

DEVELOPMENT OF STEM-BASED THERMODYNAMICS E-MODULES INTEGRATED WITH PROBLEM SOLVING TO IMPROVE CRITICAL THINKING SKILLS AND LEARNING OUTCOMES

Endang Parwiti¹⁾; Tiurlina Siregar²⁾; Albaiti³⁾

¹⁾ SMA YPK Bintuni, Teluk Bintuni, Indonesia; endangparwiti85@gmail.com

²⁾ Program Studi Magister Pendidikan IPA, UNCEN, Indonesia; tiurlina.siregar66@gmail.com

³⁾ Program Studi Magister Pendidikan IPA, UNCEN, Indonesia; baityjabarmase@gmail.com

Abstract: *This study aims to determine how to create, develop and feasibility of STEM-based thermodynamics e-modules integrated with problem solving in improving critical thinking skills and learning outcomes of class XI students of SMA YPK Bintuni. The research method is research and development (R&D) by adopting five stages of the ADDIE model (analyze, design, develop, implement and evaluate). The instruments used in the study were e-module feasibility test sheets, learning outcome tests and critical thinking ability test results for the trial use of e-modules. E-modules were analyzed empirically using the SPSS version 20 application. The developed e-modules have been validated using a Likert scale on aspects of content feasibility, language feasibility and presentation feasibility. The sampling technique was purposive sampling, with a research sample of class XI IPA SMA YPK Bintuni with a total of 20 people. The results showed that the developed STEM-based Thermodynamics e-module integrated with problem solving was very feasible to be used in learning with an average validator assessment of 90%. The Thermodynamics e-module is practical to use and effective in improving critical thinking skills and student learning outcomes, obtaining n-Gain of 0.53 in the medium category and 0.71 in the high category respectively.*

Keywords: *E-module, Thermodynamics, critical thinking skills, problem solving, STEM.*

Abstrak: Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui cara membuat, mengembangkan dan kelayakan e-modul termodinamika berbasis STEM terintegrasi *problem solving* dalam meningkatkan kemampuan berpikir kritis dan hasil belajar peserta didik kelas XI SMA YPK Bintuni. Metode penelitian ini adalah *research and development* (R&D) dengan mengadopsi lima tahapan model ADDIE (*analyze, design, development, implementation dan evaluation*). Instrumen yang digunakan pada penelitian adalah lembar uji kelayakan e-modul, tes hasil belajar dan tes hasil kemampuan berpikir kritis peserta didik untuk uji coba penggunaan e-modul. E-modul dianalisis secara empirik menggunakan aplikasi SPSS versi 20. E-modul yang dikembangkan telah divalidasi menggunakan skala likert pada aspek kelayakan isi, kelayakan bahasa dan kelayakan penyajian. Teknik pengambilan sampel adalah *purposive sampling*, dengan sampel penelitian kelas XI IPA SMA YPK Bintuni dengan jumlah 20 orang. Hasil penelitian menunjukkan bahwa e-modul Termodinamika berbasis STEM terintegrasi *problem solving* yang dikembangkan sangat layak untuk digunakan dalam pembelajaran dengan rata-rata penilaian validator sebesar 90%. E-modul Termodinamika tersebut praktis digunakan, dan efektif untuk meningkatkan kemampuan berpikir kritis dan hasil belajar peserta didik memperoleh n-Gain masing-masing 0,53 kategori sedang dan 0,71 kategori tinggi.

Kata kunci: E-modul, Termodinamika, kemampuan berpikir kritis, *problem solving*, STEM

1. PENDAHULUAN

Pendidikan merupakan hal penting dalam kehidupan manusia, khususnya dalam mencetak generasi baru yang mempunyai kecerdasan guna membangun bangsa dan negara. Proses pembelajaran di sekolah diharapkan dapat membekali peserta didik dalam meningkatkan kemampuan berpikir kritis dan hasil belajar. Peningkatan kemampuan berpikir kritis dan hasil belajar menjadi beberapa faktor penentu kelulusan peserta didik di SMA. Tujuan pendidikan adalah untuk mencerdaskan dan mengembangkan potensi diri sehingga menjadi pribadi yang kreatif dan berpengetahuan yang luas. Sistem pendidikan harus beradaptasi mengikuti perkembangan zaman, dimana generasi sekarang memasuki era globalisasi abad 21.

Menurut Tiurlina Siregar (2021), Abad 21 merupakan masa dimana terjadi perubahan besar-besaran dalam segala aspek kehidupan, kebiasaan dan cara-cara baru. Melesatnya perkembangan teknologi merupakan bukti kemajuan dalam dunia pendidikan yang mampu merubah tatanan dan kebiasaan dalam berbagai bidang. Dunia pendidikan harus mampu beradaptasi mengikuti perkembangan zaman, dimana generasi saat ini dituntut untuk menguasai keterampilan abad 21 (*Creativity and innovation, critical thinking and problem solving, communication, and collaboration*) dan mengintegrasikannya dengan kemajuan Ilmu Pengetahuan dan Teknologi (IPTEK).

