



Penerapan Model *Discovery Learning* Berbasis STEM pada Materi Sistem Gerak Untuk Meningkatkan Keterampilan Berpikir Kritis

Fadlina, Wiwit Artika*, Khairil, Cut Nurmaliah, Abdullah

Program Studi Magister Pendidikan Biologi FKIP Universitas Syiah Kuala, Banda Aceh, Indonesia

*Email: wartika@unsyiah.ac.id

DOI: 10.24815/jpsi.v9i1.18591

Article History:

Received: November 12, 2020

Accepted: January 5, 2021

Revised: December 23, 2020

Published: January 15, 2021

Abstract. Implementation of learning in class 11th MAN 1 and MAN 2 Banda Aceh City Students only get information without going through discussion activities, students who are not brave enough to express ideas or ideas, so that students are not trained in using their critical thinking skills. This study aims to determine the improvement of students' critical thinking skills through the application of the STEM-based discovery learning model to the motion system concept. The research approach used is quantitative with the type of pre-experimental research. The research design used is the one-group pretest-posttest design. The population was all of 11th grade students, amounting to 292 people. The sampling technique used was a total sampling. The sample in this study consisted of 292 students. The instruments in this research were pretest and posttest multiple choice questions with reasoned. Data analysis consisted of normality test, paired sample t-test at a significant level of 0.05 and n-gain. The results of the paired sample t-test obtained t_{count} 48 and value ($p < .001$), so it was concluded that there were differences in critical thinking skills and learning outcomes of students before and after learning with the application of the STEM-based discovery learning model to the motion system concept. The results of the n-gain test using the Meltzer formula showed that the gain in critical thinking skills was 0.85, so there was an increase in critical thinking skills with a high category.

Keywords: Discovery Learning, Critical Thinking Skills, STEM, Motion System Concept.

Pendahuluan

Abad ke-21 ini informasi dapat diakses oleh semua orang dengan begitu cepat. Setiap individu harus memiliki keterampilan *soft skill* yang mumpuni agar dapat terjun ke dunia pekerjaan dan siap berkompetisi. Salah satu keterampilan yang harus dimiliki peserta didik adalah keterampilan berpikir kritis, yang dapat diperoleh melalui pendidikan (Ritonga, dkk., 2020). Keterampilan berpikir kritis (KBK) merupakan keterampilan yang bukan melekat pada diri manusia sejak lahir. KBK harus dilatihkan dalam proses pembelajaran (Rahmawati dkk., 2016).

Aspek indikator berpikir kritis dikelompokkan menjadi lima menurut Ennis (1985) dalam Rahmawati, dkk., (2016) yaitu: (1) Memberikan penjelasan sederhana (*elementary*

clarification), terdiri dari memfokuskan pertanyaan, menganalisis argumen, bertanya dan menjawab pertanyaan yang membutuhkan penjelasan atau tantangan, (2) Membangun keterampilan dasar (*basic support*), meliputi: mempertimbangkan kredibilitas sumber dan melakukan pertimbangan observasi, (3) Penarikan kesimpulan (*inference*), terdiri dari menyusun dan mempertimbangkan deduksi, menyusun dan mempertimbangkan induksi, menyusun keputusan dan mempertimbangkan hasilnya, (4) Memberikan penjelasan lebih lanjut (*advanced clarification*), terdiri dari mengidentifikasi istilah dan mempertimbangkan definisi, mengidentifikasi asumsi, dan (5) Mengatur strategi dan taktik (*strategies and tactics*), terdiri dari menentukan suatu tindakan dan berinteraksi dengan orang lain.

Hasil observasi terhadap peserta didik dan proses pembelajaran di MAN 1 dan MAN 2 Kota Banda Aceh menunjukkan pelaksanaan pembelajaran hanya memperoleh informasi tanpa melalui kegiatan pengamatan dan diskusi. Hal tersebut menyebabkan peserta didik tidak terlatih untuk mengidentifikasi suatu masalah dan kurang berani mengutarakan ide atau gagasan, sehingga KBK nya tidak berkembang.

