ini menunjukkan bahwa model pembelajaran PEPSA sangat efektif meningkatkan KBK pada tutorial online dan terdapat korelasi positif yang sangat kuat antara hasil post-test dengan nilai UAS dengan menggunakan model pembelajaran PEPSA untuk meningkatkan KBK melalui tutorial online pada PJJ. Komponen model pembelajaran PEPSA memiliki kebaruan dan mahasiswa merasa tertarik serta memahami komponen silabus, bahasa dan isi bahan ajar, bahasa dan isi LKM, suasana belajar direspons mahasiswa dengan sangat baik dan positif.

## PEMBAHASAN

Berdasarkan The APA Concensus Definition menyatakan bahwa KBK sebagai sebuah keputusan disertai dengan tujuan yang dikerjakan sendiri, merupakan hasil dari kegiatan interpretasi, analisis, evaluasi, dan inferensi, serta penjelasan dari pertimbangan yang didasarkan pada konsep, metodologi, bukti, dan kontekstual (Matkin & Fritz, 2004). Proses tersebut melandasi keputusan yang akan diambil oleh seseorang, menjelaskan bahwa berpikir kritis sebagai cognitive skill, di dalamnya terdapat kegiatan interpretasi, analisis, evaluasi, inferensi, penjelasan, serta pengelolaan diri (Dulun & Lane, 2023; Ernst & Monroe, 2006).

Berdasarkan Gambar 3 menunjukkan bahwa sebelum pembelajaran tentang pengantar fisika kuantum menggunakan model pembelajaran PEPSA, mahasiswa belum memiliki kompetensi KBK yang baik. Skor rata-rata mahasiswa masih di bawah skor standar, yaitu 33.31 dalam rentang skor 0 sampai 100 untuk kelas A; sebesar 39.00 untuk kelas B; sebesar 35.45 untuk kelas C dan sebesar 35.70 untuk kelas D. Hal ini disebabkan karena mahasiswa belum terbiasa melakukan aktivitas berpikir seperti yang dituntut oleh model pembelajaran PEPSA dalam KBK mulai dari interpretasi, identifikasi variabel, inferensi, menganalisis data, dan (5) membuat evaluasi. Model pembelajaran yang baik harus memiliki ciri dan tujuan tertentu serta memenuhi aspek validitas, kepraktisan, dan efektifitas. Menurut (Zaragoza, Seidel, & Santagata, 2023) menyatakan bahwa pembelajaran yang efektif akan diperoleh ketika proses pembelajaran dirancang sesuai dengan prinsip inti teori rencana pembelajaran. Efektivitas pembelajaran dapat dicapai apabila seorang dosen memiliki model pembelajaran dan strategi yang tepat untuk menyampaikan ilmunya kepada mahasiswa secara struktural dan mampu mengintegrasikan teori dan praktek ke dalam proses pembelajaran (Chiu, 2022).

Setelah pembelajaran pengantar fisika kuantum dengan menggunakan model pembelajaran PEPSA, mahasiswa mencapai kompetensi KBK yang sangat baik, dengan nilai rata-rata 88.82 untuk kelas A; 88.78 untuk kelas B; 89.09 untuk kelas C; dan 88.02 untuk kelas D. Artinya peningkatan skor rata-rata seluruh kelas sebelum dan sesudah penerapan model pembelajaran PEPSA sebesar 147,25 %, dengan rincian: 166.52 % untuk kelas A; 128.44 % untuk kelas B, 151.31 % untuk kelas C, 146.56 % untuk kelas D. Peningkatan skor KBK semua kelompok ini sangat signifikan dan konsisten pada taraf nyata 5 % dengan masing-masing n-gain kelompok adalah 0.79 untuk kelas A, 0.82 untuk kelas B, 0.83 untuk kelas C, dan 0.81 untuk kelas D. Hasil tersebut menunjukkan bahwa dengan menggunakan model pembelajaran PEPSA memberikan dampak yang sangat signifikan pada peningkatan KBK mahasiswa. Tingkat dampak model pembelajaran PEPSA terhadap peningkatan KBK pada semua kelas secara konsisten signifikan pada taraf nyata 5 % dengan kategori tinggi.