Kemajuan Ilmu Pengetahuan dan Teknologi (IPTEK) yang deras serta zaman yang semakin modern sungguh nyata dampaknya dalam kehidupan manusia (Taufik,2017). Kemajuan teknologi yang berkembang saat ini tidak luput dari meningkatnya kemampuan manusia dalam bidang teknologi dan ilmu pengetahuan sehingga dapat membantu kehidupan sehari-hari. Perkembangan IPTEK inilah yang menjadi penyebab dibutuhkan pengembangan pembelajaran yang berorientasi pada STEM, STEM sendiri meliputi sains (*science*), teknologi (*technology*), teknik (*engineering*) dan matematika (*mathematics*).

Pembelajaran berbasis STEM (*Science, Tecnology, Engineering, and Mathematics education*) didesain guna mengembangkan berbagai keterampilan abad 21 seperti penalaran, *problem solving*, berpikir kritis, kreatifitas dan penyelidikan, belajar mandiri, melek teknologi, kerja tim dan kolaborasi, dan bermacam-macam kerampilan lainnya yang dapat digunakan dalam berbagai bidang dalam masyarakat. Menurut Zubaidah (2018) pembelajaran STEM didesain untuk mekolaborasikan bermacam bidang studi kedalam kurikulum terpadu. Ditambahkan oleh Suryani (2020), dengan pembelajaran yang berkualitas melalui media pembelajaran yang layak, praktis, efektif dapat mendorong peserta didik untuk memahami konsep dari materi termodinamika secara

baik sebagai akibatnya daya berpikir kritis peserta didik meningkat. Dengan demikian, perlu diupayakan pengembangan e-modul yang terintegrasi dengan STEM secara massif sebagai salah satu sumber dan media belajar.

Penggunaan sumber belajar dan media menjadi bagian yang memengaruhi pembelajaran. Ketika guru akan mengembangkan bahan ajar maka perlu memperhatikan kesesuaian dan keselarasan bahan ajar/modul ajar yang akan dipakai dengan keadaan peserta didik dan strategi pembelajarannya (Direktorat pembinaan SMA, 2017). Akhir-akhir ini banyak modul pembelajaran interaktif yang digunakan berbentuk elektronik modul (E-Modul) yang merupakan salah satu produk perkembangan teknologi yang dapat difungsikan untuk sumber belajar. E-modul ini memiliki manfaat bagi peserta didik sebagai berikut; dapat mengakses informasi dalam e-modul pada waktu dan tempat yang tak terbatas; dapat memperluas pengetahuan yang diperoleh melalui internet; kemudahan pembelajaran sehingga lebih menyenangkan; dan menambah interaktivitas, kreativitas dan inovasi dalam pembelajaran. Berdasarkan uraian diatas menunjukkan bahwa dalam penggunaan e-modul aspek teknologi dapat mempermudah proses pembelajaran di era saat ini.

Hasil observasi yang telah dilakukan peneliti memperoleh nilai ulangan harian peserta didik pada materi termodinamika di SMA YPK Bintuni pada tahun ajaran 2022/2023 masih rendah yaitu 85% peserta didik mendapatkan nilai di bawah Kriteria Ketuntasan Minimum (KKM), dimana KKM nya adalah 60. Hal ini menunjukkan bahwa materi termodinamika masih sukar untuk dimengerti oleh peserta didik. Menurut hasil analisis angket yang dibagikan kepada peserta didik dan hasil wawancara guru terkait pembelajaran materi termodinamika diperoleh bahwa: 1) Kemandirian dan keterlibatan peserta didik didalam proses pembelajaran masih rendah; 2) Orientasi bahan ajar yang digunakan belum terintegrasi dengan pemecahan masalah; 3) Pengintegrasian praktikum dalam bahan ajar dan aplikasinya dalam kehidupan sehari-hari belum optimal; 4) jumlah buku ajar yang dipakai rasionya tidak sesuai jumlah peserta didik. Berdasarkan uraian diatas permasalahan pokok yang terjadi di sekolah dalam pembelajaran materi termodinamika adalah media/alat dan sumber belajar. Adapun tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui cara membuat, mengembangkan, kelayakan e-modul termodinamika berbasis STEM terintegrasi *problem solving* terhadap peningkatan kemampuan berpikir kritis dan hasil peserta didik kelas XI SMA YPK Bintuni.

2. METODE PENELITIAN

Modul elektronik termodinamika berbasis STEM terintegrasi *problem solving* dibuat dan dikembangkan untuk meningkatkan kemampuan berpikir kritis dan hasil belajar peserta didik.

Pengembangan e-modul termodinamika berbasis STEM terintegrasi *problem solving* menggunakan desain R&D dengan menerapkan model ADDIE yang mengacu pada Branch (2009). Model pengembangan ADDIE terdiri dari lima langkah yaitu analisis, desain pengembangan, implementasi, dan evaluasi. Penelitian ini dilakukan hanya sampai langkah pengembangan dan penilaian karakteristik, kelayakan, dan respon guru serta peserta didik terhadap e-modul termodinamika berbasis STEM terintegrasi *problem solving* yang dikembangkan. Karakteristik dan kelayakan materi di dalam e-modul dinilai oleh ahli materi, yang terdiri dari empat orang dosen. Selanjutnya, kelayakan media dinilai oleh seorang ahli media yang juga terdiri dari empat dosen dan tiga guru.

