

Suyidno

Saiyidah Mahtari

Joko Siswanto

# ***AUTONOMY BASED STEM LEARNING***



JURUSAN PENDIDIKAN MIPA  
FKIP UNIVERSITAS LAMBUNG MANGKURAT  
BANJARMASIN 2021



# *Autonomy Based STEM Learning*

Suyidno

Saiyidah Mahtari

Joko Siswanto



**JURUSAN PENDIDIKAN MATEMATIKA DAN IPA  
FKIP UNIVERSITAS LAMBUNG MANGKURAT  
BANJARMASIN 2021**

# ***Autonomy Based STEM Learning***

**Edisi 1**

## **Tim Penyusun**

Dr. Suyidno, M.Pd.  
Saiyidah Mahtari, M.Pd.  
Dr. Joko Siswanto, M.Pd.

## **Editor**

Dr. Syahmani, M.Si

## **Desain Sampul**

Dr. Suyidno, M.Pd.

## **Diterbitkan oleh:**

Jurusan Pendidikan MIPA FKIP Universitas Lambung Mangkurat, 2021  
d/a Jl. Brigjend. H. Hasan Basry, Kayutangi, Banjarmasin, 70123  
Telp/Fax. 085821029982

## **Hak cipta dilindungi oleh Undang-undang**

Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh isi buku ini tanpa izin tertulis dari Penerbit, kecuali untuk kutipan singkat demi penelitian ilmiah atau resensi.

Halaman i-x + 92, Kertas B5 (176 x 250 mm)  
Cetakan Pertama, Nopember 2021

**ISBN: 978-623-97654-4-6**

# PRAKATA

Buku “***Autonomy Based STEM Learning***” merupakan salah satu bentuk kontribusi Penulis dalam meningkatkan mutu pendidikan di Indonesia, yaitu menyiapkan generasi masa depan yang menguasai kompetensi abad 21. Buku ini ditulis dengan bahasa sederhana dan lebih mengandalkan pengalaman Penulis dalam melaksanakan tridarma pendidikan tinggi, terutama tentang pembelajaran sains, pendekatan STEM, *autonomy learning*, kompetensi abad 21 dan industri 4.0.

Dalam buku ini, *Autonomy Based STEM Learning* yang dimaksud adalah bukanlah model pembelajaran; namun pendekatan pembelajaran *STEM* yang mempertimbangkan tingkat otonomi siswa dalam belajar kompetensi abad 21. Pendidik kreatif mampu memahami tingkat otonomi (bekal awal siswa) dalam *STEM Learning*. Jika tingkat otonomi siswa masih rendah (Otonomi I), pendidik dapat mengintegrasikan pendekatan *STEM* melalui pengajaran langsung untuk melatih informasi dasar atau prosedur *STEM* secara tahap demi tahap. Pada otonomi II; pendidik kreatif mengintegrasikan pendekatan *STEM* melalui pembelajaran inkuiri/penemuan terbimbing atau kooperatif untuk membimbing siswa bekerja dan belajar berdasarkan pengalaman langsung dan berusaha menginternalisasikan standar perilakunya sendiri. Selanjutnya pada Otonomi III; pendidik mengintegrasikan pendekatan *STEM* untuk mengembangkan berpikir *STEM* dalam membangun konsep maupun rekayasa produk untuk menyelesaikan masalah kehidupan nyata.

Pada kesempatan ini, Penulis mengucapkan puji syukur kepada Allah SWT yang telah memberikan petunjuk dan hidayah-Nya dalam menyelesaikan penulisan buku ini. Shalawat dan salam semoga tetap tercurah kepada Nabi Muhammad SAW sebagai panutan dalam berakhlakul karimah. Ucapan terima kasih juga kami sampaikan kepada Prof. Drs. H. Ahmad Suriansyah, M.Pd., Ph.D., Dr. Chairil Faif Pasani, M.Si., Dr. Suryajaya, M.Sc.Tech., Dr. Arif

Sholahuddin, M.Si., Dr. Darmono, M.Si., Dr. Syahmani, M.Si., Dr. Evendi, M.Pd., Dr. Hasan Subekti, M.Pd., Dr. Amiruddin Takda, M.Pd., Abdul Salam M, M.Pd., Drs. Zainuddin, M.Pd. Misbah, M.Pd., Subani, S.Pd, Afif Fatinur, SE., Elva Nuraini, SE., dan M. Irfan Arsyadi, para mahasiswa S2 Pendidikan IPA Pascasarjana ULM angkatan 2021, serta berbagai pihak yang tidak dapat kami sebutkan satu persatu.

Penulis telah berusaha menyempurnakan buku ini dengan baik. Namun, saran dan kritik dari para pembaca sangat diperlukan demi penyempurnaan buku ini di masa depan. Semoga buku ini mampu meningkatkan wawasan dan pengetahuan pendidik maupun calon pendidik dalam memahami *Autonomy Based STEM Learning*, serta merencanakan dan melaksanakan pembelajaran untuk menyiapkan generasi abad 21.

Banjarmasin, Nopember 2021

Penulis

## KATA PENGANTAR

***Autonomy Based STEM Learning*** termasuk buah karya pemikiran yang menarik dari Sdr. Suyidno dan kawan-kawan. Selama ini, sumber buku ilmiah dan artikel jurnal seringkali menyajikan pendekatan *STEM* yang diintegrasikan dalam pembelajaran berbasis masalah/proyek dan beberapa sumber referensi menggunakan inkuiri/penemuan terbimbing; tanpa memberikan penjelasan apa perbedaan keempat pembelajaran tersebut. Disinilah, **kelebihan pertama** buku ini. Penulis mampu menyajikan beberapa pertimbangan bagi Pembaca yang ingin mengintegrasikan pendekatan *STEM* dalam salah satu model tersebut. **Kelebihan kedua**, Penulis menambahkan integrasi *STEM* dalam pengajaran langsung dan inkuiri terstruktur yang belum pernah saya temukan di berbagai sumber referensi buku maupun jurnal. Pembekalan informasi dan prosedur dasar *STEM* melalui pengajaran langsung dan inkuiri terstruktur memerlukan kesiapan pembelajaran *STEM* berpusat pada siswa. **Kelebihan utama** buku ini adalah Penulis mampu membingkai integrasi pendekatan *STEM* dalam model-model pembelajaran inovatif secara menarik, sistematis, dan logis dalam bentuk buku *Autonomy Based STEM Learning*.

Buku ini memiliki landasan teoritik yang kokoh, karena ide penulisannya terinspirasi dari buku *Engaging Children in Science* (Howe & Jones, 1993) dan Pembelajaran Kreatif Berbasis Otonomi (Suyidno *et al.*, 2020),” yang mana dasar-dasar pembelajaran sains berbasis otonomi telah dituliskan dengan jelas pada buku tersebut. Selanjutnya; pada buku ini, Penulis menuangkan gagasan kreatifnya dalam buku *Autonomy Based STEM Learning* yang terbagi dalam tiga tingkatan otonomi. **Tingkat otonomi I** sebagai tingkatan terendah dalam klasifikasi, pendidik memadukan *STEM* melalui pengajaran langsung dan inkuiri terstruktur untuk melatih/membekali informasi dasar atau prosedur dasar *STEM* secara tahap demi tahap. **Tingkat otonomi II**, ketika siswa dirasa cukup menguasai informasi dan prosedur *STEM* dengan baik; pendidik dapat memadukan pendekatan *STEM* melalui inkuiri/penemuan terbimbing maupun

pembelajaran kooperatif. Siswa belajar berdasarkan pengalaman langsung dan menginternalisasikan standar perilaku sendiri. Tingkatan tertinggi adalah **Otonomi III** sebagai realisasi pandangan pembelajaran konstruktivisme. Pendidik memadukan *STEM* melalui pembelajaran berbasis masalah, *creative responsibility based learning*, pembelajaran berbasis proyek. Pada otonomi ini, siswa difasilitasi sebagai pembelajar yang kreatif, inovatif, dan otonom dalam rekayasa produk untuk memecahkan masalah kehidupan nyata. Semoga, *Autonomy Based STEM Learning* ini mampu menginspirasi pendidik maupun calon pendidik dalam melaksanakan pembelajaran inovatif untuk mencetak lulusan yang kreatif, inovatif, dan mandiri di era industri 4.0. Aamiin

Banjarmasin, Nopember 2021

Editor

Dr. Syahmani, M.Si.

NIP. 19680123 199301 1 002



# DAFTAR ISI

<b>SAMPUL</b> .....	i
<b>PRAKATA</b> .....	v
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	vii
<b>DAFTAR ISI</b> .....	ix
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xi
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xii
<b>BAB 1 <i>STEM Learning</i> di Sekolah: Hambatan dan Peluang</b> ....	1
A. <i>STEM Learning</i> di Sekolah .....	2
1. Pengertian <i>STEM</i> .....	2
2. Literasi <i>STEM</i> .....	4
3. Dimensi <i>STEM</i> .....	22
4. Pendekatan <i>STEM</i> .....	25
B. Hambatan Pembelajaran <i>STEM</i> di Sekolah .....	27
C. Tujuan dan Manfaat Pembelajaran <i>STEM</i> .....	30
D. Rekomendasi Pembelajaran <i>STEM</i> di Sekolah .....	32
<b>BAB 2 <i>Autonomy Based STEM Learning</i>: Pendekatan Pembelajaran Abad 21</b> .....	37
A. Konsep <i>Autonomy Based STEM Learning</i> .....	38
B. Tujuan Pembelajaran .....	39
C. Perencanaan Pembelajaran .....	40
1. Pertimbangan dalam Mengajar .....	40
2. Merencanakan Pembelajaran .....	43
D. Pelaksanaan Pembelajaran .....	46
<b>BAB 3 <i>Autonomy Based STEM Learning</i>: Tingkat Otonomi I</b> ..	49
A. Pengajaran Langsung Dipadu <i>STEM</i> .....	50
1. Pengertian Pengajaran Langsung Dipadu <i>STEM</i> .....	50
2. Tujuan Hasil Belajar Siswa .....	51
3. Perencanaan dan Pelaksanaan Pengajaran.....	52
4. Lingkungan Belajar .....	56
B. Pengajaran Inkuiri Terstruktur Dipadu <i>STEM</i> .....	57
1. Pengertian Pengajaran Inkuiri Terstruktur Dipadu <i>STEM</i> .....	57
2. Tujuan Hasil Belajar Siswa .....	58
3. Perencanaan dan Pelaksanaan Pengajaran .....	59
4. Lingkungan Belajar .....	59

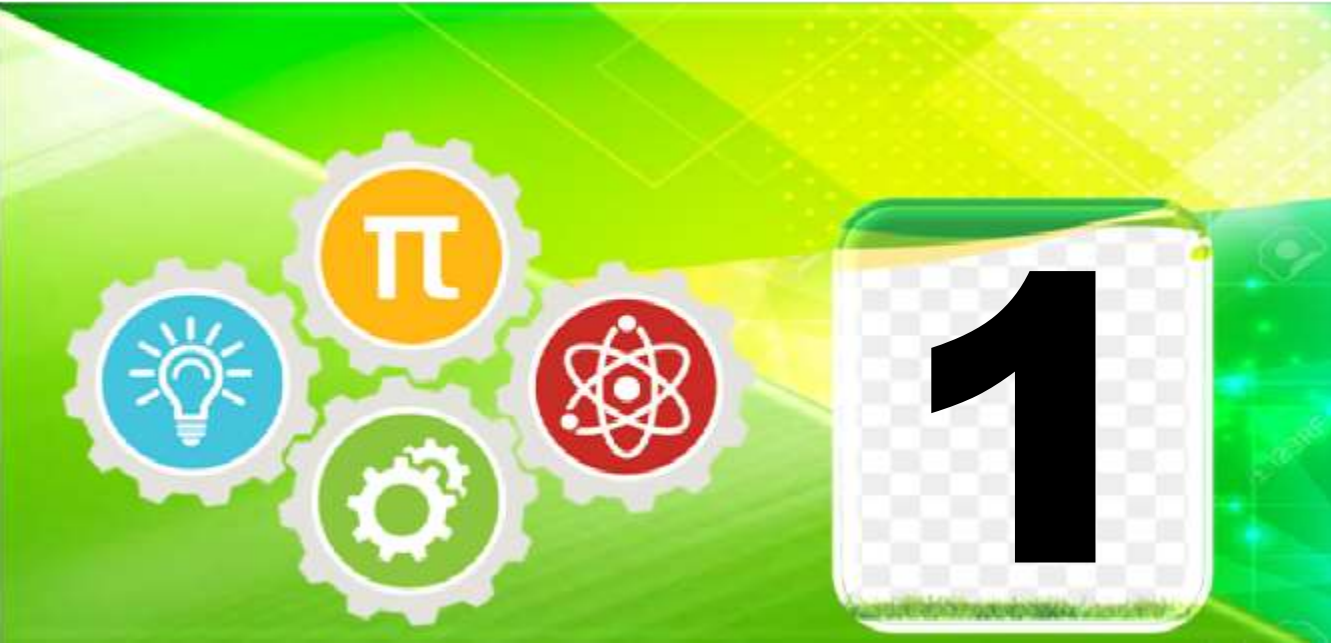
<b>BAB 4 <i>Autonomy Based STEM Learning: Tingkat Otonomi II.</i></b>	61
A. Pembelajaran Inkuiri Terbimbing Dipadu <i>STEM</i> .....	62
1. Pengertian Pembelajaran Inkuiri Terbimbing Dipadu <i>STEM</i> .	62
2. Tujuan Hasil Belajar Siswa .....	63
3. Perencanaan dan Pelaksanaan Pembelajaran .....	63
B. Pembelajaran Penemuan Terbimbing Dipadu <i>STEM</i> .....	64
4. Pengertian Pembelajaran Penemuan Terbimbing Dipadu <i>STEM</i> .....	64
5. Tujuan Hasil Belajar Siswa .....	66
6. Perencanaan dan Pelaksanaan Pembelajaran .....	67
C. Pembelajaran Kooperatif Dipadu <i>STEM</i> .....	68
1. Pengertian Pembelajaran Kooperatif Dipadu <i>STEM</i> .....	68
2. Tujuan Hasil Belajar Siswa .....	68
3. Perencanaan dan Pelaksanaan Pembelajaran .....	68
4. Lingkungan Belajar .....	70
<b>BAB 5 <i>Autonomy Based STEM Learning: Tingkat Otonomi III</i></b>	71
A. Pembelajaran Berbasis Masalah Dipadu <i>STEM</i> .....	72
1. Pengertian Pembelajaran Berbasis Masalah Dipadu <i>STEM</i>	72
2. Tujuan Hasil Belajar Siswa .....	74
3. Perencanaan dan Pelaksanaan Pembelajaran .....	75
4. Lingkungan Belajar .....	75
B. <i>Creative Responsibility Based Learning</i> Dipadu <i>STEM</i> .....	76
1. Pengertian <i>Creative Responsibility Based Learning</i> Dipadu <i>STEM</i> .....	76
2. Tujuan Hasil Belajar Siswa .....	77
3. Perencanaan dan Pelaksanaan Pembelajaran .....	77
4. Lingkungan Belajar .....	81
C. Pembelajaran Berbasis Proyek Dipadu <i>STEM</i> .....	82
1. Pengertian Pembelajaran Proyek Dipadu <i>STEM</i> .....	82
2. Tujuan Hasil Belajar Siswa .....	83
3. Perencanaan dan Pelaksanaan Pembelajaran .....	83
4. Lingkungan Belajar .....	84
<b>GLOSARIUM</b> .....	85
<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	88
<b>BIODATA PENULIS</b> .....	92

# DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1.1 Standar konten dan kurikulum <i>STEM</i> .....	2
1.2 Keterkaitan empat disiplin ilmu <i>STEM</i> .....	3
1.3 Produk sains .....	5
1.4 Indikator sikap sosial .....	11
1.5 Kompetensi literasi sains PISA 2015 .....	13
1.6 Langkah proses desain enjiniring .....	20
1.7 Tahapan pemecahan masalah sains .....	21
1.8 Tujuan dan manfaat pembelajaran <i>STEM</i> .....	31
2.1 Keterampilan abad 21 .....	39
2.2 Klasifikasi tingkatan otonomi <i>STEM</i> siswa.....	41
2.3 Format <i>crosscutting concept</i> .....	44
2.4 Alternatif tugas-tugas <i>STEM</i> beserta logistiknya .....	45
2.5 Pembelajaran kreatif berbasis otonomi .....	46
3.1 Sintaks pengajaran langsung dipadu <i>STEM</i> .....	53
3.2 Sintak pengajaran inkuiri terstruktur dipadu <i>STEM</i> .....	59
4.1 Sintaks pembelajaran inkuiri terbimbing dipadu <i>STEM</i> .....	64
4.2 Sintaks pembelajaran penemuan terbimbing dipadu <i>STEM</i> .....	67
4.3 Sintaks pembelajaran kooperatif dipadu <i>STEM</i> .....	69
5.1 Sintaks pembelajaran berbasis masalah dipadu <i>STEM</i> .....	75
5.2 Sintaks <i>CRBL</i> dipadu <i>STEM</i> .....	77
5.3 Variasi kegunaan ilmiah sebuah lampu .....	78
5.4 Sintaks pembelajaran berbasis proyek dipadu <i>STEM</i> , .....	83

## DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1.1 Hakikat belajar sains .....	5
1.2 Metode ilmiah .....	8
1.3 Kerangka literasi sains PISA 2015 .....	13
1.4 Pendekatan silo .....	25
1.5 Pendekatan embedded .....	26
1.6 Pendekatan terpadu .....	27
1.7 Model kerangka kerja untuk meningkatkan hasil <i>STEM</i> di sekolah .	32
2.1 Tujuan <i>Autonomy Based STEM Learning</i> .....	39



# ***STEM LEARNING* DI SEKOLAH: HAMBATAN DAN PELUANG**

Di era industri 4.0 ini; aktivitas kehidupan kita tidak lagi dapat dipisahkan dari produk sains dan teknologi. Kita siap atau tidak siap, mau atau tidak mau, sains dan teknologi telah menjadi bagian kehidupan sehari-hari. Oleh karena itu, dunia pendidikan perlu melakukan perubahan mendasar agar literasi *STEM* menjadi budaya pada sekolah dasar hingga pendidikan tinggi. *STEM Learning* menjadi faktor kunci membangun perekonomian dan peradapan bangsa (Calis, 2020). Oleh karena itu, *STEM Learning* (pembelajaran *STEM*) diyakini menjadi gerakan reformasi terbesar dalam dunia pendidikan selama decade terakhir (Daugherty, 2013). Melalui *STEM Learning*, siswa merasakan pengalaman langsung dalam belajar dan bekerja layaknya ilmuwan dan insinyur dalam mencari dan menemukan masalah, bereksperimen sains, memecahkan masalah, dan mencipta produk teknologi yang bermanfaat.

## A. *STEM Learning* di Sekolah

*STEM Learning* diyakini mampu menyiapkan siswa untuk sukses di masa depannya. Pembelajaran ini dapat memberikan seperangkat pengetahuan dan keterampilan yang mengatur cara individu berpikir dan berperilaku dalam menyelesaikan tantangan yang dihadapi di dunia saat ini. *STEM Learning* mampu menumbuhkan keterampilan abad 21 (berpikir kritis, kreatif, kolaboratif, komunikatif) di samping disiplin ilmu dasarnya; sehingga memotivasi dan menginspirasi siswa untuk mencipta teknologi dan ide baru. Oleh karena itu, *STEM Learning* menjadi trend dunia pendidikan terkini untuk membekali kompetensi abad 21 siswa secara efektif dan efisien (Mu'minah *et al.*, 2019).

### 1. Pengertian *STEM*

*STEM* adalah suatu pendekatan pembelajaran yang mengintegrasikan empat disiplin ilmu sains, teknologi, enjiniring (teknik), dan matematika untuk menyelesaikan masalah kehidupan nyata (Hasanah 2020; Stohlmann *et al.*, 2012; Thibault *et al.*, 2019). Standar konten penting yang dapat dipelajari dalam bidang kajian *STEM* disajikan pada Tabel 1.1.

**Tabel 1.1** Standar konten dalam kurikulum *STEM*

Sains	Biologi, kimia, fisika, sains, bumi antariksa
Teknologi	Teknologi sebagai alat, teknologi sebagai ide, maupun teknologi sebagai produk ilmu pengetahuan. Misalnya: komputer, peralatan praktikum, media pembelajaran, internet, dan lain-lain.
Enjiniring	Model, desain, pemecahan masalah, mengkomunikasikan ide, perencanaan, atau implementasi. Misalnya: teknik komputer, listrik, kimia, mesin, sipil, dan lain-lain.
Matematika	Bilangan, pemecahan masalah, geometri, pengukuran, representasi ide matematika dengan menggunakan benda, kata-kata atau simbol.

(Hasanah, 2020; Mc Laughlin *et al.*, 2020)

Berdasarkan Tabel 1.1; **sains** adalah kajian tentang fenomena alam yang melibatkan observasi dan pengukuran, sebagai wahana untuk menjelaskan secara obyektif alam yang selalu berubah. Bidang kajian utama sains pada jenjang pendidikan dasar dan menengah, yakni fisika, biologi, kimia, serta ilmu pengetahuan bumi dan antariksa. **Teknologi** merupakan hasil inovasi-inovasi

manusia yang digunakan untuk memodifikasi alam agar memenuhi kebutuhan dan keinginan manusia, sehingga membuat kehidupannya lebih baik dan lebih aman. Teknologi membuat manusia dapat melakukan perjalanan secara cepat dan mudah, berkomunikasi langsung dengan orang lain yang terpisah ruang dan waktu, mendapatkan makanan yang sehat, alat-alat keselamatan, dan lain-lain. **Enjiniring** (teknik) adalah seperangkat pengetahuan dan keterampilan untuk memperoleh dan mengaplikasikan pengetahuan ilmiah, ekonomi, sosial, serta desain praktis untuk mendesain/mengkonstruksi mesin, peralatan, sistem, material, dan proses-proses yang bermanfaat bagi kehidupan manusia secara ekonomis dan ramah lingkungan. **Matematika** merupakan ilmu tentang pola-pola dan hubungan-hubungan, dan menyediakan bahasa bagi teknologi, sains, maupun enjiniring.

*STEM Learning* di sekolah bukan hanya sekedar belajar kumpulan konsep-konsep sains, teknologi, enjiniring, dan matematika semata, namun siswa harus mampu menerapkannya dalam menyelesaikan masalah kehidupan nyata. Hal ini sejalan dengan pandangan John Dewey (Arends, 2012); sekolah seharusnya mencerminkan kehidupan masyarakat yang lebih besar dan kelas sebagai laboratorium pemecahan masalah kehidupan nyata. Siswa dilibatkan aktif dalam inkuiri, diskusi ilmiah, tugas proyek, atau tugas-tugas kreatif untuk menyelesaikan masalah. McLaughlin *et al.* (2020) menjelaskan keterkaitan keempat disiplin ilmu *STEM* dapat dilihat pada Tabel 1.2.

**Tabel 1.2** Keterkaitan empat disiplin ilmu *STEM*

Sains	Literasi sains: kemampuan menerapkan pengetahuan sains dalam memahami fenomena alam dan berpartisipasi dalam mengambil keputusan yang tepat.
Tehnologi	Literasi teknologi: pengetahuan bagaimana menggunakan teknologi baru dan kemampuan untuk menganalisis bagaimana teknologi baru mempengaruhi individu, masyarakat, bangsa dan dunia.
Enjiniring	Literasi desain: pemahaman bagaimana melakukan proses rekayasa atau desain menggunakan tema/topik dengan mengintegrasikan dari beberapa mata pelajaran untuk menghasilkan teknologi.
Matematika	Literasi matematika: kemampuan menganalisis suatu alasan dan mengkomunikasikan ide-ide secara efektif dan dari cara bersikap, merumuskan, dan menafsirkan solusi untuk masalah matematika dalam menerapkannya dalam berbagai situasi berbeda.

Setiap komponen *STEM* memberi kontribusi berharga bagi pendidikan yang menyeluruh (Kennedy & Odell, 2014). Sains memberikan pemahaman mendalam mengenai dunia sekitar sehingga siswa bisa menjaga, melestarikan, dan memanfaatkannya untuk kebaikan. Teknologi mempersiapkan siswa untuk bekerja di lingkungan yang penuh dengan inovasi teknologi tinggi. Teknik memungkinkan siswa untuk meningkatkan keterampilan memecahkan masalah dan menerapkan pengetahuan dalam proyek baru. Selain itu, matematika memungkinkan siswa menganalisis informasi, menghilangkan kesalahan, dan membuat keputusan yang tepat ketika merancang solusi. Dengan demikian; *STEM Learning* diyakini mampu mempersiapkan para profesional yang dapat mengubah masyarakat dengan inovasi dan solusi secara berkelanjutan.

## **2. Literasi *STEM***

Dewasa ini; literasi *STEM* diyakini menjadi salah tujuan utama pendidikan di era industri 4.0. Literasi sendiri dimaknai sebagai kemampuan individu dalam mengolah informasi dan pengetahuan untuk kecakapan hidupnya (KBBI, 2016). Namun, makna literasi sebenarnya memiliki pemahaman lebih kompleks dan dinamis, tidak hanya dipahami sebagai kemampuan membaca dan menulis. Untuk memahami literasi *STEM*; kita akan mengkaji berdasar masing-masing bidang kajian *STEM*, yaitu literasi sains, teknologi, enjiniring, dan matematika.

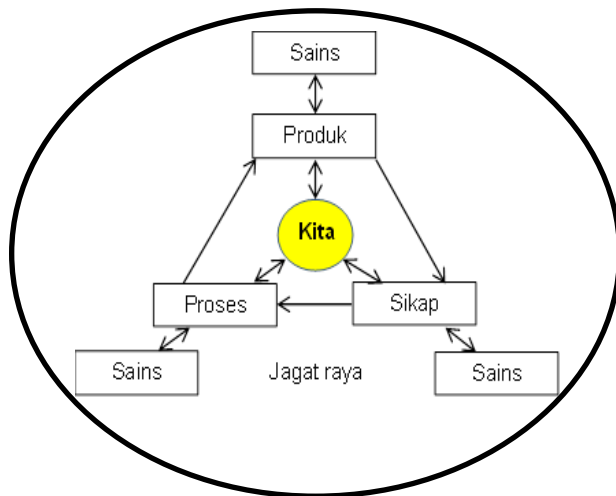
### **a. Literasi Sains**

Sains termasuk ilmu yang disusun berdasarkan hasil pengamatan atau eksperimen, dan penalaran matematis untuk menjelaskan fenomena alam (Serway & Jeweet, 2014). Aktivitas di alam semesta beserta isinya terikat dengan hukum-hukum Allah, tidak berubah dan selalu dipatuhi alam semesta. Sebagai khalifah di muka bumi, kita didorong mempelajari dan menemukan hukum-hukum Allah tersebut. Kita didorong untuk memaksimalkan panca indera dan hati nurani untuk menguasai ilmu agama dan sains. Belajar ilmu sains diperlukan untuk menunjang kehidupan di dunia, sedangkan belajar ilmu agama sebagai penunjang kehidupan di akhirat. Dengan mempelajari sains



atau hukum-hukum Allah SWT yang berlaku di alam semesta ini, kita semakin memahami kebesaran dan keagungan-Nya dalam penciptaan alam semesta beserta isinya, mulai dari benda-benda mikroskopik (benda berukuran sangat kecil seperti atom, virus, dan lain-lain) hingga benda-benda makroskopik (berukuran sangat besar seperti bumi, matahari, galaksi, dan lain-lain. Setelah memahami betapa agungnya ciptaan Allah SWT, pantaskah kita masih menyombongkan diri, tidak mau bersujud, dan selalu berbuat kerusakan?

Ketika mengajarkan sains, kita perlu mengintegrasikan ketiga hakikat sains pada Gambar 1.1.



**Gambar 1.1** Hakikat belajar sains

### 1) Sains sebagai Produk

Kita mengajar sains pada hakikatnya kita sedang mentransfer **produk-produk sains** pada siswa (Gambar 1.1). Siswa belajar memahami konsep-konsep, prinsip-prinsip, teori-teori, hukum-hukum, persamaan, dan aplikasi sains dalam teknologi maupun pemecahan masalah. Produk sains dapat dilihat pada Tabel 1.3.

**Tabel 1.3** Produk sains

No	Aspek	Penjelasan dan Contohnya
1	Fakta/ Fenomena	<ul style="list-style-type: none"> <li>Keadaan atau kenyataan yang sesungguhnya dari segala peristiwa yang terjadi di alam</li> <li>Hasil observasi, maka fakta-fakta merepresentasikan apa yang dapat dilihat. Dua buah kriteria untuk mengidentifikasi sebuah fakta: (1) dapat diamati secara langsung, dan (2) dapat didemonstrasikan kapan saja. Catatan: dua kriteria di atas tidak selalu berlaku karena ada informasi faktual yang hanya terjadi sekali dalam jangka waktu yang sangat lama.</li> </ul>

Lanjutan Tabel 1.3.