Konsistensi dampak model pembelajaran PEPSA terhadap KBK selanjutnya dianalisis dengan ANOVA setelah memenuhi asumsi normalitas dan homogenitas varian. Hasil menunjukkan bahwa  $F$  hitung memberikan  $F = 1.72 < F_{\text{tabel}} = 2.28$  dengan taraf signifikansi  $p = 0.41 > 0.05$  untuk KBK. Berdasarkan hal tersebut, terdapat indikasi kuat bahwa pengaruh model pembelajaran PEPSA terhadap KBK kelompok tidak berbeda pada taraf signifikansi 5 %. Hasil uji statistik inferensial parametrik independent sample  $t$ -test menunjukkan bahwa nilai  $p > 0.05$ . Berdasarkan hal tersebut,  $H_0$  yang mengatakan tidak ada perbedaan nilai rerata varians  $\langle g \rangle$  antara seluruh kelas diterima, artinya penggunaan model pembelajaran PEPSA memberikan dampak yang konsisten terhadap peningkatan hasil belajar mahasiswa pada aspek KBK pada uji coba luas.

Penggunaan model pembelajaran PEPSA untuk meningkatkan hasil belajar mahasiswa berupa KBK dapat dilihat dari kemampuan mahasiswa mengerjakan tugas-tugas yang diberikan tutor dalam lembar kerja mahasiswa (LKM) mulai dari pertemuan kedua sampai pertemuan kelima. Kemampuan mahasiswa mengerjakan tugas dalam LKM pada pertemuan kedua masih tergolong dalam kategori sedang, tetapi mulai pertemuan kedua sudah menunjukkan hasil yang baik dan pada pertemuan keempat dan kelima menunjukkan hasil yang sangat baik dan hasil belajarnya sudah stabil. Hasil temuan ini sesuai dengan data empiris yang menyatakan bahwa pemberian inisiasi dan tujuan pembelajaran kepada mahasiswa dapat meningkatkan motivasi yang sangat signifikan terutama dalam motivation management, kepuasan mahasiswa dalam kelas (Wong, 2023), terjadinya perubahan pola belajar mahasiswa menjadi lebih mandiri, mempunyai inisiatif dan persistensi dalam belajar (Børte, Nesje, & Lillejord, 2023). Hasil penelitian ini juga didukung oleh beberapa teori pembelajaran di antaranya adalah: teori motivasi ARCS yang menyatakan bahwa seseorang akan termotivasi apabila apa yang dilakukan tersebut menarik perhatian mahasiswa (Arends, 2014); efek pertama atau terakhir menyatakan bahwa kecenderungan untuk butir-butir yang muncul pada bagian awal atau akhir suatu aktivitas mahasiswa akan lebih mudah diingat dari butir-butir yang lain (Moreno, 2010); zone of proximal development menyatakan bahwa mahasiswa akan belajar konsep terbaik ketika konsep tersebut berada pada zona perkembangan terdekat mereka (Moreno, 2010; Slavin, 2006); dan scaffolding menyatakan bahwa mahasiswa harus diberikan tugas yang kompleks, sulit, dan realistis serta diberikan bantuan bertahap untuk memecahkan masalah (Slavin, 2006). Analisis teoritis menyatakan bahwa salah satu metode pemecahan masalah kreatif yang sering disarankan adalah dengan menganalisis dan mendaftarkan karakteristik utama elemen masalah (Moreno, 2010).

