

## STEM : APA, MENGAPA, DAN BAGAIMANA

Juniaty Winarni<sup>1)</sup>, Siti Zubaidah<sup>2)</sup>, Supriyono Koes H.<sup>3)</sup>

<sup>1)</sup>Pascasarjana, Universitas Negeri Malang

<sup>2)</sup>Dosen Pascasarjana, Universitas Negeri Malang

<sup>3)</sup>Dosen Pascasarjana, Universitas Negeri Malang

*E-mail : juniaty\_winarni@yahoo.co.id*

**Abstrak:** Dewasa ini berkembang pemikiran-pemikiran yang mengintegrasikan 4 disiplin ilmu dalam STEM namun belum banyak orang yang memahami bagaimana konsep STEM. Oleh karena itu, pada tulisan ini akan dibahas hal-hal terkait apa itu STEM, mengapa harus STEM dan bagaimana menerapkan pendidikan STEM dalam pembelajaran di sekolah. Pendidikan STEM adalah suatu pembelajaran secara terintegrasi antara sains, teknologi, teknik, dan matematika untuk mengembangkan kreativitas siswa melalui proses pemecahan masalah dalam kehidupan sehari-hari. Pembelajaran STEM dapat diterapkan dengan menggunakan beberapa pola pengintegrasian yaitu pendekatan silo, embedded dan terpadu. Agar dapat membelajarkan sains berbasis pendidikan STEM, maka perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai model pembelajaran sains berbasis pendidikan STEM yang efektif di sekolah menengah.

Kata kunci: Pendidikan STEM, pembelajaran sains.

Teori pembelajaran konstruktivisme merupakan teori pembelajaran yang sedang berkembang saat ini. Menurut teori ini, salah satu prinsip paling penting ialah bahwa guru tidak dapat hanya sekedar memberikan pengetahuan kepada siswa. Siswa harus membangun sendiri pengetahuan di benaknya. Guru dapat memberikan kemudahan untuk proses ini dengan memberikan siswa kesempatan untuk menemukan dan menerapkan ide-ide mereka sendiri, dan membelajarkan siswa dengan secara sadar menggunakan strategi mereka sendiri untuk belajar (Slavin, 1994). Namun siswa tidak dapat sepenuhnya memahami ide-ide ilmiah tanpa terlibat dalam kegiatan penyelidikan dimana ide-ide tersebut dapat berkembang dengan sempurna (NRC, 2012). Melalui kegiatan penyelidikan ilmiah yang tertanam dalam desain pemecahan masalah, siswa dapat mengembangkan suatu solusi (Sanders, 2009). Rancangan kegiatan pembelajaran yang langsung diterapkan dalam dunia nyata untuk memecahkan masalah dalam kehidupan sehari-hari melalui sebuah desain berbasis proses pemecahan masalah seperti yang digunakan oleh insinyur dan ilmuwan dengan pendekatan interdisipliner adalah pendidikan STEM.

Pendidikan STEM banyak diadopsi di berbagai negara. Di Taiwan, peningkatan kurikulum 9 tahun telah memulai integrasi kurikulum STEM dan membuat siswa sebagai pusat kegiatan belajar (Lou, dkk., 2010). Malaysia melakukan kerjasama dengan Amerika untuk melibatkan pelajar berusia 13-14 tahun dalam bidang STEM agar dapat bersaing dalam ekonomi abad 21. Selain itu, sistem pendidikan STEM-CS juga diperkenalkan di sekolah-sekolah Malaysia sebagai pelengkap kurikulum masa kini. Menurut pakar pendidikan Indra Charismiadji pada Harian Online (Beritasatu.com, 2016), negara-negara yang menggunakan pendidikan STEM sejak 10 tahun lalu antara lain Finlandia, Amerika, Australia, Vietnam, Tiongkok, Malaysia, dan Filipina. STEM telah dikembangkan di beberapa Negara selama ± 3 dekade dan semakin signifikan di tahun-tahun terakhir.

