

Prinsip Pendidikan STEM dalam Pembelajaran Sains

Eko Sujarwanto

Pendidikan Fisika FKIP Universitas Siliwangi
Jalan Siliwangi 24, Tasikmalaya, Indonesia

Email: eko.sujarwanto@unsil.ac.id

Tersedia Online di

<http://www.jurnal.unublitar.ac.id/index.php/briliant>

Sejarah Artikel

Diterima pada 24 Desember 2022
Disetujui pada 29 Mei 2023
Dipublikasikan pada 30 Mei 2023
Hal. 408-414

Kata Kunci:

Pembelajaran Sains; Prinsip Pembelajaran STEM

DOI:

<http://dx.doi.org/10.28926/briliant.v8i2.1258>

Abstrak: Pendidikan STEM adalah pendekatan interdisiplin Sains, Teknologi, Keteknikan, dan Matematika dalam konteks saling keterkaitan untuk menyiapkan peserta didik menghadapi perkembangan Sains dan Teknologi serta mampu menyelesaikan masalah. Proses pembelajaran dalam konteks integrasi STEM adalah inti pendidikan STEM. Perancangan proses pembelajaran membutuhkan pedoman yang memuat prinsip dan landasan teoritis. Penelitian ini bertujuan untuk menelaah model-model pembelajaran STEM yang di-design untuk pembelajaran STEM. Kajian dilakukan pada model PjBL-STEM *Learning*, 6E *Learning by DeSIGN*TM, dan PIRPOSAL yang dimuat pada artikel ilmiah. Hasil kajian menunjukkan bahwa pembelajaran STEM perlu dilandasi oleh teori belajar kognitivisme dan sosio-konstruktivisme. Selanjutnya, prinsip-prinsip pada proses pembelajaran STEM adalah prinsip proses desain, prinsip proses inkuiri, berpusat pada masalah, berorientasi kooperatif, dan integrasi materi ajar. Prinsip-prinsip yang telah teridentifikasi akan bermanfaat untuk menunjang pengembangan model pembelajaran integrasi STEM.

PENDAHULUAN

Pendidikan STEM adalah pendekatan dalam konteks saling keterkaitan antara inkuiri dalam sains, literasi teknologi, desain keteknikan, dan cara berpikir matematis (Sanders, 2009; English, 2016). Pendidikan STEM memadukan semua atau pun minimal 2 dari disiplin STEM pada konsep atau tema/topik tertentu berdasarkan konteks saling keterkaitan dan *real-world problem* (Moore dkk., 2014). Vasquez dkk. (2013) menyatakan bahwa Pendidikan STEM sebagai bentuk usaha menghilangkan penghalang antara Sains, Teknologi, Keteknikan, dan Matematika selanjutnya mengintegrasikan dalam kehidupan yang relevan dengan peserta didik. Pendidikan STEM juga merupakan suatu usaha dalam pendidikan untuk menghadapi perkembangan sains dan teknologi (Thomas & Watters, 2015). Dengan demikian, Pendidikan STEM adalah pendekatan interdisiplin Sains, Teknologi, Keteknikan, dan Matematika dalam konteks saling keterkaitan agar mempersiapkan peserta didik menghadapi perkembangan zaman serta mampu menyelesaikan masalah relevan dengan dunia nyata (*real-world problem*).

Pendidikan STEM masih terdapat perbedaan pemahaman serta hambatan terkait hal integrasi antar disiplin di dalam S-T-E-M (Thibaut dkk., 2018; Shahali dkk. 2017). Hal ini dapat ditunjukkan dari hasil penelitian Sujarwanto dkk., (2019)

bahwa Pendidik mengalami hambatan untuk menyusun kegiatan pembelajaran yang mengintegrasikan STEM, kesulitan dalam menerapkan pembelajaran yang mengandung desain keteknikan, dan kurang paham mengenai hakikat integrasi teknologi dalam proses dan konten pembelajaran. Penelitian oleh Martin-Paez dkk. (2018) menunjukkan bahwa memberikan pengalaman belajar dalam konteks integrasi STEM bukan hal yang sederhana serta pemahaman yang kurang terhadap tiap-tiap disiplin akan mengakibatkan integrasi antar disiplin tidak bisa terjadi. Wang & Cheng (2023) menambahkan bahwa kualitas Pendidikan STEM yang tinggi membutuhkan Pendidik dengan pemahaman pedagogi STEM yang tepat, keterampilan mengintegrasikan antar disiplin, dan memiliki *Technological Pedagogical Content Knowledge* (TPACK). Dengan adanya kenyataan tersebut, pendidik harusnya memiliki Pengetahuan yang tepat terhadap pendidikan STEM. Namun, ternyata Pengetahuan Pendidik terhadap Pendidikan STEM masih rendah (Wahono & Chang, 2019).