Gambar 5 menunjukkan bahwa respons mahasiswa terhadap model pembelajaran PEPSA pada kelas uji coba luas adalah sangat kuat dan positif. Hal ini menunjukkan bahwa model pembelajaran PEPSA sangat efektif meningkatkan KBK melalui tutorial online pada PJJ. Temuan ini sesuai dengan hasil penelitian yang menyatakan bahwa seharusnya pada awal pembelajaran tutor harus memberikan penjelasan kepada mahasiswa secara lengkap, namun secara bertahap mahasiswa harus lebih aktif dan dapat mengambil peran tanggung jawab yang lebih sehingga dapat memberikan efek positif terhadap mahasiswa dalam menyusun hipotesis, serta melakukan analisis dengan baik (Hennessy, Calcagni, Leung, & Mercer, 2023); penggunaan perangkat pembelajaran berupa bahan ajar, LKM, dan simulasi pada pembelajaran pengantar fisika kuantum dapat: meningkatkan hasil belajar KBK (Bouchée, Thurlings, de Putter-Smits, & Pepin, 2023; Nita, Mazzoli Smith, Chancellor, & Cramman, 2023), meningkatkan efisiensi dan aktivitas mahasiswa dalam mengikuti proses pembelajaran (Nyirahabimana, Minani, Nduwingoma, & Kemeza, 2022; Abdigapbarova & Zhiyenbayeva, 2023), serta dapat menghindarkan rasa bosan mahasiswa selama mengikuti proses pembelajaran (Ghafar, Abdulkarim, Mhamad, Kareem, Rasul, & Mahmud, 2023).

Komponen model pembelajaran PEPSA memiliki kebaruan dan mahasiswa merasa tertarik serta memahami komponen silabus, bahasa dan isi bahan ajar, bahasa dan isi LKM, suasana belajar direspons mahasiswa dengan sangat baik. Temuan ini sesuai dengan hasil penelitian yang menyatakan bahwa seharusnya pada awal pembelajaran tutor memberikan penjelasan kepada mahasiswa secara lengkap, namun secara bertahap mahasiswa harus lebih aktif dan dapat mengambil peran tanggung jawab yang lebih sehingga dapat memberikan efek positif terhadap mahasiswa dalam interpretasi data, identifikasi variabelinferensi, menganalisis data, dan membuat evaluasi dengan baik (Bakirci, Bilgin, & Simsek, 2011; Malan, 2014); penggunaan perangkat pembelajaran berupa bahan ajar, lembar kerja mahasiswa, dan simulasi pada pembelajaran sains/fisika dapat meningkatkan hasil belajar KBK, menghindarkan rasa bosan, serta dapat meningkatkan efisiensi dan aktivitas mahasiswa dalam mengikuti proses pembelajaran (Karwasz & Wyborska, 2023; Assem, Nartey, Appiah, & Aidoo, 2023).

## KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan latar belakang, rumusan masalah, dan tujuan penelitian, maka kesimpulan dari hasil penelitian ini adalah sebagai berikut. Model pembelajaran PEPSA yang dikembangkan pada penelitian ini termasuk dalam kategori sangat efektif karena dapat memberikan dampak terhadap peningkatan hasil belajar

keterampilan berpikir kritis mahasiswa pada tutorial online melalui pendidikan jarak jauh. Respons mahasiswa terhadap penerapan model pembelajaran PEPSA sangat positif dan berkategori kuat dan sangat kuat. Perangkat model pembelajaran PEPSA yang dikembangkan pada penelitian ini juga memberikan dampak yang sama pada beberapa kelas replikasi dalam meningkatkan hasil belajar keterampilan berpikir kritis mahasiswa pada tutorial online melalui pendidikan jarak jauh sehingga model pembelajaran PEPSA bersifat konsisten dan stabil. Pembelajaran yang menerapkan model pembelajaran PEPSA pada mata kuliah pengantar fisika kuantum memiliki kualifikasi sangat efektif untuk meningkatkan KBK melalui tutorial online mahasiswa pada PJJ. Efektivitas pembelajaran yang menerapkan model pembelajaran PEPSA untuk meningkatkan KBK didasarkan pada: (i) terdapat peningkatan yang signifikan secara statistik pada KBK sebelum dan sesudah menerapkan model pembelajaran PEPSA; (ii) skor n-gain KBK berkategori tinggi pada uji coba luas; (iii) tidak ada perbedaan peningkatan KBK menggunakan model pembelajaran PEPSA pada semua kelas, artinya, model pembelajaran PEPSA konsisten untuk meningkatkan KBK mahasiswa melalui tutorial online pada pendidikan jarak jauh. Penelitian ini hanya terbatas digunakan pada materi pengantar fisika kuantum dan mahasiswa PJJ melalui tutorial online. Oleh karena itu, diperlukan penelitian lanjutan yang melibatkan materi atau mata kuliah lainnya yang memiliki karakteristik mata kuliah baik yang mirip maupun mata kuliah yang berbeda sama sekali. Di samping itu juga perlu dikembangkan perangkat pembelajaran yang dapat mengakomodasi pendidikan tatap muka mulai dari pendidikan dasar, pendidikan menengah, dan pendidikan tinggi dengan berbagai jenjang pendidikan diploma, sarjana, dan pascasarjana.