Solusi yang akan dilakukan untuk melatih KBK yaitu dengan menerapkan model *discovery learning* berbasis STEM. Model pembelajaran *discovery learning* menekankan pada penemuan konsep atau prinsip yang belum dimiliki oleh peserta didik. Penerapan model pembelajaran *discovery learning* bertujuan untuk merubah kondisi belajar yang pasif menjadi aktif dan kreatif, dengan mengubah pembelajaran *teacher centered* ke *student centered* (Hotang, 2019).

Pembelajaran berbasis STEM dapat melatih peserta didik dalam menerapkan pengetahuannya untuk membuat desain sebagai bentuk pemecahan masalah terkait lingkungan dengan memanfaatkan teknologi (Kapila, 2014). STEM telah diterapkan di sejumlah negara maju seperti Amerika Serikat, Jepang, Finlandia, Australia dan Singapura. Pembelajaran dengan pendekatan pembelajaran STEM dapat meningkatkan KBK peserta didik secara signifikan dengan taraf kepercayaan 95% dan nilai n-gain sebesar 0,63 dengan kategori sedang dan peningkatan setiap indikator KBK berbeda-beda. Peningkatan indikator tertinggi terdapat pada indikator memberikan pendapat dan kesimpulan awal, sedangkan peningkatan indikator terendah terdapat pada indikator menarik kesimpulan atau mengatur strategi dan taktik (Nessa, dkk., 2017).

Belajar melalui pembelajaran STEM berbasis inkuiri dapat meningkatkan kemampuan berpikir kritis (Onsee dan Nuangchalerm, 2019). Pelaksanaan pendidikan STEM dapat dilihat dari Solusi siswa, beberapa siswa menggunakan konsep biologi atau kimia atau fisika atau kombinasi dan Matematika merancang solusi (teknologi) untuk pengolahan air limbah. Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai rata-rata siswa keterampilan berpikir kritis adalah 2,82. Keterampilan berpikir kritis siswa termasuk dalam kategori pemikir lanjut: 41,6%, Pemikir berlatih: 30,6%, pemikir pemula: 25%, dan pemikir tertantang: 2,8%. Adapun kategori untuk pelajar berpikir kritis sedang melatih pemikir. Praktik pemikir adalah tahap perkembangan berpikir kritis, yang mereka memiliki keterampilan yang cukup dalam berpikir untuk mengkritik rencana mereka sendiri untuk praktik sistematis, dan untuk membangun kritik yang realistis kekuatan pemikiran mereka untuk memecahkan masalah kontekstual (Mutakinati, dkk., 2018).

KBK peserta didik mengalami peningkatan setelah diterapkannya pembelajaran STEM dengan kategori tinggi. Selain itu, sebagian besar peserta didik memberikan respons positif terhadap komponen pembelajaran dan menunjukkan minat yang baik untuk mengulangi pembelajaran dengan pendekatan STEM. Perangkat pembelajaran dengan pendekatan STEM efektif digunakan untuk melatih KBK (Putri, dkk., 2020).

Model *discovery learning* berbasis STEM di gunakan untuk meningkatkan KBK. Tujuan penelitian untuk mengetahui peningkatan KBK peserta didik melalui model *discovery learning* berbasis STEM pada materi sistem gerak di MAN 1 dan MAN 2 Kota Banda Aceh. Hipotesis dalam penelitian ini, penerapan *discovery learning* berbasis STEM dapat meningkatkan KBK peserta didik pada materi sistem gerak di MAN 1 dan MAN 2 Kota Banda

Aceh. Manfaat yang diharapkan dari hasil penelitian ini yaitu sebagai motivasi untuk menggunakan model pembelajaran yang lebih menarik dan sesuai dengan perkembangan KBK peserta didik.

Metode

Penelitian ini dilaksanakan di MAN 1 dan MAN 2 Kota Banda Aceh, Provinsi Aceh. Penelitian dilaksanakan pada semester ganjil tahun pelajaran 2020-2021 di bulan Februari sampai Juli 2020. Pengambilan sampel pada MAN 1 dan MAN 2 Kota Banda Aceh ini berdasarkan nilai UN pada mata pelajaran biologi pada tahun 2019. Pendekatan yang digunakan yaitu kuantitatif. Jenis penelitian pre eksperimen dan menggunakan metode terapan.

