



Integrasi *Problem Based Learning* dalam STEM Education Berorientasi pada Aktualisasi Literasi Lingkungan dan Kreativitas

Ratna Farwati¹, Anna Permanasari², Harry Firman², Tatang Suhery³

¹Mahasiswa Doktoral Universitas Pendidikan Indonesia, Bandung, Jawa Barat

²Universitas Pendidikan Indonesia, Bandung, Jawa Barat

³Universitas Sriwijaya, Palembang, Sumatera Selatan

Email: ratna.farwati@gmail.com

Abstrak: Kunci keberhasilan pembelajaran terletak pada strategi pembelajaran yang dirancang. Strategi pembelajaran tersebut dikembangkan dengan berorientasi pada kurikulum, materi ajar, dan karakteristik mahasiswa. Kurikulum dan materi ajar menjadi dasar penentuan capaian pembelajaran atau kemampuan yang dapat dibekalkan kepada mahasiswa. Kurikulum dan materi ajar pada mata kuliah Kimia Lingkungan, misalnya, dapat mengakomodasi pengembangan literasi lingkungan dan kreativitas mahasiswa. Kimia Lingkungan mengkaji penyelesaian masalah-masalah lingkungan dari berbagai sudut pandang bidang ilmu. Dengan demikian, Kimia Lingkungan sangat tepat diselenggarakan dengan pendekatan multidisiplin seperti gabungan dari *science*, *technology*, *engineering*, dan *mathematics* (STEM). Mengangkat masalah-masalah lingkungan sangat tepat dilakukan dengan pendekatan *problem based learning* (PBL). Integrasi PBL dalam STEM sangat memungkinkan mengaktualisasi literasi lingkungan dan kreativitas mahasiswa.

Kata kunci: *Problem based learning*, *strategi pembelajaran*, *STEM education*

1. Pendahuluan

Mahasiswa sangat mungkin mendapatkan wawasan lingkungan melalui perkuliahan yang diselenggarakan oleh program studi masing-masing. Masalah lingkungan dan dampak yang ditimbulkannya, seperti perubahan iklim dan pemanasan global serta fenomena-fenomena lain yang berkaitan dengan lingkungan, dapat diakomodasi dalam mata kuliah yang berkaitan dengan lingkungan. Mata kuliah tersebut antara lain ialah Kimia Lingkungan yang diselenggarakan oleh Program Studi Pendidikan Kimia.

Berdasarkan hasil survei terhadap perkuliahan Kimia Lingkungan di beberapa program studi Pendidikan Kimia di Indonesia, diketahui bahwa mata kuliah ini disajikan dengan cara ceramah, diskusi, penugasan, dan presentasi (Farwati dkk., 2015). Cara penyajian ini tentu saja dapat memberikan wawasan lingkungan pada mahasiswa. Namun sangat disayangkan jika yang didapat oleh mahasiswa setelah mengikuti perkuliahan pada mata kuliah ini hanya sebatas wawasan. Mahasiswa merupakan bagian dari masyarakat pendidikan yang memiliki potensi menyumbangkan ide untuk perbaikan lingkungan.

Penyelenggaraan perkuliahan Kimia Lingkungan dapat menjadi sarana bagi mahasiswa untuk mengaplikasikan pengetahuan dan mengembangkan ide untuk memperbaiki lingkungan. Kemampuan mengaplikasikan pengetahuan untuk memperbaiki lingkungan adalah bagian dari literasi lingkungan (NAAEE, 2011). Sedangkan kemampuan mengembangkan ide merupakan bagian dari kreativitas (Lai & Veiring, 2012). Dengan



demikian, mata kuliah tersebut tidak hanya memberikan wawasan lingkungan, tetapi juga dapat mengembangkan literasi lingkungan dan kreativitas mahasiswa sehingga diperoleh solusi yang dapat dimanfaatkan oleh masyarakat. Namun, dua kemampuan tersebut dapat dikembangkan jika cara penyajian mata kuliah Kimia Lingkungan tersebut dipilih dengan tepat.