## DAFTAR PUSTAKA

- Abdigapbarova, U., & Zhiyenbayeva, N. (2023). Organization of student-centered learning within the professional training of a future teacher in a digital environment. *Education and Information Technologies*, 28(1), 647-661. <https://doi.org/10.1007/s10639-022-11159-5>
- Adeyanju, S., Ajilore, O., Ogunlalu, O., Onatunji, A., & Mogaji, E. (2022). Innovating in the face of the COVID-19 pandemic: Case studies from Nigerian universities. *STAR Scholar Book Series*, 104-120. <https://starscholars.org/product/global-education>
- Amirian, S. M. R., Ghaniabadi, S., Heydarnejad, T., & Abbasi, S. (2023). The contribution of critical thinking and self-efficacy beliefs to teaching style preferences in higher education. *Journal of Applied Research in Higher Education*, 15(3), 745-761. <https://www.emerald.com/insight/2050-7003.htm>
- Arends, R. I. (2014). *Learning to teach*. New York: McGraw-Hill Companies, Inc. <https://www.amazon.com/Learning-Teach-Richard-I-Arends/dp/0078110300>
- Asad, M. M., Hussain, N., Wadho, M., Khand, Z. H., & Churi, P. P. (2021). Integration of e-learning technologies for interactive teaching and learning process: an empirical study on higher education institutes of Pakistan. *Journal of Applied Research in Higher Education*, 13(3), 649-663. <https://www.emerald.com/insight/2050-7003.htm>
- Assem, H. D., Nartey, L., Appiah, E., & Aidoo, J. K. (2023). A Review of Students' Academic Performance in Physics: Attitude, Instructional Methods, Misconceptions and Teachers Qualification. *European Journal of Education and Pedagogy*, 4(1), 84-92. <https://doi.org/10.24018/ejedu.2023.4.1.551>
- Bassot, B. (2023). *The reflective practice guide: An interdisciplinary approach to critical reflection*. Taylor & Francis. [https://api.pageplace.de/preview/DT0400.9781317666011\\_A25936380/preview9781317666011\\_A25936380.pdf](https://api.pageplace.de/preview/DT0400.9781317666011_A25936380/preview9781317666011_A25936380.pdf)
- Bolden, R. H., Hawkins, B., & Gosling, J. (2023). *Exploring leadership*. Oxford University Press.
- Børte, K., Nesje, K., & Lillejord, S. (2023). Barriers to student active learning in higher education. *Teaching in Higher Education*, 28(3), 597-615. <https://doi.org/10.1080/13562517.2020.1839746>
- Bouchée, T., Thurlings, M., de Putter-Smits, L., & Pepin, B. (2023). Investigating teachers' and students' experiences of quantum physics lessons: Opportunities and challenges. *Research in Science & Technological Education*, 41(2), 777-799. <https://doi.org/10.1080/02635143.2021.1948826>

