

STEM-Blended Learning

**Model Konseptual untuk Pembelajaran IPA
di Era Digital**

STEM-Blended Learning
Model Konseptual untuk Pembelajaran IPA
di Era Digital

Bibin Rubini
Indarini Dwi Pursitasari
Didit Ardianto



IP.057.11.2021

STEM-Blended Learning:

Model Konseptual untuk Pembelajaran IPA di Era Digital

Bibin Rubini

Indarini Dwi Pursitasari

Didit Ardianto

Pertama kali diterbitkan pada November 2021

Oleh **Ideas Publishing**

Alamat: Jalan Ir. Joesoef Dalie No. 110

Kota Gorontalo

Surel: infoideaspublishing@gmail.com

Anggota IKAPI No. 001/GORONTALO/14

ISBN: 978-623-234-208-8

Penyunting : Anna Permanasari

Penata Letak : Siti Khumaira Dengo

Desainer Sampul : Ilham Djafar

Dilarang mengutip, memperbanyak, atau memindahkan sebagian atau seluruh isi buku dalam bentuk apa pun, baik secara elektronik dan mekanis, termasuk memfotokopi, merekam, maupun dengan sistem penyimpanan lainnya tanpa izin tertulis dari penerbit.

Daftar Isi

Prakata — vii

Pendahuluan-----	1
Bab 1 Konsep Pendidikan IPA -----	7
A. Karakteristik IPA-----	7
B. Standar Pendidikan IPA untuk Generasi Masa Depan-----	9
Bab 2 Pendidikan STEM-----	29
A. Konsep Pendidikan STEM-----	29
B. Pendekatan Pendidikan STEM-----	33
C. Pendekatan STEM Berbasis Proyek (STEM-PjBL) -----	35
D. Pendekatan Pendidikan STEM Berbasis <i>Engineering Design Process</i> (STEM-EDP)-----	37
Bab 3 <i>Blended Learning</i>-----	45
Bab 4 Model <i>STEM-Blended Learning</i>-----	49
A. Kerangka Konseptual Model <i>STEM-Blended Learning</i> -----	49
B. Sintaks Model <i>STEM-Blended Learning</i> (STEM-BL) -----	52
C. Keterkaitan Model STEM-BL dengan Literasi Sains dan Teknologi Siswa-----	54
Penutup-----	61
Glosarium-----	63
Daftar Pustaka-----	69
Indeks-----	75
Tentang Penulis-----	77

Prakata

Puji syukur penulis panjatkan kepada Tuhan YME yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya, sehingga buku dengan judul *STEM-Blended Learning: Model Konseptual untuk Pembelajaran IPA di Era Digital* dapat terselesaikan dengan baik. Penulisan buku ini bertujuan sebagai bahan referensi pendidik untuk melaksanakan pembelajaran IPA yang dapat meningkatkan literasi sains dan teknologi siswa secara *offline* dan *online*.

Buku ini disusun berdasarkan hasil kajian tentang pentingnya literasi sains dan teknologi bagi siswa di era digital, pendidikan dengan pendekatan STEM, dan pembelajaran yang bersifat blended dengan sistem *offline* dan *online*. Model *STEM-Blended Learning* dalam pembelajaran IPA terdiri atas empat sintaks, antara lain: *orientation, research, development, dan evaluation* atau disingkat ORDE.

Penulis berharap penggunaan model *STEM-Blended Learning* dapat meningkatkan keterlibatan siswa secara aktif dalam pembelajaran IPA dan pemahaman siswa terhadap sains-teknologi-rekayasa-matematika. Kemampuan siswa dalam memaknai tentang sains-teknologi-rekayasa-matematika sangat diperlukan untuk menyelesaikan problem dalam kehidupan sehari-hari. Sains tidak berdiri sendiri, namun kompleks dan menyatu dengan ilmu lainnya yaitu ilmu teknologi, rekayasa, dan matematika. Pendekatan STEM juga dapat melatih siswa dalam berpikir kritis, kreatif, kolaboratif, dan komunikatif. Keempat keterampilan tersebut sangat dibutuhkan seseorang dalam menghadapi problem dalam kehidupan sehari-hari.

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Direktorat Sumber Daya, Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi Kementerian Pendidikan, Kebudayaan Riset dan Teknologi yang telah mendanai kegiatan penelitian, sehingga dapat dihasilkan buku ini. Ucapan terima kasih juga penulis sampaikan kepada Rektor Universitas Pakuan, Ketua Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat, dan Ketua MGMP dan guru IPA Kabupaten Cianjur.

Penulis menyadari buku ini masih memiliki kekurangan, namun penulis yakin bahwa buku ini akan memberikan manfaat bagi pembaca dan pembelajaran IPA. Akhir kata untuk penyempurnaan buku ini, kritik dan saran dari pembaca sangat bermanfaat untuk penulis kedepannya.

November 2021
Penulis

Pendahuluan

Pembelajaran IPA merupakan wahana yang memberi kesempatan kepada siswa untuk menggunakan pengetahuan sains dalam perdebatan publik dan membuat keputusan tentang isu yang diakibatkan oleh sains dan teknologi (American Association for the Advancement of Science, 1990). Ini menunjukkan bahwa tujuan utama dari pembelajaran IPA adalah mewujudkan individu yang memiliki literasi sains. Individu yang literate terhadap sains diyakini mampu menggunakan pengetahuan sains dan teknologi dalam memecahkan permasalahan dalam kehidupan sehari-hari yang dilandasi dengan sikap-sikap ilmiah. Roberts (2007) menyatakan bahwa literasi sains memiliki dua visi, pertama tentang pemahaman sains sebagai batang tubuh pengetahuan. Sedangkan visi kedua merefleksikan pada kemampuan seorang individu dalam menghadapi konteks isu sosial yang berhubungan dengan penerapan sains dan teknologi.

Beberapa hasil penelitian menunjukkan bahwa siswa mengalami kesulitan dalam menggunakan pengetahuannya untuk proses pengambilan keputusan terhadap isu sosial (Jho, Yoon, Kim., 2014; Sadler, 2009; Dawson & Carson., 2016). Kondisi ini juga dialami oleh siswa di Indonesia. Hasil PISA tahun 2015 menunjukkan bahwa Indonesia mendapatkan rata-rata skor literasi sains yang masih di bawah rerata negara OECD, meskipun indeks kesenangan siswa dalam belajar sains yang cukup tinggi (OECD, 2016). Selain itu, hasil TIMSS 2015 juga menunjukkan bahwa prestasi sains siswa Indonesia masih belum menggembirakan. Data ini merefleksikan bahwa pembelajaran IPA masih belum sesuai dengan hakikatnya, sehingga menyebabkan rendahnya keterampilan berpikir siswa, khususnya dalam keterampilan berpikir kritis.

Keterampilan berpikir kritis siswa erat kaitannya dengan capaian literasi sains. Oleh karena itu, keterampilan berpikir kritis perlu dibangun melalui pembelajaran IPA yang sesuai dengan hakikatnya. Pendidikan IPA di sekolah sebaiknya lebih fokus pada upaya pelatihan keterampilan berpikir kritis dan pelibatan isu-isu yang bersifat multidisipliner. Paradigma pembelajaran IPA harus bergeser dari yang sebelumnya berpusat pada guru menjadi berpusat pada peserta didik dan berorientasi pada keterampilan berpikir kritis. Siswa diberikan kesempatan dalam mengeksplorasi fenomena alam

secara mandiri dan diberikan keleluasaan mengekspresikan pengetahuannya tentang fenomena yang dipelajari. Selain itu, pembelajaran IPA juga sebaiknya diarahkan pada pelibatan siswa dalam menghadapi isu sosial yang berkaitan dengan sains dan teknologi. Sehingga, pembelajaran yang seperti demikian diharapkan mampu mencapai kedua visi literasi sains.

Saat ini, pembelajaran IPA dengan pendekatan *Science, Technology, Engineering, Mathematic (STEM)* merupakan salah satu terobosan yang menurut sejumlah penelitian telah mampu meningkatkan keterampilan berpikir, literasi sains, maupun literasi teknologi (Afriana dkk., 2016; Ismail dkk., 2016; Wagner dkk., 2017; Hayforf dkk., 2014). Pendidikan STEM memfokuskan pada proses pendidikan dalam memecahkan masalah nyata di kehidupan sehari-hari maupun kehidupan profesi (National STEM Education Center, 2014). Pendidikan STEM merupakan kesempatan untuk mengembangkan kompetensi di bidang yang sangat diminati. Disiplin *engineering* merupakan integrator dalam STEM yang secara inklusi menyajikan aktivitas-aktivitas berbasis masalah nyata. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa pendidikan STEM memberikan dampak positif terhadap minat siswa dalam bidang STEM (Becker & Park, 2011). Selain itu, Stohlmann dkk., (2013) menyatakan bahwa pendidikan STEM

memberikan pengalaman pembelajaran siswa yang nyata sehingga pembelajaran akan lebih bermakna.

Penelitian-penelitian tersebut menunjukkan bahwa pendidikan STEM terbukti efektif dalam meningkatkan kualitas pembelajaran. Meskipun terbukti efektif, penelitian tentang STEM di konteks Asia masih sangat terbatas, khususnya integrasi pendidikan STEM dengan *engineering design* sebagai integratornya. Hasil analisis Lee et.al (2018) terkait artikel-artikel penelitian di bidang STEM di *web of science* selama lima tahun terakhir (2013-2017) menunjukkan bahwa sebanyak 65% penelitian STEM dilakukan di US dan negara-negara Asia hanya menyumbang 8,5%. Selain temuan tersebut, penelitian ini juga menyatakan bahwa hanya 3% (19) artikel yang mengaji tentang *engineering design* sebagai kerangka dalam integrasi pendidikan STEM (Lee et al, 2018). Hasil analisis ini menunjukkan bahwa pengembangan Pendidikan STEM di Asia, khususnya di Indonesia masih sangat perlu dilakukan.

Pendidikan STEM secara empiris memang telah terbukti dalam meningkatkan prestasi siswa. Namun ada beberapa tantangan dalam implementasi pendekatan tersebut. Pendekatan STEM membutuhkan banyak waktu dikelas dan sering mengesampingkan beberapa cakupan konten materi (Jones et al., 2019). Oleh karena itu, tantangannya bagi pendidik adalah bagaimana membuat pembelajaran ini tidak

banyak menyita waktu dan tidak mengabaikan cakupan materi.

Pada era revolusi industri 4.0 dan pandemik saat ini, penyelenggaraan pendidikan di melalui pemanfaatan teknologi informasi menjadi sebuah keniscayaan. Pola pembelajaran sebaiknya tidak hanya dibatasi oleh ruang kelas dan kegiatan tatap muka melainkan bisa menggunakan pembelajaran pembelajaran berbasis teknologi dengan jangkauan tak terbatas, melewati batas ruang kelas, seperti Blended Learning. Blended Learning merupakan salah satu model pembelajaran yang dapat dijadikan solusi untuk menghadapi tantangan di era saat ini. Blended Learning merupakan pola pembelajaran di bidang pendidikan yang mengkombinasikan antara metode pembelajaran tatap muka dengan kegiatan pembelajaran *online* (Voos, 2003; Garrison & Kanuka, 2004; Graham, 2006). Blended Learning memberikan akses dan fleksibilitas yang tinggi bagi mahasiswa karena pembelajaran yang dilakukan tidak terbatas oleh ruang (“pembelajaran tidak selalu dilakukan dalam kelas”) dan waktu (“siswa bisa kapan pun untuk belajar materi yang diberikan) (Graham, 2006).

Berdasarkan uraian di atas, maka integrasi pendidikan STEM dan Blended Learning dapat diimplementasikan sebagai upaya untuk meningkatkan relevansi Pendidikan IPA. Beberapa penelitian terdahulu telah melaporkan bahwa pembelajaran STEM berbasis proyek dapat meningkatkan kinerja

siswa dengan prestasi rendah dan dapat mengurangi kesenjangan prestasi siswa (Han et al., 2014); meningkatkan keefektifan, membangun pembelajaran yang bermakna dan mempengaruhi sikap siswa dalam memilih karir di masa depan (Tseng, Chang, Lou, & Chen, 2013); meningkatkan pemahaman siswa tentang integrasi STEM dan daya imajinasi siswa dalam kegiatan berbasis proyek (Lou, Tsai, Tseng, & Shih, 2014); serta dapat meningkatkan literasi sains siswa (Afriana, Permanasari, & Fitriani, 2016).

Integrasi Blended Learning dan pendekatan STEM dapat menjadi solusi terhadap kendala waktu dalam melatih literasi sains dan teknologi siswa, terutama juga untuk menghadapi era revolusi industri 4.0. Hal ini disebabkan karena pembelajaran yang mengkombinasikan antara metode tatap muka dengan *online* berkontribusi positif terhadap peningkatan kinerja siswa Boyle, Bradley, Chalk, Jones, & Pickard, 2003; Lim & Morris, 2009; O'Toole & Absalom, 2003) dan menciptakan lingkungan belajar yang fleksibel dalam mendorong siswa untuk belajar secara mandiri, refleksi pengetahuan dan penelitian (Tam, 2000), serta dapat memfasilitasi review dan pengendalian terhadap pembelajaran (Osguthorpe & Graham, 2003).

Bab 1

Konsep Pendidikan IPA

A. Karakteristik IPA

Ilmu Pengetahuan Alam (IPA) merupakan suatu kumpulan pengetahuan yang tersusun secara sistematis, dan dalam penggunaannya secara umum terbatas pada gejala-gejala alam. Perkembangan IPA selanjutnya tidak hanya ditandai oleh adanya kumpulan fakta saja, tetapi juga munculnya “metode ilmiah” (*scientific methods*) yang terwujud melalui suatu rangkaian “kerja ilmiah” (*working scientifically*), nilai dan “sikap ilmiah” (*scientific attitudes*). Sejalan dengan pengertian tersebut, IPA merupakan suatu rangkaian konsep yang saling berkaitan dengan bagan-bagan konsep yang telah berkembang sebagai suatu hasil eksperimen dan observasi, dan selanjutnya akan bermanfaat untuk eksperimentasi dan observasi lebih lanjut (Kemendikbud, 2013).