Penelitian ini menggunakan rancangan *one-group pretest-posttest design* (Johnson dan Larry, 2014). Populasi dalam penelitian ini adalah seluruh peserta didik kelas XI MAN 1 dan MAN 2 Kota Banda Aceh yang berjumlah 292 orang peserta didik. Pengambilan sampel dalam penelitian ini menggunakan total sampling. Jadi jumlah sampel dalam penelitian ini adalah sebanyak 292 orang peserta didik. Instrumen yang digunakan untuk mengukur KBK yaitu soal pilihan ganda beralasan. Parameter mengukur KBK peserta didik dengan menggunakan tiga indikator yaitu menganalisis argumen, mengidentifikasi asumsi-asumsi, menginduksi dan mempertimbangkan hasil induksi. Pelaksanaan penelitian ini menggunakan perangkat pembelajaran antara lain: rencana pelaksanaan pembelajaran (RPP) dan lembar kerja peserta didik (LKPD). Tahapan analisis data yaitu: 1) uji normalitas, untuk menguji normalitas data digunakan uji *kolmogorov-smirnov*. Untuk melakukan uji normalitas ini menggunakan program SPSS. Kriteria uji normalitas jika nilai ($p > 0,05$) dinyatakan normal, 2) uji *paired sample t-test*, untuk melakukan uji ini menggunakan program SPSS, dengan kriteria jika ($p < 0,05$) maka terdapat perbedaan KBK peserta didik. 3) uji n-gain menggunakan formula Meltzer (2002) dengan rumus berikut:

$$Ngain = \frac{Posttest - Pretest}{Maximum\ probable\ score - pretes}$$

Kriteria N-gain perhatikan Tabel 1.

Tabel 1. Kriteria N-gain

No	Skor	Keterangan
1	N-gain > 0,7	Tinggi
2	0,3 ≤ N-gain ≤ 0,7	Sedang
3	N-gain < 0,3	Rendah

Hasil dan Pembahasan

Penilaian KBK dengan menggunakan penerapan model *discovery learning* berbasis STEM dilihat dari nilai pretest, posttest, dan N-gain. Hasil uji *paired sample t-test* diperoleh ($p < .001$) maka H_0 diterima, jadi disimpulkan bahwa terdapat perbedaan KBK sebelum dan sesudah dilakukan pembelajaran dengan penerapan model *discovery learning* berbasis STEM pada materi sistem gerak di MAN 1 dan MAN 2 Kota Banda Aceh. Terdapat perbedaan KBK sebelum dan sesudah diterapkan pendekatan pembelajaran STEM (Khoiriyah, dkk., 2018).

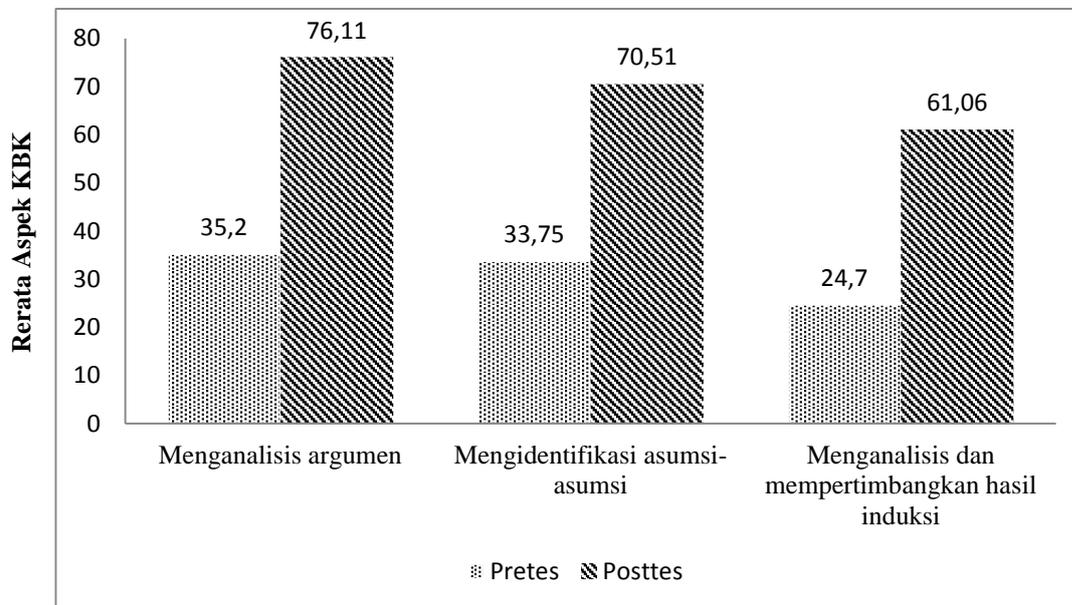
Peningkatan KBK peserta didik dianalisis melalui formula N-gain oleh Meltzer. Hasil uji peningkatan KBK peserta didik pada Tabel 2.