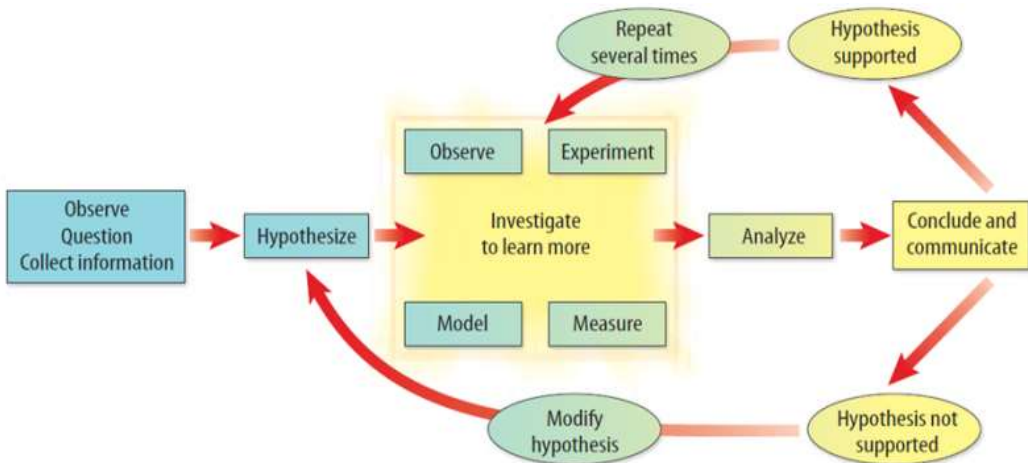
No	Aspek	Penjelasan dan Contohnya
1	Fakta/ Fenomena	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Fakta-fakta merupakan dasar dari konsep-konsep, prinsip-prinsip, dan teori-teori.</li> <li>▪ Contoh: Karet bersifat elastis, matahari sumber cahaya, mengangkat benda dalam air lebih ringan daripada di udara, dan lain-lain</li> </ul>
2	Konsep  Variabel/ Besaran	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Konsep IPA adalah suatu definisi yang mengandung pengertian singkat dari fenomena atau abstraksi dari fenomena. Contoh: konsep fluida, mekanika, suhu, massa, massa jenis, dan lain-lain.</li> <li>▪ Variabel (besaran) adalah konsep yang mempunyai variasi nilai. Dalam IPA, besaran atau variabel harus dapat diukur baik secara langsung maupun secara tidak langsung. Contoh: Besaran panjang, massa, kecepatan, massa jenis, dan lain-lain.</li> </ul>
3	Teori	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Teori adalah seperangkat pengertian (konsepsi) definisi dan proposisi yang saling berkaitan yang menyajikan suatu pandangan yang sistematis dari berbagai fenomena dengan mengungkapkan adanya hubungan yang spesifik antar variabel untuk menjelaskan dan meramalkan fenomena-fenomena tersebut.</li> <li>▪ Teori bersifat tentatif, dapat berubah jika ada bukti-bukti baru yang berlawanan dengan teori sebelumnya.</li> <li>▪ Contoh: teori geosentris, teori gas ideal, teori kinetik gas, dan lain-lain.</li> </ul>
4	Prinsip/Asas dan Hukum	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Prinsip/asas adalah hukum yang menjadi dasar hukum-hukum IPA lainnya. Contoh: asas Black menjadi hukum dasar dalam suhu dan kalor, prinsip Archimedes menjadi hukum dasar dalam fluida</li> <li>▪ Hukum adalah penjelasan hubungan sebab akibat suatu fenomena IPA yang kebenarannya telah teruji secara empirik dan rasional (memenuhi kebenaran ilmiah). Contoh: Hukum Newton, hukum Kepler, hukum Ohm, hukum Mendell.</li> <li>▪ Perlu dipahami bahwa hukum dan prinsip IPA tidaklah mengatur kejadian alam (fakta), melainkan kejadian alam yang dijelaskan keberadaannya oleh prinsip dan atau hukum-hukum IPA.</li> </ul>
5	Rumus/ persamaan	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Pernyataan matematis dari fakta, konsep, prinsip, hukum, dan teori. Rumusan menunjukkan saling keterkaitan antara variabel-variabel.</li> <li>▪ Pada umumnya prinsip dan hukum dapat dinyatakan matematisnya.</li> </ul>

Lanjutan Tabel 1.3.

No	Aspek	Penjelasan dan Contohnya
6	Model	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Presentasi dibuat untuk sesuatu yang tidak dapat dilihat.</li> <li>▪ Model sangat berguna untuk membantu memahami suatu fenomena alam, dan membantu memahami suatu teori. Contoh: model atom, medan magnet, medan listrik, model pernapasan manusia, dan lain-lain</li> <li>▪ Dalam penyelesaian masalah, biasanya dibuat model penyelesaian masalah untuk mempermudah alur penyelesaian masalah. Contoh: gambar resultan gaya, gaya pada benda terapung, dan lain-lain.</li> </ul>
7	Prosedural	<p>Informasi langkah-langkah penyelidikan (pengamatan/ percobaan) untuk menemukan/membuktikan informasi, atau langkah-langkah dalam menyelesaikan masalah, atau langkah-langkah menggunakan alat/media.</p> <p>Contoh:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Langkah-langkah pengamatan es mencair</li> <li>▪ Langkah-langkah percobaan tekanan hidrostatik</li> <li>▪ Langkah-langkah menyelesaikan masalah secara matematis</li> <li>▪ Langkah-langkah menggunakan jangka sorong</li> </ul>
8	Metakognisi	<p>Pengetahuan tentang belajar bagaimana belajar</p> <p>Contoh: pengetahuan tentang melakukan inkuiri, menggunakan peralatan dan bahan, dan lain-lain.</p>

## 2) Sains sebagai Proses

Agar belajar sains lebih bermakna dan menyenangkan, siswa tidak hanya dilibatkan untuk mencapai hasil, melainkan juga belajar bagaimana belajar. Dalam hal ini; siswa dilibatkan langsung dalam proses menggunakan metode ilmiah atau keterampilan proses untuk menemukan produk sains. Keterampilan proses sebagai pengenalan proses berpikir saintifik dan sistematis dalam menyelesaikan masalah. Keterampilan ini hanya bisa ditingkatkan dengan menambah pengalaman langsung siswa dari waktu ke waktu dan belajar menghubungkan pelajaran dengan kehidupan sehari-hari beserta metode dan prosesnya. Beberapa keterampilan proses yang sering digunakan dalam pembelajaran IPA diantaranya berpikir, mengamati, memprediksi, menyelidiki, meneliti, membuat model, mengukur, menganalisis, dan menarik simpulan. Ezrailson *et al.* (2008) menjelaskan tahapan metode ilmiah pada Gambar 1.2.



**Gambar 1.2** Metode ilmiah

Gambar 1.2 memperlihatkan tahapan metode ilmiah. Ezrailson *et al.* (2008) menjelaskan sebagian besar kegiatan inkuiri (penyelidikan) dimulai dari mengamati sesuatu dan kemudian mengajukan pertanyaan tentang masalah yang ditemukan. Selanjutnya, siswa dilibatkan dalam berdiskusi atau mengkaji berbagai sumber informasi yang relevan, kemudian mereka mengajukan hipotesis. Hipotesis adalah kemungkinan jawaban yang masuk akal dan terdidik berdasarkan apa yang diketahui dan apa yang diamati. Untuk menguji hipotesis, siswa kita libatkan dalam investigasi ilmiah. Investigasi bisa melalui pengamatan, percobaan/eksperimen, pengukuran, atau model. Setelah data-data diperoleh, siswa menganalisis data dan menarik simpulan, kemudian mengomunikasikannya kepada orang lain. Dengan demikian, penguasaan metode ilmiah mempermudah siswa dalam melaksanakan investigasi ilmiah, menyelesaikan tugas-tugas *STEM*, maupun memperbaiki peran tanggung jawabnya sendiri dalam belajar.

### 3) Sains sebagai Sikap

Perkembangan sains dan teknologi di satu satu mempermudah aktivitas di berbagai bidang kehidupan manusia, namun disisi lainnya adalah berdampak pada kompleks dan beragamnya permasalahan manusia, diantaranya adalah masalah akhlak. Oleh karena itu, kita sebagai pendidik sains; jangan hanya kita membelajarkan pengetahuan dan keterampilan sains saja; namun marilah kita tanamkan akhlaq terpuji atau dibiasakan bersikap ilmiah. Sikap ilmiah termasuk

karakter utama yang harus dimiliki oleh siswa layaknya ilmuwan dalam mencari dan menemukan pengetahuan. Sikap ilmiah seperti jujur, obyektif, tanggung jawab, berpikir terbuka, rasa ingin tahu, pantang menyerah, dan lain-lain.

Dalam **Kurikulum 2013**, sikap ilmiah ditekankan pada sikap spiritual dan sosial. Berbeda dengan pengetahuan sains, pembelajaran sikap ini bukanlah hafalan suatu materi pelajaran, namun berupa keteladanan dan pembiasaan dalam berperilaku religius dan sosial. Oleh karena itu, pembelajaran sikap perlu kita integrasikan pada setiap bidang mata pelajaran, setiap kegiatan kokurikuler dan ekstrakurikuler di kelas/sekolah, maupun kegiatan siswa di masyarakat.

**Sikap spiritual** berhubungan dengan nilai-nilai keimanan dan ketaqwaan kepada Allah SWT. Kita mungkin merasa “**Sudah biasa**” menjumpai ahli-ahli spiritual di sekolah-sekolah agama, pondok pesantren, tempat peribadatan, dan lain-lain. Namun, **sangat luar biasa** jika bisa kita jumpai ahli spiritual pada lembaga pendidikan, pemerintahan, perusahaan, lembaga riset, kedokteran, media dan teknologi, lembaga ekonomi, dunia politik/hukum, dan lain-lainnya.” Oleh karena itu, pendidik kreatif harus memahami bahwa pembelajaran sikap spiritual siswa bukanlah hanya tanggung guru agama, PkN, maupun bahasa. Namun, semua pendidik, warga sekolah, masyarakat, maupun pemerintah ikut bertanggung jawab dalam pembinaan sikap spiritual siswa. Dewasa ini, sikap spiritual atau **kecerdasan spiritual (SQ)** diyakini menjadi penentu utama keberhasilan dan kesuksesan hidup seseorang di dunia maupun akhirat. Sikap spiritual ini menjadi motivasi penggerak luar biasa bagi siswa untuk berusaha belajar yang terbaik dalam rangka mengharap keridhoan Allah SWT. Kita bisa menanamkan sikap spiritual siswa dalam pembelajaran kreatif dengan cara:

- Keteladanan dalam bersikap spiritual di kelas maupun di luar kelas.
- Membiasakan berdoa sebelum dan sesudah beraktivitas termasuk belajar, taat beribadah, bersyukur atas setiap karunia dan nikmat-Nya (termasuk setelah belajar), meyakini kebesaran dan keagungan-Nya, saling bertoleransi dalam beribadah, serta mengucapkan salam ketika bertemu.
- Mengaitkan materi yang dipelajari dengan Asmaul Husna “Nama-Nama Allah SWT”. Misalnya: Ketika kita mengajar materi reproduksi manusia, bisa

kita sampaikan bahwa semua alat reproduksi yang dimiliki manusia adalah **Ciptaan Allah, Wajib Kita Syukuri**. Tidak ada satu pun makhluk di dunia ini bisa menciptakan anggota tubuh yang tergolong alat reproduksi, dan yakin akan **ke-Maha Besar-an Allah** atas segala ciptaannya. Pada materi atom, kita sampaikan bahwa arah perputaran benda-benda terkecil seperti gerak elektron mengelilingi inti atom adalah berlawanan dengan arah jarum jam. Begitu juga dengan gerak tohaf manusia mengelilingi ka'bah, gerak benda-benda yang sangat besar seperti gerak rotasi bumi, gerak matahari, maupun gerak jagat raya. Gerak ini bukan terjadi secara kebetulan, pasti ada kekuatan maha dahsyat yang menggerakannya secara teratur sesuai lintasan masing-masing, dialah Allah Sang Pencipta Alam semesta.

- Mengaitkan materi yang dipelajari dengan nilai-nilai spiritual dalam Hadist, al-qur'an, atau kitab suci lainnya. Misalnya: ketika kita mengajarkan **Rasi Bintang**, bisa kita kaitkan dengan QS AL-Hijr (16) "*Dan sesungguhnya kami telah mencipta gugusan bintang-bintang (di langit) dan kami telah menghiasi langit itu bagi orang-orang yang memandangnya*" dan QS An-Nahl (12) "... Dan bintang-bintang itu ditundukkan (untukmu) dengan perintah-Nya." Ketika mengajarkan materi **Fisika Fluida**, kita bisa mengaitkan dengan QS Al-Baqarah (164) "*Sesungguhnya pada penciptaan langit dan bumi, silih bergantinya malam dan siang, bahtera yang berlayar di laut membawa apa yang berguna bagi manusia, dan apa yang Allah turunkan dari langit berupa air, lalu dengan air itu Dia hidupan bumi sesudah mati (kering)-nya dan Dia sebarkan di bumi itu segala jenis hewan, dan pengisaran angin dan awan yang dikendalikan antara langit dan bumi; sungguh (ada) tanda-tanda (keesaan dan kebesaran Allah) bagi kaum yang berakal (memikirkan)*".
- Memaknai materi yang diajarkan dengan nilai-nilai spiritual. Misalnya: Setelah menyajikan materi hambatan kawat, yaitu  $R = \rho L/A$  atau besar kecil hambatan kawat dipengaruhi luas penampang. Kita maknai, setiap manusia pasti mengalami hambatan/tantangan dalam hidupnya. Jika ingin hambatan hidupnya kecil; manusia harus berjiwa besar seperti sabar, jujur, adil, pemaaf, tidak pelit, sikap terpuji, dan lain-lainnya. Pada materi tekanan

bahwa tekanan (P) merupakan gaya (F) di setiap satuan luas (A).  $P = F/A$ . Kita maknai: jika 'hati kita lapang' niscaya akan berbanding terbalik, tekanan hidup mengecil. Sebaliknya, jika hati sempit. Pada materi fisika kuantum: quantum Learning adalah "interaksi mengubah energi menjadi cahaya", seperti persamaan energi,  $E = mc^2$ . Tubuh manusia secara fisik merupakan materi. mahasiswa tentu ingin 'cahaya' sebanyak mungkin, seperti interaksi, hubungan, dan inspirasi (DePorter, 1999)

**Sikap sosial** berhubungan dengan interaksi individu dengan orang lain. Pada Kurikulum 2013 (Permendikbud No. 20-21 Tahun 2016); sikap sosial ditekankan pada perilaku jujur, disiplin, tanggung jawab, peduli (toleransi, gotong royong), santun, dan percaya diri dalam berinteraksi secara efektif dengan lingkungan sosial dan alam seperti disajikan pada Tabel 1.4.

**Tabel 1.4** Indikator sikap sosial

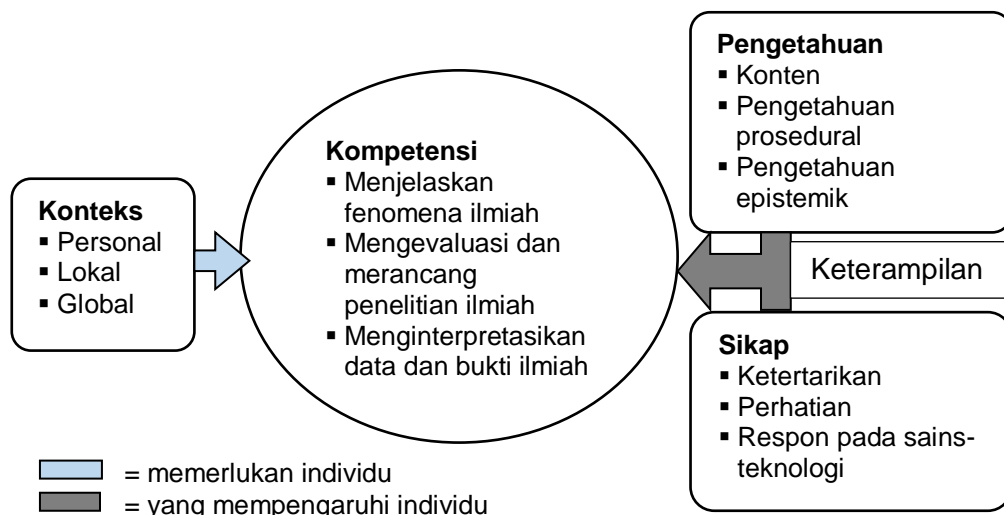
Indikator	Definisi	Keterangan
Kejujuran	Perilaku dapat dipercaya dalam perkataan, tindakan, dan pekerjaan	Menulis data hasil investigasi apa adanya, menyampaikan data apa adanya, menilai secara obyektif, dll.
Disiplin	Perilaku tertib dan patuh pada berbagai ketentuan dan peraturan	Mengerjakan tugas tepat waktu, membuat laporan sesuai petunjuk, beraktivitas sesuai arahan guru, tepat waktu, dll
Tanggung jawab	Berusaha yang terbaik dan berani menerima konsekuensi atas tindakannya	Berpartisipasi aktif dalam tugas/kegiatan, menghormati orang lain, menyampaikan pendapat, bekerja sama, berani memimpin, dll.
Santun	sikap baik dalam pergaulan baik dalam berbahasa maupun bertingkah laku.	Menghormati orang lain, tidak berkata negatif, tidak menyela pembicaraan, bersikap 3S (salam, senyum, sapa), meminta ijin ketika akan menggunakan barang orang lain, dll.
Percaya diri	yakin atas kemampuannya sendiri untuk melakukan kegiatan atau tindakan	Melaksanakan kegiatan tanpa ragu-ragu, membuat keputusan dengan cepat, berani presentasi di depan kelas, berani berpendapat/bertanya, dll
Peduli	sikap dan tindakan berupaya mencegah dan memperbaiki penyimpangan dan kerusakan	Membantu orang memerlukan, aktivitas tidak merugikan orang lain, membuang sampah pada tempatnya, menggunakan lampu seperlunya, tidak merusak tanaman di lingkungan sekolah

Tabel 1.4 menunjukkan enam indikator sikap sosial yang dituntut dalam Kurikulum 2013. Namun, pendidik kreatif dapat mendesain sub-sub indikator atau melatih indikator lainnya seperti keyakinan diri (*sel efficacy*), sikap ilmiah, sikap positif terhadap sains, dan lain-lainnya.