Hakikat IPA meliputi empat unsur, yaitu: (1) **produk**: berupa fakta, prinsip, teori, dan hukum; (2) **proses**: yaitu prosedur pemecahan masalah melalui metode ilmiah; metode ilmiah meliputi pengamatan,

penyusunan hipotesis, perancangan eksperimen, percobaan atau penyelidikan, pengujian hipotesis melalui eksperimentasi; evaluasi, pengukuran, dan penarikan kesimpulan; (3) **aplikasi**: merupakan penerapan metode atau kerja ilmiah dan konsep IPA dalam kehidupan sehari-hari; (4) **sikap**: yang terwujud melalui rasa ingin tahu tentang obyek, fenomena alam, makhluk hidup, serta hubungan sebab akibat yang menimbulkan masalah baru namun dapat dipecahkan melalui prosedur yang benar. Oleh karena itu IPA bersifat *open ended* karena selalu berkembang mengikuti pola perubahan dinamika dalam masyarakat (Depdiknas, 2006).

Berdasarkan uraian di atas dapat disimpulkan bahwa Ilmu Pengetahuan Alam (IPA) merupakan ilmu yang berkaitan dengan cara mencari tahu tentang alam secara sistematis, sehingga IPA bukan hanya penguasaan kumpulan pengetahuan yang berupa fakta-fakta, konsep-konsep, atau prinsip-prinsip saja tetapi juga merupakan suatu proses *discovery*. Pendidikan IPA juga diharapkan dapat menjadi wahana bagi peserta didik untuk mempelajari diri sendiri dan alam sekitar, serta prospek pengembangan lebih lanjut dalam menerapkannya di dalam kehidupan sehari-hari. Proses pembelajarannya menekankan pada pemberian pengalaman langsung untuk mengembangkan kompetensi agar menjelajahi dan memahami alam sekitar secara ilmiah. Pendidikan

IPA diarahkan untuk inkuiri dan berbuat sehingga dapat membantu peserta didik untuk memperoleh pemahaman yang lebih mendalam tentang alam sekitar.

B. Standar Pendidikan IPA untuk Generasi Masa Depan

National Research Council (NRC) (2012) mempublikasikan standar tentang Pendidikan IPA untuk generasi yang akan datang. Standar ini mengungkapkan bahwa Pendidikan IPA sebaiknya tidak hanya berdiri sendiri, melainkan diintegrasikan dengan teknologi, *engineering*, dan matematika. Pemikiran ini berlandaskan pada fakta yang menunjukkan bahwa lulusan di bidang STEM akan memiliki prospek pekerjaan yang besar. Kondisi di lapangan bertolak belakang dengan standar Pendidikan IPA. Mayoritas siswa banyak yang berpikir bahwa IPA tidak mudah dipelajari dan lebih pada menghafal banyak fakta-fakta. Siswa tidak pernah mendapatkan kesempatan untuk mengeksplorasi dan terlibat dalam inkuiri seperti yang dilakukan oleh ilmuwan di dunia nyata. Oleh karena itu, perubahan pola berpikir siswa dan pengembangan cara berpikir ilmiah perlu dilakukan agar dapat mempersiapkan siswa untuk menjadi warga negara yang melek informasi dan siap untuk

kuliah dan karirnya di masa depan melalui pendidikan sains yang sesuai standar.

Standar Pendidikan IPA yang digagas oleh NRC tahun 2012, mengisyaratkan bahwa Pendidikan IPA sebaiknya dirancang dengan melibatkan praktik saintifik dan *engineering* dalam proses pembelajaran. Siswa dilatih untuk melakukan praktik ilmiah dan *engineering* seperti layaknya seorang saintis atau engineer di dunia nyata. Integrasi kedua praktik ini dalam pembelajaran merupakan cara yang dapat membuat pembelajaran IPA lebih kontekstual dan membuat siswa belajar cara mengatasi masalah yang ada di dunia nyata.

Praktik saintifik dan *engineering* merupakan bagian dari kebudayaan manusia yang merepresentasikan beberapa puncak prestasi manusia. Sains dan *engineering* tidak hanya usaha intelektual tetapi bisa meningkatkan kehidupan manusia dengan cara yang fundamental. Sains, *engineering* dan teknologi mempengaruhi setiap aspek dalam kehidupan modern. Pengetahuan sains dan teknologi dibutuhkan keterlibatannya dalam isu kebijakan publik seperti pengambilan keputusan dalam kehidupan sehari-hari, pemilihan perlakuan alternatif medis atau penentuan bagaimana menginventasikan dana publik. Dalam konteks ini, penting bagi semua individu untuk belajar sains, bahkan mereka yang akhirnya memilih karir di bidang lain selain sains atau engineering.

Engineering dan teknologi dibangun karena dua alasan penting; untuk mencerminkan pentingnya memahami bagaimana kehidupan manusia dan untuk mengenali nilai yang lebih baik dengan mengintegrasikan pengajaran dan pembelajaran sains, enjinerig, dan teknologi

Tujuan utama dalam Pendidikan IPA menurut NGSS adalah: (1) mendidik semua siswa tentang sains dan *engineering* dan membekali pengetahuan dasar mereka yang berminat menjadi saintis, enjiner, teknokrat dan teknisi di masa depan. NGSS menekankan pergerakan pendidikan IPA menuju visi yang lebih koheren dalam tiga cara. Pertama, visi dibangun sesuai dengan gagasan bahwa pembelajaran IPA dianggap sebagai sebuah perkembangan dan pembangunan pengetahuan. Hal ini dirancang untuk membantu siswa terus membangun dan memperbaiki pengetahuan dan kemampuan mereka, mulai dari rasa ingin tahu tentang apa yang mereka lihat di sekitar dan konsepsi awal mereka tentang bagaimana dunia bekerja.

Kedua, NGSS memfokuskan pada sejumlah gagasan inti dalam sains dan *engineering* baik antar atau di luar kedua disiplin ilmu tersebut. Hal ini bertujuan untuk membatasi kedangkalan dalam pembahasan sejumlah besar topik dan memberikan banyak waktu bagi guru dan siswa untuk mengeksplorasi setiap gagasan secara lebih mendalam. Ketiga, NGSS menekankan bahwa pembelajaran

tentang sains dan *engineering* melibatkan pengetahuan tentang eksplanasi ilmiah dan praktik yang membutuhkan keterlibatan inkuiri dan *engineering*.

Menurut NRC (2012) dalam standar NGSS, ada 3 dimensi yang dapat digunakan sebagai acuan dalam mengajarkan sains dan *engineering* kepada siswa, antara lain: (1) Dimensi 1 yang menjelaskan praktik saintifik/inkuiri dan *engineering*; (2) Dimensi 2 menjelaskan *crosscutting concepts* yang merupakan bagian dari seluruh disiplin ilmu sains; (3) Dimensi 3 menjelaskan bagaimana ide pokok dalam disiplin sains dan hubungannya antara sains, enjinering dan teknologi. Tiga dimensi yang diusulkan oleh framework ini merupakan panduan yang digunakan untuk memfasilitasi siswa dalam pembelajaran yang seharusnya dikombinasikan dengan standar, kurikulum, pengajaran dan penilaian. Ketiga dimensi ini merupakan komponen yang berkaitan antar satu sama lain. Ketika siswa mengeksplorasi ide pada Dimensi 3, maka siswa akan terlibat langsung pada praktik di Dimensi 1 dan untuk menghubungkan kedua dimensi tersebut siswa dibantu dengan adanya *crosscutting concepts* yang terdapat pada Dimensi 2.

1. Dimensi 1: *Scientific and Engineering Practices*

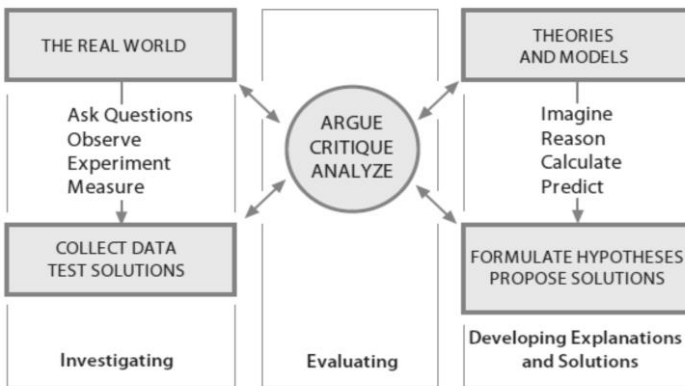
Dimensi 1 memberikan gambaran bahwa praktik utama yang dilakukan oleh saintis dan *engineer* dalam bidang pekerjaannya. Saintis melakukan investigasi dan membangun model dan teori

tentang dunia yang dikenal dengan istilah *scientific practices*. Sedangkan enjiner membangun dan mengembangkan desain dan sistem dengan menggunakan caranya sendiri, cara tersebut dikenal dengan *engineering practices*. Secara eksplisit dimensi ini memberikan pandangan bahwa dalam pembelajaran seharusnya siswa terlibat dalam kedua praktik ini.

Keterlibatan siswa dalam *scientific practices* akan membantu mereka dalam memahami bagaimana pengetahuan dikembangkan. *Scientific practices* ini merupakan pendekatan yang terdiri dari beberapa komponen seperti, investigasi, pemodelan dan penjelasan saintifik. Selain terlibat dalam *scientific practices*, keterlibatan siswa dalam *engineering practices* juga tidak kalah penting. Siswa yang terlibat dalam *engineering practices* akan terbantu dalam memahami pekerjaan enjiner dan dapat melihat hubungan antara sains dan enjiner. Keterlibatan siswa dalam kedua praktik ini juga membantu siswa dalam memahami *crosscutting concepts* dan *disciplinary ideas* dari sains dan enjiner. Hal ini membuat pengetahuan siswa lebih bermakna dan mampu melihat pandangan tentang dunia secara lebih mendalam.

Pada hakikatnya kedua praktik tersebut merupakan integrasi antara inkuiri dan desains. Saintis lebih mengarah pada inkuiri sedangkan

enjiner lebih memfokuskan pekerjaannya dalam perancangan desain. Aktivitas saintis dan enjiner secara garis besar dapat dikelompokkan dalam 3 aktivitas besar, yaitu investigasi, evaluasi dan pengembangan eksplanasi dan solusi. Keterkaitan aktivitas tersebut dapat dilihat pada Gambar 1.1.



Gambar 1.1 Tiga Bagian Aktivitas Saintis dan *Engineer*
(Sumber: National Academy of Science, hal. 45)

Pada bagian yang pertama aktivitas didominasi oleh investigasi dan inkuiri empiris, bagian kedua menggambarkan tentang pembangunan eksplanasi atau desain menggunakan penalaran, berpikir kreatif, dan model. Bagian 3 menunjukkan bahwa aktivitas yang digunakan untuk mengevaluasi desain atau model yang dihasilkan pada aktivitas bagian 2. Ketiga aktivitas ini didukung oleh teknologi komputasi modern yang secara integral

digunakan oleh saintis dan enjinera dalam memudahkan pekerjaanya.

Investigasi empiris merupakan langkah awal yang digunakan oleh saintis dan *engineer* dalam pekerjaannya. Saintis menggunakan investigasi empiris dengan melibatkan beberapa aktivitas, diantaranya: menentukan apa yang perlu untuk diukur; observasi fenomena, merancang eksperimen, program observasi dan metode pengumpulan data; membuat instrumen; terlibat dalam kerja lapangan dibidang keahliannya; dan mengidentifikasi sumber ketidakpastian. Pada aktivitas investigasi, *engineer* terlibat dalam suatu proses pengujian untuk memperoleh data yang berguna untuk menjelaskan desain yang diajukan.

Investigasi empiris berhubungan dengan pengembangan eksplanasi dan solusi. Saintis menggunakan teori dan model yang sudah ada sebelumnya untuk mengajukan teori baru atau membuat model baru. Saintis mengembangkan model atau hipotesis yang mengarah pada pertanyaan baru untuk diteliti atau penjelasan alternatif untuk dipertimbangkan. Untuk enjiner, praktik utamanya adalah memproduksi desain. Pengembangan desain juga melibatkan pengkontruksian model. Saintis dan *engineer* menggunakan model (sketsa, diagram, hubungan matematika, simulasi, dan model fisik) untuk

memprediksi perilaku sebuah sistem dan mereka mengumpulkan data untuk mengevaluasi prediksi dan memungkinkan revisi terhadap model yang dihasilkan. Pada tahap akhir dari serangkaian kerjanya, saintis dan *engineer* melakukan proses evaluasi. Dalam mengevaluasi model atau solusi yang dihasilkan, saintis menggunakan berpikir kritis dan argumentasi berbasis bukti. Hal ini bertujuan untuk memperbaiki kelemahan dan keterbatasan desain/model dan penjelasan yang dihasilkan.

Sains dan engineering memiliki kemiripan satu sama lain, keduanya menggunakan 1 metode dan melibatkan proses kreatif. Saintis dan *engineer* sama-sama terlibat dalam proses argumentasi, tetapi dengan tujuan yang berbeda. *Engineer* melakukan proses argumentasi untuk mengevaluasi desain sehingga didapatkan desain yang efektif. Sebaliknya, saintis menggunakan proses argumentasi untuk membuat suatu hubungan satu teori dengan teori yang lain sehingga didapat teori yang komprehensif. Kerangka kerja saintis dan engineer inilah yang dijadikan sebagai "*role model*" dalam kurikulum sains dan engineering di sekolah. Framework K-12 memberikan 8 gagasan praktik penting dalam kurikulum sains dan engineering, diantaranya:

- a. Mengajukan pertanyaan (sains) dan merumuskan masalah (untuk engineering).