Tabel 2. Peningkatan KBK Peserta Didik

Nilai	N	Rerata	Std. Deviation
Pretest	292	36,07	12,46
Posttest	292	79,75	6,69
N-gain	292	76,81	14,34

Tabel 2 menunjukkan rerata N-gain kelas eksperimen sebesar 67,57. Hasil N-gain KBK diperoleh 0,85. Jadi peningkatan keterampilan berpikir peserta didik termasuk kategori tinggi. Penerapan pendekatan pembelajaran STEM dapat meningkatkan KBK peserta didik dengan 18 peserta didik memiliki kategori tinggi dan 12 peserta didik memiliki kategori sedang (Khoiriyah, dkk., 2018).

Peningkatan masing-masing indikator KBK peserta didik yang terdiri dari menganalisis argumen, mengidentifikasi asumsi-asumsi, menginduksi dan mempertimbangkan hasil induksi. Peningkatan masing-masing indikator KBK dianalisis menggunakan N-gain, disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Rerata Tiap Indikator KBK Peserta Didik

Keseluruhan indikator KBK peserta didik meningkat, tetapi yang mengalami peningkatan secara signifikan terdapat pada indikator menganalisis argumen. KBK pada indikator menganalisis argumen meningkat dikarenakan dengan menggunakan model *discovery learning* berbasis STEM memberikan kesempatan kepada peserta didik untuk mengeksplorasi kemampuan mengidentifikasi permasalahan dari suatu kasus yang berkaitan dengan sistem rangka manusia. Peserta didik mampu dengan cepat mempelajari suatu kasus dan memahaminya, kemudian merumuskan permasalahan yang terjadi dalam kasus tersebut. STEM memberikan pengalaman peserta didik menyelesaikan masalah nyata dengan kegiatan praktikum, sehingga dapat meningkatkan efektifitas, pembelajaran bermakna, dan menunjang karir di masa depan (Tseng, dkk., 2013). Dalam pembelajaran STEM, peserta didik didorong untuk terlibat aktif dalam kelompok untuk memecahkan suatu masalah dan dituntut untuk melatih KBK dengan mengintegrasikan disiplin ilmu yang ada di STEM yaitu sains, teknologi, teknik, dan matematika (Beers, 2011).

STEM dapat meningkatkan kemampuan berpikir kreatif peserta didik. Pembelajaran yang diterapkan dirasa bermanfaat karena dalam STEM peserta didik diajak untuk

melakukan pembelajaran yang bermakna dalam memahami sebuah konsep dan bereksplorasi melalui sebuah kegiatan proyek, sehingga peserta didik terlibat aktif dalam prosesnya (Ismayani, 2016). Hal ini menumbuhkan peserta didik untuk berpikir kritis, kreatif, analitis, dan meningkatkan keterampilan berpikir tingkat tinggi (Capraro dan Morgan, 2013).

KBK pada indikator mengidentifikasi asumsi-asumsi juga meningkat dikarenakan dengan menggunakan model *discovery learning* berbasis STEM mampu melatih kemampuan bertanya dan menjawab merupakan kemampuan untuk menemukan fakta-fakta yang ada dari suatu permasalahan yang dapat digunakan untuk membantu menjawab permasalahan tersebut. Selain itu peserta didik mampu mendefinisikan masalah dan eksplorasi peserta didik terhadap permasalahan untuk dipecahkan. Pendekatan STEM dapat meningkatkan keterampilan berpikir kritis. STEM dapat melatih peserta didik baik secara kognitif, keterampilan penuh, dan efektif (Becker dan Park, 2011).