Subjek penelitian ini adalah peserta didik kelas XI SMA YPK Bintuni tahun ajaran 2023/2024 dengan teknik *purposive sampling*. Objek pengembangan dalam penelitian ini adalah pengembangan bahan ajar dalam bentuk e-modul dengan rujukan utama artikel penelitian pendidikan yang bersumber dari berbagai jurnal.

Teknik pengumpulan data yang digunakan adalah tes dan nontes. Tes digunakan untuk mengukur peningkatan kemampuan berpikir kritis dan hasil belajar peserta didik berupa soal berbentuk pilihan ganda dan essay. Instrumen nontes berupa kuesioner digunakan untuk memperoleh pendapat dan saran terhadap kelayakan isi, penyajian, bahasa, kegrafisan, keefektifan dan kepraktisan e-modul yang dikembangkan. Skala yang digunakan adalah kriteria *rating scale* dengan lima alternatif jawaban sangat baik, baik, cukup baik, tidak baik, sangat tidak baik. Selanjutnya, untuk keperluan analisis kuantitatif, maka kelima alternatif jawaban tersebut secara berurutan diberi skor 4,3,2,1, dan 0 (Sugiyono, 2017). Jika skor total dan skor ideal dari setiap komponen telah diketahui, data-data tersebut kemudian dikonversi menjadi persentase, dan selanjutnya dikategorikan berdasarkan kriteria pada Tabel 1

Tabel 1. Kriteria kelayakan e-modul

Presentase	Kelayakan	Kategori	Keterangan
81%-100 %	Sangat layak	Baik	tidak perlu revisi
61% - 80%	Layak	Baik	perlu revisi Sebagian
41% - 60%	Cukup layak	Kurang baik	revisi Sebagian, pengkajian
>26%	Tidak layak	Tidak baik	revisi total dan pengkajian ulang isi materi

Perhitungan analisis uji coba tes kemampuan berpikir kritis dan hasil belajar menggunakan uji validitas dan reliabilitas. Sedangkan untuk menghitung analisis peningkatan kemampuan berpikir kritis dan hasil belajar peserta didik menggunakan gain ternormalisasi (n-Gain)

menggunakan rumus (Hake,2019):

$$n - Gain = \frac{skor\ posttest - skor\ pretest}{skor\ ideal - skor\ pretest}$$

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pembuatan E-modul Termodinamika Berbasis STEM terintegrasi *Problem Solving*

Pembuatan e-modul termodinamika dalam pembelajaran melalui tujuh tahapan, yaitu, mengidentifikasi materi esensial yang akan di masukkan dalam e-modul, menganalisis kebutuhan e-modul, membuat kerangka e-modul yang berisikan sampul, kata pengantar, daftar isi, daftar gambar, daftar tabel, kompetensi dasar, indikator pencapaian kompetensi, peta konsep, tujuan pembelajaran, materi pembelajaran (isi e-modul), video pembelajaran, glosarim, RPP, LKPD, soal *pretest-posttes*, serta kunci jawaban, mendesain tampilan e-modul, menyusun draf materi, mengimplementasi e-modul dalam kegiatan belajar mengajar, melaksanakan penilaian hasil belajar dan kemampuan berpikir kritis menggunakan instrumen yang sudah dirancang dan divalidasi.

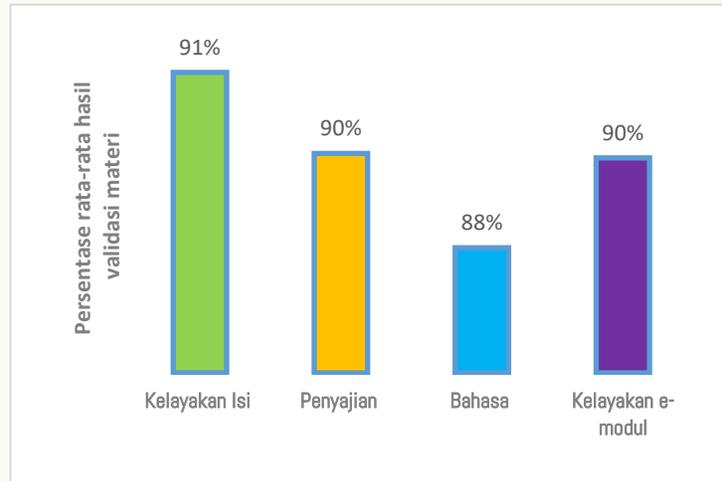
Langkah-langkah yang dilalui mencakup tujuh komponen e-modul yaitu rumusan tujuan pembelajaran, petunjuk penggunaan e-modul, identitas pokok materi pelajaran yang terintegrasi STEM, kegiatan pembelajaran, lembar kerja peserta didik, lembar evaluasi, menu navigasi dan fitur-fitur interaktif. Hal ini sejalan dengan penelitian terdahulu yang dilakukan oleh Lainisma, Lhony& Siregar, T (2020) dengan judul “Modul pembelajaran berbasis Science, Technology, Engineering and Mathematics (STEM) untuk meningkat hasil belajar dan keterampilan proses peserta didik pada materi redoks dan sel elektrolisis” yang menyatakan bahwa cara membuat e-modul dilakukan dengan tujuh tahap