- b. Mengembangkan dan menggunakan model.
- c. Merencanakan dan melakukan investigasi.
- d. Menganalisis dan mengintepretasi data.
- e. Menggunakan pemikiran matematik dan komputasi.
- f. Membangun eksplansi (untuk sains) dan mendesain solusi (untuk enjinereng).
- g. Terlibat dalam argumen berdasarkan bukti.
- h. Memperoleh, mengevaluasi dan mengomunikasikan informasi.

Kedelapan praktik yang direkomendasikan tersebut merupakan kompetensi yang seharusnya dimiliki oleh siswa setelah belajar sains dan *engineering*. Esensi dari praktik tersebut hampir sama antara siswa sains dan *engineering*, namun dalam praktiknya ada yang berbeda diantara keduanya. Tabel 1.1 memberikan penjelasan secara lebih rinci tentang perbedaan antara praktik untuk sains dan *engineering*.

Tabel 1.1 Perbedaan Praktik Sains dan *Engineering*

No	Jenis Praktik	Sains	Engineering
1	Membuat pertanyaan dan merumuskan masalah	Sains memulai dengan pertanyaan tentang fenomena dan berusaha mengembangkan teori yang dibutuhkan untuk menjawab pertanyaan	<i>Engineering</i> memulai dengan problem, kebingungan yang perlu diselesaikan
2.	Mengembangkan dan menggunakan model	Sains membangun dan menggunakan berbagai model dan simulasi	Enginer menggunakan model dan simulasi untuk

<i>No</i>	<i>Jenis Praktik</i>	<i>Sains</i>	<i>Engineering</i>
		untuk mengembang- kan eksplanasi	menganalisis sistem yang ada
3.	Merencanakan dan melakukan investigasi	Investigasi ilmiah dilakukan di lapangan atau laboratorium	Enginer melakukan investigasi untuk mendapatkan data penting sebagai penentu kriteria desain & menguji desain mereka.
4.	Menganalisis dan mengintepretasi data	Investigasi ilmiah menghasilkan data yang harus dianalisis untuk memperoleh makna	Enginer menganalisis data yang dikumpulkan dalam rangka pengujian desain dan penyelidikan mereka
5.	Menggunakan pola berpikir matematis dan komputasi	Sains menggunakan matematik dan komputasi sebagai alat dasar untuk merepresentasikan variabel fisik dan hubungannya	Engineering menggunakan representtasi matematika dan komputasi untuk memantapkan hubungan dan prinsip yang secara integral bagian dari desain
6.	Membangun eksplanasi dan mendesain solusi	Tujuan sains adalah untuk membangun teori yang dapat memberikan penjelasan terkait sejumlah ciri tentang dunia	Desain engineering, proses sistematis untuk menyelesaikan masalah engineering berdasarkan pengetahuan ilmiah dan model dunia fisik

No	Jenis Praktik	Sains	Engineering
7.	Terlibat dalam argumen berdasarkan bukti	Dalam sains, penalaran dan argumen hal yang esensial untuk mengidentifikasi kekuatan dan kelemahan penalaran yang dan untuk menemukan ekplanasi terbaik tentang fenomena alam	Dalam engineering, penalaran dan argumen merupakan elemen dalam menemukan solusi terbaik terhadap suatu masalah
8.	Memperoleh, mengevaluasi dan mengomunikasikan informasi	Sains tidak bisa maju jika ilmuwan tidak dapat mengomunikasikan temuan mereka secara jelas dan persuasif serta belajar dari temuan orang lain	Engineering tidak dapat teknologi baru dan peningkatan teknologi mereka jika kelebihan dari desain merke tidak dijelaskan secara jelas dan persuasif

2. Dimensi 2: *Crosscutting Concepts*

Sains dan *engineering* merupakan disiplin keilmuan yang memiliki keterhubungan antara konsep satu dengan yang lainnya. Keterhubungan konsep inilah yang memudahkan saintis dan *engineer* dalam melakukan pekerjaannya. Hubungan ini dikenal dengan istilah *crosscutting concepts*. *Crosscutting concepts* memberikan suatu nilai yang menghubungkan antara sains dan *engineering*. Konsep membantu menyediakan siswa dengan kerangka terorganisasi untuk menghubungkan pengetahuan dari berbagai macam disiplin kedalam sebuah keterkaitan dan pandangan ilmiah tentang dunia.

Framework K-12 mengidentifikasi 7 *crosscutting concepts* dalam sains dan *engineering*, diantaranya sebagai berikut:

a. Pola

Pola dari bentuk dan peristiwa yang diamati menuntun pada organisasi dan klasifikasi, dan pola tersebut memicu pertanyaan tentang hubungan dan faktor-faktor yang mempengaruhinya. Contoh, pola dari bentuk bunga, kepingan salju, siklus musim dan pasangan berulang DNA. Adanya pola memudahkan saintis untuk melakukan pengklasifikasian yang tergantung pada observasi persamaan dan perbedaan.

b. Sebab dan akibat: Mekanisme dan eksplanasi
Peristiwa terjadi oleh beberapa sebab, kadang simpel, kadang kompleks. Aktivitas utama dari sains adalah investigasi dan menjelaskan hubungan sebab akibat dan mekanisme. Mekanisme ini kemudian diuji dalam konteks yang ada dan digunakan untuk memprediksi dan menjelaskan peristiwa dalam konteks baru. Sebagai contoh infeksi penyakit dapat dipelajari dengan melihat mikroorganisme pada orang yang terinfeksi dengan orang yang lain. Pola yang berulang di alam memudahkan bagi saintis untuk mengeksplorasi hubungan sebab akibat. Misalnya, peneliti ingin menginvestigasi gerak satu

objek, reaksi kimia spesifik, perubahan populasi dalam ekosistem dan perkembangan lubang lapisan ozon di kutub. Tujuan utama dari pendidikan sains dan enjinereng terkait dengan “sebab-akibat” adalah untuk melibatkan siswa dalam memahami peristiwa di alam ini dengan memperhatikan hubungan sebab akibat dan membangun kemampuan siswa membedakan antara klaim *scientific causal* dan klaim *non scientific causal*.

c. Skala, proporsi dan kuantitas.

Berpikir ilmiah tentang sistem dan proses yang ada di alam, sangat penting untuk mengenali sistem dan proses tersebut dalam berbagai ukuran (misalnya: sel, galaksi), dalam rentang waktu (misal: nanosecond, jam dan milenium) dan dalam jumlah aliran energi yang menyertai sistem dan proses tersebut (misal: bola lampu, jaringan listrik, matahari), serta dalam hubungan antara skala dengan kuantitas yang berbeda. Dalam mempelajari sains digunakan 3 skala utama: (1) skala makroskopik yang digunakan terhadap fenomena yang dapat diamati (bisa dilihat, disentuh, dirasa atau dimanipulasi); (2) skala yang digunakan untuk objek yang sangat kecil (gerak partikel) dan sangat cepat untuk diamati secara langsung; (3) atau objek

yang terlalu besar dan sangat lambat pergerakannya (misal: gerakan planet di tata surya). Selain skala pemahaman tentang proporsi dan kuantitas juga tidak kalah penting. Ide rasio dan proporsionalitas yang digunakan dalam sains bisa memperluas dan menantang pemahaman matematika siswa terhadap suatu konsep. Misalnya, kecepatan partikel merupakan rasio antara perpindahan yang ditempuh dengan selang waktu, massa jenis merupakan rasio antara massa dengan volume. Penggunaan hubungan antar kuantitas merupakan langkah penting dalam merumuskan model matematika yang merepresentasikan data saintifik.

d. Sistem dan model sistem

Alam dan desain dunia sangat kompleks; terlalu besar dan rumit untuk diselidiki dan dipahami sekaligus. Saintis dan siswa belajar untuk menentukan porsi kecil untuk kemudahan penyelidikan. Investigasi dapat disebut sebagai 'sistem.' Sebuah sistem adalah kelompok yang terorganisasi dari obyek terkait atau komponen yang membentuk keseluruhan. Sistem dapat terdiri dari, misalnya, organisme, mesin, partikel fundamental, galaksi, ide, dan angka. Sistem memiliki batas-batas, komponen, sumber daya, aliran, dan umpan balik. Model

eksplisit dari suatu sistem yang diteliti dapat menjadi alat yang berguna tidak hanya untuk mendapatkan pemahaman tentang sistem, tetapi juga untuk menyampaikan kepada orang lain. Model dari suatu sistem dapat beragam dalam kompleksitas dari daftar dan sketsa sederhana untuk rincian simulasi komputer atau fungsi prototipe.

- e. Energi dan materi: Aliran, siklus, dan konservasi.

Pelacakan fluks energi dan materi ke dalam, dari, dan dalam sistem membantu seseorang memahami kemungkinan dan keterbatasan sistem. Kemampuan menguji, mengkarakterisasi, memodelkan siklus materi dan energi adalah alat yang dapat digunakan siswa di hampir semua bidang sains dan enjinering. Pemahaman interaksi antara materi dan energi mendukung siswa dalam mengembangkan konsepsi yang semakin canggih dari peran mereka dalam sistem apapun. Oleh karena itu, perlu ada penggunaan umum dari bahasa tentang energi dan materi di seluruh disiplin dalam pengajaran sains.

- f. Struktur dan fungsi

Fungsi dan bangunan sistem alam tergantung pada bentuk dan hubungan bagian-bagian kunci tertentu serta pada sifat-sifat bahan dari mana sistem dibuat. Kesadaran skala yang

diperlukan dalam rangka untuk mengetahui sifat dan bentuk atau materi apa yang relevan, pemilihan skala yang tepat tergantung pada pertanyaan yang diajukan. Misalnya, substruktur molekul tidak terlalu penting dalam memahami fenomena tekanan, tetapi substruktur tersebut relevan untuk memahami mengapa rasio antara suhu dan tekanan pada volume konstan berbeda untuk zat yang berbeda. Dalam pengajaran sains, siswa dituntut untuk mengembangkan pemahaman mereka tentang hubungan antara struktur dan fungsi. Mereka harus mulai menerapkan pengetahuan ini ketika menyelidiki fenomena yang asing. Stabilitas dan perubahan.

g. Stabilitas dan Perubahan.

Untuk sistem alam, kondisi stabilitas dan faktor-faktor penentu tingkat perubahan atau evolusi sistem adalah elemen penting untuk dipelajari. Stabilitas merupakan kondisi yang menggambarkan beberapa aspek dari sistem yang tidak berubah. Misalnya, bendungan mungkin pada tingkat yang konstan dengan jumlah air yang stabil antara yang masuk dan keluar. Demikian juga, cairan pada suhu konstan dapat berada dalam keadaan stabil dengan komposisi kimia konstan meskipun reaksi kimia yang mengubah komposisi

dalam dua arah berlawanan yang terjadi di dalamnya.

3. Dimensi 3: *Disciplinary Core Ideas*

Disciplinary core ideas merujuk pada konsep-konsep kunci dari sains dan *engineering* yang diperlukan untuk memahami fenomena alam dan perubahan yang dilakukan terhadap alam melalui aktivitas manusia. Framework K-12 membagi konsep-konsep ini dalam 4 kajian disiplin ilmu antara lain: fisik, biologi, ilmu bumi dan antariksa, *engineering* dan aplikasi sains dan teknologi. Disiplin ilmu fisik yang dimaksud dalam standar NGSS terdiri dari 2 rumpun keilmuan yaitu fisika dan kimia. NGSS mengembangkan 4 konsep kunci dari ilmu fisik yang perlu dipelajari oleh siswa, diantaranya: Materi dan Interaksinya; Gerak dan Stabilitas; Energi; Gelombang dan Aplikasinya dalam teknologi informasi.

Disiplin ilmu biologi yang dirumuskan dalam standar ini mengkaji tentang pola, proses dan hubungan kehidupan organisme. NGSS mengembangkan 4 ide kunci yang merefleksikan prinsip dalam ilmu kehidupan. Konsep atau iden kunci ini penting untuk pemahaman konseptual ilmu kehidupan. Standar menjabarkan disiplin ini menjadi 4 konsep, antara lain: Molekul ke Organisme (Struktur dan Proses); Ekosistem

(Interaksi, Energi dan Dinamika); Hereditas (Pewarisan dan Variasi Sifat); Evolusi Biologis (Kesatuan dan Keragaman).

Disiplin ilmu bumi dan antariksa merupakan disiplin ketiga dari disiplin yang dirumuskan oleh NGSS. Disiplin ini mengkaji tentang proses yang beroperasi di bumi dan kebedaannya dalam sistem tata surya dan galaksi. Bumi terdiri atas sekumpulan sistem seperti: atmosfer, hidrosfer, geosfer dan biosfer yang saling berhubungan antar satu sama lain. Sistem ini dibedakan atas sumber energi dan siklus materi yang terjadi di dalamnya terjadi melalui berbagai cara dan berbagai skala waktu. Disiplin ilmu bumi dan antariksa mempelajari 3 konsep kunci, antara lain: Bumi dalam Alam Semesta; Sistem Kebumihan; dan Bumi dan Aktivitas Manusia.