Penelitian-penelitian pembelajaran sains dengan pendidikan STEM pada sekolah menengah di Indonesia telah dimulai sejak beberapa tahun terakhir. Hasil penelitian Suprpto (2016) menunjukkan bahwa perspektif dan keyakinan tentang sikap siswa SMP terhadap pendidikan STEM dapat diukur dengan mengembangkan kuesioner AT-STEM. Terlebih dahulu peneliti memperkenalkan dan menunjukkan proses belajar mengajar dengan mengintegrasikan pendidikan STEM sebagai dasar untuk pengetahuan siswa. Baterai bahan bakar hidrogen digunakan untuk mengintegrasikan antara kurikulum sains formal dan pendidikan STEM. Kit hidrogen surya memandu siswa untuk menciptakan aplikasi energi bersih mereka sendiri dengan menggunakan sel bahan bakar dan hidrogen terbarukan yang dibuat dengan menggunakan energi matahari dan air. Hasilnya menunjukkan bahwa validitas dan reliabilitas instrument yang dihasilkan dalam penelitian ini memuaskan.

Suwarma, dkk (2015) telah melakukan penelitian pembelajaran IPA berbasis STEM dengan menggunakan *balloon powered car* sebagai media. Pada pembelajaran berbasis pendidikan STEM ini, siswa diminta merancang mobil bertenaga balon sebagai media untuk memahami konsep gerak lurus beraturan. Setelah pembelajaran berlangsung, siswa diwawancara mengenai respon, pengaruh, serta pemahaman mereka terhadap kegiatan pembelajaran. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa pembelajaran berbasis STEM ini mampu meningkatkan motivasi dan memberikan pengalaman dalam proses teknik pembuatannya. Selain itu, pembelajaran ini mampu meningkatkan prestasi siswa dalam ujian akhir sekolah.

Syukri, dkk (2013) telah meneliti pengintegrasian pendidikan STEM dalam pengajaran dan pembelajaran sains di sekolah dasar dan menengah yang telah dijalankan oleh Fakultas Pendidikan, UKM (Universiti Kebangsaan Malaysia) bekerjasama dengan Aceh. Program pendidikan STEM tersebut adalah berupa pengintegrasian pemikiran kewirausahaan ke dalam pengajaran dan pembelajaran sains melalui kemahiran proses sains. Pengintegrasian ini diistilahkan dengan sebutan *Entrepreneurial Science Thinking (ESciT)* atau dalam bahasa Indonesia Pemikiran Sains Kewirausahaan (PeSaK). Modul EScit juga telah diuji di beberapa sekolah rendah dan menengah di Malaysia dan telah diterapkan juga di Aceh. Hasil dari pengujian modul EScit tersebut menunjukkan bahwa selain prestasi dan minat pelajar dalam pembelajaran sains meningkat, sikap dan pandangan mereka terhadap kewirausahaan juga menunjukkan hasil yang positif.

Sebagai sebuah tren yang sedang berkembang dalam dunia pendidikan, STEM digunakan untuk mengatasi situasi dunia nyata melalui sebuah desain berbasis proses pemecahan masalah seperti yang digunakan oleh insinyur dan ilmuwan (Williams, 2011). Beberapa manfaat pendidikan STEM ialah membuat siswa menjadi pemecah masalah, penemu, innovator, mampu mandiri, pemikir yang logis, melek teknologi, mampu menghubungkan budaya dan sejarahnya dengan pendidikan, dan mampu menghubungkan pendidikan STEM dengan dunia kerja (Morrison, 2006). Pendidikan STEM menerapkan pembelajaran berbasis pemecahan masalah yang sengaja menempatkan penyelidikan ilmiah dan penerapan matematika dalam konteks merancang teknologi sebagai bentuk pemecahan masalah. Penyelidikan ilmiah jarang terjadi dalam pendidikan teknologi dan kegiatan mendesain teknologi jarang terjadi dalam kelas sains. Tetapi didalam kehidupan sehari-hari, desain dan penyelidikan ilmiah secara rutin digunakan secara bersamaan sebagai teknis solusi untuk masalah dunia nyata (Sanders, 2009). Oleh karena pentingnya pendidikan STEM

tersebut bagi siswa dan negara, maka artikel ini berusaha untuk mengkaji STEM dari sudut apakah STEM, mengapa pendidikan STEM penting untuk dilakukan dan bagaimana menerapkan pendidikan STEM dalam pembelajaran sains di sekolah.