KBK pada indikator menginduksi dan mempertimbangkan hasil induksi juga meningkat dikarenakan dengan menggunakan model *discovery learning* berbasis STEM mampu melatih kemampuan peserta didik dalam menggunakan prosedur yang sudah ada dari sumber yang terpercaya (pernyataan, fakta) dalam menyelesaikan permasalahan yang sedang dihadapi untuk mengambil suatu kesimpulan. Hasil STEM dari materi sistem rangka yang peserta didik buat yaitu poster rangka tubuh manusia. STEM membiasakan peserta didik untuk menyimpulkan maka peserta didik akan terlatih membuat kesimpulan (Ardiyanti, 2013).

Proses pembelajaran menggunakan model *discovery learning* berbasis STEM pada materi sistem gerak memberikan kesempatan kepada peserta didik untuk melatih peserta didik untuk aktif terlebih dahulu mencari pengetahuan sesuai dengan penemuan dengan menggunakan sumber yang dapat memudahkan dalam pemecahan masalah. Selain itu, aktif dalam belajar dengan melakukan percobaan pada materi sistem rangka dengan membuat poster rangka tubuh manusia. STEM mampu memberikan pengalaman belajar bermakna bagi peserta didik pada pembelajaran abad 21 karena pembelajaran ini dapat mengintegrasikan antara literasi sains, pengetahuan, pemanfaatan teknologi, dan literasi matematis (Baharin, dkk., 2018). STEM mampu menstimulus KBK peserta didik melalui tahap mengevaluasi (Lestari, dkk., 2018).

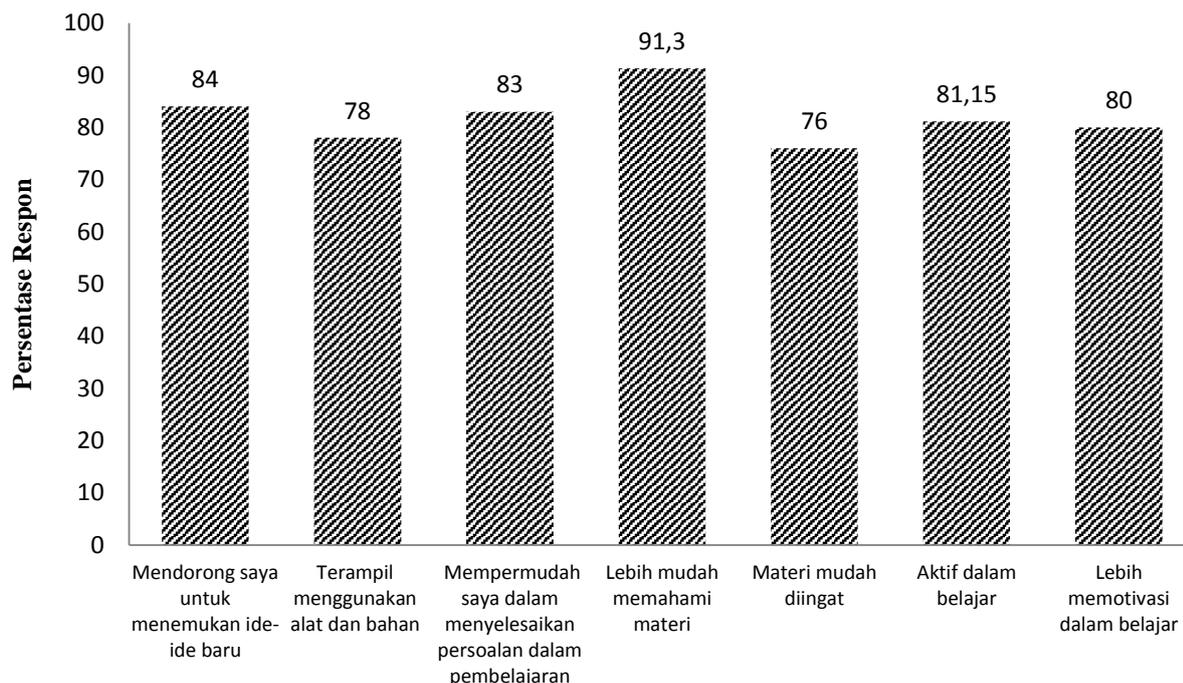
Penerapan model *discovery learning* dapat meningkatkan KBK peserta didik. Peningkatan KBK peserta didik dikarenakan keterlibatan peserta didik selama kegiatan pembelajaran, yang membuat peserta didik menjadi senang dan tidak bosan dalam mengikuti kegiatan pembelajaran. Berbeda dengan kelas kontrol yang memperoleh rata-rata masih dalam kategori cukup kritis. Hal ini dikarenakan pada kelas kontrol peserta didik tidak dilibatkan langsung dalam kegiatan pembelajaran. Peserta didik hanya mendengarkan dan menulis materi yang disampaikan oleh guru saja (Haryati, dkk., 2019).