Literasi lingkungan berfungsi untuk membangun pemahaman mahasiswa terhadap konsep utama berdasarkan fenomena dan mengaplikasikan pengetahuan untuk memecahkan masalah lingkungan dengan sumber yang tidak dibatasi melalui pemanfaatan teknologi (Adisendjaja & Romlah, 2007; Haristy dkk., 2013; Wasis, 2013). Kemampuan ini memberikan bekal pengetahuan dan cara berpikir yang diperlukan dalam pemecahan masalah global yang berhubungan dengan udara, air, dan hutan (Zuriyani, 2011).

Kreativitas ditunjukkan oleh produk yang dihasilkan mahasiswa (Sternberg, 2009; Runco dkk., 2010; Saavedra & Opfer, 2012; Lai & Veiring, 2012). Produk tersebut diciptakan oleh mahasiswa dengan melalui proses berpikir. Oleh karena itu, kreativitas sering dihubungkan dengan kemampuan berpikir (Griffin dkk., 2012; Lai & Veiring, 2012). Keterkaitan antara kedua aspek tersebut menunjukkan bahwa kreativitas sangat dipengaruhi oleh personalitas mahasiswa.

Pengembangan literasi lingkungan dan kreativitas mahasiswa didukung oleh penguasaan konsep, pemecahan masalah, berpikir kritis, dan penalaran. Kemampuan-kemampuan ini dapat diasah dengan implementasi pendekatan PBL dan STEM (Han dkk., 2014; Huang dkk., 2015; NRC, 2012; Ding dkk., 2014). Pendekatan pembelajaran ini diduga kuat mampu mengembangkan literasi lingkungan dan kreativitas mahasiswa. Oleh karena itu, studi pustaka ini dilakukan untuk mengkaji karakteristik dari pendekatan PBL-STEM dalam perkuliahan Kimia Lingkungan.

2. Bahasan Utama

Pendekatan PBL-STEM sebagai bagian dari strategi pembelajaran inovatif dikembangkan dengan memerhatikan karakteristik dari pendekatan PBL dan STEM. Dua pendekatan ini disajikan secara terpisah dalam sub-bagian berikut.

2.1. Problem Based Learning

Ketepatan memilih cara penyajian dalam perkuliahan merupakan kunci keberhasilan untuk mewujudkan capaian pembelajaran yang telah dirumuskan (Direktorat Pendidikan Tinggi, 2014). Dengan demikian, secara ringkas bahwa program perkuliahan yang dibutuhkan pada mata kuliah Kimia Lingkungan ialah yang dapat mendorong mahasiswa agar mampu memecahkan masalah lingkungan, baik secara individu maupun kelompok. Pemecahan masalah lingkungan tersebut dapat terwujud dengan menerapkan pengetahuan dan memanfaatkan teknologi. Pemecahan masalah lingkungan ini merupakan bentuk kepedulian dan kontribusi mahasiswa untuk peningkatan mutu lingkungan secara bertanggung jawab.

Banyak penelitian telah melaporkan mengenai usaha untuk meningkatkan literasi lingkungan mahasiswa. Literasi lingkungan dapat meningkat dengan mengimplementasikan rancangan perkuliahan berbasis masalah, baik mengangkat masalah lokal (Shume, 2016)



maupun masalah global (Alsop, 2001; Lundeberg & Yadav, 2006). Selain itu, peningkatan literasi lingkungan juga sejalan dengan implementasi rancangan perkuliahan berbasis teknologi (Abrami dkk, 2014; Storksdieck, 2016) dan berbasis inkuiri (Chu dkk., 2011; Vieira & Tenreiro-Vieira, 2014). Rancangan-rancangan perkuliahan ini memiliki ruh yang sama, yakni mendorong mahasiswa untuk memecahkan masalah lingkungan dengan memanfaatkan pengetahuan yang telah dimilikinya.

Rancangan perkuliahan alternatif yang dapat mengakomodasi literasi lingkungan dalam perkuliahan antara lain dengan cara mengintegrasikan masalah lingkungan ke dalam perkuliahan. Masalah lingkungan dapat diintegrasikan dengan cara menyajikan fenomena yang diketahui oleh semua mahasiswa atau dapat dikatakan sebagai masalah lokal, regional, atau pun global (Barlett & Rappaport, 2014; Boggs, 2014; Burek & Zeidler, 2015). Cara ini dapat menumbuhkan kepedulian mahasiswa terhadap lingkungan. Kepedulian terhadap lingkungan merupakan salah satu indikator dari literasi lingkungan.