Selain ketiga disiplin keilmuan yang telah disebutkan diatas, disiplin terakhir yang dirumuskan dalam NGSS yaitu disiplin engineering, teknologi dan aplikasi sains. Teknologi merupakan modifikasi dunia yang dibuat untuk kebutuhan manusia, engineering merupakan proses sistematis pendekatan iteratif untuk mendesain objek, proses dan sistem untuk memenuhi kebutuhan yang diinginkan manusia, sedangkan aplikasi sains yaitu penggunaan pengetahuan saintifik untuk tujuan khusus dan

lebih dari sekedar keilmuan sains; untuk mendesain produk, proses, atau tindakan medis; untuk mengembangkan teknologi baru; atau memprediksi dampak dari aktivitas manusia. Disiplin ini dibagi dalam 2 kelompok ide kunci yaitu desain enjineriing dan hubungan antara enjineriing, teknologi, sains dan sosial.

Uraian di atas menunjukkan bahwa pembelajaran IPA tidak dapat diajarkan secara parsial, melainkan bersifat multidisiplin yang erat kaitannya dengan *engineering*, matematika dan teknologi. Selain itu, bahwa pembelajaran IPA sangat perlu mengintegrasikan gagasan-gagasan praktik saintifik dan *engineering* baik secara interdisiplin maupun transdidiplin. Gagasan - gagasan ini dapat dimaknai bahwa pendidikan sains seharusnya lebih menekankan eksplorasi ilmiah dan eksperimen, bukan memberikan ceramah panjang dan mengharapkan siswa untuk menghafal daftar fakta. Siswa diharapkan lebih banyak mengemukakan pertanyaan, menjelajahi dan mendiskusikan solusi yang mungkin, menyelidiki konsep sains, menggunakan argumentasi, dan sepenuhnya aktif dalam proses pembelajaran. Pendekatan ini mencerminkan pembelajaran sains dalam dunia nyata dan melibatkan para siswa dalam dalam proses pembelajaran.

Bab 2

Pendidikan STEM

A. Konsep Pendidikan STEM

STEM terdiri dari 4 komponen yaitu sains, teknologi, enjinerig dan matematika. Sains merupakan komponen STM yang mengkaji tentang fenomena alam yang melibatkan observasi dan pengukuran secara fenomena alam, sebagai wahana untuk menjelaskan secara obyektif alam yang selalu berubah. Domain utama dari sains pada jenjang pendidikan dasar dan menengah, yakni fisika, biologi, kimia, serta ilmu pengetahuan kebumian dan antariksa. Teknologi mengkaji tentang inovasi-inovasi manusia yang digunakan untuk memodifikasi alam agar memenuhi kebutuhan dan keinginan manusia, sehingga membuat kehidupan lebih baik dan lebih aman. *Engineering* merupakan pengetahuan dan keterampilan untuk memperoleh dan mengaplikasikan pengetahuan ilmiah, ekonomi, sosial, serta praktis untuk mendesain dan mengkonstruksi mesin, peralatan, sistem, material, dan proses yang bermanfaat bagi manusia secara

ekonomis dan ramah lingkungan. Komponen terakhir dari STEM yaitu matematika yang mengkaji tentang pola-pola dan hubungan-hubungan, dan menyediakan bahasa bagi teknologi, sains, dan enjnering.

Dalam dunia pendidikan K-12, STEM biasanya mengacu pada pmbelajaran yang berkaitan dengan disiplin ilmu tersebut. Namun, masing-masing kategori ini dapat mencakup pngajaran dalam beberapa bidang studi. Tabel 2.1 menguraikan pelajaran STEM umum dalam pendidikan K-12.

Tabel 2.1 Relevansi Subjek STEM

Sains	Teknologi
Biologi	Komputer/ sistem informasi
Kimia	Desain permains
Biologi Laut	Pusat Pengembang
Fisika	Pengemang web/perangkat lunak
Sains	
Enjnering	Matematika
Teknik kimia industry	Matematika
Teknik sipil	Statistik - kalkulus
Teknik komputer	
Teknik listrik	
Rekayasa umum	
Teknik mesin	

Sumber: *STEM conector*

Selain mengembangkan konten pengetahuan di bidang sains, teknologi, rekayasa/desain dan matematika, pendidikan STEM juga berupaya untuk menumbuhkan soft skill seperti penyelidikan ilmiah dan kemampuan memecahkan masalah. Dengan meningkatkan keterampilan pemecahan masalah dengan didukung perilaku ilmiah, untuk itu

pendidikan integrasi STEM berusaha untuk membangun masyarakat yang sadar pentingnya “Literasi STEM”. Literasi STEM mengacu pada kemampuan individu untuk menerapkan pemahaman tentang bagaimana ketatnya persaingan bekerja di dunia riil yang membutuhkan empat domain yang saling terkait.

Ong & McLean (2014) mengemukakan bahwa Literasi STEM mencakup pada literasi sains, literasi teknologi, literasi enjineriing dan literasi matematika. Literasi sains merupakan kemampuan siswa menggunakan sains (tidak hanya fisika, kimia dan biologi) untuk memenuhi kebutuhan terhadap teknologi baru, teknik, dan bagaimana matematika digunakan dalam memecahkan masalah dalam kehidupan sehari-hari. Literasi teknologi merupakan kemampuan pengetahuan terhadap teknologi dalam melakukan inovasi dan manipulasi untuk menyelesaikan masalah sains, teknologi, dan teknik. Literasi dalam enjineriing merupakan pemahaman teknologi masa lalu, sekarang dan masa depan dikembangkan melalui desain teknik untuk menyelesaikan masalah serta melihat bagaimana sains dan matematika bermanfaat untuk menciptakan teknologi baru. Literasi matematika merujuk pada pemahaman terhadap matematika digunakan untuk menyelesaikan masalah dalam sains, teknologi dan teknik.

Dalam konteks pendidikan dasar dan menengah, Pendidikan STEM bertujuan mengembangkan peserta didik yang melek STEM (Bybee, 2013:5), yang mempunyai:

1. pengetahuan, sikap, dan keterampilan untuk mengidentifikasi pertanyaan dan masalah dalam situasi kehidupannya, menjelaskan fenomena alam, mendesain, serta menarik kesimpulan berdasar bukti mengenai isu-isu terkait STEM;
2. memahami karakteristik fitur-fitur disiplin STEM sebagai bentuk-bentuk pengetahuan, penyelidikan, serta desain yang digagas manusia;
3. kesadaran bagaimana disiplin-disiplin STEM membentuk lingkungan material, intelektual dan kultural,
4. mau terlibat dalam kajian isu-isu terkait STEM (misalnya efisiensi energi, kualitas lingkungan, keterbatasan sumberdaya alam) sebagai warga negara yang konstruktif, peduli, serta reflektif dengan menggunakan gagasan-gagasan sains, teknologi, enjiniring dan matematika.

Dalam beberapa kasus, para pengajar STEM menerapkan pendekatan integratif dalam program STEM mereka. Ada pula para pengajar STEM yang mulai bekerja sama diseluruh disiplin ilmu secara berpasangan atau tim. Artinya kebijakan pengajaran STEM tergantung pada kreativitas dari masing-masing guru. Stohlmann et, al (2012) menyatakan bahwa keefektifan guru dalam mengimpenetasikan

STEM berkaitan dengan beberapa komponen, diantaranya *Supporting Teachers, Teaching Practice, Teacher Efficacy and Materials* (s.t.e.m).

B. Pendekatan Pendidikan STEM

Pendidikan STEM menitik beratkan agar siswa dapat melihat keterhubungan antara sains, teknologi, enjinering dan matematika dalam fenomena alam. Oleh karena itu diperlukan pendekatan pengajaran agar keterhubungan ini mudah dipahami dan bermakna bagi siswa. Pendekatan mengajar dalam pendidikan STEM pada saat ini yang sering dilakukan berbagai cara. Perbedaan antara masing-masing metode terletak pada tingkat konten STEM yang dapat diterapkan. Tiga pendekatan pendidikan STEM yang sering digunakan adalah metode pendekatan “silo” (terpisah), “tertanam” (*embedded*), dan pendekatan “terpadu” (terintegrasi).

Pendekatan silo untuk pendidikan STEM berarti mata pelajaran sains, teknologi, enjinering, dan matematika diajarkan sebagai empat mata pelajaran yang terpisah satu sama lain dan tidak terintegrasi, keadaan ini lebih tepat digambarkan sebagai S-T-E-M daripada STEM (Dugger, 2010). Cara kedua adalah mengajarkan masing-masing disiplin STEM dengan lebih berfokus pada satu atau dua dari disiplin-disiplin STEM. Cara ketiga adalah mengintegrasikan satu ke dalam tiga disiplin STEM, misalnya konten

enjineriing diintegrasikan ke dalam mata pelajaran sains, teknologi, dan matematika. Cara yang lebih komprehensif adalah melebur keempat-empat disiplin STEM dan mengajarkannya sebagai mata pelajaran terintegrasi, misalnya konten teknologi, enjineriing dan matematika dalam sains, sehingga guru sains mengintegrasikan T, E, dan M ke dalam S (Firman, 2015).

Dalam konteks K-12 di beberapa negara, termasuk Indonesia, hanya mata-mata pelajaran sains dan matematika yang menjadi bagian dari kurikulum konvensional, sementara mata pelajaran teknologi dan enjineriing hanya bagian minor atau bahkan tidak ada dalam kurikulum. Oleh sebab itu pendidikan STEM lebih terpumpu pada sains dan matematika. Bybee (2013) merumuskan suatu pola keterpaduan STEM yang terdiri atas sembilan pola keterpaduan, mulai dari disiplin S-T-E-M sebagai “silo” (mata pelajaran berdiri sendiri) hingga STEM sebagai mata pelajaran transdisiplin atau terpadu. Pengintegrasian yang lebih mendalam ke dalam bentuk mata pelajaran terpadu memerlukan perubahan struktur kurikulum secara menyeluruh, sehingga sulit jika dilaksanakan dalam konteks struktur kurikulum konvensional di Indonesia. Salah satu pola intergasi yang mungkin dilaksanakan tanpa mengubah kembali kurikulum pendidikan dasar dan menengah di Indonesia adalah mengkolaborasikan konten enjineriing, teknologi, dan matematika dalam

pembelajaran sains berbasis STEM, sebagaimana diilustrasikan dalam Gambar 2.1



Gambar 2.1 Pendidikan Sains Berbasis STEM
Sumber: Firman (2015)

C. Pendekatan STEM Berbasis Proyek (STEM-PjBL)

Pendekatan Science, Technology, *Engineering* and Mathematics (STEM) dipercaya dapat meningkatkan kualitas sumber daya manusia, termasuk sumber daya manusia di Indonesia. Pendidikan STEM dianggap sebagai solusi untuk mengatasi kekurangan SDM terampil di pekerjaan modern (Firman, 2015). Pendidikan STEM memfokuskan pada integrasi sains, teknologi, rekayasa, dan matematika yang digunakan dalam proses pemecahan masalah di dunia nyata ataupun pekerjaan di era modern (NRC, 2012).

Penelitian-penelitian saat ini telah banyak yang mengkaji tentang integrasi PjBL dalam pendekatan STEM. Integrasi ini melahirkan pendekatan baru

yang disebut dengan pengajaran STEM berbasis proyek (STEM PjBL). STEM PjBL merupakan pendekatan pengajaran yang menambahkan unsur sains, teknologi, rekayasa dan matematik dalam proses pembelajaran PjBL. STEM PjBL dapat didefinisikan sebagai “suatu hasil yang terdefinisi dengan tugas tidak terdefiniskan secara jelas. STEM PjBL merupakan pendekatan interdisiplin yang terdiri atas berbagai tujuan konten dengan konteks aktivitas hands on untuk memproduksi artefak (Capraro & Slough, 2013)

STEM PjBL tidak hanya pendekatan instruksional menggunakan sebuah proyek setidaknya dua dari 4 bidang studi STEM, tetapi juga mencakup orientasi pengajaran yang didasarkan pada konstruktivisme dan konstruksionisme. Kegiatan STEM PjBL adalah interdisipliner di alam dan menuntut siswa untuk mencari dan menentukan masalah karena mereka mengeksplorasi topik proyek (Capraro & Slough, 2013). Integrasi aktivitas STEM dalam PjBL memberikan peluang bagi siswa untuk merefleksikan pengetahuannya tentang STEM. Proses tersebut bisa membantu siswa dalam memahami hubungan antara pembelajaran dan tujuan penyelesaian masalah dan dapat meningkatkan ketertarikan dalam pembelajaran (Hmelo-Silver, 2004).

Pembelajaran berbasis proyek yang diintegrasikan dengan STEM dapat meningkatkan kinerja siswa dengan prestasi rendah dan dapat mengurangi kesenjangan prestasi siswa (Han et al., 2014); meningkatkan keefektifan, membangun pembelajaran yang bermakna dan mempengaruhi sikap siswa dalam memilih karir di masa depan (Tseng, Chang, Lou, & Chen, 2013); meningkatkan pemahaman siswa tentang integrasi STEM dan daya imajinasi siswa dalam kegiatan berbasis proyek (Lou, Tsai, Tseng, & Shih, 2014); serta dapat meningkatkan literasi sains siswa (Afriana, Permanasari, & Fitriani, 2016). Selain itu, PjBL juga memberikan kontribusi positif terhadap prestasi mahasiswa dalam konten sains dan teknologi, serta meningkatkan *self efficacy* mahasiswa dalam mengajar sains (Bilgin et al., 2015).

D. Pendekatan Pendidikan STEM Berbasis *Engineering Design Process* (STEM-EDP)

Pendidikan STEM menitik beratkan agar peserta didik dapat melihat keterhubungan antara sains, teknologi, rekayasa dan matematika dalam fenomena alam. Oleh karena itu, diperlukan pendekatan pengajaran agar keterhubungan ini mudah dipahami dan bermakna bagi siswa. Implementasi pendidikan STEM pada saat ini dapat dilakukan dengan berbagai cara. Integrasi STEM dapat dilakukan secara terpisah

pada masing-masing disiplin STEM, *embedded*, dan secara terpadu.