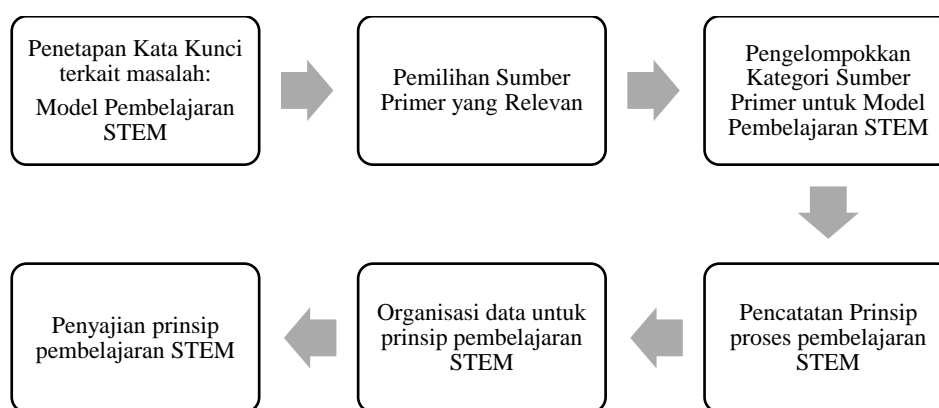
Salah satu langkah awal untuk memahami pendidikan STEM dan penerapannya adalah pemahaman terhadap setiap hakikat disiplin STEM dan saling keterkaitannya. Hal itu dapat dilakukan melalui pengembangan kerangka konseptual pendidikan STEM. Kerangka konseptual pendidikan STEM antara lain diajukan oleh Kelley & Knowles (2016), Shahali dkk. (2017), dan Yata dkk. (2020). Kerangka konseptual Pendidikan STEM oleh Kelley & Knowles (2016) berupa elemen yaitu, *Situated STEM Learning*, *Science Inquiry*, *Technological Literacy*, *Engineering Design*, *Mathematical Thinking*, dan *Community of Practice*. Kerangka konseptual tersebut mengimplikasikan bahwa agar pembelajaran STEM (*Situated STEM Learning*) terjadi maka perlu saling keterkaitan antara Inkuiri Sains, Literasi Teknologi, Desain Keteknikan, dan Kerangka Berpikir Matematis serta perlu didukung oleh *Community of Practice* untuk menjamin pengembangan Pendidikan STEM yang berkelanjutan. *Situated STEM Learning* pada kerangka tersebut berlandaskan pada teori *Situated Cognition* (Brown dkk., 1989; Lave & Wenger 1991). Selanjutnya, kerangka konseptual Pendidikan STEM Shahali dkk. (2017) bercirikan konteks *real-world* sebagai bagian utama integrasi STEM, melibatkan siklus desain keteknikan, dan kegiatan pembelajaran dirancang dalam skenario penyelesaian masalah autentik melalui kerja sama kelompok. Sementara itu, Kerangka Konseptual Pendidikan STEM oleh Yata dkk. (2020) menitikberatkan pada gaya berpikir dan perspektif Sains, Teknologi, dan Matematis. Perseptif dan gaya berpikir tersebut terkait dengan Keteknikan melalui konteks *need to know* dan *need to do for engineering*. Ketiga kerangka konseptual tersebut memiliki karakter umum yang sama yaitu menggunakan situasi pembelajaran penyelesaian masalah, melibatkan proses keteknikan, pembelajaran dikaitkan dengan lingkungan kontekstual, memandang teknologi lebih dari sekedar alat dan pengetahuan, dan tentunya mengintegrasikan antardisiplin. Selain hal-hal tersebut, Neill (2022) menambahkan bahwa STEM juga perlu fokus karakteristik pada masing-masing disiplin, termasuk konten dan praktek dari masing-masing disiplin. Melalui pengembangan dan pemahaman terhadap masing-masing disiplin S-T-E-M serta model integrasi, prinsip pembelajaran dalam rangka integrasi STEM bisa dirumuskan.