Pengembangan E-modul Termodinamika berbasis STEM terintegrasi *Problem Solving*

Pengembangan e-modul IPA terpadu terdiri dari: (1) mengidentifikasi potensi dan masalah; yaitu dengan melakukan analisis permasalahan yang sering muncul dalam pembelajaran khususnya materi termodinamika, (2) mengumpulkan data antara lain mengumpulkan referensi, gambar, video dan berbagai fenomena yang berkaitan dengan materi termodinamika yang akan digunakan sebagai bahan perencanaan e-modul, (3) membuat desain e-modul termodinamika, (4) memvalidasikan e-modul kepada validator materi dan media; meliputi aspek kelayakan isi materi, kelayakan penyajian, dan kelayakan kebahasaan, (5) merevisi e-modul termodinamika berbasis STEM terintegrasi *problem solving* yang telah divalidasi.

Kelayakan E-modul Termodinamika Berbasis STEM Terintegrasi *Problem Solving*

Analisis kelayakan E-Modul termodinamika setelah di uji validator materi dengan tiga indikator aspek penilaian memperoleh hasil yang dapat dilihat pada Gambar 1.

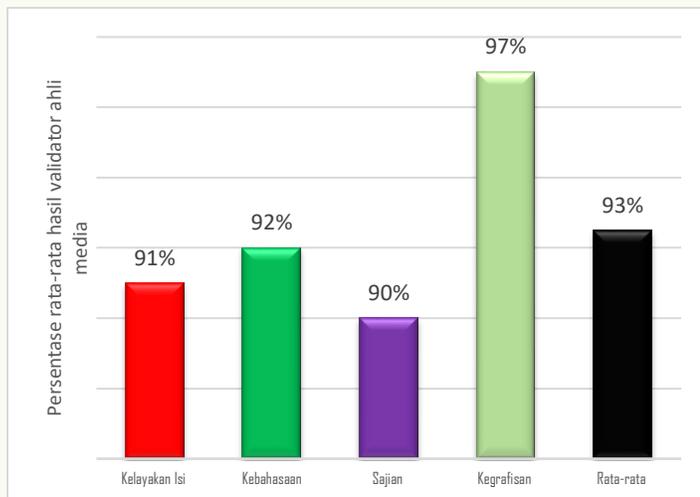


Gambar 1. Diagram Persentase Hasil Analisis Vallidasi Materi

Berdasarkan gambar 1 hasil penilaian yang dilakukan oleh validator dari ketiga aspek penilaian menunjukkan kelayakan e-modul validator ahli materi memperoleh rata-rata sebesar 90% termasuk dalam kriteria sangat layak. Persentase tertinggi didapatkan pada aspek kelayakan isi yaitu 91%, kemudian persentase 90% pada aspek kelayakan penyajian, terakhir dengan persentase 88% pada aspek kelayakan bahasa.

Aspek kelayakan isi mendapatkan persentase yang paling tinggi yaitu 91%. Hal itu menunjukkan bahwa isi materi yang diberikan sudah sesuai silabus yang berlaku dan tahap perkembangan peserta didik. Selain itu materi bersifat *advanced* terbaru menyesuaikan dengan perkembangan ilmu sains khususnya di bidang fisika, materi pendukung lainnya yang menjadi kelebihan dari materi yang terdapat pada e-modul ini adalah video pembelajaran kontekstual dan dapat membantu peserta didik yang melakukan proses belajar di luar sekolah atau masih melakukan pembelajaran daring dari rumah.

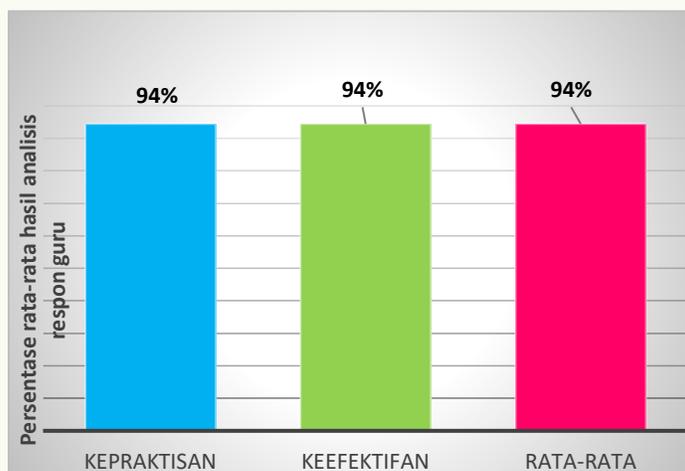
Berdasarkan perolehan nilai ketiga aspek ini dalam kelayakan materi e-Modul dengan rata-rata 90%, maka dapat dinyatakan e-modul termodinamika layak digunakan di sekolah. Analisis selanjutnya adalah uji validator media. Hasil analisis dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Diagram Batang Persentase Hasil Analisis Validator media