- Bugingo, J. B., Yadav, L. L., Mugisha, I. S., & Mashood, K. K. (2022). Improving teachers' and students' views on nature of science through active instructional approaches: A Review of the literature. *Science & Education*, 1-43. <https://link.springer.com/article/10.1007/s11191-022-00382-8>
- Burbach, M. E., Matkin, G. S., & Fritz, S. M. (2004). Teaching critical thinking in an introductory leadership course utilizing active learning strategies: A confirmatory study. *College Student Journal*, 38(3), 482-494. [http://projectinnovation.biz/csj\\_2006.html](http://projectinnovation.biz/csj_2006.html)
- Chiu, M. C., Hwang, G. J., & Hsia, L. H. (2023). Promoting students' artwork appreciation: An experiential learning-based virtual reality approach. *British Journal of Educational Technology*, 54(2), 603-621. <https://doi.org/10.1111/bjet.13265>
- Chiu, T. K. (2022). Applying the self-determination theory (SDT) to explain student engagement in online learning during the COVID-19 pandemic. *Journal of Research on Technology in Education*, 54(sup1), S14-S30. <https://doi.org/10.1080/15391523.2021.1891998>
- Cross, N. (2023). *Design thinking: Understanding how designers think and work*. Bloomsbury Publishing.
- Dekker, T. J. (2020). Teaching critical thinking through engagement with multiplicity. *Thinking Skills and Creativity*, 37, 100701. <https://doi.org/10.1016/j.tsc.2020.100701>
- Do Livramento Gonçalves, G., Deggau, A. B., Rita, R. M., Birch, R. S., & de Andrade Guerra, J. B. S. O. (2023). Impacts of Fourth Industrial Revolution on Education for Sustainable Development in Higher Education Institutions. In *Educating the Sustainability Leaders of the Future* (pp. 513-537). Cham: Springer Nature Switzerland. [https://doi.org/10.1007/978-3-031-22856-8\\_28](https://doi.org/10.1007/978-3-031-22856-8_28)
- Dowd, J. E., Thompson Jr, R. J., Schiff, L. A., & Reynolds, J. A. (2018). Understanding the complex relationship between critical thinking and science reasoning among undergraduate thesis writers. *CBE—Life Sciences Education*, 17(1), ar4. <https://doi.org/10.1187/cbe.17-03-0052>
- Doyan, A., Susilawati, S., Hadisaputra, S., & Mulyadi, L. (2022). Effectiveness of quantum physics learning tools using blended learning models to improve critical thinking and generic science skills of students. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 8(2), 1030-1033. <https://doi.org/10.29303/jppipa.v8i2.1625>
- Dulun, Ö., & Lane, J. F. (2023). Supporting critical thinking skills needed for the International Baccalaureate Diploma Programme: A content analysis of a national and two international education programs in Turkey. *Thinking Skills and Creativity*, 47, 101211. <https://doi.org/10.1016/j.tsc.2022.101211>
- Ennis, R. (2011). Critical thinking: Reflection and perspective Part II. *Inquiry: Critical thinking across the Disciplines*, 26(2), 5-19. <https://doi.org/10.5840/inquiryctnews201126215>
- Enny, R., Muhammad, N. B., Sutrisno, S., Nurlaela, N., & Muhammad, A. A. (2021). Distorsi Pendidikan Karakter Dalam Pendidikan Jarak Jauh Di Era Pandemi Covid-19 Di Kabupaten Majene.
- Ernst, J., & Monroe, M. (2006). The effects of environment-based education on students' critical thinking skills and disposition toward critical thinking: Reprinted from *Environmental Education Research* (2004) 10 (4), pp. 507–522. *Environmental Education Research*, 12(3-4), 429-443. <https://doi.org/10.1080/13504620600942998>
- Frankel, J. R., Wallen, N. E., & Hyun, H. H. (2012). How to design and evaluate research and education (8 ed.). New York: McGraw-Hill. [http://www.johnpryor.com/JP\\_Digital\\_Portfolio/EDU\\_7901\\_files/EDU%207901%20Data%20Definitions.pdf](http://www.johnpryor.com/JP_Digital_Portfolio/EDU_7901_files/EDU%207901%20Data%20Definitions.pdf)
- Ghafar, Z., Abdulkarim, S. T., Mhamad, L. M., Kareem, R. A., Rasul, P. A., & Mahmud, T. I. (2023). Microlearning As a Learning Tool for Teaching and Learning in Acquiring Language: Applications, Advantages, And Influences on the Language. *Canadian Journal of Educational and Social Studies*, 3(2), 45-62. <https://doi.org/10.53103/cjess.v3i2.127>