Pembelajaran berbasis masalah atau problem based learning (PBL) dapat memberi kesempatan pada mahasiswa untuk menerapkan pengetahuan pada isu/permasalahan sebagai bentuk pemecahan masalah (Jo & Ku, 2011; Wirkala & Kuhn, 2011; Mayer dkk., 2012; Sandi-Urena dkk., 2012). Secara tidak langsung, penggunaan PBL juga mendorong mahasiswa untuk menguasai pengetahuan yang diperlukan untuk memecahkan masalah lingkungan. Pengetahuan ini dapat berupa informasi atau data yang kemudian digunakan sebagai bahan pertimbangan untuk memilih cara penyelesaian yang tepat. Keputusan ini diperoleh melalui pemikiran yang logis, kritis, dan sistematis.

2.2. STEM Education

Tidak semua capaian pembelajaran dari perkuliahan Kimia Lingkungan dapat diaktualisasi oleh PBL. Oleh karena itu, diperlukan cara alternatif yang mungkin mampu mengaktualisasi capaian pembelajaran tersebut. Mata kuliah ini mempelajari tentang masalah-masalah lingkungan, yang cocok dikaji dengan pendekatan multidisiplin (Norman dkk., 2006). Salah satu pendekatan multidisiplin yaitu *STEM education*.

Program perkuliahan yang memenuhi kebutuhan capaian pembelajaran Kimia Lingkungan dapat dikemas dalam perkuliahan berbasis *STEM education*. Secara umum, implementasi dari *STEM education* dalam perkuliahan dapat mendorong mahasiswa untuk mendesain, mengembangkan dan memanfaatkan teknologi, dapat mengasah kognitif, manipulatif dan afektif, serta mengaplikasikan pengetahuan (Capraro dkk., 2013; White, 2014). Kemampuan ini dibutuhkan oleh mahasiswa yang mengikuti perkuliahan Kimia Lingkungan. Oleh karena itu, implementasi *STEM education* cocok digunakan pada perkuliahan Kimia Lingkungan. Perkuliahan berbasis *STEM education* dapat melatih mahasiswa dalam menerapkan pengetahuannya untuk membuat desain sebagai bentuk pemecahan masalah terkait lingkungan dengan memanfaatkan teknologi.

STEM education telah digunakan di sejumlah negara maju seperti Amerika Serikat, Jepang, Finlandia, Australia dan Singapura. *STEM education* merupakan inisiatif dari *National Science Foundation*. Tujuan dari penerapan *STEM education* di Amerika Serikat



awalnya ialah untuk menjadikan keempat bidang ini (*Science, Technology, Engineering, and Mathematics*) menjadi pilihan karir utama bagi mahasiswa (Cerinsek dkk., 2013; White, 2014). Keadaan ini terjadi karena negara tersebut mengalami krisis ilmuwan di bidang STEM.

Bentuk keseriusan pemerintah Amerika Serikat untuk mengatasi masalah tersebut antara lain dengan mendirikan *STEM Education* dan memberikan bantuan biaya pendidikan pada calon mahasiswa yang memilih salah satu bidang STEM (Yelamarthi & Mawasha, 2010). Namun sejak beberapa tahun belakang, *STEM education* diimplementasikan sebagai pendekatan pembelajaran pada berbagai bidang studi atau jurusan di berbagai jenjang pendidikan dengan berbagai tujuan.

STEM education telah banyak digunakan dalam pembelajaran. Keadaan ini ditunjukkan dari laporan penelitian yang mengungkapkan bahwa implementasi *STEM education* dapat meningkatkan prestasi akademik dan non-akademik mahasiswa (Lam dkk., 2008; Massa dkk., 2011; Lou dkk., 2011; Jones dkk., 2013; Reynolds dkk., 2013; Han dkk., 2014; Kapila & Iskander, 2014). Oleh sebab itu, implementasi *STEM education* yang awalnya hanya bertujuan untuk meningkatkan minat mahasiswa terhadap bidang STEM, sekarang menjadi lebih luas.