**Literasi sains** didefinisikan sebagai kemampuan mengevaluasi secara kritis dari penelitian sains dan menggunakan informasi yang diperoleh dari penelitian untuk mengambil keputusan. Siswa dapat berpartisipasi aktif dalam diskusi mengenai isu-isu sains dan teknologi terutama menjelaskan fenomena ilmiah, mengevaluasi dan merancang inkuiri ilmiah, menafsirkan data dan bukti-bukti ilmiah (OECD, 2015; Thomson *et al.*, 2013). Seorang dibiasakan agar menggunakan konsep ilmiah, keterampilan proses, dan nilai dalam membuat keputusan yang berhubungan dengan orang lain atau lingkungannya, dan memahami interaksi antara sains, teknologi, enjiniring, dan matematika (Sarwi *et al.*, 2020; Sharon & Bharam Tsabari, 2020). Dengan demikian, literasi sains bukan hanya kemampuan memahami pengetahuan sains saja, namun juga mampu mengintegrasikannya dengan teknologi, enjiniring, dan matematika; serta pengambilan keputusan untuk mengatasi masalah kehidupan nyata.

PISA (2015) menjelaskan 4 aspek literasi sains yang berkaitan satu sama lain, yaitu: (a) konteks yang bersifat personal, lokal, maupun global, (b) pengetahuan, pemahaman tentang fakta-fakta, konsep dan penjelasan teori-teori yang membentuk dasar pengetahuan ilmiah. Pengetahuan ini meliputi pengetahuan sains dan teknologi (konten), bagaimana menghasilkan ide-ide (prosedural), alasan yang mendasari prosedur dan pembenaran (epistemik); (c) kompetensi, menjelaskan fenomena alam secara ilmiah, mengevaluasi dan merancang inkuiri ilmiah, dan menafsirkan data secara ilmiah; dan (d) sikap, sikap ilmiah yang diidentifikasi dari ketertarikan dalam IPTEK; mengevaluasi pendekatan penyelidikan, penyesuaian, pemahaman, dan menyadari kondisi lingkungan sekitar. Dalam hal ini, PISA 2015 telah mengembangkan kerangka kerja literasi sains seperti pada Gambar 1.3.





**Gambar 1.3** Kerangka literasi sains PISA 2015

Gambar 1.3 memperlihatkan bahwa kompetensi literasi sains termasuk kemampuan yang sangat kompleks. Kompetensi literasi sains disajikan pada Tabel 1.5.

**Tabel 1.5** Kompetensi literasi sains PISA 2015

Kompetensi	Kategori	Indikator
Menjelaskan fenomena ilmiah	Memahami, mengajukan dan menilai penjelasan-penjelasan mengenai fenomena alam dan teknologi	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Mengulang dan mengaplikasikan pengetahuan yang sesuai</li> <li>▪ Mengidentifikasi, menggunakan dan menggeneralisasikan gambaran</li> <li>▪ Menjelaskan implikasi potensial tentang pengetahuan ilmiah bagi masyarakat.</li> </ul>
Mengevaluasi dan merancang penelitian ilmiah	Mendeskripsikan dan menyampaikan investigasi ilmiah dan mengusulkan pertanyaan-pertanyaan yang terkait dengan ilmiah	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Mengusulkan cara untuk menyelidiki pertanyaan ilmiah</li> <li>▪ Mengevaluasi cara-cara untuk menyelidiki pertanyaan ilmiah</li> <li>▪ Mendeskripsikan dan mengevaluasi cara inkuiri untuk meyakinkan penjelasan mengenai reliabilitas data, objektivitas serta generalisasinya.</li> </ul>
Menginterpretasikan data dan bukti ilmiah	Menganalisis, mengevaluasi data, menyampaikan dengan berbagai representasi, dan menarik simpulan	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Mengubah data dari suatu gambaran ke gambaran lainnya</li> <li>▪ Menganalisis, menginterpretasikan data, dan menarik kesimpulan yang sesuai</li> </ul>

(OECD, 2015; Sharon & Bharam Tsabari, 2020)

Dengan belajar literasi sains, siswa pada dasarnya berusaha menguasai berbagai kompetensi meliputi sikap, pengetahuan, maupun keterampilan. Hal ini diperlukan untuk menghadapi peluang dan tantangan dalam kehidupan nyata (Sharon & Bharam-Tsabari, 2020).

## **b. Literasi Teknologi**

Teknologi dapat dimaknai sebagai keseluruhan sistem dari orang dan organisasi, pengetahuan, proses, dan perangkat-perangkat yang digunakan untuk menciptakan produk dan mengoperasikannya (Hyatt *et al.*, 2013). Teknologi dipandang sebagai peralatan, ide, atau produk ilmu pengetahuan (Hasanah, 2020). Sebagian besar teknologi modern adalah produk sains dan teknik, dan alat-alat teknologi digunakan di kedua bidang tersebut. Teknologi diyakini sebagai karakteristik penting bagi pendidik dalam STEM Learning. Dalam *STEM*, teknologi dilihat sebagai alat untuk memfasilitasi pembelajaran atau produk atau layanan yang dihasilkan sebagai bagian dari praktik kelas. Teknologi tidak hanya memfasilitasi pemikiran dan konstruksi pengetahuan yang kreatif, fleksibel dan terarah di dalam kelas, namun juga memperluas peluang pendidikan bagi siswa (Hyatt *et al.*, 2013).

Di era industri 4.0, pendidik dapat memaksimalkan Teknologi Informasi Komunikasi (TIK) dalam pembelajaran sains. Saat ini, siswa menggunakan TIK dan tanpa memandang keberadaannya sebagai bagian yang berharga dan tidak terpisahkan dari aktivitas kehidupan sehari-hari. Beberapa hasil penelitian menunjukkan hampir semua masyarakat berubah secara dramatis akibat TIK dan mereka akan terus berubah di masa depan. Perubahan ini tidak mungkin dapat diabaikan oleh dunia pendidikan. Oleh karena itu, sekolah harus menjadi bagian perubahan ini. Selain itu, penelitian bidang sains dan teknologi secara berkelanjutan diprediksi menjadi elemen penting yang akan terus berkembang di sekolah. Seiring kemajuan teknologi dan peningkatan peralatan laboratorium, pendidik kreatif didorong agar berusaha memikirkan kembali dan memodifikasi lingkungan belajar konvensional dan praktik pedagogisnya dalam menerapkan

teknologi untuk mencapai pembelajaran yang otentik, kontekstual, didorong oleh inkuiri, kolaboratif, kreatif dan reflektif di alam (Vahidy, 2019).

Teknologi seperti multimedia, peralatan teknologi interaktif, dan platform teknologi berkontribusi pada peluang e-learning yang akan menjadikan siswa memiliki banyak pengalaman belajar, karena mereka bisa berinteraksi secara lokal maupun global. Kemampuan kognitif didukung oleh peralatan teknologi memungkinkan pendidik untuk menciptakan konteks pembelajaran alternatif dan lebih akurat yang mencerminkan tuntutan masyarakat secara fleksibel dan dinamis. Dengan teknologi, siswa lebih mudah berkolaborasi, berpartisipasi, dan magang kognitif dalam mentransfer pengetahuan maupun menyelesaikan masalah dunia nyata. Di samping itu, siswa bisa berpartisipasi aktif dalam tugas-tugas *STEM* yang tidak dapat diselesaikan dengan metode tradisional (Vahidy, 2019).

Seiring pesatnya perkembangan TIK, pendidik dan peneliti semakin menyoroti manfaat potensial dari pemanfaatan teknologi untuk meningkatkan mutu proses dan hasil *STEM Learning*. Vahidy (2019) menjelaskan beberapa implementasi teknologi dan aplikasinya dalam *STEM Learning* antara lain:

#### 1) Pembelajaran interaktif online

Pembelajaran interaktif online diyakini mampu memperluas jangkauan *STEM Learning* dan memperdalam pemahaman siswa. Bahkan di masa pandemi covid-19, pembelajaran online terus mengubah pola pendidikan di berbagai belahan dunia, termasuk di Indonesia. Kita berada di persimpangan pembelajaran tradisional dan online yang memiliki peluang luar biasa untuk merangkul kemajuan digital.

Perusahaan teknologi (seperti: *Google*) memainkan peran integral dalam memfasilitasi pembelajaran online di berbagai jenjang pendidikan. Teknologi melibatkan pedagogis baru dalam membantu siswa menemukan tujuan, minat, dan bereksperimen dalam domain yang mendorong keinginannya untuk belajar dan terus belajar. Peralatan interaktif online (seperti: *G-Suite*, *Google Classroom*) membuka jalan bagi pembelajaran aktif yang memungkinkan siswa

berbagi informasi, mengekstrak ide-ide kunci dari materi baru, dan mengatur kerangka kerja mental. Dengan *G-Suite* dan *Google Classroom*, pendidik dan siswa dapat bekerja secara mandiri maupun kolaboratif, dan pada perangkat apa pun. *Google Drive* sebagai pusat aktivitas pengguna individu di *G-Suite* memungkinkan pengguna dapat melihat, mengatur, dan berbagi semua jenis file yang disimpan secara online dan mudah diakses melalui internet. Di *Google Classroom*, pengajar memiliki kemampuan membuat “kelas” virtual siswa dan dapat mendistribusikan tugas dan materi utama kepada semua siswa di kelas tertentu. Siswa mengirimkan pekerjaannya melalui portal *Google Classroom*, dan pendidik dapat mengakses, menilai, membuat komentar secara real-time, bahkan menambahkan anotasi menggunakan aplikasi seluler. Selain itu, ada *Google Documents* sebagai pengolah kata yang fokus pada keandalan, kesederhanaan, dan kolaborasi. *Google Documents* dapat dimanfaatkan beberapa siswa untuk mengerjakan sebuah file secara bersamaan.

## 2) Simulasi

Simulasi umumnya dibangun dengan model dasar yang didasarkan pada beberapa perilaku dunia nyata atau fenomena alam atau ilmiah, seperti model ekosistem atau simulasi pembedahan hewan. Simulasi diperlukan untuk mengeksplorasi fenomena yang terjadi selama periode panjang atau sangat pendek dengan cara yang mudah di bawa ke dalam kelas. Peralatan simulasi mendukung *STEM Learning*, karena siswa berkesempatan memanipulasi lingkungan virtual maupun aktual. Siswa mengembangkan pemahaman tentang pelajaran *STEM* dan meningkatkan keterampilan mendasar bagi disiplin *STEM*.

Dalam *STEM Learning*, peralatan nyata biasanya sulit diperoleh. Oleh karena itu, simulasi memungkinkan siswa untuk mempelajari fenomena tidak dapat dialami secara langsung. Misalnya: simulasi dapat menggantikan peralatan laboratorium yang mungkin terlalu mahal untuk dimiliki sekolah atau berbahaya untuk keselamatan. Saat ini, simulasi telah digunakan secara luas di ruang kelas untuk melatih dokter, sipil, dan personel angkatan bersenjata untuk kondisi kritis yang mengancam jiwa dan keadaan yang tidak biasa.

### 3) *Augmented reality* dan *virtual reality*

Hampir seluruh aspek kehidupan manusia membutuhkan teknologi dan media berbasis digital. Masa depan pembelajaran mengarah pada penggunaan teknologi yang imersif, yaitu *Virtual Reality (VR)* dan *Augmented Reality (AR)*. Ketika teknologi menjadi lebih umum dan terjangkau, beberapa jenis teknologi imersif akan dapat diakses dengan mudah oleh pendidik dan siswa. AR adalah jenis perangkat lunak yang digunakan pada perangkat pintar, seperti tablet, kacamata pintar, atau ponsel cerdas untuk memproyeksikan item digital, seperti gambar kartun bergerak, ke gambar nyata yang dihasilkan oleh kamera. VR membawa proses ini lebih jauh, tidak hanya memproyeksikan ke lingkungan nyata, VR juga menciptakan lingkungan digital yang sama sekali baru yang dapat dilihat dalam 360 derajat. Dengan memasukkan konten AR dan VR dalam pelajaran, guru dapat meningkatkan motivasi dan interaksi siswa dalam prosesnya, serta memberinya pemahaman lebih luas tentang topik tertentu.

AR dan VR dapat digunakan untuk menciptakan teknologi pembelajaran yang imersif. Teknologi di *upgrade* dengan model 3D, sehingga pembelajaran sains dapat menjadi visual, langsung dan interaktif bagi siswa. Program digital mencakup lebih dari 1.300 model 3D dan AR dan lebih dari 700 rencana pelajaran untuk membantu mengajar STEM. Dengan teknologi ini, siswa dapat mempelajari konsep baru dengan lebih mudah. Selain itu, dengan VR juga dapat merevolusi laboratorium sains dan pembelajaran untuk mempersiapkan di masa depan. Melalui, pengalaman laboratorium virtual realitis dapat diakses siapa saja untuk bereksperimen di lingkungan bebas risiko (Carikel, 2018)

Laboratorium VR memiliki peluang tambahan yang tidak dimiliki oleh laboratorium nyata, yaitu memiliki kemampuan memperbesar untuk melihat ilmu kehidupan pada tingkat molekuler, misi yang menghubungkan sains dengan situasi kehidupan nyata, dan kemampuan mengubah waktu untuk membuat eksperimen lebih cepat atau mengulangi waktu untuk memperbaiki kesalahan. AR/VR dapat digunakan untuk melatih mahasiswa kedokteran, simulasi lab untuk sains dan teknik. Program VR juga menyediakan ruang pamungkas untuk kreativitas dan inovasi, memungkinkan siswa matematika

untuk menguji hukum-hukum fisika, mengungkap proses matematika baru, dan mengarah pada penemuan baru tentang dunia kita.