Pendekatan terpisah berarti disiplin sains, teknologi, rekayasa, dan matematika diajarkan sebagai disiplin keilmuan yang terpisah antar satu sama lain (Dugger, 2010). Pendekatan terpisah juga bisa dilakukan dengan mengajarkan STEM yang menitikberatkan pada satu atau dua disiplin saja. Pendekatan *embedded* yaitu memadukan satu disiplin pada tiga disiplin STEM lainnya. Cara terakhir yaitu dengan mengintegrasikan keempat disiplin STEM dan mengajarkannya sebagai disiplin keilmuan yang terpadu (Firman, 2015).

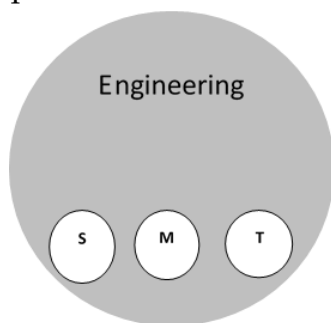
Integrasi STEM dapat memberikan kesempatan bagi peserta didik untuk mengalami pembelajaran dalam situasi *real*, dibandingkan dengan pendekatan STEM secara terpisah (Tsupros, Kohler, & Hallinen, 2009). Namun, metode yang paling sering digunakan dalam perencanaan dan penerapan pendidikan STEM tidak menggambarkan saling keterpaduan dari empat disiplin STEM, baik dalam ranah penelitian dan proses pembuatan teknologi (NRC, 2009). Kondisi ini berdampak negatif terhadap ketertarikan dan kinerja peserta didik dalam implementasi pembelajaran STEM.

Bryan dkk. (2016) menyatakan bahwa salah satu karakteristik inti dari pengalaman belajar STEM terintegrasi yaitu praktik rekayasa dan desain rekayasa teknologi sebagai konteks untuk

mengajarkan konten keempat disiplin tersebut. Mereka menambahkan bahwa rekayasa yang terkait dengan teknologi membutuhkan penggunaan konsep sains dan matematika melalui justifikasi desain. Rekayasa merupakan integrator konten STEM yang ideal (NAS, 2012; NRC, 2009; NRC, 2012). Penggunaan rekayasa sebagai katalis untuk pembelajaran STEM dirasa sangat penting karena dapat melibatkan keempat disiplin STEM pada kedudukan yang sama. Sifat rekayasa dapat memberikan peserta didik dengan pendekatan terstruktur untuk memecahkan masalah yang sering terjadi di semua bidang STEM. Rekayasa memberikan kesempatan untuk menempatkan keterkaitan dan membangun hubungan di antara disiplin STEM, yang telah diidentifikasi sebagai penentu dalam pengintegrasian STEM (Frykholm & Glasson 2005).

Pendidikan sains dapat ditingkatkan dengan menanamkan pendekatan rekayasa karena menciptakan peluang untuk penerapan pengetahuan sains dan inkuiri serta memberikan konteks otentik untuk pembelajaran penalaran matematis. Rekayasa memungkinkan peserta didik untuk menggunakan matematika dan penyelidikan sains dalam percobaan. Pendekatan ini memungkinkan peserta didik untuk membangun pengalaman mereka sendiri dan memberikan kesempatan untuk membangun pengetahuan sains dan matematika melalui analisis

desain dan penyelidikan ilmiah, seperti model yang diperlihatkan pada Gambar 2.2



Gambar 2.2 Model *Embedded*

Berbagai interpretasi tentang rekayasa telah ditemukan dalam beberapa literatur. Beberapa komunitas pendidikan telah mengidentifikasi sejumlah karakteristik inti dari rekayasa, meliputi (1) proses desain dimulai dengan definisi masalah; (2) masalah memiliki banyak kemungkinan solusi dan *engineer* perlu menemukan pendekatan sistematis untuk memilih di antaranya; (3) desain memerlukan pemodelan dan analisis, dan (4) proses desain dilakukan secara iteratif (Berland, Steingut, & Ko., 2014). Secara lebih rinci, English & King (2015) membuat karakteristik dari proses rekayasa yang ditunjukkan pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Proses Rekayasa

<i>Problem Scoping</i>	<i>Idea Generation</i>	<i>Design and Construct</i>	<i>Design Evaluation</i>	<i>Redesign</i>
Memahami batas-batas dari masalah	Brainstorming & Perencanaan	Pengembangan model	Menemukan kendala	Mendesain kembali model
<ul style="list-style-type: none"> • Mengklarifikasi dan menemukakan kembali tujuan • Mengidentifikasi kendala • Mempertimbangkan kelayakan masalah • Eksperimen dengan material • Membuat kolaborasi 	<ul style="list-style-type: none"> • Mengomunikasikan dan memformulasikan ide • Mendiskusikan strategi • Mengembangkan rencana 	<ul style="list-style-type: none"> • Mensketsa desain • Menginterpretasi Design • Mentransformasi desain ke model 	<ul style="list-style-type: none"> • Tes model • Memeriksa kendala • Menilai pencapaian tujuan 	<ul style="list-style-type: none"> • Mereview desain pertama • Mensketsa desain baru • Mentransformasi desain ke model revisi

Implementasi pembelajaran STEM juga tidak terlepas dari aktivitas inkuiri. Inkuiri merupakan pendekatan yang terdiri dari beberapa komponen seperti, investigasi, pemodelan dan penjelasan saintifik. Keterlibatan peserta didik dalam praktik inkuiri dan rekayasa membuat konstruksi pengetahuan mereka lebih bermakna dan mampu melihat pandangan tentang dunia secara lebih mendalam. Inkuiri merupakan langkah awal yang digunakan oleh saintis dan *engineer* dalam pekerjaannya. Saintis menggunakan inkuiri yang melibatkan beberapa aktivitas, seperti: observasi fenomena, merancang eksperimen, metode pengumpulan data; membuat instrumen; terlibat dalam kerja lapangan dibidang keahliannya; dan mengidentifikasi sumber ketidakpastian.

Kegiatan inkuiri berhubungan dengan pengembangan eksplanasi dan solusi. Saintis menggunakan teori dan model yang sudah ada sebelumnya untuk mengajukan teori baru atau membuat model baru. Saintis mengembangkan model atau hipotesis yang mengarah pada pertanyaan baru untuk diteliti atau penjelasan alternatif untuk dipertimbangkan. Berbeda dengan seorang *engineer*, praktik utamanya adalah memproduksi desain. Saintis dan *engineer* sama-sama menggunakan model (sketsa, diagram, hubungan matematika, simulasi, dan model fisik) untuk

memprediksi perilaku sebuah sistem. Mereka juga mengumpulkan data untuk mengevaluasi prediksi dan memungkinkan revisi terhadap model yang dihasilkan.

Praktik inkuiri dan rekayasa memiliki kemiripan satu sama lain, keduanya menggunakan satu metode dan melibatkan proses kreatif. Praktik inkuiri dan rekayasa melibatkan proses argumentasi, tetapi dengan tujuan yang berbeda. Praktik rekayasa melakukan proses argumentasi untuk mengevaluasi desain sehingga didapatkan desain yang efektif. Sebaliknya, inkuiri melibatkan proses argumentasi untuk membuat suatu hubungan satu teori dengan teori yang lain sehingga didapat teori yang komprehensif. Esensi dari praktik inkuiri dan rekayasa pada hakikatnya hampir sama, namun dalam praktiknya ada yang berbeda diantara keduanya. Oleh karena itu, inkuiri dan rekayasa merupakan komponen penting yang digunakan sebagai kerangka dalam implementasi pembelajaran STEM.

Bab 3

Blended Learning

Konsep Blended Learning

Blended Learning merupakan salah satu pengembangan pola pembelajaran di bidang pendidikan yang mengkombinasikan antara metode pembelajaran tatap muka dengan *e-learning* (Voos, 2003; Garrison & Kanuka, 2004; Graham, 2006). Metode pembelajaran ini mengubah paradigma pembelajaran yang awalnya menekankan pada pengajaran menjadi pembelajaran (Nunan, George, & McCausland, 2000). *Blended learning* memberikan akses dan fleksibilitas yang tinggi bagi siswa karena pembelajaran yang dilakukan tidak terbatas oleh ruang (“pembelajaran tidak selalu dilakukan dalam kelas”) dan waktu (“siswa bisa kapan pun untuk belajar materi yang diberikan) Graham, 2004; Macedo-Rouet, Ney, Charles, & Lallich-Boidin, 2009). Selain itu pembelajaran ini dapat mengurangi biaya dalam proses pembelajaran Harding et al., 2005) dibandingkan dengan pembelajaran tradisional (Woltering, Herrler, Spitzer, & Spreckelsen, 2009), khususnya ketika jumlah siswa terlalu banyak.

Beberapa penelitian terdahulu telah melaporkan bahwa pembelajaran yang mengkombinasikan antara metode tatap muka dengan *online* berkontribusi positif terhadap peningkatan kinerja peserta didik (Boyle, Bradley, Chalk, Jones, & Pickard, 2003; Lim & Morris, 2009; O'Toole & Absalom, 2003) dan menciptakan lingkungan belajar yang fleksibel dalam mendorong peserta didik untuk belajar secara mandiri, refleksi pengetahuan dan penelitian (Tam, 2000), serta dapat memfasilitasi riviun dan pengontrolan terhadap pembelajaran (Osguthorpe & Graham, 2003) sehingga dapat mengembangkan pengalaman belajar peserta didik (Cooner, 2010). Penggunaan berbagai macam metode pembelajaran dan pengajaran memberikan peluang bagi peserta didik untuk mendapatkan pemahaman yang mendalam terhadap konten yang dipelajari, meningkatkan persepsi positif terhadap pengajaran yang diterima, klarifikasi tujuan dan aturan, serta memberikan keleluasan bagi peserta didik untuk belajar secara mandiri dalam proses pembelajaran (Ginns, Prosser & Barrie, 2007).

Dalam proses pembelajaran siswa dapat mempertimbangkan sumber materi serta elemen-elemen yang dapat membantu mereka dalam memahami subjek yang dipelajari. Adapun karakteristik dari *Blended Learning* yaitu:

1. Pembelajaran yang menggabungkan berbagai cara penyampaian, model pendidikan, gaya

pembelajaran, serta berbagai media berbasis teknologi yang beragam.

2. Sebagai sebuah kombinasi pendidikan langsung (*face to face*), belajar mandiri, dan belajar mandiri via *online*.
3. Pembelajaran yang didukung oleh kombinasi efektif dari cara penyampaian, cara mengajar dan gaya pembelajaran.
4. Pendidik dan orangtua peserta didik memiliki peran yang sama penting, pendidik sebagai fasilitator, dan orangtua sebagai pendukung.

Blended learning bertujuan untuk membantu pendidik untuk berkembang lebih baik didalam proses belajar, sesuai dengan gaya belajar dan preferensi dalam belajar, menyediakan peluang yang praktis realistis bagi guru dan pendidik untuk pembelajaran secara mandiri, bermanfaat, dan terus berkembang, peningkatan penjadwalan fleksibilitas bagi pendidik, dengan menggabungkan aspek terbaik dari tatap muka dan instruksi *online*. Kelas tatap muka dapat digunakan untuk melibatkan para siswa dalam pengalaman interaktif. Sedangkan kelas *online* memberikan pendidik, sedangkan porsi *online* memberikan para siswa dengan konten multimedia yang kaya akan pengetahuan pada setiap saat, dan dimana saja selama pendidik memiliki akses internet.

Saat ini, semakin banyak penelitian yang mengeksplorasi efektifitas pendekatan *blended* dalam konteks STEM dan dikaitkan dengan pengembangan

inkuiri dan keterampilan pemecahan masalah peserta didik (Sergis, Vlachopoulos, Sampson, & Pelliccione, 2016). Lebih khusus lagi, model *blended* telah dikaitkan dengan peningkatan tingkat keterlibatan aktif peserta didik dalam proses pembelajaran (Baepler, dkk., 2014; Deslauriers, Schelew, & Wieman, 2011) dan menggeser fokus sesi yang didukung guru ke membimbing kegiatan kolaboratif dan pemecahan masalah (Clark, 2015; Mason, Shuman, & Cook, 2013). Bukti lain juga menunjukkan bahwa *flipped classroom* dapat meningkatkan sikap peserta didik yang lebih baik terhadap STEM (Fautch, 2015; Wilson, 2013), serta pengalaman belajar yang lebih baik (Davies, Dean, & Ball, 2013; Love, Hodge, Grandgenett, & Swift, 2014).

Berdasarkan hal di atas, semakin jelas bahwa *blended learning* memiliki potensi untuk dimasukkan dalam pendekatan pengajaran yang ada di STEM, untuk semakin meningkatkan efektivitasnya, khususnya dalam pembelajaran IPA. Pendekatan *blended learning* dengan karakteristik *student centered*, menggunakan berbagai media pembelajaran, serta pembelajaran yang dikemas secara *online* dan *offline* akan membuat pembelajaran semakin bermakna. meningkatkan pengetahuan dan keterampilan berpikir siswa, serta membuat mahasiswa menjadi literate terhadap informasi dan teknologi.