Perluasan kegunaan *STEM education* muncul karena setelah diimplementasikan dalam pembelajaran, ternyata pendekatan ini mampu meningkatkan penguasaan pengetahuan, mengaplikasikan pengetahuan untuk memecahkan masalah (Ejiwale, 2012), serta mendorong mahasiswa untuk mencipta sesuatu yang baru (Redkar, 2012; White, 2014). Kemampuan-kemampuan tersebut merupakan modal bagi mahasiswa untuk mengembangkan literasi lingkungan dan kreativitasnya. Oleh karena itu, implementasi *STEM education* di dalam perkuliahan Kimia Lingkungan memiliki potensi untuk mengaktualisasi literasi lingkungan dan kreativitas mahasiswa.

2.3. Integrasi PBL dalam STEM sebagai Pendekatan Pembelajaran

Implementasi *STEM education* dapat didukung oleh berbagai metode pembelajaran. STEM yang bersifat integratif memungkinkan berbagai metode pembelajaran dapat digunakan untuk mendukung penerapannya (Becker & Park, 2011). Tujuan penggunaan *STEM education* dalam perkuliahan Kimia Lingkungan adalah untuk mengaktualisasi literasi lingkungan dan kreativitas mahasiswa. Dua kemampuan tersebut merupakan kemampuan abad ke-21 yang dapat diakomodasi dengan menerapkan metode PBL dan pembelajaran berbasis proyek (PPRC, 2010; Bell, 2010).

Penggunaan pembelajaran berbasis proyek mampu menuntun mahasiswa menyelesaikan masalah yang diberikan dan lebih menekankan pada produk yang dihasilkan (Kilinc, 2010; Panasas & Nuangchalerm, 2010; Filippatou, 2010; Hubbard, 2012). Produk yang dihasilkan dapat berupa ide/gagasan atau pun perangkat yang dapat dilihat. Produk yang dihasilkan dari penggunaan metode berbasis proyek di dalam perkuliahan Kimia Lingkungan dapat menjadi kontribusi mahasiswa terhadap peningkatan mutu lingkungan. Dalam pembuatan produk ini, mahasiswa dapat memanfaatkan IPTEK. Dengan demikian, mahasiswa secara tidak langsung memahami fungsi dan manfaat IPTEK itu sendiri terhadap kebaikan lingkungan.



Penyelesaian masalah lingkungan dan pembuatan produknya dapat dikerjakan secara individu maupun kelompok. Pengerjaan secara berkelompok dapat mendorong mahasiswa untuk bekerja sama tetapi tetap bertanggung jawab atas pekerjaannya secara mandiri (Farwati, 2013; Ma & Ma, 2014; Niemi & Nevgi, 2014). Selain itu, secara berkelompok mahasiswa dapat melakukan pengolaan pembelajaran secara mandiri yang cocok dengan keadaan kelompok masing-masing. Dengan demikian, pembentukan kelompok belajar dapat menjadi solusi untuk membangun kemampuan bekerja sama dan mengelola perkuliahan secara mandiri oleh mahasiswa.

STEM *education* menekankan unsur E dari STEM, yaitu berupa langkah-langkah *engineering process design* dalam proses perkuliahan. Langkah-langkah perkuliahan ini terdiri dari menentukan masalah lingkungan, menggagas ide pemecahan masalah lingkungan, mendesain pemecahan masalah lingkungan, mencipta produk sebagai bentuk mengatasi masalah lingkungan (Capraro dkk., 2013; Jang, 2015), serta menguji coba dan mengevaluasi produk tersebut (Capraro dkk., 2013).

Langkah-langkah dari *engineering process design* tidak jauh berbeda dengan langkah-langkah pembelajaran berbasis proyek. Langkah-langkah dari pembelajaran tersebut yaitu mengemukakan dan menentukan masalah, menentukan pengerjaan proyek secara individu atau tim, mengembangkan desain pemecahan masalah, membangun, menguji coba, dan mengevaluasi produk, serta mengomunikasikan produk tersebut (Chandrasekaran dkk., 2013). Dengan demikian, segala kemampuan yang dapat dikembangkan dengan implementasi pembelajaran berbasis proyek juga dapat dilakukan oleh *engineering process design*.