#### 4) Permainan

Permainan menjadi alat instruksional, memungkinkan pendidik untuk mencipta pembelajaran partisipatif, menilai pemahaman situasi yang kompleks dan buruk, memfasilitasi pemikiran kritis dan pemecahan masalah, dan memastikan partisipasi aktif siswa pada semua tahap pembelajaran. Manfaat permainan dalam *STEM Learning*, yaitu: (1) menarik, sehingga pendidik dan orang tua dapat memanfaatkan minat anak dan mengarahkannya ke permainan berbasis pelajaran; dan (2) video permainan memerlukan sejumlah besar pengetahuan bidang *STEM*. Video game membuat pemain memegang kendali, menawarkan tingkat kesulitan tambahan, umpan balik instan dan berkelanjutan, dan menciptakan komunitas yang memungkinkan partisipasi multipemain. Selain itu, eksplorasi dan langkah mandiri, umpan balik reguler, dan pemecahan masalah kolaboratif juga menjadi bagian pengajaran dan pembelajaran yang efektif. Penggunaan video game mampu mengaktifkan *STEM Learning* apabila siswa dibiasakan untuk berpikir analitis, multi tugas, menyusun strategi, pemecahan masalah, dan membangun tim. Misalnya: mahasiswa teknik mesin mempelajari prinsip-prinsip komputasi dan simulasi dengan memainkan video permainan bertema mobil.

Ada beberapa hambatan dari penggunaan teknologi dalam pembelajaran, seperti biaya teknologi, jumlah perangkat keras dan lunak tidak mencukupi, tidak semua siswa memiliki teknologi; keengganan beberapa pendidik mencoba teknik pedagogis yang baru, dan kurangnya pelatihan pendidik (Hyatt *et al.*, 2013). Dalam kondisi ini, kita harus berhati-hati dalam menyikapinya agar tidak terjadi *learning loss*. *Learning loss* didefinisikan sebagai ketidakmaksimalnya proses pembelajaran yang dilaksanakan di sekolah (Kashyap *et al.*, 2021; Li *et al.*, 2020). Jika *learning loss* dibiarkan; hasil informasi yang diperoleh dan hasil belajar siswa juga tidak maksimal.

### c. Literasi Enjiniring

**Enjiniring** adalah pengetahuan untuk mengoperasikan atau mendesain prosedur dalam menyelesaikan masalah dengan cara merangkai sesuatu (Lestari *et al.*, 2020). Enjiniring melibatkan aspek kognitif, fisik motorik dan sosial yang bertujuan untuk menyelesaikan masalah (Cunningham *et al.*, 2018). Enjiniring ini mewakili penerapan konsep sains dan matematika untuk membuat hidup lebih baik bagi manusia. Lebih lanjut, Cunningham *et al.* menjelaskan bahwa enjiniring mampu meningkatkan motivasi, keterlibatan aktif siswa dalam belajar, bertanggung Jawab, dan kemampuan belajar mandiri. Siswa dilibatkan dalam proyek-proyek *STEM* yang relevan, bermakna, dan terbuka. Siswa dapat memahami lebih mendalam ketika bisa berpartisipasi dalam menerapkan dan meningkatkan pengetahuan sains dan matematika melalui proyek rekayasa.

Pendidikan enjiniring melibatkan proses pemecahan masalah karena beberapa alasan, yaitu: (1) siswa berperan layaknya seorang insinyur, di mana mereka berusaha memecahkan masalah secara kritis, kreatif, kolaboratif, dan komunikatif. Siswa membangun dan menyusun ketika bermain dengan konsep sains dan matematika, serta menceritakan keberhasilannya dalam membangun dan menyusun pada teman maupun keluarga. Ketika pendidik terlibat dalam proses enjiniring, siswa terlibat aktif dan gigih dalam menyelesaikan masalah; (2) subjek berbasis konteks dengan penerapan dalam kehidupan nyata yang menarik siswa. Keterampilan memecahkan masalah sangat penting dalam menghadapi ambiguitas dan kemampuan berpikir kritis dan sosial yang lebih baik; dan (3) dapat memperkenalkan ide-ide teknik dan praktik selama siswa dapat mendukung perkembangan kognitif dan sikap positif terhadap inkuiri.

Enjiniring adalah aplikasi pengetahuan untuk merancang, membangun, dan memelihara teknologi. Insinyur berupaya mengoptimalkan solusi untuk memecahkan masalah, kebutuhan, dan keinginan sambil mempertimbangkan sumber daya yang ada. Enjiniring bertujuan menyelesaikan masalah dengan mengkoordinasi pengetahuan dan kreativitas sesuai imajinasi. Mendesain teknis tidak dapat berdiri sendiri, namun bisa melibatkan *Engineering Design Process (EDP)* pada Tabel 1.6.

**Tabel 1.6** Langkah proses desain enjiniring

	<b>Lottero (2015)</b>	<b>Lestari et al. (2020)</b>
Bertanya	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Mengidentifikasi masalah</li> <li>▪ Menanyakan pertanyaan tentang suatu masalah</li> <li>▪ Mengidentifikasi kendala desain (batasan) dan kriteria (persyaratan)</li> <li>▪ Pertimbangan pengetahuan sebelumnya yang relevan</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Apa masalahnya?</li> <li>▪ Bagaimana orang lain mendekatinya?</li> <li>▪ Apa kendala Anda?</li> <li>▪ Apa sajakah solusi?</li> </ul>
Bayangkan	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Pikirkan ide-ide desain</li> <li>▪ Gambar dan beri label ide itu</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Pikirkan ide</li> <li>▪ Pilih yang terbaik</li> </ul>
Rencana	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Pilih satu ide</li> <li>▪ Gambarkan dan beri satu ide</li> <li>▪ Identitas memerlukan bahan/ kondisi</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Gambarlah diagram</li> <li>▪ Buatlah daftar bahan yang Anda butuhkan</li> </ul>
Membuat	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Laksanakan rencana, membuat desain</li> <li>▪ Menguji desain</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Ikuti langkah dan buat sesuatu</li> <li>▪ Uji desain</li> </ul>
Memperbaiki	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Renungan hasil pengujian dan cara meningkatkannya</li> <li>▪ Tes desain. Merencanakan, membuat dan menguji desain baru</li> <li>▪ Uji desain baru</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Apa yang berhasil?</li> <li>▪ Apa yang tidak?</li> <li>▪ Apa yang bisa bekerja lebih baik?</li> <li>▪ Ubah desain Anda untuk membuatnya lebih baik</li> <li>▪ Uji desain</li> </ul>

Karakteristik enjiniring yang sangat penting untuk dipahami adalah *EDP* bersifat siklus dan berulang-ulang. Siswa dapat memulai pada langkah mana saja, tetapi hanya fokus pada satu langkah, antara langkah maju dan mundur atau mengulangi siklus. Di dunia nyata, sebagian besar proyek rekayasa dapat dimulai dengan upaya meningkatkan kreativitas dan imajinasi seseorang dalam mencipta produk yang lebih baik atau mengidentifikasi produk yang perlu diperbaiki. Demikian pula, tidak ada titik akhir untuk proses desain teknik, karena keberadaan teknologi selalu dapat disempurnakan. Sebuah siklus dimulai lagi ketika seorang insinyur mulai mengajukan pertanyaan tentang bagaimana cara meningkatkan teknologi tersebut.

#### **d. Literasi Matematika**

Literasi sains, enjiniring, dan teknologi merupakan hal yang tidak terpisah dari literasi matematika. Literasi matematika dimaknai sebagai kapasitas individu untuk mengidentifikasi dan memahami peranan matematika terhadap



dunia, untuk mengokohkan penilaian, mengikat matematika dengan cara yang sesuai kebutuhan individu saat ini dan untuk kehidupan di masa depan sebagai warga negara yang konstruktif, peduli, dan reflektif (Permatasari, 2016).

OECD (2016) menjelaskan kapasitas individu dapat dikatakan menguasai literasi matematika apabila mampu: (1) mengenali dan menginterpretasikan permasalahan matematika yang dihadapinya dalam kehidupan nyata; (2) menerjemahkan masalah-masalah tersebut ke dalam konteks matematika; (3) menggunakan pengetahuan dan prosedur matematika untuk memecahkan masalah; (4) menginterpretasikan hasil pada masalah aktual; (5) merefleksikan pada metode yang digunakan; dan (6) memformulasi dan mengkomunikasikan hasilnya. Dengan demikian, literasi matematika memudahkan seseorang untuk memecahkan permasalahan kehidupan nyata dengan menerapkan pendekatan fenomenal untuk mendefinisikan konsep, struktur, dan gagasan matematika.

Seperti dalam sains, pengetahuan dalam matematika terus berkembang. Namun, tidak seperti sains, pengetahuan matematika adalah tidak terbalik, kecuali jika asumsi dasarnya telah diubah. Siswa tidak selalu atau secara alami menggunakan pengetahuan disiplinnya dalam konteks terpadu. Siswa masih membutuhkan dukungan matematika untuk konteks desain teknik atau teknologi. Heller *et al.* (1992) menjelaskan keterlibatan penalaran matematika dalam pemecahan masalah melibatkan lima tahapan pada Tabel 1.7.

**Tabel 1.7** Tahapan pemecahan masalah sains

Tahapan	Indikator
Memfokuskan permasalahan	Mengidentifikasi masalah berdasarkan konsep dasar sains, membuat daftar besaran yang diketahui, dan menentukan besaran yang ditanyakan
Mendeskripsikan masalah dalam konsep sains	Mengubah representasi visual dalam deskripsi sains, membuat diagram benda bebas/sketsa/desain yang menggambarkan permasalahan
Merencanakan solusi	Mengubah deskripsi sains menjadi representasi matematis, menentukan prinsip/asas atau hukum untuk memilih persamaan yang tepat untuk pemecahan masalah
Melaksanakan rencana	Mensubstitusi nilai besaran yang diketahui ke persamaan, melakukan perhitungan matematis dengan menggunakan persamaan yang dipilih
Mengecek dan evaluasi	Mengevaluasi kesesuaian konsep dan satuannya

Berdasarkan Tabel 1.7; dalam memecahkan masalah *STEM*; literasi matematika diperlukan untuk menganalisis alasan dan mengkomunikasikan ide-ide siswa secara efektif dan dari cara bersikap, merumuskan, dan menafsirkan solusi untuk masalah matematika dalam menerapkan berbagai situasi berbeda. Dengan demikian, matematika memiliki peran sangat penting dalam penemuan keilmuan sains maupun inovasi teknologi.

### 3. Dimensi *STEM*

Literasi *STEM* melibatkan 4 dimensi (Ardianto *et al.*, 2019; Suwarma & Kumano, 2019), yaitu *scientific and engineering practice*, *cross cutting concepts*, *core ideas of four discipline* sebagai konteks untuk mendukung kompetensi *STEM*.

- a. ***Scientific and engineering practice***, beberapa kegiatan ilmiah yang dilakukan: (1) mengajukan pertanyaan dan mendefinisikan masalah, (2) mengembangkan dan menggunakan model, (3) merencanakan dan melaksanakan inkuiri, (4) menganalisis dan menginterpretasikan data, (5) menggunakan matematika dan berpikir komputer, (7) memberikan penjelasan dan merancang solusi, (8) terlibat dalam argumentasi, dan (9) memperoleh, mengevaluasi dan mengomunikasikan informasi.
- b. ***Crosscutting concept***, untuk memahami kesamaan pemikiran dari sudut pandang disiplin ilmu *STEM* yang berbeda. Konsep *crosscutting* berpotensi untuk membantu siswa berpikir layaknya Ilmuwan dan Insinyur, yaitu bagaimana disiplin ilmu *STEM* dapat diintegrasikan dalam menyelesaikan permasalahan kehidupan nyata. Ada 8 model *crosscutting concepts*, yaitu  
1) *Patterns* (pola), ditemukan dari observasi dan kita dapat menggunakan pola sebagai panduan ketika mengklasifikasi, dan ketika pembentukan pola berlangsung perlu ada penjelasan pertanyaan tentang hubungan atau pengaruh antar faktor. Contoh: Penggunaan data observasi untuk menjelaskan pola proses pengembunan, cara binatang beradaptasi untuk menjalankan keberlangsungan hidupnya

- 2) *Cause and effect* (sebab-akibat); menjelaskan mekanisme proses kejadian. Sebuah peristiwa memiliki latar belakang, kadang dapat dijelaskan secara sederhana atau kompleks. Sebagian besar peristiwa sains dapat diselidiki penyebab dan mekanisme kejadiannya. Seperti halnya mekanisme pengujian untuk selanjutnya informasi tersebut digunakan untuk meramalkan dan menjelaskan peristiwa yang akan datang atau pada situasi baru. Contoh: Penyelidikan proses vibrasi dapat menghasilkan bunyi, kita dapat memprediksi kekuatan yang dihasilkan dari penyebab getaran suatu material.
- 3) *Scale, proportion, and quantity* (skala, proporsi dan jumlah). Dalam mengamati suatu fenomena; perlu mempertimbangkan standar skala yang digunakan, ukuran jarak, dan waktu. Apakah pengamatan kita proposional (sesuai standar atau berbeda dari ukuran standar?), cara pengukuran apakah memenuhi standar proses untuk menghasilkan struktur sistem yang baik atau kinerja standar. Contoh: menggunakan keterangan sumber yang tepat, standar besaran baku. Memilih alat ukur yang tepat, melakukan teknik pengukuran dengan standar.
- 4) *Systems and system models* (sistem dan model sistem). Mendefinisikan sistem melalui studi, membangun model sistem dengan batasannya, menerapkan penggunaan model sistem dan rancang bangunnya, menguji model sistem pada aplikasi sains dan injiniring. Contoh: penggunaan model sistem saraf pada komputer cerdas (AI, NN) untuk komputer cerdas. Membangun prototipe dari model yang telah ada.
- 5) *Energy and matter* (energi dan materi); tranfer, siklus dan konservasi, *tracking luxes* energi dan materi, sistem energi, memahami kemungkinan dan keterbatasan sistem energi. Contoh: pengukuran dan data untuk menunjukkan bukti ada perubahan yang terjadi pada proses pemanasan, proses pendinginan, perubahan materi dari proses reaksi; energi keterbaharuan melibatkan proses, efisiensi, dan lain-lain.
- 6) *Structure and function* (struktur dan fungsi): Cara yang di bangun/ ditempuh oleh suatu benda atau pembentukan struktur suatu sistem dan

fungsi elemen pembentuknya. Misalnya penjelasan argumentasi tentang konstruk suatu objek atau makhluk hidup terkait fungsi faktor internal dan eksternal yang mendukung keberlangsungan proses tersebut.

7) *Stability and change* (stabilitas & perubahan): Pembentukan dan perubahan sistem/objek secara alam, kondisi kestabilan dari faktor-faktor yang mempengaruhi perubahan atau evolusi berdasarkan studi terhadap elemen/unsur terkait. Contoh menghadirkan data/grafik untuk mengungkap pola perubahan misalnya terhadap fungsi waktu, kasus tentang cuaca, iklim, musim dan lain sebagainya.