## **BAHASAN UTAMA**

### **Definisi Pendidikan STEM**

Ketika mendefinisikan pendidikan STEM, akan sangat membantu untuk meninjau definisi setiap disiplin dan perannya dalam pendidikan STEM. NRC (2014) telah mendefinisikan masing-masing empat disiplin STEM beserta perannya masing-masing yaitu:

1. Sains ialah tubuh pengetahuan yang telah terakumulasi dari waktu ke waktu dari sebuah pemeriksaan ilmiah yang menghasilkan pengetahuan baru. Ilmu pengetahuan dari sains berperan menginformasikan proses rancangan teknik.
2. Teknologi ialah keseluruhan sistem dari orang dan organisasi, pengetahuan, proses dan perangkat-perangkat yang kemudian menciptakan benda dan mengoperasikannya. Manusia telah menciptakan teknologi untuk memuaskan keinginan dan kebutuhannya. Banyak dari teknologi modern ialah produk dari sains dan teknik.
3. Teknik merupakan tubuh pengetahuan tentang desain dan penciptaan benda buatan manusia dan sebuah proses untuk memecahkan masalah. Teknik memanfaatkan konsep dalam sains, matematika dan alat-alat teknologi.
4. Matematika adalah studi tentang pola dan hubungan antara jumlah, angka, dan ruang. Matematika digunakan dalam sains, teknik dan teknologi.

Pengertian STEM berbeda-beda tergantung dari berbagai sudut pandang masing-masing pihak yang berkepentingan. Menurut Brown, dkk (2011) STEM adalah meta-disiplin di tingkat sekolah dimana guru sains, teknologi, teknik, dan matematika mengajar pendekatan terpadu dan masing-masing materi disiplin tidak dibagi-bagi tapi ditangani dan diperlakukan sebagai satu kesatuan yang dinamis. Sanders (2009) menjelaskan bahwa pendidikan integrasi STEM sebagai pendekatan yang mengeksplorasi pembelajaran diantara dua atau lebih bidang subyek STEM dan atau antara subyek STEM dengan mata pelajaran sekolah lainnya, misalnya teknologi tidak dapat dipisahkan dengan pembelajaran sosial, seni dan humaniora.

Tsupros (2009) menyatakan bahwa pendidikan STEM terpadu adalah pendekatan interdisiplin pada pembelajaran, yang di dalamnya peserta didik menggunakan sains, teknologi, teknik, dan matematika dalam konteks nyata yang mengkoneksikan antara sekolah, dunia kerja, dan dunia global, sehingga mengembangkan literasi STEM yang memampukan peserta didik bersaing dalam era ekonomi baru. Kelley, dkk (2016) menyatakan bahwa pendidikan STEM terpadu sebagai pendekatan untuk mengajar dua atau lebih bidang STEM dengan melibatkan praktek STEM dalam menghubungkan masing-masing bidang STEM agar dapat meningkatkan pembelajaran siswa. Jadi pendidikan integrasi STEM ialah suatu pembelajaran secara terintegrasi antara sains, teknologi, teknik, dan matematika untuk mengembangkan kreativitas siswa melalui proses pemecahan masalah dalam kehidupan sehari-hari.