Bab 4

Model *STEM-Blended Learning*

A. Kerangka Konseptual Model *STEM-Blended Learning*

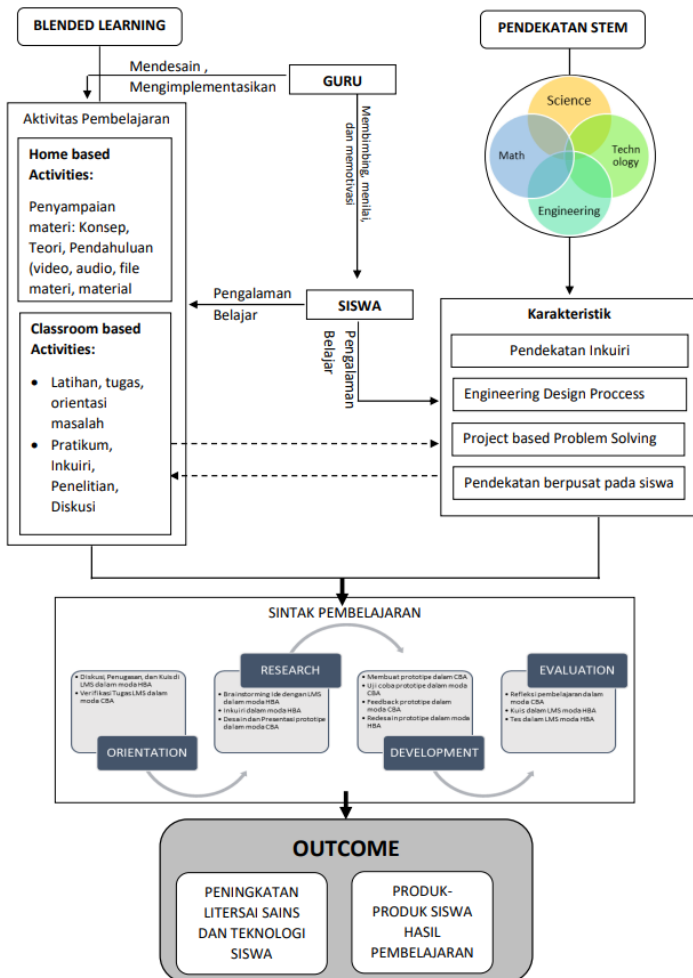
Pembelajaran STEM menuntut siswa menghubungkan sains dan *engineering*. Selain itu, siswa juga ditantang untuk membuat rekayasa otentik sebagai produk dari pembelajaran sains melalui kegiatan proyek yang mengintegrasikan disiplin STEM (Bybee, 2013). Pendidikan IPA berbasis STEM menuntut pergeseran moda proses pembelajaran dari moda konvensional yang berpusat pada guru (*teacher centered*) ke arah moda pembelajaran berpusat pada peserta didik (*student centered*) yang mengandalkan keaktifan, *hands-on*, dan kolaborasi peserta didik. Pembelajaran IPA berbasis STEM perlu dilaksanakan dalam unit-unit pembelajaran berbasis proyek, yang di dalamnya mahasiswa ditantang secara kritis, kreatif, dan inovatif untuk memecahkan masalah nyata dan menghasilkan produk teknologi, yang melibatkan kegiatan kelompok (tim) secara kolaboratif. Pembelajaran IPA berbasis STEM dalam kelas

didesain untuk memberi peluang bagi siswa untuk mengaplikasikan pengetahuan akademik dalam dunia nyata.

Pada era revolusi industri 4.0 saat ini, penyelenggaraan pendidikan di melalui pemanfaatan teknologi informasi menjadi sebuah keniscayaan. Oleh karena itu, pengintegrasian pendekatan STEM dan *blended learning* dirasa tepat sebagai solusi untuk menyiapkan generasi masa depan. *Blended learning* merupakan pendekatan pembelajaran yang relatif baru. Pendekatan ini setidaknya sudah mengalami perkembangan dalam dua dekade terakhir. Seperti halnya dengan pendekatan STEM, *blended learning* memberikan kesempatan kepada siswa untuk belajar secara aktif. Siswa dapat berinteraksi dengan pengajar diluar kelas dengan memanfaatkan teknologi. Interaksi ini dapat membantu proses pembelajaran semakin efisien. Selain itu, beberapa kelebihan menggunakan pendekatan *blended learning* adalah dapat meningkatkan keterlibatan peserta didik dalam proses pembelajaran dan siswa menjadi pembelajar yang otonom. Pendekatan *blended learning* menuntut pendidik untuk merancang konten pelajaran dalam learning management system (LMS), sehingga fasilitas ini sangat memudahkan bagi siswa untuk belajar tanpa dibatasi oleh ruang dan waktu.

Uraian di atas menunjukkan bahwa pendelatan STEM yang diintegrasikan dengan *blended learning* dapat membuat pembelajaran di kelas semakin

bermakna, meningkatkan keterampilan berpikir tingkat tinggi, dan memberikan pengalaman belajar nyata dalam menyelesaikan masalah dunia nyata yang kompleks. Oleh karena itu, model STEM-Blended Learning dapat dijadikan sebagai alternatif solusi model pembelajaran IPA untuk generasi masa depan.



Gambar 4.1 Kerangka Konseptual Model STEM-BL

B. Sintaks Model *STEM-Blended Learning* (STEM-BL)

Model *STEM-Blended Learning* dirancang dengan mengkombinasikan pembelajaran secara tatap muka (*face to face*) dan pembelajaran *online* dalam LMS. Model ini dapat memberikan kesempatan bagi siswa untuk berinkuiri layaknya seorang saintis dan membuat rekayasa teknologi (seperti seorang *engineer*). Model pembelajaran ini diawali dengan penyajian masalah otentik. Kemudian siswa dilatih untuk mengidentifikasi masalah tersebut. Untuk memfasilitasi kerja ilmiah siswa, pada model ini dengan kegiatan inkuiri terkait dengan masalah yang diberikan di awal pembelajaran. Pada tahap selanjutnya mahasiswa juga diberikan kesempatan untuk membuat desain rekayasa teknologi yang digunakan untuk menyelesaikan masalah yang dikemukakan diawal pembelajaran. Pada tahap selanjutnya setiap kelompok diberikan kesempatan untuk menguji teknologi yang telah dirancang dan mengomunikasikan di depan kelas. Adanya prinsip *engineering* dirasa dapat melatih keterampilan berpikir kritis, analitis, kreatif serta literasi teknologi bagi mahasiswa.

Tabel 4.1 Tahapan Sintaks Model STEM-Blended Learning

Tahap	Home based Activities (HBA)	Classroom based Activities (CBA)
<i>Orientation</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Siswa menyimak materi yang telah dikembangkan oleh guru di LMS • Guru memberikan penugasan kepada siswa (membuat rangkuman, peta konsep, <i>mind map</i>, <i>dd</i>) 	<ul style="list-style-type: none"> • Guru secara verbal memulai diskusi tentang materi yang dipelajari secara mandiri di LMS • Guru mereviu konsepsi siswa dengan memberikan beberapa pertanyaan secara verbal. • Guru memberikan <i>feedback</i> terkait konsepsi siswa • Guru menayangkan permasalahan yang akan dipecahkan oleh siswa dengan melibatkan disiplin STEM
<i>Research</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Siswa diminta untuk berinkuri tentang solusi berbasis STEM dalam mengatasi permasalahan yang diberikan • Siswa diberikan kesempatan untuk mengimajinasikan konsep/<i>brainstorming</i> ide prototipe yang akan dibuat dalam mengatasi permasalahan • Guru memberikan <i>feedback</i> secara <i>unsynchronous</i> di LMS terkait prototipe yang dibuat oleh siswa 	<ul style="list-style-type: none"> • Siswa diberikan kesempatan untuk mempresentasikan rancangan prototipe yang telah dibuat • Siswa diberikan kesempatan untuk memberikan komentar terhadap berbagai prototipe yang dipresentasikan. • Guru memberikan <i>feedback</i> terhadap rancangan prototipe siswa

Tahap	Home based Activities (HBA)	Classroom based Activities (CBA)
<i>Development</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Guru memberikan tugas kepada siswa untuk meredesain prototipe secara <i>unsynchronous</i> melalui LMS • Guru memberikan penilaian 	<ul style="list-style-type: none"> • Siswa membuat prototipe yang dirancang • Siswa diminta untuk menguji coba dan menganalisis hasilnya • Guru memberikan <i>feedback</i> terhadap hasil uji coba prototipe
<i>Evaluation</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Guru memberikan kuis tentang materi yang telah dipelajari siswa • Guru memberikan tes literasi sains dan teknologi terkait materi energi (Instrumen literasi sains dan teknologi). 	<ul style="list-style-type: none"> • Guru memnerikan refleksi terhadap pembelajaran yang telah dilakukan

C. Keterkaitan Model STEM-BL dengan Literasi Sains dan Teknologi Siswa

Literasi sains merupakan salah satu kompetensi yang perlu dicapai dalam pendidikan IPA (Holbrook, 2010). Lawson (2010) menyatakan bahwa siswa yang literate terhadap sains memiliki pemahaman tentang hakikat sains dan penalaran ilmiah. Literasi sains dapat diartikan sebagai pengembangan kemampuan untuk secara kreatif memanfaatkan pengetahuan dan keterampilan ilmiah berbasis bukti yang relevan, terutama relevansinya dalam kehidupan sehari-hari

dan juga karir, dalam memecahkan masalah ilmiah, serta membuat keputusan yang bertanggung jawab (Holbrook & Rannikmae, 2010). Siswa yang melek sains diharapkan memiliki keterampilan berpikir kritis dan mengevaluasi pengetahuannya untuk melakukan pemecahan masalah dan pengambilan keputusan (Soobard & Ranikmae, 2011).

Bagian yang tak dapat dipisahkan dari sains adalah teknologi. Perkembangan teknologi dilandasi oleh sains sedangkan teknologi itu sendiri menunjang perkembangan sains, terutama digunakan untuk aktivitas penemuan dalam upaya memperoleh penjelasan tentang obyek dan fenomena alam. Secara ringkas Windyariani (2011) mengatakan bahwa teknologi merupakan suatu perangkat keras ataupun perangkat lunak yang digunakan untuk memecahkan masalah bagi pemenuhan kebutuhan manusia. Sedangkan *International Technology Education Association* (ITEA) menyatakan bahwa teknologi merupakan modifikasi dari alam untuk memperluas kemampuan manusia dan untuk menghasilkan yang dibutuhkan dan diinginkan oleh manusia (ITEA, 2010).

Permanasari (2016) menyatakan bahwa literasi sains dan teknologi merupakan kemampuan menyelesaikan masalah menggunakan konsep-konsep sains, mengenal produk teknologi beserta dampaknya, mampu menggunakan dan memelihara produk teknologi, kreatif, dan dapat mengambil

keputusan berdasarkan nilai-nilai yang berlaku di masyarakat. Pengertian- pengertian tersebut dapat tarik suatu abstraksi bahwa individu yang memiliki literasi sains dan teknologi yaitu individu yang mampu menggunakan pengetahuan sains dan penerapannya, mampu mengidentifikasi permasalahan dan menarik kesimpulan berdasarkan bukti-bukti dalam rangka memahami serta membuat keputusan tentang alam dan perubahan pada alam sebagai aktivitas manusia dalam kehidupan sehari-hari.

Uraian di atas menunjukkan bahwa literasi sains dan teknologi merupakan kompetensi yang menjadi tolok ukur keberhasilan pembelajaran IPA di kelas. Oleh karena itu, perlu perumusan indikator yang lebih spesifik tentang literasi sains dan teknologi yang memudahkan bagi guru atau praktisi Pendidikan untuk mengasesnya. Tabel 4.2 menunjukkan matriks domain literasi sains dan teknologi yang merupakan perpaduan dari literasi sains dan literasi teknologi.

Tabel 4.2 Matriks Literasi Sains dan Teknologi

Domain	Literasi Sains (Pisa 2015)	Literasi Rekayasa dan Teknologi (Naep, 2018)	Literasi Sains dan Teknologi
Konten	<ul style="list-style-type: none"> a. Pengetahuan b. Prosedural c. Epistemik 	<ul style="list-style-type: none"> a. Teknologi dan Sosial b. Desain dan Sistem c. Teknologi Informasi dan Komunikasi 	<ul style="list-style-type: none"> • Pengetahuan konsep-konsep kunci dari sains yang diaplikasikan dalam teknologi. • Pengetahuan tentang prosedur pengembangan sains dan teknologi dalam penyelesaian masalah
Kompetensi	<ul style="list-style-type: none"> a. Menjelaskan fenomena secara ilmiah b. Mengevaluasi dan mendesain inkuiri saintifik c. Menginterpretasi data dan bukti ilmiah 	<ul style="list-style-type: none"> a. Pemahaman prinsip teknologi b. Pengembangan solusi dan pencapaian tujuan c. Pengkomunikasian dan kolaborasi 	<ul style="list-style-type: none"> • Mengidentifikasi isu sains yang berkaitan dengan teknologi • Membuat solusi berdasarkan prinsip sains dan teknologi • Merepresentasikan data dalam berbagai bentuk • Mengevaluasi hasil pengembangan sains dan teknologi
Sikap	<ul style="list-style-type: none"> a. Ketertarikan dalam sains b. Menilai pendekatan saintifik untuk inkuiri c. Kepedulian lingkungan 		<ul style="list-style-type: none"> • Menunjukkan rasa ingin tahu terhadap isu-isu yang terkait sains dan teknologi • Menunjukkan ketertarikan untuk memecahkan isu yang terkait sains dan teknologi • Memiliki kepedulian akan pentingnya sains dan teknologi dalam kehidupan

Keterkaitan antara model STEM-BL dengan indikator literasi sains dan teknologi dapat dilihat pada Tabel 4.3.