**Agar lebih mudah belajar CC**, pendidik bisa memilih 3 model CC saja, yaitu pengenalan pola, hubungan sebab akibat, serta skala, proporsi, dan kuantitas sebagai berikut:

- a. Gunakan observasi untuk mendeskripsikan pola objek atau membuat definisi pengetahuan berdasar observasi untuk menemukan inferensi.
- b. Jelaskan hubungan sebab akibat mengapa pola tersebut terbentuk, baik dari faktor internal maupun eksternal.
- c. Ungkap hasil pengukuran secara proposional dengan skala, kuantitas yang sesuai dalam proses/menjelaskan suatu objek.
- d. Selama proses, siswa akan mengidentifikasi pola dan menggunakan pola yang mereka amati untuk menggolongkan dan siswa semakin baik memahami pokok materi. Pola CC tidak perlu diajarkan secara detail, tetapi kemampuan inferensi ini akan berkembang dengan sendirinya; fokus pengamatan tertuju pada topik materi yang di sampaikan.
- e. Waktu terbaik mengenalkan CC adalah ketika kita berdiskusi untuk menyamakan persepsi tentang hubungan sebab akibat sehingga terbangun persepsi yang sama dari pendapat siswa setelah mereka memiliki pola-pola yang telah dipelajarinya.
- f. Tidak cukup melatih CC dalam satu kali pengajaran, CC perlu diperbaiki untuk pengajaran selanjutnya, tetapi yang paling penting adalah siswa punya pengalaman membangun pola dan menggunakannya dalam menjelaskan objek sehingga kemampuan tersebut terus berkembang.

- g. Pada akhirnya siswa akan memiliki pemahaman terhadap penggunaan CC untuk menyatukan disiplin ilmu yang berbeda (sains dan enjiniring).

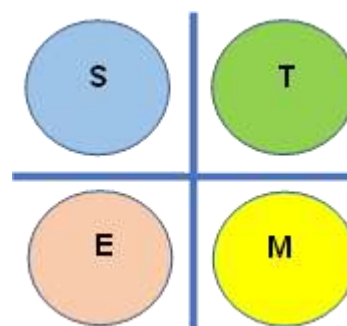
#### 4. Pendekatan *STEM*

*STEM* bukan sebuah model pembelajaran, namun sebuah pendekatan/ sudut pandang dalam mengajar ditinjau dari masing-masing bidang *STEM*. Ada tiga pendekatan yang sering digunakan dalam *STEM Learning*, yaitu:

- a. Pendekatan silo, mengacu pada pembelajaran yang terpisah-pisah dalam subjek *STEM*. Pendekatan silo memberi penekanan bagaimana ilmu sains, teknologi, enjiniring, dan matematik telah didekati dalam desain kurikulum dan pengajaran. Pembelajaran ditekankan pada perolehan pengetahuan dibandingkan dengan kemampuan teknis. Belajar terkonsentrasi pada masing-masing individu memungkinkan siswa untuk mendapatkan pemahaman lebih mendalam tentang isi masing-masing mata pelajaran.

Pendekatan silo dicirikan oleh pembelajaran yang berpusat pada pendidik

Siswa memiliki sedikit peluang belajar dengan berbuat. Tujuan dari pendekatan ini adalah meningkatkan pengetahuan yang menghasilkan penilaian (Winarmi *et al.*, 2016). Setiap lingkaran mewakili setiap disiplin ilmu *STEM* yang diajarkan secara terpisah. Kelemahan pendekatan silo yaitu pembelajaran akan cenderung mengurangi

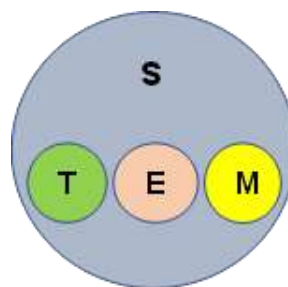


**Gambar 1.4** Pendekatan *silo*

manfaat belajar *STEM* yang diharapkan, karena kemungkinan ada siswa yang kurang tertarik pada salah satu bidang *STEM*. Contoh: hasil penelitian menunjukkan perempuan kurang tertarik untuk berpartisipasi dalam bidang teknik seperti teknik sipil, teknik mesin, dan teknik elektro. Tanpa praktek, siswa mungkin gagal memahami integrasi alami yang terjadi antara bidang *STEM* di dunia nyata sehingga menghambat pertumbuhan akademik siswa. Pendekatan silo membuat guru lebih memilih metodologi berbasis ceramah daripada praktek. Padahal, hasil penelitian menunjukkan kegiatan

praktek lebih diinginkan siswa dalam belajar. Fokus pembelajaran dengan pendekatan silo adalah konten materi. Hal ini dapat membatasi sejumlah stimulasi lintas kurikuler dan pemahaman siswa dari penerapan dari apa yang harus mereka pelajari (Winarni *et al.*, 2016).

- b. **Pendekatan *embedded***, salah satu materi lebih diutamakan sehingga mempertahankan integritas materi pelajaran, bukan fokus pada interdisiplin mata pelajaran, materi pada pendekatan tertanam tidak dirancang untuk dievaluasi atau dinilai (Winarni *et al.*, 2016). Penilaian hanya dirancang untuk materi pelajaran yang sesuai dengan perencanaan

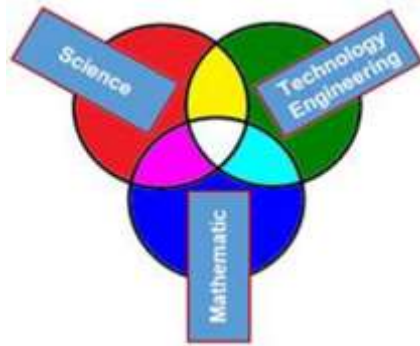


**Gambar 1.5** Pendekatan *embedded*

pembelajaran. Materi teknologi, enjiniring, dan matematika tertanam dalam materi sains. Dalam prakteknya, mengajar dengan pendekatan tertanam, instruksi guru menjadi efektif karena memperkuat dan melengkapi bahan-bahan belajar siswa seperti pada kelas-kelas lain. Namun, kelemahannya adalah dapat mengakibatkan pembelajaran terpotong-potong. Jika siswa tidak bisa mengaitkan konten tertanam dengan materi utama, mereka beresiko hanya belajar sebagian dari keseluruhan pelajaran. Selain itu, untuk memastikan bahwa komponen yang tertanam sudah siswa pelajari sebelumnya pada tingkat kelas yang sesuai. Jika guru harus berhenti dan mengajar atau meremediasi siswa pada pengetahuan yang tertanam, proses belajarnya dapat terganggu (Winarni *et al.*, 2016).

- c. **Pendekatan *terpadu***, menghapus dinding pemisah antar masing-masing bidang *STEM*. Pembelajaran menerapkan integrasi multidisipliner dan interdisipliner. Integrasi multidisiplin menuntut siswa untuk menghubungkan konten dari berbagai mata pelajaran yang diajarkan di kelas yang berbeda dan pada waktu berbeda juga; sedangkan integrasi interdisipliner adalah

memfokuskan perhatian siswa pada masalah menggabungkan konten dan keterampilan dari berbagai bidang. Pendekatan terpadu adalah pendekatan terbaik untuk belajar *STEM* (Winarmi *et al.*, 2016). Materi *STEM* ini diajarkan seolah-olah dalam satu subjek. Integrasi minimal melibatkan dua disiplin, tetapi



**Gambar 1.6** Pendekatan terpadu tidak terbatas pada dua disiplin ilmu. Garis menunjukkan berbagai pilihan dimana integrasi dapat dicapai. Dalam konteks pendidikan dasar dan menengah umum di banyak negara, termasuk Indonesia, hanya pelajaran sains dan matematika yang menjadi bagian kurikulum 2013; sementara teknologi dan teknik hanya bagian minor atau tidak ada dalam kurikulum. Akibatnya, *STEM Learning* lebih tertumpu pada sains dan matematika.

## B. Hambatan *STEM Learning* di Sekolah

*STEM Learning* diyakini sebagai trend pendidikan abad 21. Namun, hingga saat ini masih ditemukan berbagai kendala dalam pelaksanaannya di sekolah, diantaranya:

1. Kepala sekolah harus punya pengetahuan tentang *STEM Learning* untuk menumbuhkan pengalaman belajar dan keahlian *STEM* di sekolah. Kepala sekolah menentukan kebijakan bahwa *STEM Learning* menjadi bagian program penting di sekolah, penyediaan anggaran yang menunjang pengajaran dan *STEM Learning*, sarana prasarana pendukung, bahkan menjalin kerjasama dengan pihak-pihak terkait.
2. Pendidik *STEM* yang berkualitas masih kurang. Rendahnya pemahaman dan motivasi pendidik bidang *STEM* bisa menyebabkan kesiapan mengajar *STEM*-nya kurang maksimal. Padahal, kesiapan pendidik sangat penting untuk membantu siswa mencapai standar akademik yang lebih tinggi. Sayangnya, banyak ruang kelas ketika diisi siswa yang kurang siap karena

mereka telah diberikan pelatihan *STEM* yang buruk atau tidak sama sekali. Oleh karena itu, pendidik *STEM* perlu dilengkapi dengan pengetahuan konten yang mendalam dan keterampilan pedagogis yang kuat. Kedua atribut tersebut harus dimiliki pendidik untuk membantu siswa mencapai tingkat pemahaman *STEM* yang mendalam sehingga bermanfaat bagi kehidupan dan karirnya. Pendidik diharapkan bisa berpartisipasi dalam pengembangan profesional untuk menguasai konten dan pedagogis *STEM* secara mendalam.

3. Kolaborasi penelitian di seluruh bidang *STEM* masih kurang. Para pendidik *STEM* kesulitan berkolaborasi dengan pendidik *STEM* lainnya. Akibatnya, pendidik kurang terampil dalam memberikan arah dan tujuan pembelajaran yang efektif, serta menyajikan pilihan karir siswa bidang *STEM*. Kolaborasi penelitian melalui konsep *cluster* pada seluruh bidang *STEM* mampu meningkatkan konektivitas dan berbagi informasi di antara para pemangku kepentingan. Oleh karena itu, berbagai upaya diperlukan untuk mendorong peningkatan kolaborasi penelitian di antara pendidik dan kemitraan dengan dunia industri untuk menjembatani *STEM Learning* di kelas. Kolaborasi penelitian dan konsep klaster lintas bidang *STEM* telah berevolusi untuk mensinergikan “keragaman” di seluruh bidang *STEM*. Dengan demikian, pengembangan profesional dan keterampilan siswa menjadi lebih layak dan efektif. Selain itu, siswa memiliki kesempatan untuk bekerja secara harmonis, belajar bagaimana belajar dari rekan-rekan mereka dari disiplin lain yang berbeda dan dunia industri.
4. Investasi dalam program pengembangan profesional secara berkelanjutan pada kompetensi *STEM* pendidik masih kurang. Program tersebut dalam bidang sains dan matematika diperlukan untuk meningkatkan penguasaan konten dan pedagogis *STEM* pendidik. Sekolah perlu investasi secara berkelanjutan dalam jangka panjang untuk memastikan pendidik telah dibekali konten dan pedagogis *STEM* dengan baik.



5. *STEM Learning* masih dilaksanakan secara parsial di sekolah, apalagi pelaksanaan kegiatan yang mengandung unsur enjiniring masih jarang dilatihkan dalam pembelajaran (Lestari *et al.*, 2020).
6. Fasilitas laboratorium dan media pembelajaran yang masih kurang. *STEM Learning* dapat membantu mempersiapkan banyak ilmuwan, insinyur, dan teknolog di masa depan. Ketika fasilitas laboratorium tidak mencukupi, maka akan melemahkan implementasi *STEM Learning* di sekolah. Sayangnya, banyak sekolah yang belum dilengkapi fasilitas, peralatan, dan perlengkapan, maupun media yang dibutuhkan. Ketika bahan ajar tidak mencukupi, guru harus belajar berkreasi dan berinovasi. Jika perubahan ini sesuai kebutuhan sekolah, akan meningkatkan kemampuan pendidik untuk memfasilitasi aktivitas belajar dan meningkatkan prestasi akademik siswa.
7. Persiapan dan inspirasi siswa yang kurang baik. Dewasa ini, peluang kerja dalam bidang sains, teknologi, teknik, dan matematika (*STEM*) semakin meningkat. Pekerja *STEM* memperoleh rata-rata 26% lebih banyak daripada rekan non-*STEM* dan data tersebut untuk mendukung kebutuhan akan tenaga kerja *STEM* yang berpendidikan tinggi. Ketika persiapan kurang baik dan kurangnya inspirasi siswa untuk mengejar program *STEM*, maka *stake holder* akan kesulitan merekrut dan mempekerjakan individu yang terampil. Oleh karena itu, Ejiwale (2013) merekomendasikan bahwa di satu sisi, siswa harus siap untuk memiliki pondasi yang kuat di bidang *STEM*, tidak peduli karir apa yang mereka kejar. Persiapan ini harus melibatkan pembangunan keterampilan dan pengetahuan bersama. Di sisi lainnya, siswa harus terinspirasi dan termotivasi untuk mempelajari mata pelajaran *STEM* sehingga banyak dari mereka lebih bersemangat untuk memasuki bidang *STEM*. Ketika guru memberikan kesempatan pada siswa sejak dini untuk belajar matematika dan sains dalam lingkungan interaktif yang mengembangkan keterampilan komunikasi dan kolaborasi, siswa menjadi lebih percaya diri dan kompeten dalam mata pelajaran. Hal ini tidak hanya membuat pendidikan tinggi lebih terjangkau bagi siswa, tetapi juga berkontribusi pada kesiapan masyarakat.

8. Koneksi individu siswa dengan cara-cara meningkatkan *STEM Learning* masih kurang. Pendidik bisa memaksimalkan *STEM Learning* sesuai tingkatan otonomi siswa, seperti integrasi *STEM* dalam pengajaran langsung, inkuiri/penemuan terbimbing, pembelajaran berbasis masalah/proyek. Siswa terlibat dalam memecahkan masalah otentik, bekerja kolaboratif, dan membangun solusi nyata. *STEM Learning* lebih fokus pada dunia nyata, masalah autentik, siswa belajar merefleksikan proses pemecahan masalah. Lebih penting lagi, siswa belajar paling baik ketika mengkonstruksi pengetahuannya sendiri tentang dunia sekitarnya.
9. Siswa belum/kurang diberikan pelatihan langsung. Pelatihan langsung oleh dunia industri membantu siswa memahami karirnya dalam bidang *STEM*. Mesin yang digunakan di laboratorium bisa mirip dengan yang digunakan di tempat kerja. Lebih penting lagi, siswa menggunakan teknologi dengan cara yang mungkin dilakukan jika mereka bekerja dalam profesi *STEM*. Selain itu, magang yang baik dan kerja kooperatif sangat bermanfaat bagi siswa karena mereka bisa memproses informasi secara eksternal, bekerja dengan rekan sejawat, dan berbagi tanggung jawab dalam tugas.

### **C. Tujuan dan Manfaat *STEM Learning***

Dewasa ini; *STEM Learning* mempengaruhi reformasi dalam dunia pendidikan. Tujuan *STEM Learning* dalam bidang pendidikan adalah untuk mempersiapkan siswa agar mampu bersaing dan siap bekerja sesuai bidang karir *STEM* yang ditekuninya. Menurut Bybee (2013); *STEM Learning* bertujuan untuk mengembangkan siswa yang melek *STEM* yang mempunyai:

- a. Pengetahuan, sikap, dan keterampilan untuk mengidentifikasi pertanyaan dan masalah dalam kehidupan nyata, menjelaskan fenomena, mendesain, dan menarik simpulan berdasarkan bukti mengenai isu-isu terkait *STEM*.
- b. Memahami karakteristik fitur-fitur disiplin *STEM* sebagai bentuk-bentuk pengetahuan, inkuiri, dan desain yang digagas manusia;
- c. Kesadaran bagaimana disiplin-disiplin *STEM* membentuk suatu lingkungan material, intelektual dan kultural,

d. Bersedia terlibat dalam kajian isu-isu *STEM* (misalnya: efisiensi energi, pemanasan global, pencemaran lingkungan) sebagai warga negara yang konstruktif, peduli, serta reflektif dengan menggunakan gagasan-gagasan sains, teknologi, enjiniring dan matematika.