### **Sejarah Terbentuknya Pendidikan STEM**

Penggunaan konsep STEM telah sering diterapkan pada banyak aspek dari dunia bisnis misalnya revolusi industri, Thomas Edison dan penemu lainnya. Penggunaan STEM

terutama digunakan di perusahaan-perusahaan rekayasa untuk menghasilkan teknologi revolusioner seperti bola lampu, mobil, alat-alat dan mesin. Orang-orang yang bertanggung jawab untuk inovasi ini hanya sedikit berpendidikan dan atau masih berada di masa belajar, misalnya Thomas Alfa Edison tidak mengenyam bangku kuliah (Beals, 2012), begitu juga dengan Henry Ford.

Peristiwa sejarah lainnya yang mendorong tumbuh dan berkembangnya pendidikan STEM yaitu perang dunia II, dan peluncuran sputnik Uni Soviet. Teknologi yang diciptakan dan dipakai selama Perang Dunia II hampir tak terukur banyaknya. Dari bom atom dan jenis-jenis persenjataan lainnya, serta karet sintesis untuk berbagai jenis kendaraan transportasi (darat dan air). Para ilmuwan, matematikawan, dan insinyur (banyak dari akademisi) bekerjasama dengan militer untuk menghasilkan produk inovatif yang membantu memenangkan perang (Judy, 2011). Pada tahun 1957, Uni Soviet kemudian berusaha dan berhasil meluncurkan Sputnik 1. Ini adalah satelit yang berukuran bola pantai dan mengorbit bumi sekitar satu jam setengah. Ini adalah tonggak teknologi dimulainya "kompetisi ruang angkasa" antara Amerika Serikat dan Uni Soviet (National Aeronautics and Space Administration, 2008).

Inovasi "raksasa" ini menggunakan prinsip STEM untuk menghasilkan beberapa teknologi yang paling produktif dalam sejarah. Namun, penggunaan STEM dalam pendidikan hampir tidak ada (Butz, dkk., 2004). Pada tahun 1990, sebuah agensi pemerintahan Amerika Serikat yang menyokong penelitian dan pendidikan fundamental di bidang sains dan teknik yaitu National Science Foundation (NSF), telah menyatukan sains, teknologi, teknik dan matematika dan membuat singkatan STEM (Science, Technology, Engineering, Mathematic).

### **Pentingnya Pendidikan STEM**

STEM menjadi isu penting dalam pendidikan saat ini. Pendidikan yang tidak memadai dalam matematika dan sains telah menyebabkan kekurangan tenaga kerja berkualitas sehingga mengakibatkan kesenjangan dibidang industri global (Cooney & Bottoms, 2003). Pendidikan STEM terpadu didorong oleh ketidakpuasan dengan pendekatan tradisional untuk sains dan matematika di Amerika Serikat. Meskipun reformasi pendidikan telah membawa perubahan signifikan terhadap kurikulum, standar dan pengembangan profesional, tetapi subyek sains dan matematika masih menekankan keterampilan hapalan dan sedikit sekali meningkatkan minat siswa dalam melanjutkan studi dan karir dibidang STEM (NRC, 2014).

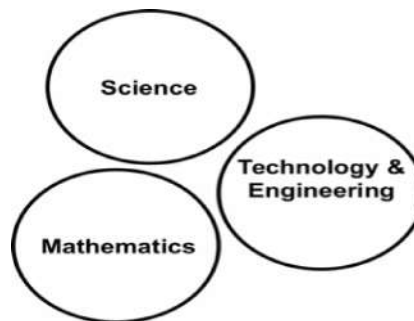
Meningkatnya jumlah pekerjaan di berbagai sektor ekonomi, sains dan teknik menyebabkan kebutuhan latar belakang pendidikan dalam bidang STEM (Carnevale, dkk., 2011). Para pengusaha juga membutuhkan tenaga kerja yang fleksibel yang dapat menerapkan pengetahuan untuk memecahkan masalah praktis. Pendidikan STEM penting bagi Amerika Serikat dalam persaingan global karena Amerika Serikat bergantung pada tenaga kerja dalam bidang STEM untuk bisa bertahan dalam ekonomi dunia (Banning & Folkestad, 2012). Oleh karena itu, penting bagi suatu negara untuk meningkatkan kreativitas dan daya saing mereka melalui pendidikan STEM.