Berdasarkan uraian di atas, maka STEM *education* sangat mungkin di dikolaborasi dengan pembelajaran berbasis masalah. Dengan demikian, semua capaian pembelajaran yang diakomodasi oleh mata kuliah Kimia Lingkungan diperkirakan dapat terwujud melalui implementasi PBL-STEM. Capaian pembelajaran tersebut beririsan dengan literasi lingkungan dan kreativitas. Dengan demikian, dapat dikatakan bahwa rancangan perkuliahan berbasis PBL-STEM diduga kuat dapat meningkatkan dua kemampuan tersebut.

3. Simpulan

Integrasi PBL dalam STEM pada perkuliahan Kimia Lingkungan memiliki karakteristik sebagai berikut:

- a. Membahas masalah lingkungan yang secara garis besar dapat dibagi menjadi pencemaran udara, tanah, dan air.
- b. Melakukan kajian literatur tentang masalah lingkungan dari berbagai sumber (buku, artikel, jurnal penelitian, koran, dan lain-lain). Kajian literatur dilakukan secara individu. Hasil kajian ini kemudian dijadikan modal oleh setiap mahasiswa untuk berdiskusi dengan anggota kelompoknya.
- c. Mendesain pemecahan masalah lingkungan berdasarkan bukti, hasil identifikasi, analisis, dan evaluasi terhadap masalah yang dibahas secara berkelompok. Setiap kelompok menuliskan sumber inspirasi dalam mendesain pemecahan masalah lingkungan tersebut. Menggagas cara praktis mengatasi masalah lingkungan yang dibahas oleh setiap kelompok, seperti mengatasi kebakaran hutan di Sumatera Selatan (dalam bentuk



desain/prototipe). Desain/prototipe tersebut menjadi produk akhir dari perkuliahan Kimia Lingkungan berbasis PBL-STEM.

Daftar Rujukan

- Abrami, P. C., Wade, C. A., Lysenko, L., Marsh, J., & Gioko, A. (2014). Using educational technology to develop early literacy skills in Sub-Saharan Africa. *Education and Information Technologies, 21*, 945–964. doi: 10.1007/s10639-014-9362-4
- Adisendjaja, Y. H., & Romlah, O. (2007). Analisis buku ajar sains berdasarkan literasi ilmiah sebagai dasar untuk memilih buku ajar sains (Biologi). Makalah diseminarkan di *Seminar Nasional Pendidikan Biologi*, Bandung: Universitas Pendidikan Indonesia. Retrieved from file.upi.edu/...BIOLOGI/...ADISENDJAJA/ANALISIS.
- Alsop, S. (2001). Living with and learning about radioactivity: A comparative conceptual study. *International Journal of Science Education, 23*(3), 263-281.
- Barlett, P. F., & Rappaport, A. (2014). Long-term impacts of faculty development programs: The experience of Teli and Piedmont. *College Teaching, 57*(2), 73-82.
- 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*(5&6), 23-37.
- Bell, S. (2010). Project-based learning for the 21st century: Skills for the future. *The Clearing House: A Journal of Educational, 83*(2), 39-43.
- Boggs, G. L. (2014). Listening to 21st century literacies: Prehistory of writing in an academic discipline. *Linguistics and Education, 29*, 15-31.
- Burek, K., & Zeidler, D. L. (2015). *Seeing the forest for the trees! Conservation and activism through socioscientific issues* [Online]. Retrieved from http://link.springer.com/chapter/10.1007%2F978-3-319-11608-2_26.
- Capraro, R. M., Capraro, M. M., & Morgan, J. R. (2013). *STEM project-based learning*. Rotterdam: Sense Publishers.
- Cerinsek, G., Hribar, T., Glodez, N., & Dolinsek, S. (2013). Which are my future career priorities and what influenced my choice of studying Science, Technology, Engineering or Mathematics? Some insights on educational choice—Case of Slovenia. *International Journal of Science Education, 35*(17), 2999-3025.
- Chandrasekaran dkk., 2013
- Chu, S. K. W., Tse, S. K., & Chow, K. (2011). Using collaborative teaching and inquiry project-based learning to help primary school students develop information literacy and information skills. *Library & Information Science Research, 33*, 132–143. doi:10.1016/j.lisr.2010.07.017
- Ding, L., Wei, X., & Mollohan, K. (2014). Does higher education improve student scientific reasoning skills?. *International Journal of Science and Mathematics Education, 14*, 619–634. doi: 10.1007/s10763-014-9597-y
- Direktorat Pendidikan Tinggi. (2014). *Buku kurikulum pendidikan tinggi*. Jakarta: Author.
- Ejiwale, J. A. (2012). Facilitating teaching and learning across STEM fields. *Journal of STEM Education, 13*(3), 87-94.