Proses pembelajaran dalam konteks integrasi STEM adalah bagian utama pendidikan STEM. Perencanaan proses pembelajaran STEM membutuhkan acuan

yang memuat prinsip dan landasan teoritis (Thibaut dkk., 2018; Siew & Ambo, 2018). Hal ini bisa dilakukan dengan mengkaji model pembelajaran atau desain instruksional terkait pembelajaran STEM. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji dan menunjukkan prinsip-prinsip pembelajaran STEM terutama pada pembelajaran sains. Pengetahuan tentang prinsip-prinsip tersebut diharapkan dapat berguna untuk merancang kegiatan integrasi STEM untuk pembelajaran. Selain itu, hasil yang diperoleh dapat menjadi sudut pandang alternatif bagi keberlanjutan pengembangan Pendidikan STEM

METODE

Metode yang digunakan adalah kajian pustaka. Kajian pustaka dilakukan dengan mengkaji sumber-sumber ilmiah terkait dengan prinsip pembelajaran STEM. Alur penelitian ditunjukkan Gambar 1.



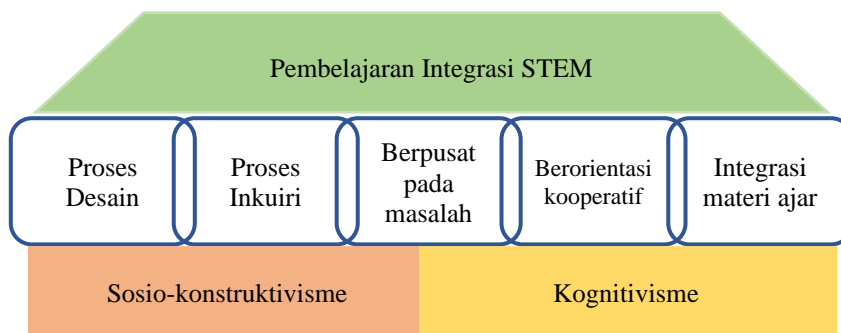
Gambar 1. Alur penelitian

Sumber-sumber terdiri atas artikel penelitian mengenai model PIRPOSAL, PjBL-STEM *Learning*, dan 6E *Learning by DeSIGN™* yang dimuat di jurnal dan prosiding terindeks Scopus dan Google Scholar. Cakupan kajian dibatasi pada prinsip pembelajaran STEM dan Model Pembelajaran yang mengusung paradigma Pendidikan STEM. Secara lebih terperinci, peneliti fokus pada prinsip yang mendasari proses pembelajaran, media serta bahan ajar, dan teori belajar yang melandasi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Model pembelajaran STEM yang dikaji dalam penelitian ini misalnya PjBL-STEM *Learning* (Siew & Ambo, 2018), 6E *Learning by DeSIGN™* (Burke, Barry, Reed, Philip & Wells, 2016), dan PIRPOSAL (Wells, 2016). Siew & Ambo (2018) merancang PjBL-STEM *Learning* berlandaskan Teori Piaget tentang perkembangan kognitif dan Zona Perkembangan Terdekat Vygotsky. PjBL-STEM *Learning* juga berlandaskan sosial-konstruktivisme melalui penggunaan *Cooperative Learning* tipe *Numbered-Head Together* untuk mendukung lingkungan belajar yang kondusif. Selain itu, PjBL-STEM *Learning* juga mengajak peserta didik untuk menerapkan proses desain keteknikan. 6E *Learning by DeSIGN™* (Burke dkk, 2016) bertujuan untuk mengintegrasikan proses desain dan proses inkuiri dalam pembelajaran. Proses inkuiri dan proses desain dalam model