Peningkatan KBK peserta didik juga disebabkan oleh terbiasanya peserta didik dalam melaksanakan langkah-langkah model pembelajaran STEM. Langkah-langkah model pembelajaran STEM yang terintegrasi kedalam multimedia memberikan kesempatan kepada mahasiswa didik untuk melakukan kegiatan berpikir kritis melalui pemecahan masalah, pengambilan keputusan, menganalisis asumsi, mengevaluasi dan melakukan penyelidikan serta mengkreasi pengalaman baru (Khoiriyah, dkk., (2018). *Blended learning* dengan pendekatan pendidikan STEM meningkatkan keterampilan kritis lebih baik berpikir siswa dari pada pembelajaran konvensional (Ardianti, dkk., 2020). Pembelajaran STEM terintegrasi efektif secara signifikan meningkatkan kemampuan berpikir ilmiah peserta didik (Agustina, dkk., 2020).

Keefektifan LKPD berbasis STEM untuk melatih KBK peserta didik dikategorikan dalam kategori sedang yang ditunjukkan dengan indeks n-gain sebesar 0,55. Selain itu, setelah melakukan pembelajaran berbantuan LKPD berbasis STEM menunjukkan peningkatan profil KBK peserta didik pada pembelajaran fisika SMA (Santoso, 2019).

Peningkatan keterampilan berpikir kritis lebih efektif menggunakan STEM dibandingkan model konvensional (Rosidin, dkk., 2019). Terdapat perbedaan rata-rata kemampuan berpikir kritis antar kelas eksperimen dan kelas kontrol. Rata-rata kelas eksperimen lebih tinggi daripada kelas kontrol kelas. Hal tersebut menunjukkan bahwa pelaksanaan pembelajaran berbasis proyek STEM terintegrasi berpengaruh terhadap kemampuan berpikir kritis siswa (Gandi, dkk., 2021).

Respon peserta didik terhadap model *discovery learning* berbasis STEM pada materi sistem gerak, disajikan pada Gambar 2.



Gambar 2. Respon Peserta Didik terhadap Model *Discovery Learning* Berbasis STEM

Gambar 3 *model discovery learning* berbasis STEM mendorong saya untuk menemukan ide-ide baru dengan kategori baik. Belajar materi sistem gerak dengan menggunakan model *discovery learning* berbasis STEM membuat saya terampil menggunakan bahan alam dalam belajar dengan kategori cukup baik. Model *discovery learning* berbasis STEM mempermudah saya dalam menyelesaikan persoalan dalam pembelajaran materi sistem gerak dengan kategori baik. Belajar materi sistem gerak dengan menggunakan model *discovery learning* berbasis STEM membuat saya lebih mudah memahami materi dengan kategori cukup baik. Belajar materi sistem gerak dengan menggunakan model *discovery learning* berbasis STEM membuat saya lebih termotivasi dalam belajar dengan kategori sangat baik. Implementasi LKPD berbasis STEM secara signifikan dapat meningkatkan motivasi belajar peserta didik (Husna, dkk., 2020).