Kelayakan e-modul termodinamika berbasis STEM terintegrasi *problem solving* dari segi media dibagi menjadi empat aspek yaitu kelayakan isi, kebahasaan, sajian dan kegrafisan. Adapun hasil penilaian kelayakan yang diperoleh dari ahli media memperoleh nilai rata-rata persentase 93% dengan kategori sangat baik. Nilai tertinggi terdapat pada aspek kegrafisan yaitu 97%. Hal ini menunjukkan bahwa penyusun telah mendesain fitur dan merancang e-modul dengan ilustrasi dan tampilan yang menarik, kemudian jenis huruf dan ukuran huruf yang mudah dibaca dan dipahami oleh pembaca. Secara keseluruhan, media pada e-modul termodinamika berbasis STEM terintegrasi *problem solving* sangat layak digunakan di sekolah

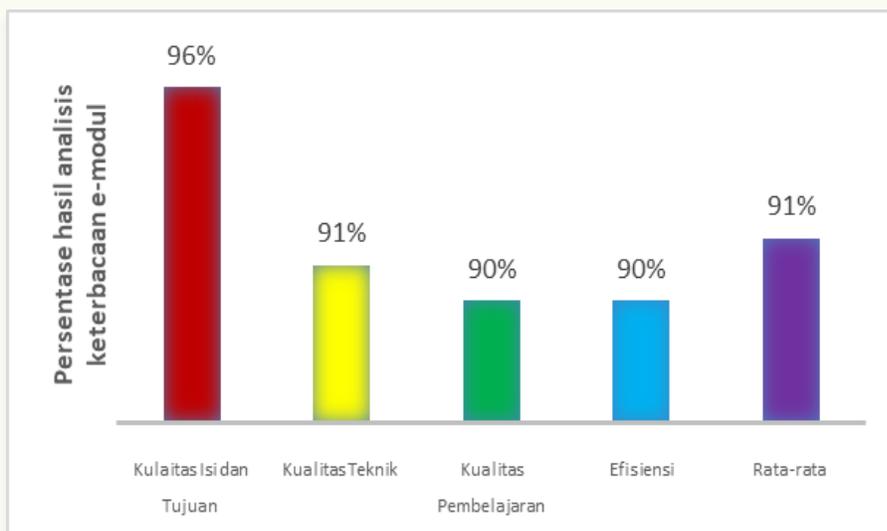
Selanjutnya analisis respon guru terhadap e-modul termodinamika dan memperoleh hasil yang dapat dilihat pada Gambar 3 berikut:



Gambar 3. Diagram Batang Persentase Hasil Analisis Respon guru

Berdasarkan gambar 3 hasil analisis respon guru ditinjau dari dua aspek yaitu kepraktisan dan keefektifan dalam penggunaan e-modul. Aspek kepraktisan dan keefektifan sesuai gambar diatas masing-masing mendapatkan nilai rata-rata 94% dengan kategori sangat praktis. Hal ini menunjukkan bahwa e-modul yang dikembangkan efektif dan praktis digunakan dimanapun dan kapanpun oleh peserta didik. Penelitian ini sejalan dengan Tiurlina Siregar (2024) dan (2023) penggunaan e-modul kimia dapat meningkatkan hasil belajar peserta didik.

Analisis terakhir untuk mengevaluasi kelayakan e-modul termodinamika adalah analisis respon peserta didik. Hasil analisis dapat dilihat pada gambar 4.



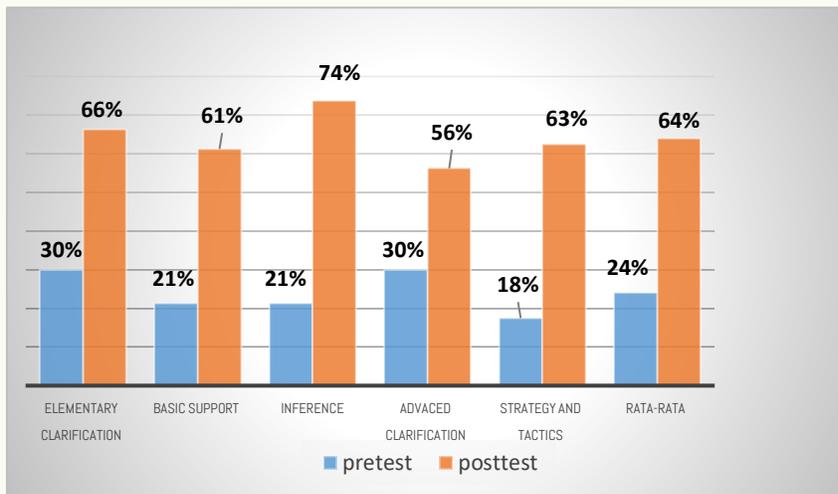
Gambar 4. Diagram Batang Persentase Hasil Analisis Keterbacaan E-Modul