## Cara Menerapkan Pendidikan STEM

Agar siswa melek teknologi dan mahir dalam bidang STEM, penting untuk mengevaluasi metode dalam pembelajaran STEM. Sulit untuk merangkaikan pendidikan STEM menjadi satu kesatuan yang menekankan hubungan antara empat disiplin karena berpengaruh terhadap efektivitas program pendidikan STEM (Barakos, 2012). Roberts dan Cantu (2012) telah mengembangkan tiga pendekatan pembelajaran STEM yang berbeda bagi guru pendidikan teknologi yaitu pendekatan silo (terpisah), pendekatan embedded (tertanam), dan pendekatan integrasi (terpadu) yang kemudian diadaptasi untuk pembelajaran sains.

- Pendekatan SILO

Pendekatan silo pendidikan STEM mengacu pada pembelajaran yang terpisah-pisah dalam subjek STEM. Penekanan pembelajaran yaitu pada perolehan pengetahuan dibandingkan dengan kemampuan teknis (Morrison, 2006). Pembelajaran yang padat pada masing-masing subjek memungkinkan siswa untuk mendapatkan pemahaman yang mendalam. Pendekatan Silo dicirikan oleh pembelajaran yang didorong oleh guru. Siswa disediakan sedikit kesempatan untuk "belajar dengan berbuat", malahan mereka diajarkan apa yang harus mereka tahu (Morrison, 2006). Tujuan pendekatan Silo adalah untuk meningkatkan pengetahuan yang menghasilkan penilaian.



**Gambar 1. Pendekatan silo. Setiap lingkaran mewakili masing-masing disiplin STEM yang diajarkan secara terpisah**

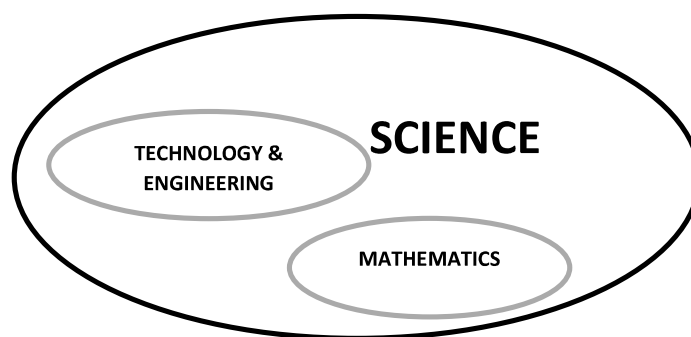
Kelemahan potensial yang terkait dengan pendekatan silo yaitu :

1. Pembelajaran silo memiliki kecenderungan untuk mengurangi manfaat belajar STEM yang diharapkan karena kemungkinan adanya kurang ketertarikan siswa terhadap salah satu bidang STEM. Contohnya menurut hasil penelitian bahwa perempuan kurang tertarik untuk berpartisipasi dalam bidang teknik misalnya teknik sipil, teknik mesin, dan teknik elektro.
2. Tanpa praktek siswa mungkin gagal untuk memahami integrasi yang terjadi secara alami antara pelajaran STEM di dunia nyata sehingga dapat menghambat pertumbuhan akademik siswa. Hal itu terjadi karena pendekatan silo menyebabkan guru untuk mengandalkan metodologi berbasis ceramah daripada praktek, padahal hasil penelitian menunjukkan bahwa kegiatan praktek lebih diinginkan siswa dalam belajar.
3. Fokus dari pembelajaran dalam pendekatan silo ialah konten materi. Hal ini dapat membatasi sejumlah stimulasi lintas kurikuler dan pemahaman siswa dari penerapan dari apa yang harus mereka pelajari.

- **Pendekatan Tertanam**

Pembelajaran STEM secara tertanam secara luas dapat didefinisikan sebagai pendekatan pendidikan di mana domain pengetahuan diperoleh melalui penekanan pada situasi dunia nyata dan teknik memecahkan masalah dalam konteks sosial, budaya, dan fungsional.