Penggunaan model *discovery learning* berbasis STEM telah dikaitkan dalam kehidupan sehari-hari secara nyata dengan kategori baik. Model *discovery learning* berbasis STEM yang diterapkan membuat materi mudah diingat dengan kategori cukup baik. Saya lebih mudah konsentrasi mengikuti pembelajaran dengan menggunakan model pembelajaran *discovery learning* berbasis STEM dengan kategori baik. Belajar materi sistem gerak dengan menggunakan model *discovery learning* berbasis stem dapat menemukan minat diri saya sendiri dengan kategori sangat baik. Model *discovery learning* berbasis STEM membuat saya lebih aktif dalam belajar dengan kategori baik. Secara

keseluruhan respon peserta didik terhadap model *discovery learning* berbasis STEM diperoleh 83,96% dengan kategori baik.

Peserta didik menganggap STEM sebagai pembelajaran menarik, kreatif dan memotivasi. Siswa menyatakan pendidikan STEM meningkatkan kreativitas dan motivasi mereka terhadap kursus dan berkontribusi pada pilihan karir mereka (Ugras, 2018). Konten STEM sambil memberikan kesempatan dan akses ke konten, pengaturan, dan materi yang kebanyakan siswa tingkat menengah tidak akan dapat mengaksesnya (Roberts, dkk., 2018).

Kesimpulan

Penerapan model *discovery learning* berbasis STEM pada pembelajaran materi sistem gerak dapat meningkatkan keterampilan berpikir kritis peserta didik di MAN Kota Banda Aceh.

Ucapan Terimakasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Dr. Andi Ulfa Tenri Pada, S.Pd., M.Pd. dan Dr. Muhibuddin, M.S. yang telah membantu memvalidasi instrumen penelitian ini. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada Khuzaimah, S.Pd., Suraiya Harun, S.Si., dan Elli Arianti, M.Pd. sebagai observer serta peserta didik kelas XI IPA MAN 1 dan MAN 2 Banda Aceh atas partisipasinya selama penelitian.

Daftar Pustaka

- Agustina, R., Huda, I., & Nurmaliah, C. 2020. Implementasi pembelajaran STEM pada materi sistem reproduksi tumbuhan dan hewan terhadap kemampuan berpikir ilmiah peserta didik SMP. *Jurnal Pendidikan Sains Indonesia (Indonesian Journal of Science Education)*, 8(2):241-256
- Ardianti, S., Sulisworo, D., Pramudya, Y., & Raharjo, W. 2020. The impact of the use of STEM education approach on the blended learning to improve student's critical thinking skills. *Universal Journal of Educational Research*, 8(3):24-32
- Ardiyanti, F. 2013. Pengaruh model pembelajaran berbasis fenomena untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa sekolah dasar. *Journal Integration and Interconnection Islam and Science (Kaunia)*, 9(2):27-33
- Baharin, N., Kamarudin, N., & Manaf, U.K.A. 2018. Integrating STEM education approach in enhancing higher order thinking skills. *International Journal of Academic Research in Business and Social Sciences*, 8(7):810-822
- Beers, S.Z. 2011. *21st Century Skills: Preparing for Their Future*. London: ASD Author
- Becker, K. & Park, K. 2011. Effects of integrative approaches among science, technology, engineering, and mathematics (STEM) subjects on students' learning: a preliminary meta-analysis. *Journal of STEM Education*, 12(6):23-37
- Capraro, R.M., Capraro, M.M., & Morgan, J.R. 2013. *STEM Project-Based Learning*. Rotterdam/Boston/ Taipei: Sense Publisher