Berdasarkan gambar 4 hasil analisis menunjukkan bahwa nilai rerata hasil uji coba terbatas (keterbacaan) peserta didik adalah 91%, ini menunjukkan bahwa e-modul termodinamika berbasis STEM terintegrasi *problem solving* berada pada kategori sangat baik. Hal ini menunjukkan bahwa peserta didik tidak mengalami kesulitan dalam penggunaan e-modul dalam proses pembelajaran, dan dapat memahami petunjuk hingga isi materi dari fitur pendukung yang diberikan pada e-modul termodinamika untuk digunakan dalam proses pembelajaran, sehingga berdasarkan nilai tersebut, maka aspek kelayakan keterbacaan e-modul oleh peserta didik yang dinilai dapat dinyatakan layak untuk digunakan di sekolah. Sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Wahyu, dkk (2022) yang berjudul “*the effectiveness of using microsoft powerpoint based on video learning through a scientific approach in the biology e-module of monera for increasing the activity, interest and learning outcome of 10th MIA Insan Cendekia Jayapura student*” menunjukkan bahwa analisis keterbacaan e-modul memperoleh persentase rata-rata 84% dengan kategori sangat baik. Hal ini disebabkan oleh kemudahan peserta didik dalam menggunakan e-modul dimanapun dan kapanpun,

selain itu peserta didik mudah memahami materi karena materi didalam e-modul bersifat kontekstual dan dekat dengan kehidupan sehari-hari. Selain itu desain yang menarik dan penuh warna membuat peserta didik tidak cepat bosan dalam belajar.

Analisis Peningkatan Kemampuan Berpikir Kritis Peserta Didik Menggunakan E-modul Termodinamika Berbasis STEM Terintegrasi Problem Solving

Proses pembelajaran dan penggunaan e-modul bertujuan untuk meningkatkan kemampuan berpikir kritis peserta didik. Terdapat lima dasar indikator kemampuan berpikir kritis yaitu *elementary clarification*, *basic support*, *inference*, *Advanced clarification*, dan *strategy and tactics*. Berdasarkan lima indikator kemampuan berpikir kritis tersebut kemudian dibuat lima butir soal yang mencerminkan indikator-indikator tersebut. Hasil analisis kemampuan berpikir kritis ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Diagram Persentase Keterampilan Berpikir Kritis Peserta Didik

Rata-rata skor perolehan indikator berpikir kritis gambar 5 pada pada *pretest* 24%, sedangkan *posttest* adalah 64% artinya ada peningkatan kemampuan berpikir kritis peserta didik. Selisih tertinggi diperoleh pada indikator *inference* yaitu sebesar 53%, pada tahap *inference* ini peserta didik melakukan kegiatan berpikir untuk mencapai suatu kesimpulan atau pemahaman yang lebih luas berdasarkan informasi yang tersedia. Peningkatan kemampuan membuat kesimpulan terlihat dari bervariasinya jawaban peserta didik dalam menyelesaikan permasalahan yang ada dengan menghubungkan fakta-fakta yang ada di lapangan.

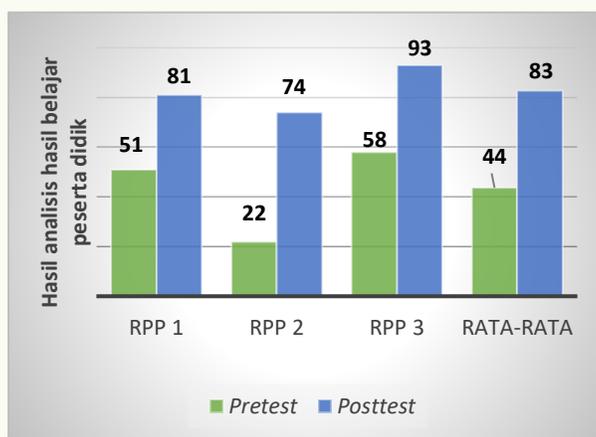
Persentase terendah diperoleh pada indikator *advance clarification* dimana diperoleh selisih persentase 26%. Hal ini menunjukkan bahwa peserta didik juga mengalami kesulitan dalam memilih atau membuat keputusan dalam menyelesaikan permasalahan yang dihadapi. Hal ini mungkin disebabkan oleh kurangnya wawasan (literasi) peserta didik terhadap masalah-masalah

yang ada di sekitar peserta didik serta daya pikir dan kreatifitas peserta didik belum optimal.

Peningkatan kemampuan berpikir kritis dapat diukur dengan uji n-Gain. Uji n-Gain dimaksudkan untuk mengetahui peningkatan kemampuan berpikir kritis sebelum dan sesudah pembelajaran. Hasil pretest kemampuan berpikir kritis diperoleh nilai 24 sedangkan hasil posttest diperoleh nilai 64. Kemudian dilakukan uji n-Gain terhadap hasil tersebut sehingga diperoleh nilai n-gain sebesar 0,53 yang masuk kedalam kategori sedang. Hal ini dikuatkan juga oleh hasil penelitian yang dilakukan oleh Albaiti (2024) yang berjudul “*Students' Skills to Make Inductions and Consider Inductions to Explain the Phenomenon of the Volta Cell*” yang menyatakan bahwa induksi dan pertimbangankan deskriptoris induksi adalah salah satu keterampilan berpikir kritis yang penting bagi siswa agar berhasil menghadapi dunia yang dinamis dan kompleks. Membuat generalisasi berdasarkan pengamatan dan data yang ada. Para peserta didik harus secara kritis mengevaluasi bukti yang tersedia dan merumuskan hipotesis yang menjelaskan fenomena yang diamati.