- Ghanizadeh, A. (2017). The interplay between reflective thinking, critical thinking, self-monitoring, and academic achievement in higher education. *Higher Education*, 74, 101-114. <https://link.springer.com/article/10.1007/s10734-016-0031-y>
- Hake, B. J. (1999). Lifelong learning in late modernity: The challenges to society, organizations, and individuals. *Adult education quarterly*, 49(2), 79-90. <https://doi.org/10.1177/074171369904900201>
- Hennessy, S., Calcagni, E., Leung, A., & Mercer, N. (2023). An analysis of the forms of teacher-student dialogue that are most productive for learning. *Language and Education*, 37(2), 186-211. <https://doi.org/10.1080/09500782.2021.1956943>
- Howard, L. W., Tang, T. L. P., & Jill Austin, M. (2015). Teaching critical thinking skills: Ability, motivation, intervention, and the Pygmalion effect. *Journal of Business Ethics*, 128, 133-147. <https://link.springer.com/article/10.1007/s10551-014-2084-0>
- Kaloo, C. C., Mitchell, B., & Kamalodeen, V. J. (2020). Responding to the COVID-19 pandemic in Trinidad and Tobago: challenges and opportunities for teacher education. *Journal of Education for Teaching*, 46(4), 452-462. <https://doi.org/10.1080/02607476.2020.1800407>
- Karwasz, G. P., & Wyborska, K. (2023). How Constructivist Environment Changes Perception of Learning: Physics Is Fun. *Education Sciences*, 13(2), 195. <https://doi.org/10.3390/educsci13020195>
- Permendikbud No.73. (2013). Penerapan kerangka kualifikasi nasional Indonesia [Application of Indonesia's national qualifications framework]. Jakarta: Ministry of Education and Culture of the Republic of Indonesia.
- Laurencin, C. (2021). *Success Is What You Leave Behind: Fostering Leadership and Innovation*. Elsevier. <https://www.elsevier.com/book-and-journals>
- Lee, J., Joswick, C., & Pole, K. (2023). Classroom play and activities to support computational thinking development in early childhood. *Early Childhood Education Journal*, 51(3), 457-468. <https://link.springer.com/article/10.1007/s10643-022-01319-0>
- Liu, C., Tang, M., Wang, M., Chen, L., & Sun, X. (2023). Critical thinking disposition and academic achievement among Chinese high school students: A moderated mediation model. *Psychology in the Schools*.
- Lombardi, D. (2023). On the Horizon: the Promise and Power of Higher Order, Critical, and Critical Analytical Thinking. *Educational Psychology Review*, 35(2), 38. <https://link.springer.com/article/10.1007/s10648-023-09763-z>
- Marin, L. M., & Halpern, D. F. (2011). Pedagogy for developing critical thinking in adolescents: Explicit instruction produces greatest gains. *Thinking Skills and Creativity*, 6(1), 1-13.
- Moreno, R. (2010). *Educational psychology*. USA: John Wiley & Sons, Inc.
- Negoro, R. A., Rusilowati, A., & Aji, M. P. (2023). Scratch-Assisted Waves Teaching Materials: ICT Literacy and Students' Critical Thinking Skills. *Journal of Turkish Science Education*, 20(1). <https://doi.org/10.36681/tused.2023.011>
- Nita, L., Mazzoli Smith, L., Chancellor, N., & Cramman, H. (2023). The challenge and opportunities of quantum literacy for future education and transdisciplinary problem-solving. *Research in Science & Technological Education*, 41(2), 564-580. <https://doi.org/10.1080/02635143.2021.1920905>
- Nyirahabimana, P., Minani, E., Nduwingoma, M., & Kemeza, I. (2022). Instructors and Students' Practices and Behaviours during a Quantum Physics class at the University of Rwanda: Exploring the Usage of Multimedia. *International Journal of Learning, Teaching and Educational Research*, 21(9), 309-326. <https://doi.org/10.26803/ijlter.21.9.18>