- Gandi, A.S.K., Haryani, S., & Setiawan, D. 2021. The effect of project-based learning integrated STEM toward critical thinking skill. *Journal of Primary Education*, 10(1): 18–23
- Hotang, L.B. 2019. Penerapan model pembelajaran *discovery learning* untuk meningkatkan motivasi dan hasil belajar fisika peserta didik kelas XI IPA 3 SMAN 6 Pekanbaru semester genap, *Physics Education Research Journal*. I(1):56–68
- Husna, E.F., Adlim, M., Gani, A., Syukri, M., & Iqbal, M. 2020. Developing STEM-based student worksheet to improve students' creativity and motivation of learning science. *Scientiae Educatia*, 9(1):57-75
- Ismayani, A. 2016. Pengaruh penerapan STEM project-based learning terhadap kreativitas matematis peserta didik SMK. *Indonesian Digital Journal of Mathematics and Education*, 3(4):264–272
- Johnson, R.B. & Larry, C. 2014. *Educational Research: Quantitative, Qualitatif, and Mixed Approaches*. USA: SAGE Publications
- Kapila, V. & Iskander, M. 2014. Lessons learned from conducting a k-12 project to revitalize achievement by using instrumentation in science education. *Journal of STEM Education*, 15(1):46-51
- Khoiriyah, N., Abdurrahman, A., & Wahyudi, I. 2018. Implementasi pendekatan pembelajaran STEM untuk meningkatkan kemampuan berpikir kritis siswa SMA pada materi gelombang bunyi. *Jurnal Riset dan Kajian Pendidikan Fisika*, 5(2):53-62
- Lestari, D.A.B., Astuti, B., & Darsono, T. 2018. Implementasi LKS dengan pendekatan STEM (science, technology, engineering, and mathematics) untuk meningkatkan kemampuan berpikir kritis peserta didik. *Jurnal Pendidikan Fisika dan Teknologi*, 4 (2):202-207
- Meltzer, D.E. 2002. The relationship between mathematics preparation and conceptual learning gain in physics: a possible hidden variable in diagnostic pretest scores. Ames: department of physics and astronomy, Iowa State University.
- Mutakinati, L., Anwari, I., & Yoshisuke, K. 2018. Analysis of students' critical thinking skill of middle school through stem education project-based learning. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, 7(1):54–65.
- Nessa, W., Hartono, Y., & Hiltrimartin, C. 2017. Pengembangan buku peserta didik materi jarak pada ruang dimensi tiga berbasis *science, technology, engineering, and mathematics (STEM) problem-based learning* di Kelas X, *Jurnal elemen*, 3(1):1–14
- Onsee, P. & Nuangchalerm, P. 2019. Developing critical thinking of grade 10 students through inquiry-based STEM learning. *Jurnal Penelitian dan Pembelajaran IPA*, 5(2):132-141
- Putri, W.R., Supardi, Z.I., & Sudibyo, E. 2020. The effectiveness of learning devices through the stem approaches to train students' critical. *Jurnal Education and Development*, 8(2):281–284.

- Rahmawati, I., Hidayat, A., & Rahayu, S. 2016. Analisis keterampilan berpikir kritis peserta didik pada materi gaya dan penerapannya. *Prosiding Semnas Pendidikan. IPA. Pascasarjana UM*, 1:112-119
- Ritonga, S., Safrida, S., Huda, I., Supriatno, & Sarong, M. A. 2020. The effect of problem-based video animation instructions to improve students' critical thinking skills. *Journal of Physics: Conference Series*, 1460(1):1-6
- Roberts, T., Jackson, C., Mohr-Schroeder, M.J., Bush, S.B., Maiorca, C., Cavalcanti, M., Craig Schroeder, D., Delaney, A., Putnam, L., & Cremeans, C. 2018. Students' perceptions of STEM learning after participating in a summer informal learning experience. *International Journal of STEM Education*, 5(1):2-14
- Santoso, S.H. & Mosik, M. 2019. Kefektifan LKS berbasis STEM (science, technology, engineering and mathematic) untuk melatih keterampilan berpikir kritis siswa pada pembelajaran fisika SMA. *UPEJ Unnes Physics Education Journal*, 8(3):248-253
- Tseng, K.H., Chang, C.C., Lou, S.J., & Chen, W.P. 2013. Attitudes towards science, technology, engineering and mathematics (STEM) in a project-based learning (PjBL) environment. *International Journal of Technology and Design Education*, 23(1):87-102
- Ugras, M. 2018. The effects of STEM activities on STEM attitudes, scientific creativity and motivation beliefs of the students and their views on STEM education. *International Online Journal of Educational Sciences*, 10(5):165-182