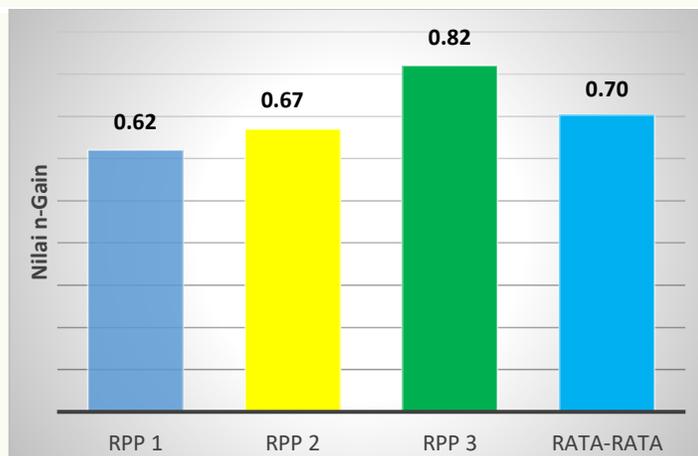
Analisis Peningkatan Hasil Belajar Peserta Didik Menggunakan E-modul Termodinamika Berbasis STEM Terintegrasi *Problem Solving*

Salah satu tujuan pengembangan e-modul termodinamika berbasis STEM terintegrasi *problem solving* untuk mengevaluasi peningkatan hasil belajar peserta didik kelas XI SMA YPK Bintuni. Analisis hasil belajar kegiatan pembelajaran pada RPP 1 sampai RPP 3 dengan menggunakan e-modul termodinamika berbasis STEM terintegrasi *problem solving* dan hasil n-Gainnya ditunjukkan pada Gambar 6 dan Gambar 7.



Gambar 6. Diagram Hasil Belajar Peserta Didik

Analisis uji n-Gain hasil belajar RPP 1 sampai RPP 3 ditunjukkan pada Gambar 7.



Gambar 7. Diagram Hasil Uji n-Gain hasil belajar peserta didik

Berdasarkan gambar 6 dan 7 menunjukkan bahwa hasil rata-rata n-Gain pertemuan 1 sebesar 0,62 dengan kategori sedang dengan nilai rata-rata pretest = 51, dan nilai rata-rata posttest = 81. Perolehan nilai pretest yang masih rendah ini karena peserta didik belum beradaptasi dengan model pembelajaran dan belum memahami materi secara umum terkait termodinamika, selain itu hasil observasi menemukan bahwa pada jenjang SMA untuk materi termodinamika masih sedikit untuk di pelajari dan sifatnya penyampaian masih secara umum (dasar), sehingga pemahaman peserta didik masih rendah. Hasil Posttest mendapatkan rata-rata 81 di atas standar nilai KKM, mengidentifikasi bahwa peserta didik berhasil memahami materi yang disajikan dalam e-modul. Hasil ini didukung berdasarkan manfaat penggunaan e-modul yaitu memudahkan peserta didik untuk memahami konsep yang diberikan melalui materi, video dan kegiatan didalam e-modul.

Analisis n-gain pada RPP 2 sebesar 0,67 dalam kategori sedang dengan rata-rata pretest 22 dan posttest 74. Ada peningkatan n-Gain dibandingkan pembelajaran RPP 1 walaupun tidak signifikan hal ini disebabkan materi pada pembelajaran kedua lebih sulit. Pada pembelajaran dua ini terdapat tujuh orang peserta didik yang belum tuntas dan diwajibkan mengikuti program remedial. Setelah ditelusuri hal itu disebabkan ketidak fokusan peserta didik saat proses pembelajaran dan peserta didik tersebut memang kurang dalam hal kemampuan menghitung, sehingga kurang minat saat proses pembelajaran. Hal ini menjadi pusat perhatian agar lebih memperhatikan peserta didik lagi dan memberikan pendampingan lebih pada peserta didik tersebut.

Nilai n-Gain pada RPP 3 sebesar 0,82 termasuk dalam kategori tinggi dengan rata-rata pretest 53 dan posttest 93. Terjadi peningkatan yang signifikan jika dibandingkan dengan pembelajaran RPP 1 dan RPP 2 hal ini mungkin disebabkan antara lain karena peserta didik sudah terbiasa dengan pola pembelajaran sebelumnya, e-modul sudah dibagikan sejak awal pembelajaran

sehingga bisa dipelajari secara mandiri di rumah. Selain itu peserta didik lebih tertarik mempelajari materi dari e-modul karena materinya berhubungan dengan kehidupan sehari-hari dan permasalahan yang terjadi pun pernah dialami sehingga peserta didik menjadi lebih tertantang mencari alternatif penyelesaian permasalahan yang ada. Hal ini sejalan dengan penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Kurniawan, dkk. (2022) dengan judul “Pengembangan e-modul fisika berbasis PjBL STEM pada materi analisis vector pada gerak parabola” yang memperoleh peningkatan hasil belajar dengan uji rata-rata n-Gain sebesar 0,77 dengan kategori tinggi.