Tabel 4.3 Matrik Keterkaitan Model STEM-BL dengan Literasi Sains dan Teknologi

Tahap	Home based Activities (HBA)	Classroom based Activities (CBA)	Indikator Literasi Sains dan Teknologi
Orientation	<ul style="list-style-type: none"> • Siswa menyimak materi yang telah dikembangkan oleh Guru di LMS • Guru memberikan penugasan kepada siswa (membuat rangkuman, peta konsep, mind map, dd) • Guru membuat diskusi secara <i>unsynchronous</i> melalui LMS • Guru memberikan kuis secara <i>unsynchronous</i> melalui LMS 	<ul style="list-style-type: none"> • Guru secara verbal memulai diskusi tentang materi yang dipelajari secara mandiri di LMS • Guru mereviu konsepsi siswa dengan memberikan beberapa pertanyaan secara verbal. • Guru memberikan <i>feedback</i> terkait konsepsi siswa • Guru menayangkan permasalahan yang akan dipecahkan oleh siswa dengan melibatkan disiplin STEM 	<ul style="list-style-type: none"> • Pengetahuan • Kompetensi: Identifikasi isu sains dan teknologi • Sikap: Rasa Ingin Tahu

Tahap	Home based Activities (HBA)	Classroom based Activities (CBA)	Indikator Literasi Sains dan Teknologi
Research	<ul style="list-style-type: none"> • Siswa diminta untuk berinkuri tentang solusi berbasis STEM dalam mengatasi permasalahan yang diberikan • Siswa diberikan kesempatan untuk mengimajinasikan konsep/<i>brainstorming</i> ide prptotipe yang akan dibuat dalam mengatasi permasalahan • Guru memberikan <i>feedback</i> secara <i>unsynchronous</i> di LMS terkait prototipe yang dibuat oleh siswa 	<ul style="list-style-type: none"> • Siswa diberikan kesempatan untuk mempresentasikan rancangan prototipe yang telah dibuat • Siswa diberikan kesempatan untuk memberikan komentar terhadap berbagai prototipe yang dipresentasikan. • Guru memberikan <i>feedback</i> terhadap rancangan prototipe siswa 	<ul style="list-style-type: none"> • Konten: Pengetahuan tentang prosedur • Kompetensi: Semua indikator • Sikap: Rasa Ingin Tahu, Ketertarikan, sikap peduli
Development	<ul style="list-style-type: none"> • Guru memberikan tugas kepada siswa untuk meredesain prototipe secara <i>unsynchronous</i> melalui LMS • Guru memberikan penilaian 	<ul style="list-style-type: none"> • Siswa membuat prototipe yang dirancang • Siswa diminta untuk menguji coba dan menganalisis hasilnya • Guru memberikan <i>feedback</i> terhadap hasil uji coba prototipe 	<ul style="list-style-type: none"> • Konten: Pengetahuan tentang prosedur • Kompetensi: semua indikator • Sikap: Ketertarikan dan sikap peduli

Tahap	Home based Activities (HBA)	Classroom based Activities (CBA)	Indikator Literasi Sains dan Teknologi
Evaluation	<ul style="list-style-type: none"> • Guru memberikan kuis tentang materi yang telah dipelajari siswa • Guru memberikan tes literasi sains dan teknologi terkait materi energi (Instrumen literasi sains dan teknologi). 	<ul style="list-style-type: none"> • Guru memberikan refleksi terhadap pembelajaran yang telah dilakukan 	

Penutup

Era revolusi industri 4.0 memberikan tantangan bagi semua level Pendidikan untuk menyelenggarakan pendidikan yang dapat mengembangkan keterampilan abad 21 dan Literasi literasi sains & teknologi bagi siswa. Model *STEM-Blended Learning* merupakan paradigma baru dalam pembelajaran yang mampu menjawab tantangan abad 21. Model pembelajaran ini menuntut siswa untuk memecahkan suatu masalah kompleks dengan mengaplikasikan pengetahuan STEM. Model *STEM-Blended Learning* memiliki karakteristik antara lain: pembelajaran dilakukan dengan dua (2) moda yaitu pembelajaran tatap muka dan pembelajaran *online*, memfasilitasi siswa untuk berinkuiri dan menerapkan prinsip-prinsip rekayasa, memberikan kesempatan bagi siswa untuk berkolaborasi dengan teman sejawat, memberi kesempatan kepada siswa untuk mengkomunikasikan ide atau gagasan secara kreatif dan mengaplikasikan disiplin STEM untuk memecahkan suatu permasalahan. Adapun sintak

model STEM-Blended Learning terdiri atas *Orientation*, *Research*, *Develop*, dan *Evaluation*. Oleh karena itu, Model STEM-Blended Learning merupakan paradigma pembelajaran yang sangat sesuai dalam pengembangan literasi sains dan teknologi siswa.

Glosarium

American Association for the Advancement of Science

(AAAS): Organisasi nirlaba internasional Amerika yang bertujuan untuk mempromosikan kerja sama di antara para ilmuwan, mendukung kebebasan ilmiah, mendorong tanggung jawab ilmiah, dan mendukung pendidikan ilmiah dan penjangkauan sains untuk kemajuan seluruh umat manusia. Organisasi ini merupakan masyarakat ilmiah umum terbesar di dunia, dengan lebih dari 120.000 anggota, dan merupakan penerbit jurnal ilmiah sains yang terkemuka

Argumen: Alasan yang dapat dipakai untuk memperkuat atau menolak pendapat, pendirian, atau gagasan

Argumentasi: Pemberian alasan untuk memperkuat atau menolak suatu pendapat, pendirian, atau gagasan

Blended Learning: Pendekatan pendidikan yang menggabungkan materi pendidikan *online* dan peluang untuk interaksi *online* dengan metode kelas berbasis tempat tradisional

Classroom based Activities: Aktivitas kelas yang memungkinkan peserta didik dan pendidik untuk saling berinteraksi secara langsung/ tatap muka.

Crosscutting Concepts: Konsep-konsep yang menghubungkan disiplin ilmu sains dan engineering. Konsep ini digunakan oleh saintis dan engineer dalam menyelesaikan pekerjaannya.

Design: Suatu sistem yang berlaku untuk segala jenis perancangan dimana titik beratnya adalah melihat suatu persoalan tidak secara terpisah atau tersendiri, melainkan sebagai keseluruhan dimana satu masalah dengan lainnya saling kait mengait.

Discovery: Penemuan, baik berupa alat-alat atau gagasan yang diciptakan oleh seseorang namun belum dapat diterima masyarakat ilmiah

Disciplinary Core Ideas: Konsep-konsep kunci dari sains dan engineering yang diperlukan untuk memahami fenomena alam dan perubahan yang dilakukan terhadap alam melalui aktivitas manusia

EDP: *Engineering Design Process* (EDP) merupakan rangkaian langkah umum yang digunakan para insinyur dalam menciptakan produk dan proses fungsional.

Eksplanasi: Teks yang menerangkan terjadinya proses atau fenomena, dirangkai secara berurutan dalam hubungan sebab akibat, berisi informasi yang berdasarkan fakta, biasanya digunakan untuk menjelaskan fenomena alam, sosial, atau budaya

E-learning: belajar jarak jauh dengan menggunakan internet. Penggunaan gabungan perangkat keras komputer, perangkat lunak, dan teori dan praktik pendidikan untuk memfasilitasi pembelajaran

Engineer: Profesional yang menciptakan, merancang, menganalisis, membangun dan menguji mesin, sistem, struktur, gadget, dan bahan yang kompleks untuk memenuhi tujuan dan persyaratan fungsional sambil mempertimbangkan batasan yang disebabkan oleh kepraktisan, regulasi, keamanan, dan biaya

Engineering: Penggunaan prinsip-prinsip ilmiah untuk merancang dan membangun mesin, struktur, dan barang-barang lainnya, termasuk jembatan, terowongan, jalan, kendaraan, dan bangunan.

Engineering Practices: Serangkaian praktik yang digunakan seorang engineer dalam menyelesaikan pekerjaannya. Praktik ini meliputi:

Evaluation: Proses akan pengukuran efektifitas strategi yang digunakan dalam mencapai tujuan, data yang diperoleh

dari hasil pengukuran tersebut akan digunakan sebagai analisa situasi proram berikutnya.

Framework K12: Kerangka pendidikan yang disusun oleh National Research Council (Amerika) yang melibatkan tiga dimensi, antara lain: *crosscutting concepts, scientific & engineering practices, disciplinary core ideas*.

Hakikat IPA: Karakteristik IPA dengan dimensi cara berpikir, cara investigasi, bangunan ilmu dan kaitannya dengan teknologi dan masyarakat.

Inkuiri: Proses bertanya, menyelidiki dan mencari tahu jawaban terhadap pertanyaan ilmiah yang diajukan. Inkuiri merupakan suatu proses yang dinamik untuk mengembangkan kemampuan berpikir dan rasa ingin tahu peserta didik, sehingga dapat memahami lingkungan dan situasi lainnya. Inkuiri adalah suatu proses untuk memperoleh dan mendapatkan informasi dengan melakukan observasi atau eksperimen untuk mencari jawaban atau memecahkan masalah terhadap pertanyaan atau rumusan masalah dengan menggunakan kemampuan berpikir kritis dan logis.

IPA: Ilmu pengetahuan yang mempelajari tentang alam atau yang mempelajari peristiwa-peristiwa yang terjadi di alam

ITEA: The International Technology Education Association merupakan sebuah organisasi yang ditujukan untuk meningkatkan pendidikan dan rekayasa teknologi melalui penggunaan teknologi, inovasi, desain, dan pengalaman rekayasa di tingkat sekolah K-12. Organisasi ini mewakili lebih dari 35.000 pendidik teknologi di seluruh dunia dan memiliki anggota di lebih dari 45 negara, yang sebagian besar berada di Amerika Utara.

Kurikulum: Seperangkat rencana dan pengaturan mengenai tujuan, isi dan bahan pelajaran serta cara yang digunakan sebagai pedoman penyelenggaraan kegiatan

pembelajaran untuk mencapai tujuan pendidikan tertentu

Literasi: Kemampuan individu dalam mengolah informasi dan pengetahuan untuk kecakapan hidup

Literasi Sains: Kemampuan untuk menggunakan pengetahuan sains, mengidentifikasi pertanyaan, dan mengambil kesimpulan berdasarkan buktibukti ilmiah dalam rangka memahami serta membuat keputusan berkenaan dengan alam dan perubahannya akibat aktivitas manusia

Literasi Teknologi: Kemampuan dalam menggunakan dan memanfaatkan media baru seperti internet untuk mengakses, menyebarkan, dan mengomunikasikan informasi secara efektif.

LMS: *Learning management system* (LMS) merupakan perangkat lunak yang dirancang untuk membuat, mendistribusikan, dan mengatur penyampaian konten pembelajaran.

Metode Ilmiah: Suatu pendekatan sistematis dalam mencari ilmu pengetahuan atau menjawab pertanyaan penelitian yang terdiri dari beberapa langkah, yaitu dimulai dengan melakukan observasi terhadap suatu fenomena atau gejala, identifikasi dan formulasi masalah berdasarkan observasi tadi, menyusun hipotesis, melakukan penelitian untuk menguji hipotesis, dan menarik kesimpulan.

NAEP: The National Assessment of Educational Progress (NAEP) adalah penilaian berkelanjutan dan perwakilan nasional terbesar dari apa yang siswa AS ketahui dan dapat lakukan dalam berbagai mata pelajaran

NAS: The National Academy of Science adalah organisasi swasta nirlaba Amerika Serikat. NAS adalah bagian dari Akademi Sains, Teknik, dan Kedokteran Nasional,

bersama dengan Akademi Teknik Nasional (NAE) dan Akademi Kedokteran Nasional (NAM).

NGSS: The Next Generation Science Standards adalah upaya multi-negara bagian di Amerika Serikat untuk menciptakan standar pendidikan baru yang melibatkan disiplin sains dan engineering, disusun secara koheren lintas disiplin dan nilai untuk memberikan semua siswa pendidikan sains standar internasional.”

NRC: Cabang dari The National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine Amerika Serikat dan diawasi oleh dewan pengatur yang terdiri dari anggota dewan dari masing-masing dari tiga Akademi.

OECD: The Organisation for Economic Co-operation and Development merupakan organisasi ekonomi antar negara dengan 38 negara anggota, didirikan pada tahun 1961 untuk mendorong kemajuan ekonomi dan perdagangan dunia. Ini adalah forum negara-negara yang menggambarkan diri mereka sebagai berkomitmen untuk demokrasi dan ekonomi pasar, menyediakan platform untuk membandingkan pengalaman kebijakan, mencari jawaban atas masalah umum, mengidentifikasi praktik yang baik dan mengoordinasikan kebijakan domestik dan internasional para anggotanya.

PISA: The Program International Students Assessment merupakan studi di seluruh dunia oleh OECD di negara-negara anggota dan non-anggota yang dimaksudkan untuk mengevaluasi sistem pendidikan dengan mengukur kinerja skolastik siswa sekolah berusia 15 tahun tentang matematika, sains, dan membaca.

Scientific Practice: Serangkaian praktik ilmiah yang digunakan oleh sains dalam memecahkan fenomena alam.

STEM: Akronim dari sains, teknologi, enjineri dan matematika.

TIMSS: Trends in International Mathematics and Science Study adalah studi internasional tentang prestasi matematika dan sains siswa sekolah lanjutan tingkat pertama. Studi ini dikoordinasikan oleh IEA (The International Association for the Evaluation of Educational Achievement) yang berkedudukan di Amsterdam, Belanda.