*STEM Learning* menyiapkan dunia siswa di masa depan. Dengan belajar *STEM*, siswa bisa memahami cara tim dalam bekerja pada proyek-proyek kehidupan nyata dengan memperhatikan hal-hal sebagai berikut: (a) siswa bisa menggunakan pengetahuan dan keterampilan *STEM* dari seluruh mata pelajaran untuk mendukung pekerjaan proyeknya, mereka melihat bagaimana konten digunakan dalam realitas kehidupan dan mengapa hal itu penting untuk diketahui, (b) Siswa didorong untuk mengakui dan menghormati keterampilan serta kepentingan mereka sendiri dan orang lain. Siswa belajar beradaptasi dalam tim kolaboratif berdasarkan perannya masing-masing dengan baik. Secara ringkas, tujuan dan manfaat *STEM Learning* disajikan pada Tabel 1.8.

**Tabel 1.8** Tujuan dan manfaat pendidikan *STEM*

	<b>Tujuan Pendidikan <i>STEM</i></b>	<b>Manfaat Pendidikan <i>STEM</i></b>
<b>Bagi Siswa</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Literasi <i>STEM</i></li> <li>▪ Kompetensi abad 21</li> <li>▪ Kesiapan Tenaga Kerja <i>STEM</i></li> <li>▪ Minat dan keterlibatan</li> <li>▪ Membuat koneksi</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Belajar dan Berprestasi</li> <li>▪ Kompetensi abad 21</li> <li>▪ Ketekunan dan kegigihan belajar dalam meningkatkan prestasi</li> <li>▪ Pekerjaan berhubungan dengan <i>STEM</i></li> <li>▪ Meningkatkan minat <i>STEM</i></li> <li>▪ Pengembangan identitas <i>STEM</i></li> <li>▪ Kemampuan untuk membuat koneksi di antara disiplin <i>STEM</i></li> </ul>
<b>Bagi Pendidik</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Meningkatkan konten <i>STEM</i></li> <li>▪ Meningkatkan <i>Pedagogical Content Knowledge (PCK)</i></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Perubahan dalam praktik</li> <li>▪ Peningkatan konten <i>STEM</i> dan PCK</li> </ul>

## D. Rekomendasi *STEM Learning* di Sekolah

Pendidik kreatif senantiasa berusaha melakukan yang terbaik untuk mengatasi setiap hambatan implementasi *STEM Learning* di sekolah. *Victoria State Government* (2016) menjelaskan kerangka kerja untuk membantu sekolah dalam memfokuskan peningkatan kualitas hasil *STEM Learning* di sekolah seperti disajikan di bawah ini.

**Gambar 1.7** Model kerangka kerja untuk meningkatkan hasil belajar *STEM* di sekolah.



Berdasarkan Gambar 1.7; *Victoria State Government* (2016) menjelaskan beberapa prioritas yang terbukti memiliki pengaruh kuat pada efektivitas *STEM Learning* di sekolah. Untuk *STEM*, 'keunggulan' berarti:

1. Pendidik kreatif memiliki pengetahuan konten dan pedagogis, waktu dan sumber daya yang dibutuhkan untuk memastikan hasil belajar siswa lebih baik. Dengan demikian, pendidik diharapkan mampu menumbuhkan minat siswa akan *STEM* dan mengaitkan relevansinya dalam kehidupan nyata.
2. Siswa menemukan *STEM Learning* sangat menarik, menantang, dan berhubungan dengan dunia nyata. Siswa terinspirasi dan termotivasi untuk meningkatkan hasil belajar yang unggul, mengejar minatnya di *STEM*, dan memahami beragam jalur dan karir yang dapat ditawarkan di *STEM*.
3. Kepala sekolah berusaha meningkatkan profil *STEM* di sekolah, mendorong peningkatan secara berkelanjutan pada praktik kelas dan sekolah, serta meningkatkan kinerja dan keterlibatan *STEM*. Kepala sekolah melakukan

pendekatan kolaboratif dengan sekolah lain, organisasi, dan komunitas lebih luas untuk berbagi keahlian dan sumber daya *STEM*. Untuk mencapai kualitas dan keunggulan *STEM*, sekolah memerlukan konten *STEM* yang tepat, menarik, dan sesuai usia siswa.

4. Komunitas dan keluarga bisa menghargai pembelajaran dan pengetahuan *STEM*, serta dapat mendukung dalam kehidupan sehari-hari.

Berdasarkan model di atas, kesuksesan implementasi *STEM Learning* di sekolah sangat didukung oleh pendidik yang menguasai aspek konten dan pedagogis *STEM* sesuai kebutuhan siswa, lingkungan kreatif dan kaya sumber daya, fasilitas laboratorium, dan pembelajaran yang menginspirasi partisipasi aktif siswa dalam program *STEM*. Siswa dapat dilibatkan langsung dalam mempromosikan pengalaman langsung dan membantu memecahkan masalah di lingkungannya. Selain itu, belajar *STEM* lebih efektif jika memungkinkan siswa bisa mempraktekkan peran aktual seperti yang dilakukan oleh pekerja bidang *STEM* seperti insinyur, operator, pengawas, dan lain-lain (Ejiwale, 2013; Susilo & Sudrajat, 2020). Oidechais & Scielanna (2020) merekomendasikan upaya mewujudkan *STEM Learning* yang efektif di sekolah sebagai berikut:

1. Keberlanjutan agenda pendidikan *STEM* nasional di sekolah. Salah satu bidang yang memerlukan pemantauan secara berkelanjutan adalah bidang peningkatan kesadaran akan agenda pendidikan *STEM* nasional. Program nasional tidak hanya akan mempengaruhi struktur dan tujuan sekolah dan pengelolaan, namun juga pengakuan atas prestasi siswa di bidang *STEM*. Keterlibatan ini perlu diselaraskan dan difokuskan pada realisasi tujuan pendidikan *STEM* nasional.
2. Memastikan kesetaraan gender dalam *STEM Learning*. Kemajuan yang baik telah dicapai di berbagai bidang, namun masih ada ruang lingkup yang signifikan untuk perbaikan, yaitu kesetaraan gender.
3. Pengembangan lingkungan yang memfasilitasi penggabungan metodologi *STEM Learning*. Integrasi keterampilan mendesain dan membuat produk adalah pengalaman belajar *STEM* secara aktif yang mempromosikan pembinaan dan pengembangan keterampilan berpikir kritis yang kreatif.

Siswa terlibat dalam kegiatan bermakna untuk mengembangkan rasa ingin tahu, keterampilan memecahkan masalah, kerja tim dan kemampuan mengadopsi berbagai pendekatan untuk mencapai solusi yang tidak ditentukan. Sekolah dan lingkungan yang berusaha memperkuat program pendidikan *STEM*nya saat ini harus fokus untuk meningkatkan metodologi pengajaran dan pembelajaran secara potensial dengan mengajukan suatu pertanyaan seperti:

- Apa pelajaran mendukung pendekatan “*Design Thinking*?”
- Apa banyak pendekatan dan solusi yang didorong?
- Apa pembelajaran digital mampu mendukung *STEM Learning*?
- Apa ada hubungan industri *STEM* lokal dan fasilitas penelitian?

Untuk praktik lanjut, pengkondisian lingkungan belajar akan memfasilitasi *STEM Learning* yang sangat penting. Contoh kegiatan praktik baik yang diamati, banyak guru dan praktisi yang menciptakan suasana kondusif dengan berbagai solusi alternatif dan pertanyaan-pertanyaan yang memungkinkan siswa terlibat dalam proses mendesain/merekayasa produk. Untuk mempromosikan penerapan lebih besar dari keterampilan yang dapat ditransfer berbasis *STEM*, pembinaan hubungan dan kemitraan yang relevan juga harus ditempa jika memungkinkan.

4. Ketika terlibat dalam evaluasi diri sekolah, peluang pengembangan potensi *STEM Learning* dipertimbangkan dan dimasukkan jika memungkinkan ke area fokus pengajaran dan pembelajaran siswa. Dukungan tambahan akan bermanfaat, terutama melalui penyediaan sumber daya dan saran yang dapat digunakan sekolah untuk membantu refleksi dan tinjauan yang ada. Manfaat potensial dari *STEM Learning* perlu dipertimbangkan jika dapat dipraktikkan dalam pengajaran dan pembelajaran dunia nyata. Proses ini terstruktur dalam proses evaluasi diri sekolah. Dengan mengajukan pertanyaan, memilih pendekatan dan mengevaluasi sendiri praktik *STEM Learningnya*, sekolah dan lingkungan akan ditempatkan dengan baik untuk mengenali kekuatannya dan secara proaktif menangani setiap area yang diidentifikasi untuk pengembangan.

5. Pendekatan inovatif untuk mendukung dan memberikan insentif kepada sekolah dan pengaturan pada *STEM* yang teridentifikasi. Sekolah memiliki ruang belajar *STEM* yang sesuai dan akses ke sumber daya *STEM* yang diperlukan.
6. Sejalan dengan pengembangan pedagogi *STEM*, ada kebutuhan untuk mendukung sekolah dan pengaturan dalam menata ulang ruang kreatif di mana metodologi pendidikan dan *STEM Learning* dapat berkembang. Pemerintah/dinas pendidikan merencanakan pembangunan infrastruktur terkait perubahan yang sejalan dengan evolusi pedagogi. Ruang kreatif diidentifikasi di semua sekolah dan pengaturan sumber daya yang sesuai. Kebutuhan sumber daya bervariasi dan berdampak pada siswa dengan cara berbeda tergantung pada usia dan tahap perkembangan mereka. Pertimbangan utama adalah kreativitas siswa harus dipupuk jika memungkinkan dan tidak terpengaruh secara negatif karena ketersediaan atau sumber dan fasilitas *STEM Learning*.
7. Sekolah dan pengaturan pembelajaran dan perawatan awal terus bekerja menjadikan *STEM Learning* sebagai fitur terintegrasi dari pengajaran, pembelajaran, dan penilaian. Pendidikan *STEM* merupakan fitur terintegrasi dari pengalaman belajar, belajar, dan penilaian siswa. Para pemimpin di sektor ini harus mempromosikan integrasi pendekatan *STEM* yang bermakna sebagai komponen yang melekat dalam praktik sehari-hari.
8. Kebutuhan mencipta kegiatan pendukung *STEM Learning* yang efektif dan pengalaman *STEM* yang positif bagi siswa. Siswa berpartisipasi aktif dalam tugas penemuan, inkuiri dan eksplorasi, atau semua pendekatan yang mengembangkan pola pikir *STEM*. Pendidik memastikan bahwa kecenderungan-kecenderungan tersebut, yang semuanya terjadi secara alami dan melimpah pada siswa, diberi kesempatan berkembang dan tumbuh. Untuk mencapai itu, kita perlu menyadari faktor-faktor lain yang berdampak negatif pada pengalaman belajar siswa.
9. Panduan kebijakan tambahan di bidang pendidikan *STEM* yang efektif di sektor pembelajaran harus dikembangkan. Bimbingan kebijakan dan

keterlibatan sekolah dengan mitra dan pemangku kepentingan yang relevan dalam bidang *STEM Learning* yang efektif diperlukan untuk menerapkan strategi untuk mewujudkan tujuan yang ditetapkan.

Berdasarkan penjelasan di atas; *STEM Learning* melibatkan kemampuan kognitif kompleks. Oleh karena itu, peran tanggung jawab dari pendidik kreatif, pimpinan sekolah, pemerintah, maupun dunia industri sangat diperlukan untuk memaksimalkan *STEM Learning* di sekolah.





# ***AUTONOMY BASED STEM LEARNING:*** **PENDEKATAN PEMBELAJARAN ABAD 21**

Setiap siswa termasuk individu yang unik. Tidak peduli, mereka merasa mampu atau tidak, rajin atau malas, kaya atau miskin, religius atau tidak, dari desa atau kota; mereka datang ke sekolah berharap belajar menjadi pribadi yang sukses dalam hidup dan berkarir di masa depan. Oleh karena itu, apapun kondisi siswa, pendidik harus mampu memilih strategi pembelajaran *STEM* sesuai tingkat kesiapan pendidik, kesiapan/bekal awal siswa, dan kesiapan sarana prasarana di sekolah. Pembelajaran *STEM* terbaik adalah pembelajaran yang membuat siswa senang belajar dan menguasai kompetensi *STEM* yang diajarkan. Pendidik dapat mempertimbangkan tingkatan otonomi siswa dalam memilih strategi/model pembelajaran *STEM* yang terbaik. Dengan demikian; *Autonomy Based STEM Learning* diyakini bisa menjadi model alternatif untuk membudayakan literasi *STEM* dan kompetensi abad 21 di sekolah.

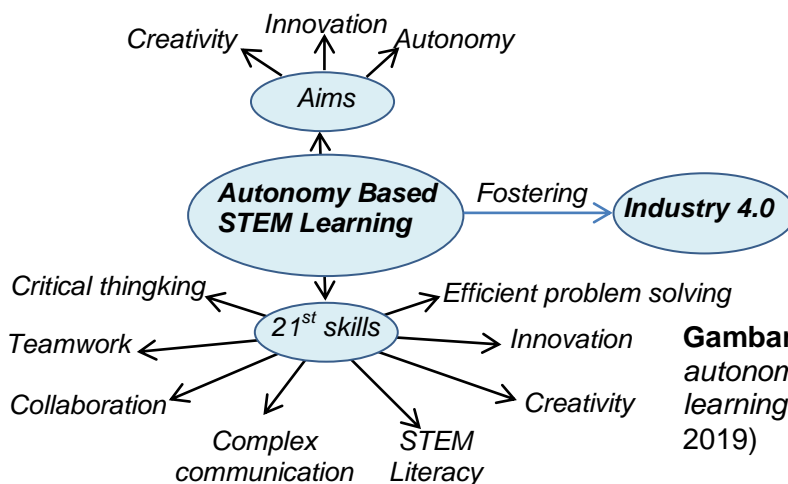
## A. Konsep *Autonomy Based STEM Learning*

Otonomi dimaknai dengan berdiri sendiri, atau kelompok sosial yang memiliki hak dan kekuasaan menentukan arah tindakan sendiri (KBBI, 2021). Dalam *Oxford Learners' Dictionaries*; otonomi adalah kemampuan individu dalam bertindak dan membuat keputusan tanpa dikendalikan orang lain. Siswa dikatakan otonom ketika memiliki kemandirian dalam belajar atau pembelajaran mandiri (Masouleh & Jooneghani, 2012). Para peneliti sepakat bahwa tujuan akhir pembelajaran adalah menghasilkan individu otonom (Wang *et al.*, 2016; Wang & Wang, 2016). Selanjutnya; Howe & Jones (1993, p.87) dalam bukunya yang berjudul "*Engaging Children in Science*" berusaha mengenalkan gagasan tentang tujuan pembelajaran sains, yaitu mengembangkan otonomi pebelajar dan pemikir. "*Autonomy is related to science and science teaching because science demands that everyone thinks for him or herself. Science includes facts and theories, but its real essence is the ability to consider evidence, and draw a conclusion, and that ability requires independent, or autonomous, thinking*". Sementara itu, *STEM learning* dapat dimaknai sebagai suatu pendekatan belajar mengajar yang mengintegrasikan bidang keilmuan sains, teknologi, enjiniring, dan matematika (Hasanah, 2020). *STEM lerning* termasuk suatu pendekatan pembelajaran baru yang mengintegrasikan bidang *S-T-E-M* untuk memecahkan masalah kehidupan sehari-hari (Firman, 2015). Siswa dibekali keterampilan abad 21 sehingga disiapkan menjadi pribadi kreatif, inovatif, dan mandiri dalam mendukung era industri 4.0 (Idin, 2019).