4. SIMPULAN DAN SARAN

SIMPULAN

Penggunaan e-modul termodinamika berbasis STEM terintegrasi *problem solving*, efektif dalam meningkatkan kemampuan berpikir kritis dan hasil belajar peserta didik kelas XI IPA SMA YPK Bintuni dengan rata-rata uji n-Gain sebesar 0,53 kategori sedang dan 0,70 kategori tinggi.

SARAN

Peserta didik diharapkan dapat memanfaatkan e-modul termodinamika secara maksimal dan dapat dimanfaatkan peserta didik dimana dan kapan saja dalam belajar.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Kepala SMA YPK Bintuni, peserta didik kelas XI IPA, serta Ketua Program Studi Magister Pendidikan IPA Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan yang telah memberikan dukungan dalam menyelesaikan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Albaiti. (2024). Student Skills to Make Inductions and Consider Inductions to Explain the Phenomenon of the Volta Cell. *Formosa Journal of Science and Technology (FJST)* Vol.3, No.3,2024: <https://journal.formosapublisher.org/index.php/fjst/article/view/8337>
- Branch, Robert Mariabe. (2009). *Instructional Design: The ADDIE Approach*. USA: Springer.
- Hake, R, R. (1999). *Analyzing Change/Gain Scores*. AREA-D American Education Research Association's Devison.D, Measurement and Reasearch Methodology. <https://web.physics.indiana.edu/sdi/AnalyzingChange-Gain.pdf>
- Kurniawan, Victoria & Bung kang, Yusuf & Lumbu, Albert. (2022). The Devolopment of Physics E-modul Based on PjBL STEM on Vector analysis Material on Parabolic Motion. *Jurnal Ilmu Pendidikan Indonesia*. 10. 71-80. <https://doi.org/10.31957/jipi.v10i2.2192>

- Lainisma, Lhony & Siregar, T. (2010). Modul Pembelajaran Berbasis Science, Technology, Engineering and Mathematics (STEM) untuk meingkatkan Hasil Belajar dan keterampilan Proses Peserta didik pada materi redoks dan elektrolisis. *Jurnal Ilmu Pendidikan Indonesia*. 8. 84-90. <https://doi.org/10.31957/jipi.v8i2.1237>.
- Siregar, T. (2023). *Development of Chemical Reaction Rate Module through Scientific Approach*. *Jurnal Ilmu Pendidikan Kimia (JPKIM)*, 15(3), 235-242. <https://jurnal.unimed.ac.id/2012/index.php/jpk/article/view/49819/22718>
- Siregar, T., & Patimah, S. (2021). Integrated IPA Module Based on Guided Inquiry on Materials Food Additives to Increase Learning Outcomes. *Jurnal Ilmu Pendidikan Indonesia*. Vol 9, no 3 hal: 144- 152. <https://www.semanticscholar.org/paper/INTEGRATED-IPA-MODULE-BASED-ON-GUIDED-INQUIRY-ON-TO-Siregar-Patimah/f2b3abfe20f413e8884498a3517d08e737fe143c>
- Siregar, T. (2021). *Mewujudkan Kemandirian Indonesia Melalui Inovasi Dunia Pendidikan*. Cirebon: Penerbit Insania.
- Sugiyono. (2017). *Metode Penelitian Kuantitatif Kualitatif dan R&D*. Bandung: Alfabeta
- Suryani, K., Utami, I. S., Khairudin, K., Ariska, A., & Rahmadani, A. F. (2020). Pengembangan Modul Digital berbasis STEM menggunakan Aplikasi 3D FlipBook pada Mata Kuliah Sistem Operasi. *Mimbar Ilmu*, 25(3), 358–367. <https://doi.org/10.23887/mi.v25i3.28702>
- Wahyu, Puji Utama, Basa T Rumahorbo, Alfred Antoh. (2022). The effectiveness of using microsoft powerpoint based on video learning through a scientific approach in the biology e-module of monera for increasing the activity, interest and learning outcome of 10th MIA Insan Cendekia Jayapura student. *Jurnal Ilmu Pendidikan Indonesia* Vol 10, No 1. <https://doi.org/10.31957/jipi.v10i1.1934>
- Zubaidah, Siti. (2018). STEAM (Science, Technology, Engineering, Arts, and Mathematics): Pembelajaran untuk Memberdayakan Keterampilan Abad ke-21”, *Jurnal FMIPA Universitas Malang*. https://www.researchgate.net/publication/336065211_STEAM_Science_Technology_Engineering_Arts_and_Mathematics_Pembelajaran_untuk_Memberdayakan_Keterampilan_Abad_ke-21