- Pandiangan, P. (2022). The Validity and Practicality of The PEPSA Teaching Model to Improve Critical Thinking Skills through Online Tutorials in Open and Distance Education. *International Journal on Research in STEM Education*, 4(1), 39-54. <https://doi.org/10.31098/ijrse.v4i1.930>
- Pandiangan, P., Sanjaya, M., Gusti, I., & Jatmiko, B. (2017). The Validity and Effectiveness of Physics Independent Learning Model to Improve Physics Problem Solving and Self-Directed Learning Skills of Students in Open and Distance Education Systems. *Journal of Baltic Science Education*, 16(5). <http://dx.doi.org/10.33225/jbse/17.16.651>
- Pithers, R. T., & Soden, R. (2000). Critical thinking in education: A review. *Educational research*, 42(3), 237-249. <https://doi.org/10.1080/001318800440579>
- Rafiq, A. A., Triyono, M. B., & Djatmiko, I. W. (2023). The integration of inquiry and problem-based learning and its impact on increasing the vocational student involvement. *International Journal of Instruction*, 16(1), 659-684. <https://doi.org/10.29333/iji.2023.16137a>
- Rosadi, A. (2023). PhET Simulation Media Part Time Using a Problem Based Learning Model Improves Student Learning Outcomes. *Jurnal Pendidikan Profesi Guru*, 1(1), 43-53
- Rowe, M. P., Gillespie, B. M., Harris, K. R., Koether, S. D., Shannon, L. J. Y., & Rose, L. A. (2015). Redesigning a general education science course to promote critical thinking. *CBE—Life Sciences Education*, 14(3), ar30. <https://doi.org/10.1187/cbe.15-02-0032>
- Saputro, S. D., Tukiran, T., & Supardi, Z. A. I. (2022). Design Clarity Learning Model to Improve Advanced Clarification Ability on Physics Courses. *Cypriot Journal of Educational Sciences*, 17(5), 1549-1566. <https://doi.org/10.18844/cjes.v17i5.6788>
- Sevilla, C., Ochave, J. A., Punsalan, T. G., Regala, B. P., & Uriarte, G. G. (1984). *An Introduction to Research Methods*, Quezon City: Rex Printing Company.
- Shanta, S., & Wells, J. G. (2022). T/E design based learning: assessing student critical thinking and problem solving abilities. *International Journal of Technology and Design Education*, 32(1), 267-285. <https://link.springer.com/article/10.1007/s10798-020-09608-8>
- Slavin, R. E., & Davis, N. (2006). *Educational psychology: Theory and practice*. New Jersey: Pearson Education Inc.
- Snyder, L. G., & Snyder, M. J. (2008). Teaching critical thinking and problem-solving skills. *The Journal of Research in Business Education*, 50(2), 90. <http://dme.childrenshospital.org/wp-content/uploads/2019/02/Optional-Teaching-Critical-Thinking-and-Problem-Solving-Skills.pdf>.
- Stanney, K. M., Skinner, A., & Hughes, C. (2023). Exercisable Learning-Theory and Evidence-Based Andragogy for Training Effectiveness using XR (ELEVATE-XR): Elevating the ROI of Immersive Technologies. *International Journal of Human-Computer Interaction*, 1-22. <https://doi.org/10.1080/10447318.2023.2188529>
- Zaragoza, A., Seidel, T., & Santagata, R. (2023). Lesson analysis and plan template: scaffolding preservice teachers' application of professional knowledge to lesson planning. *Journal of Curriculum Studies*, 1-15. <https://doi.org/10.1080/00220272.2023.2182650>