

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian, dapat disimpulkan bahwa penerapan pendekatan *Science, Technology, Engineering, and Mathematics-Project Based Learning (STEM-PjBL)* berbantuan aplikasi simulasi *EduPhy-AI* berpengaruh signifikan terhadap peningkatan kemampuan berpikir kreatif siswa kelas X-1 SMA Negeri 4 Madiun pada materi Perubahan Iklim dan Pemanasan Global. Hal ini dibuktikan melalui hasil uji *Wilcoxon Signed-Rank Test* yang menunjukkan nilai $Z = -4,262$ dengan *Asymp. Sig. (2-tailed)* $< 0,001$, sehingga H_0 ditolak dan H_a diterima. Selain itu, nilai *effect size* sebesar $r = 0,52$ menunjukkan bahwa penerapan pendekatan tersebut memberikan pengaruh praktis yang besar terhadap kemampuan berpikir kreatif siswa.

Peningkatan kemampuan berpikir kreatif ditunjukkan oleh kenaikan nilai rata-rata dari 66,84 menjadi 83,90, dengan nilai N-Gain sebesar 0,51 yang termasuk kategori sedang. Secara per indikator, *fluency* mengalami peningkatan tertinggi (N-Gain = 0,81; kategori Tinggi), diikuti *elaboration* (N-Gain = 0,62; kategori Sedang), *flexibility* (N-Gain = 0,50; kategori Sedang), dan *originality* yang memperoleh peningkatan terendah (N-Gain = 0,17; kategori Rendah) sehingga memerlukan pembiasaan pembelajaran yang lebih berkelanjutan

Temuan kuantitatif tersebut diperkuat oleh hasil observasi dan dokumentasi LKPD yang menunjukkan keterlaksanaan pembelajaran berjalan baik melalui lima tahapan *STEM-PjBL (Reflection, Research, Design,*

Prototype, dan Communication). Siswa menunjukkan peningkatan keterlibatan aktif dalam mengeksplorasi parameter iklim melalui EduPhy-AI, mengajukan pertanyaan investigatif, serta mengembangkan dan mempresentasikan solusi mitigasi secara kolaboratif. Selain efektif meningkatkan kemampuan berpikir kreatif, aplikasi *EduPhy-AI* juga dinyatakan layak digunakan berdasarkan validasi numerik terhadap *MATLAB* (MAPE suhu 0,84% dan CO₂ 7,02%) serta pengujian fungsional melalui *Alpha* dan *Beta Testing*. Penelitian ini menghasilkan kebaruan berupa pendekatan *Simulation-Assisted STEM-PjBL*, yaitu integrasi sintaks STEM-PjBL dengan simulasi numerik berbasis *Runge-Kutta Orde 4 (RK4)* dan *AI Tutor* sebagai alternatif pembelajaran fisika yang kontekstual, interaktif, dan berbasis teknologi.

B. Saran

Berdasarkan hasil penelitian, pembahasan, serta keterbatasan yang telah diuraikan, peneliti mengajukan beberapa saran yang dikelompokkan menjadi saran praktis dan saran teoretis/akademis sebagai berikut.

1. Saran Praktis

- a. Bagi pendidik, pendekatan *STEM-PjBL* berbantuan media simulasi *EduPhy-AI* dapat dijadikan salah satu alternatif strategi pembelajaran fisika pada materi Perubahan Iklim dan Pemanasan Global, dengan memberikan perhatian khusus pada penguatan indikator keaslian (*originality*) gagasan siswa, misalnya melalui pemberian tantangan terbuka yang mendorong munculnya solusi yang lebih variatif dan orisinal.

- b. Bagi pendidik, disarankan menyediakan petunjuk penggunaan (*tutorial*) media simulasi serta mengalokasikan waktu yang memadai untuk fase pendampingan proyek rekayasa desain, agar setiap kelompok siswa memperoleh bimbingan yang lebih optimal selama proses pembelajaran.
- c. Bagi pihak sekolah, perlu dipersiapkan kesiapan infrastruktur digital, seperti ketersediaan perangkat dengan spesifikasi yang memadai dan koneksi internet yang stabil, mengingat aplikasi simulasi berbasis komputasi numerik membutuhkan dukungan teknis agar dapat berjalan dengan lancar selama pembelajaran.

2. Saran Teoretis/Akademis

- a. Penelitian ini menggunakan desain *one-group pretest-posttest* yang tidak melibatkan kelas kontrol, sehingga peningkatan kemampuan berpikir kreatif yang teramati berpotensi dipengaruhi oleh faktor luar (seperti efek pembelajaran berulang/*testing effect*, kematangan kognitif siswa, atau paparan materi dari sumber lain di luar penelitian) yang tidak dapat dipisahkan secara statistik dari pengaruh murni EduPhy-AI. Oleh karena itu, penelitian selanjutnya disarankan menggunakan desain *quasi-eksperimental* dengan melibatkan kelompok kontrol (misalnya kelas yang menerima pembelajaran STEM-PjBL tanpa bantuan EduPhy-AI, atau pembelajaran konvensional). Dengan adanya kelompok kontrol, pengaruh spesifik dari EduPhy-AI dapat diisolasi secara lebih meyakinkan melalui perbandingan *gain score* antara

kelompok eksperimen dan kontrol, sehingga klaim efektivitas media pembelajaran ini memiliki validitas internal yang lebih kuat dan generalisasi hasil dapat dipertanggungjawabkan secara lebih cermat.

- b. Bagi peneliti selanjutnya, disarankan melaksanakan uji validitas empiris instrumen melalui uji coba lapangan terhadap kelompok di luar sampel, sehingga kualitas butir soal dapat diukur tidak hanya secara teoretis (validitas isi) tetapi juga secara empiris.
- c. Bagi peneliti selanjutnya, disarankan memperpanjang durasi intervensi serta memperluas cakupan materi dan subjek penelitian, agar perkembangan kemampuan berpikir kreatif, khususnya aspek keaslian (*originality*), dapat terpantau secara lebih menyeluruh.
- d. Bagi peneliti selanjutnya, disarankan melengkapi instrumen evaluasi dengan penilaian afektif dan psikomotorik, serta mengembangkan lebih lanjut pendekatan *Simulation-Assisted STEM-PjBL* pada materi fisika lain agar kebaruan yang ditawarkan dapat diuji generalisasinya pada konteks yang lebih luas.