Dalam pendekatan tertanam, salah satu konten/materi lebih diutamakan (sama juga dalam pendekatan silo) sehingga mempertahankan integritas dari subjek. Namun, pendekatan tertanam berbeda dari pendekatan silo dalam hal bahwa pendekatan tertanam meningkatkan pembelajaran dengan menghubungkan materi utama dengan materi lain yang tidak diutamakan atau materi yang tertanam. Tetapi bidang yang tidak diutamakan tersebut dirancang untuk tidak dievaluasi atau dinilai.

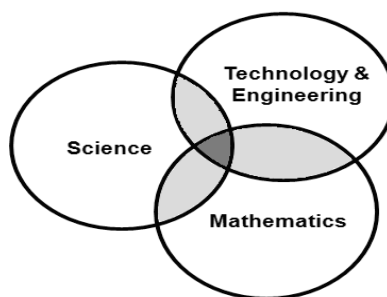


**Gambar 2. Pendekatan embedded/tertanam pendidikan STEM. Materi bidang teknologi dan teknik serta matematika tertanam dalam materi sains**

Kelemahan dalam pendekatan tertanam yaitu dapat mengakibatkan pembelajaran terpotong-potong. Jika seorang siswa tidak bisa mengaitkan konten tertanam dengan konten utama, siswa beresiko hanya belajar sebagian dari pelajaran daripada manfaat dari pelajaran secara keseluruhan. Selain itu, adalah penting untuk memastikan komponen yang tertanam sudah siswa pelajari sebelumnya pada tingkat kelas yang sesuai. Jika guru harus berhenti dan mengajar atau meremediasi siswa pada pengetahuan yang tertanam, proses belajar siswa dapat terganggu.

- **Pendekatan Terpadu**

Pendekatan terpadu untuk pendidikan STEM membayangkan menghapus tembok antara masing-masing bidang konten STEM dan mengajar mereka sebagai satu subjek. Pendekatan terpadu diharapkan dapat meningkatkan minat pada bidang STEM, terutama jika itu dimulai sejak siswa masih muda. Pendekatan terpadu menghubungkan materi dari berbagai bidang STEM yang diajarkan di kelas berbeda dan pada waktu yang berbeda dan menggabungkan konten lintas kurikuler dengan keterampilan berpikir kritis, keterampilan pemecahan masalah, dan pengetahuan untuk mencapai suatu kesimpulan. Pendekatan terpadu adalah pendekatan yang terbaik untuk pembelajaran STEM.



**Gambar 3. Pendekatan Terpadu dalam pendidikan STEM. Materi STEM diajarkan seolah-olah mereka satu subjek. Integrasi dapat dilakukan dengan minimal dua disiplin, tetapi tidak terbatas pada dua disiplin. Garis menunjukkan berbagai pilihan di mana integrasi dapat dicapai.**

Dalam konteks pendidikan dasar dan menengah umum di banyak negara, termasuk Indonesia, hanya mata pelajaran sains dan matematika yang menjadi bagian dari kurikulum 2013, sementara mata pelajaran teknologi dan teknik hanya bagian minor atau bahkan tidak ada dalam kurikulum. Oleh sebab itu pendidikan STEM lebih tertumpu pada sains dan matematika. Salah satu pola integrasi yang mungkin dilaksanakan tanpa merestrukturisasi kurikulum pendidikan dasar dan menengah di Indonesia adalah dengan pendekatan terpadu yang dilakukan pada jenjang sekolah dasar, dan pendekatan embedded pada jenjang sekolah menengah (Firman, 2011).