- Farwati, R. (2013). Analisis penguasaan konsep dan kemampuan pemecahan masalah siswa melalui strategi pembelajaran problem solving berbasis lingkungan (Tesis tidak diterbitkan), Universitas Pendidikan Indonesia, Bandung.
- Farwati, R., Permanasari, A. & Firman, H. (2015). Studi deskriptif mata kuliah Kimia Lingkungan di beberapa LPTK di Indonesia. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, 4(1), 1-7.
- Filippatou, D., & Kaldi, S. (2010). The effectiveness of project-based learning on pupils with learning difficulties regarding academic performance, group work and motivation. *International Journal of Special Education*, 25(1), 17-26.
- Griffin, P., McGaw, B., & Care, E. (2012). *Assessment and teaching of 21st century skills*. Victoria: Springer.
- Han, S., Capraro, R., & Capraro, M. M. (2015). How Science, Technology, Engineering, and Mathematics (STEM) Project-Based Learning (PBL) affects high, middle, and low achievers differently: The impact of student factors on achievement. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 13(5), 1089-1113.
- Haristy, D. R., Enawaty, E., & Lestari, I. (2013). Pembelajaran berbasis literasi sains pada materi larutan elektrolit dan non-elektrolit di SMA Negeri 1 Pontianak. *Jurnal Pendidikan dan Pembelajaran*, 2(12), 1-13.
- Huang, N. T. M., Chiu, L. J., Hong, J. C. (2015). Relationship among students' problem-solving attitude, perceived value, behavioral attitude, and intention to participate in a science and technology contest. *International Journal of Science and Mathematics Education*. doi: 10.1007/s10763-015-9665-y
- Hubbard, G. T. (2012). Discovering constructivism: How a project-oriented activity-based media production course effectively employed constructivist teaching principles. *Journal of Media Literacy Education*, 4(2), 159-166.
- Jang, H. (2015). Identifying 21st century STEM competencies using workplace data. *Journal of Science Education and Technology*, 25, 284-301. doi: 10.1007/s10956-015-9593-1
- Jo, S., & Ku, J.-O. (2011). Problem based learning using real-time data in Science Education for the gifted. *Gifted Education International*, 27, 263-273.
- Jones, L. C., Tyrer, J. R., & Zanker, N. P. (2013). Applying laser cutting techniques through horology for teaching effective STEM in design and technology. *Design and Technology Education*, 18(3), 21-34.
- 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.
- Kilinç, A. (2010). Can project-based learning close the gap? Turkish student teachers and proenvironmental behaviours. *International Journal of Environmental & Science Education*, 5(4), 495-509.
- Lai, E. R., & Viering, M. (2012). *Assessing 21st century skills: Integrating research findings*. Vancouver, BC: Pearson.
- Lam, P., Doverspike, D., Zhao, J., Zhe, J., & Menzemer, C. (2008). An evaluation of a STEM program for middle school students on learning disability related IEPs. *Journal of STEM Education*, 9(1&2), 21-29.