pembelajaran ini adalah sistem satu arah. Peserta melakukan proses inkuiri terlebih dulu selanjutnya proses desain. 6E *Learning by DeSIGN™* merupakan kependekan dari *Engage, Explore, Explain, Engineer, Enrich, dan Evaluate*. Wells (2016) merancang kerangka model PIRPOSAL untuk memadukan disiplin S-T-E-M. Pengembangan PIRPOSAL tidak berdasarkan pada salah satu kerangka pada disiplin STEM, namun secara menyeluruh. Model PIRPOSAL mempunyai tujuan utama mengajarkan tentang desain Keteknikan dan Teknologi, baik konten maupun praktik. Namun, disiplin Matematika dan Sains, baik konten dan praktik, tetap memiliki intensitas yang sama (Wells, 2016). Berbeda dengan 6E *Learning by DeSIGN™*, model PIRPOSAL bersifat sistem dua arah dan berpusat pada *Questioning/mempertanyakan*. *Questioning* menjadi stimulasi bagi fase-fase yang terdiri atas *Problem identification, Ideation, Research, Potential solution, Optimization, Solution evaluation, Alterations, dan Learned outcomes*. Kajian terhadap PjBL-STEM *Learning, 6E Learning by DeSIGN™, dan Model PIRPOSAL* menunjukkan bahwa prinsip pembelajaran STEM adalah melibatkan proses desain dan proses inkuiri, kegiatan pembelajaran berorientasi kooperatif, masalah menjadi pemantik proses pembelajaran, dan adanya integrasi materi ajar. Prinsip pembelajaran STEM tersebut dilandasi oleh teori belajar sosial-konstruktivisme dan teori belajar kognitivisme. Prinsip-prinsip yang mendukung Pembelajaran integrasi STEM ditunjukkan Gambar 1.



Gambar 1. Kerangka Konseptual Prinsip Pembelajaran STEM yang diajukkan

Prinsip yang diajukkan memakai istilah proses inkuiri supaya membedakan dengan pengajaran berbasis inkuiri/*Inquiry-based teaching* yang disebutkan oleh Arends (2012) dan *the many levels of inquiry* oleh Banchi & Bell (2008). Proses inkuiri menunjukkan pada kegiatan *hands-on* atau *minds-on* yang dilakukan oleh peserta didik yang memberikan peluang bagi peserta didik mengolah informasi baru dan mengaitkan dengan *schema* yang telah mereka miliki.

Prinsip Pembelajaran STEM yang berorientasi kooperatif adalah konsekuensi dari teori belajar sosial-konstruktivisme dan teori belajar kognitivisme (Moreno, 2010; Slavin, 2006). Teori belajar sosial-konstruktivisme memandang peserta didik membutuhkan orang lain melalui kegiatan berbagi perspektif tentang pengetahuan atau informasi baru saat membangun *schema* mereka (Moreno, 2010). Sementara itu, peserta didik berpotensi mengalami *encoding*, mengorganisasi informasi, atau membuat *imagery* dan *schema* saat menyampaikan pendapat dan mendengarkan informasi dari orang lain, baik pendidik maupun peserta didik lain (Moreno, 2010).

Pendidikan STEM yang terkait dengan *real-world problem* membuat proses pembelajaran perlu dirancang berpusat pada masalah. Hal ini juga terkait dengan keterampilan penyelesaian masalah. Keterampilan penyelesaian masalah adalah salah satu proses kognitif kompleks. Keterampilan penyelesaian masalah merupakan bagian dari kajian teori belajar kognitivisme (Moreno, 2010; Eggen & Kauchak, 2010). Masalah autentik dalam konteks integrasi STEM dijadikan sebagai saran melibatkan peserta didik dalam pembelajaran STEM dan diharapkan dapat memberikan solusi. Mereka dapat belajar konsep sembari berproses untuk menyelesaikan masalah.

Proses desain diperlukan untuk memperkuat pengetahuan terkait sains, teknologi, dan matematika. Proses desain dapat menghubungkan antar pengetahuan faktual, prosedural, dan konseptual dengan aplikasinya (Riskowski dkk., 2009). Ketika belajar tentang proses desain saat terlibat dalam proses itu, peserta didik juga akan berpotensi memperdalam dan memperkuat pemahaman terhadap masing-masing disiplin STEM (Guzey dkk., 2016). Proses desain juga memerlukan dan melatih pengetahuan metakognitif karena proses itu adalah proses berulang, memfasilitasi evaluasi, dan memantau perkembangan peserta didik (Wells, 2016).