## SIMPULAN

Berdasarkan paparan penjelasan diatas, pendidikan STEM adalah suatu pembelajaran secara terintegrasi antara sains, teknologi, teknik, dan matematika untuk mengembangkan kreativitas siswa melalui proses pemecahan masalah dalam kehidupan sehari-hari. Tujuan pendidikan STEM bagi siswa yaitu diharapkan dapat menghantarkan peserta didik memenuhi kemampuan abad 21 antara lain yaitu keterampilan belajar dan berinovasi yang meliputi; berpikir kritis dan mampu menyelesaikan masalah, kreatif dan inovatif, serta mampu berkomunikasi dan berkolaborasi, terampil untuk menggunakan media, teknologi, informasi dan komunikasi (TIK); kemampuan untuk menjalani kehidupan dan karir, meliputi: kemampuan beradaptasi, luwes, berinisiatif, mampu mengembangkan diri, memiliki kemampuan sosial dan budaya, produktif, dapat dipercaya, memiliki jiwa kepemimpinan, dan tanggungjawab. Untuk memenuhi harapan tersebut, maka pendidikan STEM dapat diterapkan pada sekolah-sekolah di Indonesia agar Indonesia mampu menghasilkan tenaga kerja yang kompetitif dengan negara-negara maju yang memimpin perekonomian global. Oleh karena itu diperlukan penelitian untuk mengeksplorasi lebih dalam terkait penggunaan STEM dalam pembelajaran sains.

## DAFTAR RUJUKAN

- Banning, J. dan Folkestad, J.E. 2012. *STEM Education Related Dissertation Abstracts: A Bounded Qualitative Meta-Study*. Journal Science Education Technolog, 12 (6): 730-741.
- Barakos, L., Lujan, V., Strang, C. 2012. *Science, Technology, Engineering, Mathematics (STEM) : Catalyzing Change Amid The Confusion*. Portsmouth, NH: RMC Research Corporation, Center on Instruction.

- Baker, E., Trygg, B., Otto, P., Tudor, M., Ferguson, L. 2011. *Project – based Learning Model, Relevant Learning for the 21<sup>st</sup> Century*. Pacific Education Institute.
- Beals, J. (2012). *Thomas edison.com*. Diakses tanggal 25 september 2016 dari <http://www.thomasedison.com/>.
- Beritasatu.com. 2016. Pendidikan Berbasis STEM Jawab Tantangan Global. Diakses tanggal 9 September 2016 dari <http://www.beritasatu.com/pendidikan/324186-pendidikan-berbasis-stem-jawaban-tantangan-global.html>
- Brown, R., Brown, J., Reardon, K., dan Merrill, C. 2011. Understanding STEM : Current Perceptions. *Technology and Engineering Teacher*, 70(6), 5-9.
- Butz, W. P., Kelly, T. K., Adamson, D. M., Bloom, G. A., Fossum, D., & Gross, M. E. (2004). *Will the scientific and technology workforce meet the requirements of the federal government?* Pittsburgh, PA: RAND.
- California department of Education. 2014. *Innovate: A Blueprint for Science, Technology, engineering, and mathematics* in California Public Education.
- Carnevale, A.P., Smith, N., dan Melton, M. 2011. *STEM. Georgetown University Center on Education and The Workforce*, (online), ([www.georgetown.edu/grad/gppi/hpi/cew/pdfs/stem-complete.pdf](http://www.georgetown.edu/grad/gppi/hpi/cew/pdfs/stem-complete.pdf)). Diakses 23 agustus 2016.
- Cooney, S. dan Bottoms, G. 2003. *Middle Grades to High School : Mending A Weak Link* (Report No.EA-032-691). Atlanta, GA: Southern Regional Education Board. (ERIC Document Reproduction Service No. ED 479785).
- Han, S.Y., Carpraro, R., dan Carpraro, M.M. 2014. *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. National Science Council, Taiwan.
- Holden, J.P., Lander, E.S., Varmus, H. 2010. *Prepare and Inspire : K-12 Education in Science, Technology, Engineering and Mathematics (STEM) for America’s Future (Executive Report)*. President’s Council of Advisors on Science and Technology.
- Judy, B. 2011. *Five Innovations From World War II*. Diakses dari <http://bigdesignevents.com/2011/09/innovations-from-world-war-ii/> tanggal 25 september 2016
- Kelley, T. R dan Knowles, J. G. 2016. A Conceptual Framework for Integrated STEM Education. *International Journal of STEM Education*. Springer.
- Lou, S.J., Liu, Y.H. Shih, R.C., Tseng,K.H. 2010. The Senior High School Students’ Learning Behavioral Model of STEM in PBL. *International Journal of Technology and design Education*. Springer.
- Lou, S.J., Shih, R.C., Diez, C.R. dan Tseng,K.H. 2010. The Impact of Problem Based Learning Strategies on STEM Knowledge Integration and Attitudes; An Exploratory Study Among Female Taiwanese Senior High School Students. *International Journal of Technology and design Education*. Springer.
- Morrison, J. 2006. *TIES STEM Education Monograph Series: Attributes of STEM Education*. Baltimore, MD: TIES.
- National Science and Technology Forum. Diakses dari <http://www.nstf.org.za> pada 24 agustus 2016.
- National Aeronautics and Space Administration. 2008. *Sputnik and The Dawn of The Space Age*. Diakses dari <http://history.nasa.gov/sputnik> tanggal 25 september 2016.
- NRC. 2011. *Successful K-12 STEM Education: Identifying Effective Approaches in Science, Technology, Engineering, Mathematics*. The national Academies of Science. Washington, DC.