Daftar Pustaka

- Afriana, J., Permanasari, A & Fitriani, A. (2016). Project Based Learning Integrated to STEM to Enhance Elementary School's Students Scientific Literacy. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, 5(2), 261-267.
- Albe, V & Gombert, M.J. (2012). Students' Communication, Argumentation and Knowledge in A Citizens' Conference on Global Warming. *Cultural Study of Science Education*, 7, 659-681
- American Association for the Advancement of Science (1990). *Science for all Americans*. New York: Oxford University Press.
- Boyle, T., Bradley, C., Chalk, P., Jones, R., & Pickard, P. (2003). Using blended learning to improve student success rates in learning to program. *Journal of Educational Media*, 28(2-3), 165-178.
- Bybee, R. W. 2010. Advancing STEM education: A 2020 vision. *Technology and Engineering Teacher*.70(1): 30-35.
- Bybee, R. W. 2013. *The case for STEM education: Challenges and opportunity*. Arlington, VI: National Science Teachers Association (NSTA) Press.
- Capraro, R., & Slough, S. (2013). *Why PBL? Why STEM? Why now? an Introduction to STEM Project-Based Learning*. In: Capraro R.M., Capraro M.M., Morgan J.R. (eds) *STEM Project-Based Learning*. Rotterdam: SensePublishers.
- Christenson, N., Rundgren, S. C & Hoglund, H. O. (2012). Using the SEE-SEP Model to Analyze Upper Secondary Students' Use of Supporting Reasons in Arguing Socioscientific Issues. *Journal Science Educational Technology*, 21, 342-352
- Dawson, V. & Carson, K. (2016). Using Climate Change Scenarios to Assess High School Students' Argumentation Skills. *Research in Science and Technological Education*, 1-16.

- Dohn, N. B. (2013). Situational Interest in *Engineering Design Activities*. *International Journal of Science Education*, 12, 37–41.
- Firman, H. 2015. Pendidikan Sains Berbasis STEM: Konsep, Pengembangan, dan Peranan Riset Pascasarjana. *Prosiding Seminar Nasional Pendidikan IPA dan PKLH*. Bogor: Program Pascasarjana UNPAK, Bogor.
- Garrison, D. R., & Kanuka, H. (2004). Blended learning: uncovering its transformative potential in higher education. *The Internet and Higher Education*, 7(2), 95–105.
- Graham, C. R. (2006). Blended learning systems: definition, current trends and future directions. In C. J. Bonk, & C. R. Graham (Eds.). In *Handbook of blended learning: Global perspectives, local designs*. San Francisco: Pfeiffer.
- Grooms, J., Sampson, V & Golden, B. (2014). Comparing the Effectiveness of Verification and Inquiry Laboratories in Supporting Undergraduate Science Students in Constructing Arguments Around Socioscientific Issues. *International Journal of Science Education*, 36(9), 1412–1433
- Han, S., Capraro, R., & Capraro, M. M. (2014). Differently: The Impact Of Student Factors. *International Journal of Science and Mathematics Education*.
- Hayforf, B., Blomstrom, S & DeBoer, B. (2014). STEM and Service-Learning: Does Service-Learning Increase STEM Literacy?. *International Journal of Research on Service-Learning and Community Engagement*. 2(1), 32-43
- Holbrook, J. (2010). Education through Science as a Motivational Innovation for Science Education for All. *Science Education International*, 21(2), 80-91.
- Holbrook, J. & Rannikmäe, M. (2009). The Meaning of Scientific Literacy. *International Journal of Environmental and Science Education*, 4, 3, 275-288.

- Ismail., Permanasari, A & Seiawan, W. (2016). Efektivitas Virtual Lab Berbasis STEM dalam Meningkatkan Literasi Sains Siswa dengan Perbedaan Gender. *Jurnal Inovasi Pendidikan IPA*, 2(2), 190-201
- ITEA (International Technology Education Association). (2000). *Standards for Technological Literacy: Content for The Study of Technology*. Reston, Virginia: ITEA
- Jho, H., Yoon, H.G. & Kim. K. (2014). The Relationship of Science Knowledge, Attitude and Decision Making on Socio-scientific Issues: The Case Study of Students' Debates on a Nuclear Power Plant in Korea. *Science and Education*, 23, 1131-1151.
- Lawson, A. E. (2010). Basic Inferences of Scientific Reasoning, Argumentation, and Discovery. *Science Education*, 94, 2, 336-364.
- Lim, D. H., & Morris, M. L. (2009). Learner and instructional factors influencing learning outcomes within a blended learning environment. *Educational Technology & Society*, 12(4), 282-293.
- Lou, S.-J., Tsai, H.-Y., Tseng, K.-H., & Shih, R.-C. (2014). Effects of Implementing STEM- I Project-Based Learning Activities for Female High School Students. *International Journal of Distance Education Technologies*, 12(1), 52-73.
- Marulcu, I. (2015). Teaching habitat and animal classification to fourth graders using an *engineering-design* mode. *Research in Science & Technological Education*. 37-41
- National Assessment of Educational Progress.2009. *NAEP Technology and Engineering Literacy Assessment*. Diakses di "<http://nces.ed.gov/nationsreportcard/techliteracy>". Tanggal 17 Oktober 2016
- National Academy of Science. 2012. *A Framework K-12 Science Education: Practice, Crosscutting Concepts, and Core Ideas*. Washington DC: The Natonal Academies Press.

- National STEM Education Center (2014). *STEM education network manual*. Bangkok: The Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology
- National Science Foundation. 2010. *Science and Engineering Indicators 2010*. Diakses di <http://www.nsf.gov/statistics/seind10/c/cs1.htm>. Tanggal 17 Oktober 2016
- OECD. (2016). *Program for International Student Assessment (PISA) Result from PISA 2015*. Paris: Organization for Economic Cooperation and Development (OECD).
- Ong, F. & McLean, J. 2014. *Innovate: a blueprint for science, technology, engineering, and mathematics in california public education*. California: Californians Dedicated to Education Foundation
- O'Toole, J. M., & Absalom, D. J. (2003). The impact of blended learning on student outcomes: is there room on the horse for two? *Journal of Educational Media*, 28(2-3), 179-190.
- Permanasari, A. (2016). STEM Education: Inovasi dalam Pembelajaran Sains. *Prosiding Seminar Nasional Pendidikan Sains*.
- Sadler, T. D. (2009). Socioscientific Issues in Science Education: Labels, Reasoning, and Transfer. *Cultural Studies of Science Education*, 4, 3, 697-703.
- Soobard, R. & Rannikmäe, M. (2011). Assessing Student's Level of Scientific Literacy Using Interdisciplinary Scenarios. *Science Education International*, 22, 2, 133-144.
- Stohlmann, M., Moore, T.J & Roehrig, G.H. (2012). Considerations for Teaching Integrated STEM Education. *Journal of Pre-College Engineering Education Research*. 2(1): 28-34
- Tanpa nama. 2011. K-12 stem education overview. Washington: Hannover Research

- Tam, M. (2000). Constructivism, instructional design, and technology: implications for transforming distance learning. *Educational Technology and Society*, 3(2), 50-60.
- Thomasian, J. 2011. *Building a Science, Technology, Engineering, and Math Education Agenda*. Washington DC: National Governors Association.
- 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
- Voos, R. (2003). Blended learning what is it and where might it take us? *Sloan-C View*, 2(1), 2-5.
- Wagner, T. P., McCormick, K., & Martinez, D. M. (2017). Fostering STEM literacy through a tabletop wind turbine environmental science laboratory activity. *Journal Environmental Study of Science*. 7(2), 230-238

Indeks

A

Argumen, 63
Argumentasi, 63

B

Blended Learning, 5, 6, 45, 46,
49, 51, 52, 53, 61, 63

C

Crosscutting Concepts, 19, 63,
71

D

Design, 37, 63, 64, 73
Development, 54, 59, 67, 72
Disciplinary Core Ideas, 25
Discovery, 64, 71

E

E-learning, 64
Engineer, 14, 16, 64
Engineering, 3, 11, 17, 19, 29,
35, 37, 64, 67, 69, 70, 71, 72,
73
Engineering XE "Engineering"
Design, 37, 64, 70
Engineering XE "Engineering"
Design XE "Design"
Process, 37, 64
Evaluation, 54, 60, 62, 64, 68

G

Guru, 53, 54, 58, 59, 60, 78, 79

H

Hakikat IPA, 7, 65

I

Inkuiri, 42, 65
Inovasi, 71, 72
Internet, 70
IPA, 1, 2, 3, 7, 8, 9, 10, 11, 27,
48, 49, 51, 54, 56, 65, 79

L

Literasi Sains, 54, 58, 66, 71
Literasi Sains XE "Literasi
Sains" dan Teknologi, 54, 58
Literasi Teknologi, 66

M

Matematika, 30
Metode Ilmiah, 66
Model, 22, 40, 49, 51, 52, 53,
54, 58, 61, 69

O

Orientation, 53, 58, 62

P

Pembelajaran IPA, 49
Pendekatan STEM, 4, 35
Pendidikan IPA, 2, 5, 7, 8, 9,
10, 11, 49, 69, 70, 71, 78, 79
Pendidikan STEM, 3, 4, 29, 32,
33, 35, 37
Penelitian, 4, 35
Pengetahuan, 7, 8, 10, 58, 59,
78

Pola, 5, 20
Proses, 8, 25, 36, 64, 65
Proyek, 35

S

Sains, 10, 16, 17, 18, 19, 29, 30,
35, 66, 70, 72
Saintis, 12, 13, 14, 15, 16, 22, 42
Scientific and Engineering
Practices, 12
scientific practices, 13
Sebab dan akibat, 20
Sintaks, 52, 53
Sistem, 22, 26

Siswa, 2, 9, 10, 13, 27, 50, 53,
54, 55, 58, 59, 71
Skala, 21
Stabilitas dan perubahan, 24
Standar Pendidikan IPA, 9, 10
STEM, 3, 4, 5, 6, 9, 30, 31, 32,
33, 34, 35, 36, 37, 38, 42, 43,
47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54,
58, 59, 61, 67, 69, 70, 71, 72,
73
STEM XE "STEM" PjBL, 36
Struktur dan fungsi, 23

T

Teknologi, 26, 29, 30, 58

Tentang Penulis

Bibin Rubini lahir di Bandung pada tanggal 09 Desember 1956, lulus S-1 di Program Studi Pendidikan Kimia di Universitas Pendidikan Indonesia (UPI) pada tahun 1985. Penulis meraih gelar Magister Pendidikan pada tahun 1993 di Prodi Pendidikan Ilmu Pengetahuan Alam Program Pascasarjana UPI. Pada tahun 2008 meraih gelar Doktor di Prodi Pendidikan IPA Sekolah Pascasarjana UPI. Sejak tahun 1985 menjadi dosen di FKIP Universitas Pakuan.

Karier Bibin Rubini dimulai sebagai sekretaris Jurusan Eksakta FKIP pada tahun 1985. Ketua jurusan Eksakta FKIP pada tahun 1986. Diangkat menjadi Pembantu Dekan 1 FKIP pada tahun 1988. Menjadi Dekan Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan masa bhakti 1993 s.d 1999, diangkat menjadi pembantu rektor III bidang kemahasiswaan pada tahun 2000 s.d 2004. Kemudian berpindah jabatan menjadi Pembantu Rektor I Bidang Akademik pada tahun 2004 s.d 2008. Diakhir masa jabatannya menjadi Pembantu Rektor I, Bibin Rubini mengikuti seleksi pemilihan rektor, kemudian terpilih dan dilantik pada tahun 2008. Jabatan yang berat ini diembannya dengan penuh tanggung jawab dan amanah sehingga dipercaya oleh Yayasan Pakuan Siliwangi hingga saat ini. Jabatan akademik sebagai Guru Besar diraih pada tahun 2019.

Indarini Dwi Pursitasari lahir di Tegal pada tanggal 04 September 1969, lulus S-1 di Prodi Pendidikan Kimia IKIP Negeri Yogyakarta pada tahun 1992 dengan predikat lulusan termuda dan terbaik. Pada tahun 1997 menyelesaikan Pendidikan S-2 di Jurusan Kimia Universitas Gadjah Mada. Gelar Doktor Pendidikan IPA diraih pada tahun 2012 di Sekolah Pascasarjana Universitas Pendidikan Indonesia. Tahun 1996. memulai kariernya sebagai dosen PNS di Prodi

Pendidikan Kimia Universitas Tadulako. Selama menjadi dosen di Universitas Tadulako dipercaya sebagai Pengelola Laboratorium Kimia Analitik dan Penjaminan Mutu FKIP.

Pada tahun 2015, Indarini Dwi Pursitasari pindah ke Universitas Pakuan. Tahun 2015 menjadi sebagai Sekretaris Prodi Pendidikan IPA, selanjutnya menjadi Wakil Dekan Bidang Akademik dan Kemahasiswaan (th. 2017-2020), dan sejak tahun 2020 menjadi Ketua Prodi Pendidikan IPA sampai saat ini. Jabatan akademik Guru Besar diraih pada tahun 2020. Berbagai hibah penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat telah diraih sejak menjadi dosen hingga sekarang.

Didit Ardianto lahir di Gresik pada tanggal 05 Februari 1989. Lulus pendidikan sarjana di Prodi Pendidikan IPA Universitas Negeri Surabaya pada tahun 2012 dengan predikat cumlaude. Pada tahun 2014 menyelesaikan pendidikan magister di Prodi Pendidikan IPA Sekolah Pascasarjana Universitas Pendidikan Indonesia. Gelar Doktor Pendidikan IPA diraih pada tahun 2020 di Sekolah Pascasarjana Universitas Pendidikan Indonesia. Pada tahun 2015, memulai karir sebagai dosen tetap di Prodi Pendidikan IPA Universitas Pakuan.

Selama menjadi dosen, pernah dipercaya sebagai kepala perpustakaan Sekolah Pascasarjana Universitas Pakuan dari tahun 2015-2019, dan pada tahun 2020 diberikan amanah untuk menjadi Koordinator Scientific Center Sekolah Pascasarjana Universitas Pakuan dari tahun 2020 sampai sekarang. Prestasi yang pernah diraih selama menjadi dosen adalah pemenang dosen berprestasi Universitas Pakuan, terpilih program Autumn School, EASE di Shizouka University-Japan. Berbagai hibah penelitian telah diraih sejak menjadi dosen hingga sekarang.