Proses pembelajaran yang perlu melibatkan konsep antardisiplin menjadikan integrasi materi ajar merupakan suatu keniscayaan saat pembelajaran STEM. *Framework STEM flower* (Wichaidit dkk. 2019) dapat dijadikan untuk merancang kegiatan dan materi integrasi STEM. Menurut Stohlmann dkk. (2012) dan Roehrig dkk. (2012), integrasi dapat dilakukan melalui integrasi konteks atau integrasi konten. Integrasi konteks memfokuskan pada konten salah satu disiplin STEM dan memakai konteks dari disiplin lain untuk membuat konten itu lebih relevan. Integrasi konten dilakukan dengan menyatukan disiplin ke dalam satu kegiatan atau konsep untuk menyorot ide umum yang lebih besar dari berbagai konten lain. Pembelajaran STEM membutuhkan lingkungan belajar yang mendukung proses sehingga diperlukan bahan ajar dan media ajar yang mampu memfasilitasi integrasi antar disiplin STEM.

KESIMPULAN

Proses Pembelajaran adalah inti dari pendidikan STEM. Terdapat prinsip-prinsip yang perlu dipenuhi supaya proses pembelajaran STEM dapat berlangsung sesuai tujuan dan integrasi pendidikan STEM. Setelah mengkaji model-model pembelajaran STEM, prinsip pembelajaran STEM adalah prinsip proses desain, prinsip proses inkuiri, berpusat pada masalah, berorientasi kooperatif, dan integrasi materi ajar. Prinsip-prinsip tersebut ditopang oleh teori belajar sosio-konstruktivisme dan kognitivisme. Prinsip-prinsip yang telah teridentifikasi akan bermanfaat untuk menunjang pengembangan model pembelajaran integrasi STEM.

SARAN

Penelitian ini terbatas pada analisis model pembelajaran PjBL-STEM *Learning*, 6E *Learning by DeSIGN™*, dan PIRPOSAL. Penelitian selanjutnya dengan tema yang sama bisa dikembangkan untuk menganalisis model pembelajaran lain yang mengusung paradigma pembelajaran STEM. Perlu juga diselidiki lebih lanjut terkait penggunaan prinsip-prinsip yang telah diperoleh terhadap literasi STEM dan proses pembelajaran. Pendidik perlu tahu, paham, dan

memiliki sikap positif terhadap prinsip pembelajaran STEM sebelum menerapkan pembelajaran STEM.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada LPPM-PMP Universitas Siliwangi yang mengalokasikan dana hibah 2022 untuk penelitian ini.

DAFTAR RUJUKAN

- Arends, R. I. (2012). *Learning to teach*. New York: Mc. Graw-Hill
- Banchi, H. & Bell, R. (2008). The Many Levels of Inquiry. *Science and Children*, 46: 26-29
- Brown, J. S., Collins, A., & Duguid, P. (1989). Situated Cognition and the Culture of Learning. *Educational Researcher*, 18(1): 32–42
- Burke, Barry N, Reed, Philip A. & Wells, J. G. (2016). Integrating Technology and Engineering in a STEM Context, (January 2014)
- Eggen, P.D. & Kauchak, D.P., 2010. *Educational Psychology: Windows on Classrooms* (8th edition). New Jersey: Pearson Education
- English, L. D. (2016). STEM education K-12: perspectives on integration. *International Journal of STEM Education*, 3(1), 3
- Guzey, S. S., Moore, T. J., & Harwell, M. (2016). Building up stem: An analysis of teacher-developed engineering design-based stem integration curricular materials. *Journal of Pre-College Engineering Education Research*, 6(1)
- Kelley, T. R., & Knowles, J. G. (2016). A conceptual framework for integrated STEM education. *International Journal of STEM Education*, 3(1), 1–11
- Lave, J., & Wenger, E. (1991). *Situated Learning. Legitimate Peripheral Participation*. Cambridge: Cambridge University Press
- Martin-Paez, T., Agulera, D., Perales-Palacios, F.J., & Vilchez-Gonzalez, J.M. (2019). What are we talking about when we talk about STEM Education? A review of literature. *Science Education*, 103(4), 799-822
- Moore, T. J., Stohlmann, M. S., Wang, H., Tank, K. M., Glancy, A. W., & Roehrig, G. H. (2014). Implementation and Integration of Engineering in K-12 STEM Education. In S. Purzer, J. Strobel, & M. Cardella (Eds.), *Engineering in Pre-College Settings: Synthesizing Research, Policy, and Practices* (pp. 35–59). West Lafayette: Purdue University Press
- Moreno, R. (2010). *Educational Psychology*. New Jersey: John Wiley & Sons
- Neill, T. N. (2022). *Understanding The Impact of A Stem Explanatory Model on STEM-Education Stakeholders' Conceptions of STEM and STEM Integration*. Dissertation. Graduate Collage. Univeristy og Oklahoma
- Riskowski, J. L., Todd, C. D., Bryan, W., Dark, M., & Harbor, J. (2009). Exploring the Effectiveness of an Interdisciplinary Water Resources Engineering Module in an Eighth Grade Science Course. *International Journal of Engineering Education*, 25(1), 181 – 195
- Roehrig, G. H., Moore, T. J., Wang, H. H. and Park, M. S. (2012). Is adding the E enough? Investigating the impact of K-12 engineering standards on the implementation of STEM integration. *School Science and Mathematics*, 112(1): 31-44