- NRC. 2012. *A Framework for K-12 Science Education: Practices, Crosscutting Concepts, and Core Ideas*. The national Academies of Science. Washington, DC.
- NRC. 2014. *STEM Integration in K-12 Education: Status, Prospects, and An Agenda for Research*. The national Academies of Science. Washington, DC.
- NGSS Lead States. 2013. *Next Generation Science Standards : For States, By States. The national Academies of Science*. Washington, DC.
- Roberts, A. dan Cantu, D. 2012. *Applying STEM Instructional Strategies to Design and Technology Curriculum*. Department of STEM Education and Professional Studies Old Dominion University. Norfolk, VA, USA.
- Sanders, M. 2009. STEM, STEM education, STEMmania. *The Technology teacher*, 68(4).20-26.
- Slavin, R.E. 1994. *Educational Psychology: Theory and Practise*. Seventh Edition. Sample Chapter. Massachusetts: Allyn and Bacon.
- Soper, E., Fano, E., Hammonds, J. 2015. *Green STEM : How Environment Based Education Boosts Student Engagement and Academic Achievement in Science, Technology, Engineering and Math*. National Wildlife Federation. Reston, VA.
- Suprpto, N. 2016. *Student's Attitudes Towards STEM Education : Voices from Indonesian Junior High Schools*. *Journal of Turkish Science education*, (online), 16 (1): 75-87 (<http://www.tused.org>), diakses 15 agustus 2016.
- Suwarma, I.R., Astuti, P., Endah, N.E. 2015. "Balloon Powered Car " Sebagai Media Pembelajaran IPA Berbasis STEM (Science, Technology, Engineering, and Mathematics). *Prosiding Simposium Nasional Inovasi dan Pembelajaran Sains*.
- Syukri, M., Halim, L., Meerah, T.S.M. 2013. Pendidikan STEM dalam Entrepreneurial Science Thinking "ESciT" : Satu Perkongsian Pengalaman dari UKM untuk Aceh. *Aceh Development International Confefence 2013*.
- Tseng, K.H., Chang, C.C., Lou, S.J., dan Chen, W.P. 2011. *Attitudes Towards Science, Technology, Engineering, and Mathematics (STEM) in a Project Based Learning (PjBL) Environment*. *International Journal of Technology and Design education*. Springer.
- Tsupros, N., R. Kohler, dan J. Hallinen. 2009. *STEM education: A project To Identify The Missing Components*. A collaborative study conducted by the IU1 Center for STEM Education and Carnegie Mellon University.
- Williams, J. 2011. STEM Education: Proceed with caution. *Design and Technology Education: An International Journal* 16 (1) : 26-35.