- Lou, S. J., Liu, Y. H., & Shih, R. C. (2011). The senior high school students' learning behavioral model of STEM in PBL. *International Journal of Technology and Design Education*, 21(2), 161-183.
- Lundeborg, M. A., & Yadav, A. (2006). Assessment of case study teaching: Where do we go from here? Part I. *Journal of College Science Teaching*, 35(5), 10-13.
- Ma, V. J., & Ma, X. (2014). A Comparative analysis of the relationship between learning styles and Mathematics performance. *International Journal of STEM Education*, 1(3), 1-13.
- Massa, N., Dischino, M., Donnelly, J. F., & Hanes, F. D. (2011). *Creating real-world problem-based learning challenges in sustainable technologies to increase the stem pipeline* [Online]. Retrieved from <http://www.asee.org/public/conferences/1/papers/1769/view>.
- Mayer, R., Moeller, B., Kaliwata, V., Zwebber, B., Stone, R., & Frank, M. (2012). Educating Engineering undergraduates: Effects of scaffolding in a problem-based learning environment. Makalah diseminarkan di *Human Factors and Ergonomics Society 56th Annual Meeting*, Boston: Sage Publications. Retrieved from pro.sagepub.com/content/56/1/2507.full.pdf
- National Research Council. (2012). *Education for life and work: Developing transferable knowledge and skill in the 21st-century*. Washington, DC: The National Academies Press.
- Niemi, H., & Nevgi, A. (2014). Research studies and active learning promoting professional competences in Finnish Teacher Education. *Teaching and Teacher Education*, 4, 131-142.
- Norman, N., Jennings, A., & Wahl, L. (2006). *The impact of environmentally-related education on academic achievement* [Online]. Retrieved from www.crscience.org
- North American Association for Environmental Education. (2000). *Developing a framework for assessing environmental literacy: Executive summary*. Washington, DC: Author.
- Pacific Policy Research Center. (2010). *21st century skills for students and teachers*. Honolulu: KAMEHAMEHA Schools.
- Panasan, M., & Nuangchalerm, P. (2010). Learning outcomes of project-based and inquiry-based learning activities. *Journal of Social Sciences*, 6(2), 252-255.
- Redkar, S. (2012). Teaching advanced vehicle dynamics using a Project Based Learning (PBL) approach. *Journal of STEM Education*, 13(3), 17-29.
- Reynolds, D., Yazdani, N., & Manzur, T. (2013). STEM high school teaching enhancement through collaborative engineering research on extreme winds. *Journal of STEM Education*, 14(1), 12-19.
- Runco, M. A., Millar, G., Acar, S., & Cramond, B. (2010). Torrance tests of creative thinking as predictors of personal and public achievement: A fifty-year follow-up. *Creativity Research Journal*, 22(4), 1-10.
- Saavedra, A. R. & Opfer, V. D. (2012). *Teaching and learning 21st century skills: Lessons from the learning sciences*. New York: Asia Society.



- Sandi-Urena, S., Cooper, M., & Stevens, R. (2012). Effect of cooperative problem-based lab instruction on metacognition and problem-solving skills. *Journal of Chemical Education*, 89, 700-706.
- Shume, T. (2016). Teachers' perspectives on contributions of a prairie restoration project to elementary students' environmental literacy. *International Journal Of Environmental & Science Education*, 11(12), 5331-5348.
- Sternberg, R. J. (2009). *Academic intelligence is not enough wics: An expanded model for effective practice in school and later in life* [Online]. Retrieved from <https://www.clarku.edu/research/.../sternberg.pdf>.
- Storksdieck, M. (2016). Critical information literacy as core skill for lifelong STEM learning in the 21st century: reflections on the desirability and feasibility for widespread science media education. *Cultural Studies of Science Education*, 11, 167–182. doi: 10.1007/s11422-015-9714-4
- Vieira, R. M., & Tenreiro-Vieira, C. (2014). Fostering scientific literacy and critical thinking in elementary science education. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 14, 659–680. doi: 10.1007/s10763-014-9605-2
- Wasis. (2013). Merenungkan kembali hasil pembelajaran sains. Makalah diseminarkan di *Seminar Nasional FMIPA UNDIKSHA III*, Bali: UNDIKSHA. Retrieved from ejournal.undiksha.ac.id/index.php/semnasmipa/article/view/2671/2255
- White, D. W. (2014). What is STEM education and why is it important?. *Florida Association of Teacher Educators Journal*, 1(14), 1-9.
- Wirkala, C., & Kuhn, D. (2011). Problem-based learning in K-12 education: Is it effective and how does it achieve its effects? *American Educational Research Journal*, 48(5), 1157-1186.
- Yelamarthi, K., & Mawasha, P. R. (2010). A Scholarship model for student recruitment and retention in STEM disciplines. *Journal of STEM Education*, 11(5), 64-71.
- Zuriyani, E. (2011.). *Literasi sains dan pendidikan* [Online]. Retrieved from <http://sumsel.kemenag.go.id/file/file/TULISAN/wagj1343099486.pdf>.