- Sanders, M. (2009). STEM, STEM Education, STEMAnia. *Technology Teacher*, 68(4), 20–26
- Shahali, E. H. M., Halim, L., Rasul, M. S., Osman, K., & Zulkifeli, M. A. (2017). STEM learning through engineering design: Impact on middle secondary students' interest towards STEM. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 13(5), 1189–1211
- Siew, N. M., & Ambo, N. (2018). Development and evaluation of an integrated project-based and stem teaching and learning module on enhancing scientific creativity among fifth graders. *Journal of Baltic Science Education*, 17(6), 1017–1033
- Slavin, R.E. (2006). *Educational Psychology: Theory Into Practice* (8th edition). Boston: Pearson Education
- Stohlmann, M., Moore, T., & Roehrig, G. (2012). Considerations for Teaching Integrated STEM Education. *Journal of Pre-College Engineering Education Research*, 2(1), 28–34
- Sujarwanto, E., Madlazim, & Ibrahim, M. (2019). Attitude, Knowledge, and Application of STEM Owned by Science Teachers. *Journal of Physics: Conference Series*. 1417 012096
- Thibaut, L., Ceuppens, S., De Loof, H., De Meester, J., Goovaerts, L., Struyf, A., ... Depaepe, F. (2018). Integrated STEM Education: A Systematic Review of Instructional Practices in Secondary Education. *European Journal of STEM Education*, 3(1), 1–12.
- Thomas, B., & Watters, J. J. (2015). Perspectives on Australian, Indian and Malaysian approaches to STEM education. *International Journal of Educational Development*, 45, 42–53.
- Vasquez, J. A., Sneider, C., & Comer, M. (2013). *STEM Lesson Essentials, Grades 3-8: Integrating Science, Technology, Engineering, And Mathematics*. New Hampshire: Heinemann
- Wahono, B. & Chang, C.-Y. (2019). Assessing Teacher's attitude, knowledge, and application (AKA): An Effort to foster the sustainable development of STEM Education. *Sustainability*, 11(4), 950
- Wang, T & Cheng, E. CK. (2023). Toward effective teacher professional development for STEM Education in Hong kong K-12: A case Study. In: Cheng, E. CK, Wang, T, Schlippe, T., Beliagianis, G. N. (eds) *Artificial Inteleget in Education Technologies: New Development and Inovative Pratices: AIET 2022, Lecture Notes on Data Engineering and Communications Technologies*, vol. 154. Springer, Singapore
- Wells, J. (2016). PIRPOSAL model. *Technology and Engineering Teacher*, 12–19.
- Wichaidit, S., Assapun, S., Putwattana, N., Joongpan, C., Tabthong, S., & Chowicharat, E. (2019). The STEM flower: The designing tool for effective STEM instruction. *AIP Conference Proceedings*, 2081(030015), 1–10
- Yata, C., Ohtani, T., & Isobe, M. (2020). Conceptual framework of STEM based on Japanese subject principles. *International Journal of STEM Education*, 7(1)