Berdasarkan penjelasan di atas; *Autonomy Based STEM Learning* dapat dimaknai sebagai pendekatan pembelajaran yang mengintegrasikan bidang sains, teknologi, enjiniring, dan matematika untuk menyiapkan generasi kreatif, inovatif, dan mandiri di era industri 4.0. Dalam buku ini, *Autonomy Based STEM Learning* bukan sebuah model pembelajaran, namun pendekatan pembelajaran *STEM* yang memperhatikan tingkatan otonomi (kemandirian) siswa dalam belajar.

## B. Tujuan Pembelajaran

Seperti halnya *STEM Learning*, tujuan *Autonomy Based STEM Learning* adalah meningkatkan kompetensi abad 21 yang menunjang industri 4.0. Tujuan pembelajarannya disajikan pada Gambar 2.1.



**Gambar 2.1** Tujuan *autonomy based STEM learning* (Adaptasi Idin, 2019)

Gambar 2.1 menunjukkan tujuan *autonomy based STEM learning* adalah membekali siswa dengan keterampilan abad 21 seperti disajikan di Tabel 2.1.

**Tabel 2.1** Keterampilan abad 21

Keterampilan abad 21		Indikator
Kreativitas dan inovasi	4CS	<ul style="list-style-type: none"> <li>Berpikir secara kreatif</li> <li>Bekerja kreatif dengan lainnya</li> <li>Mengimplementasikan inovasi</li> </ul>
Berpikir kritis dan pemecahan masalah		<ul style="list-style-type: none"> <li>Penalaran efektif</li> <li>Menggunakan sistem berpikir</li> <li>Membuat penilaian dan keputusan</li> <li>Memecahkan masalah</li> </ul>
Komunikasi dan kolaborasi		<ul style="list-style-type: none"> <li>Berkomunikasi secara jelas</li> <li>Berkolaborasi dengan orang lain</li> </ul>
Keterampilan menggunakan TIK	ICTS	<ul style="list-style-type: none"> <li>Mengakses dan mengevaluasi informasi</li> <li>Menggunakan dan menata informasi</li> <li>Menganalisis dan menghasilkan media</li> <li>Mengaplikasikan teknologi secara efektif</li> </ul>
Keterampilan hidup dan berkarir	Charakter building	<ul style="list-style-type: none"> <li>Menunjukkan sikap ilmiah (hasrat ingin tahu, jujur, teliti, terbuka dan penuh kehati-hatian)</li> <li>Menunjukkan penerimaan terhadap nilai moral yang berlaku di masyarakat</li> </ul>
	Spiritual values	<ul style="list-style-type: none"> <li>Menghayati konsep ke-Tuhanan melalui IPA</li> <li>Menginternalisasikan nilai spiritual dalam kehidupan</li> </ul>

Indonesian Partnership for 21 Century Skill Standard (Ariyana *et al.*, 2018)

Dengan dibekali keterampilan abad 21; siswa disiapkan menjadi pribadi yang kreatif, inovatif, dan mandiri dalam menyelesaikan masalah kehidupan nyata. Kesiapan keterampilan abad 21 siswa sangat penting untuk mendukung Sistem Industri 4.0 yang berkualitas tinggi. Dalam hal ini, sekolah memfasilitasi siswa dalam menerapkan proses berpikir *STEM* untuk membangun konsep dan membuat rekayasa produk-produk baru di bidang *STEM*. Dengan demikian, siswa disiapkan untuk sukses dalam hidup dan berkarir di era industri 4.0.

## C. Perencanaan Pembelajaran

Perencanaan pembelajaran merupakan pintu gerbang kesuksesan dalam belajar. Melalui perencanaan pembelajaran yang tepat, pendidik kreatif bisa mengantisipasi masalah yang akan dihadapi, membuat proses pembelajaran lebih sistematis, dan dapat diprediksi keberhasilan yang akan dicapai.

### 1. Pertimbangan dalam Mengajar

Dalam merencanakan *autonomy based STEM learning*, ada beberapa pertimbangan dalam mengajar seperti disajikan di bawah ini.

- a. Memahami konten *STEM* pada materi yang akan diajarkan. Bagi pendidik kreatif, penguasaan materi ajar menjadi prasyarat dasar untuk bisa transfer pengetahuan ke siswa. Pendidik harus pandai memilih dan memilah materi yang wajib diajarkan (sesuai tuntutan kurikulum) dan materi yang tidak wajib diajarkan (pengayaan). Hingga saat ini, kurikulum sains umumnya ditekankan pada penguasaan sains dan matematika, sehingga pendidik pada umumnya kesulitan mengidentifikasi enjiniring dan teknologinya. Oleh karena itu, pendidik perlu mengkaji berbagai sumber informasi yang relevan untuk menemukan hubungan antara bidang *STEM* dengan materi yang akan diajarkan.
- b. Memahami karakteristik siswa sebagai individu yang unik. Siswa datang ke sekolah bukanlah berarti belum memiliki pengetahuan. Mungkin ada siswa yang belum memiliki bekal awal *STEM*, hanya salah satu bidang yang

dikuasai, mungkin ada beberapa bahkan bisa saja semua sudah dikuasai siswa dengan baik. Bekal pengetahuan awal ini biasanya diperoleh siswa dari pengalaman belajar sebelumnya, hasil interaksi dengan orang lain maupun lingkungannya. Adanya perbedaan bekal *STEM* awal tersebut, bisa dikatakan bahwa siswa memiliki tingkat otonomi *STEM* yang berbeda-beda, sehingga pendidik kreatif harus bisa memilih pembelajaran *STEM* yang tepat untuk mencapai tujuan pembelajaran yang ditetapkan. Adapun tingkatan otonomi *STEM* siswa disajikan pada Tabel 2.2.

**Tabel 2.2** Klasifikasi tingkatan otonomi *STEM* siswa

Bekal Awal	Tingkatan Otonomi		
	I	II	III
Sains	Rendah	Sedang	Tinggi
Teknologi	Rendah	Sedang	Tinggi
Enjiniring	Rendah	Sedang	Tinggi
Matematika	Rendah	Sedang	Tinggi

Tabel 2.1 memperlihatkan tingkatan otonomi (kemandirian) *STEM* siswa dalam belajar. Kenyataannya, bisa saja bekal *STEM* awal siswa tidak seperti Tabel 3.1. Misalnya bekal sains dan matematika awalnya sedang, namun teknologi dan enjiniringnya masih rendah. Dalam hal ini, pemilihan *STEM Learning* perlu mempertimbangkan tujuan utama pembelajaran yang ingin dicapai. Jika tujuan utamanya adalah sains dan matematika, maka siswa pada tingkat otonomi 2, sebaliknya, jika tujuan utama adalah enjiniring dan teknologi, maka siswa berada pada otonomi 1.

- c. Karakteristik sekolah. John Dewey (Arends, 2012) memandang sekolah seharusnya mencerminkan masyarakat yang lebih besar dan kelas sebagai laboratorium untuk memecahkan masalah kehidupan sehari-hari. Dalam hal ini, sekolah seharusnya mampu memfasilitasi sarana dan prasarana *STEM* agar siswa dapat berpartisipasi aktif dalam tugas-tugas *STEM* berorientasi masalah/proyek dan membantu mereka mengembangkan pemikiran *STEM*-nya dalam upaya membangun konsep maupun rekayasa produk.

Ketersediaan sarana prasarana termasuk salah satu logistik penting dalam *STEM Learning*. Sarana prasana laboratorium menunjang proses inkuiri dan rekayasa produk. Selain itu, sarana prasarana penunjang seperti Teknologi Informasi Komputer (TIK), jaringan listrik, internet, dan media aplikasi/pendidikan mendukung implementasi teknologi dan enjiniring dalam pembelajaran sains. Melalui TIK; materi-materi sains yang sulit diamati langsung dengan indera manusia (materi abstrak), dengan mudah bisa diajarkan melalui simulasi, *augmented reality*, *virtual reality*, atau aplikasi lainnya.

Namun demikian, **keterbatasan sarana prasarana di sekolah**, bukan alasan bagi pendidik untuk tidak mengajarkan *STEM* dengan baik. Pendidik harus kreatif dalam memikirkan berbagai alternatif solusi untuk mengatasi masalah pembelajaran di kelas, termasuk keterbatasan sarana prasarana. Jika sarana prasara laboratorium maupun TIK tidak ada, pendidik perlu memikirkan alternatif solusinya, misalnya membuat peralatan dari bahan yang ada di lingkungan sekitarnya atau meminjam sekolah lain. Namun jika inkuiri tetap tidak memungkinkan; pendidik masih bisa mengajarkan *STEM* melalui diskusi ilmiah, mengkaji berbagai sumber informasi yang relevan, atau merekayasa produk dalam bentuk gagasan ilmiah dan gambar desain.

- d. Alokasi Waktu. Pada pembelajaran berpusat pada pendidik, kita masih memungkinkan untuk mengontrol alokasi waktu pembelajaran. Namun pada pembelajaran berpusat pada siswa, kecepatan aktivitas *STEM* siswa dipengaruhi oleh berbagai faktor, diantaranya bekal *STEM* awal, tingkat kesulitan materi, jumlah dan kualitas sarana prasarana pendukung, dan peran tanggung jawab kreatif siswa sendiri. Oleh karena itu, pendidik perlu memetakan alokasi waktu dalam 1 semester agar *STEM Learning* yang dipilih bisa mencapai tujuan pembelajaran secara efektif dan efisien.
- e. Jumlah siswa. Jumlah siswa sangat mempengaruhi pengelolaan kelas dan diskusi kelompok. Jumlah siswa/rombongan belajar telah ditetapkan dalam Permendikbud Nomor 22 Tahun 2016, yaitu 28 siswa (SD/MI), 32 siswa

(SMP/MTS), 36 siswa (SMA/MA/SMK), 5 siswa (SDLB), dan 8 siswa (SMPLB/ SMALB). Jumlah ini memungkinkan pendidik untuk menerapkan *STEM Learning* tingkat II dan III. Jika ukuran kelas terlalu besar atau jumlah siswa banyak, pendidik merasa kesulitan mengelola kelas dan mengontrol alokasi waktu. Oleh karena itu, *STEM Learning* tingkat I dirasa lebih efektif dan efisien untuk mencapai tujuan kurikulum, meskipun masih ditemukan beberapa kelemahan lainnya, misalnya tingkat kreativitas dan kemandirian siswa dalam belajar.

## 2. Merencanakan Pembelajaran

### a. Menetapkan Sasaran dan Indikator Pembelajaran

Penetapan sasaran memperhatikan kurikulum yang berlaku di sekolah, misalnya kita mengajar kelas IX IPA SMP pada materi fluida statis. Sedangkan, penetapan Indikator Pencapaian Kompetensi (IPK) harus mempertimbangan karakteristik materi ajar, siswa, sekolah, maupun tuntutan kurikulum. Langkah-langkah penetapan IPK sebagai berikut:

- 1) Menganalisis KI/KD, KD adalah penjabaran dari KI. KD berisi pengetahuan, keterampilan, dan sikap minimal yang harus dicapai siswa sebagai penanda telah menguasai kompetensi yang telah ditetapkan. Dalam analisis KI/KD, pendidik disarankan mengidentifikasi KD yang sudah ditetapkan dalam Permendikbud No 21 Tahun 2016. **KD tidak boleh kita kurangi, namun kita bisa menambah KD** untuk pengembangan wawasan siswa, terutama terkait teknologi dan enjiniringnya.
- 2) Menyusun IPK-*STEM*, IPK menjadi penanda pencapaian KD yang ditandai oleh perubahan perilaku siswa yang dapat diukur mencakup ranah sikap, pengetahuan, dan keterampilan. Tahapan menyusun IPK-*STEM*, yaitu:
  - a) Setelah KD teridentifikasi, pendidik perlu melakukan analisis materi ajar bermuatan *STEM* mencakup: (a) materi terkini/lingkungan, materi ini sedang menjadi topik pembicaraan atau berkaitan dengan lingkungan sekitar yang relevan dengan KD; (b) materi interdisipliner, materi memiliki

konsep/prinsip terkait dengan kompetensi/materi mata pelajaran lainnya;  
 (3) materi transdisipliner, materi memiliki konsep/prinsip terkait dengan penerapannya dalam kehidupan nyata.

- b) Membuat *crosscutting concept*, yaitu konsep-konsep yang menjembatani batasan-batasan di bidang sains, matematika, enjiniring, dan teknologi. Hal ini untuk bisa memfasilitasi siswa agar mengembangkan pemahaman sains dan enjiniring secara kumulatif, koheren, dan bermanfaat. Format *coscutting concept* disajikan pada Tabel 2.3.

**Tabel 2.3** Format *crosscutting concept*

Konsep KD yang Melingkupi Materi	
<b>Sains</b> Konsep sains yang terdapat dalam KD	
<b>Enjiniring</b> Deskripsi konsep yang mungkin untuk per kayakasaan	<b>Teknologi</b> Deskripsi konsep itu dikembangkan menjadi teknologi (temuan baru, rancang bangun ulang, atau bentuk inovasi)
<b>Matematika</b> Alat berpikir untuk memecahkan masalah sains dan teknologi	
Deskripsi apa yang akan dihitung dengan matematika	Rumus/persamaan yang digunakan

- c) Berdasarkan hasil *crosscutting concept*, kita menyusun IPK-STEM. Setiap IPK-STEM tersusun dari **kata kerja operasional** dan **uraian materi pokok** pada STEM. Kata kerja menunjukkan perubahan perilaku siswa yang diharapkan terjadi selama atau setelah mempelajari uraian materi pokok. Kata kerja dalam IPK harus operasional, artinya dapat diobservasi, dikerjakan, dan diukur atau disusun instrumen penilaiannya. IPK kalau bisa disusun berdasarkan aspek sikap spiritual, sikap sosial, pengetahuan dan keterampilan; di mana aspek STEM bisa dimasukkan pada ranah pengetahuan atau keterampilan.



b. Merancang tugas *STEM* beserta Logistiknya

*Autonomy based STEM learning* melibatkan proses kognitif kompleks. Proses kognitif kompleks ini diperlukan untuk mengubah atau menggunakan pengetahuan dan keterampilan menjadi produk kreatif (Eggen & Kauchak, 2013). Tugas-tugas *STEM* harus melibatkan proses kognitif kompleks siswa. Beberapa alternatif tugas *STEM* beserta logistiknya disajikan pada Tabel 2.4.

**Tabel 2.4** Alternatif tugas-tugas *STEM* beserta logistiknya

<b>Tugas-tugas <i>STEM</i></b>		<b>Logistik</b>
<b>Membangun konsep</b> sains dan matematika	<b>Pengamatan:</b> pengajuan pertanyaan ilmiah, prediksi jawaban, merancang tabel data dan prosedur pengamatan, proses pengamatan, analisis data dan menarik simpulan.	LKS, alat dan bahan pengamatan
	<b>Eksperimen/percobaan:</b> rumusan masalah, rumusan hipotesis, identifikasi variabel, definisi operasional variabel, merancang tabel data dan prosedur percobaan, proses percobaan, analisis data dan menarik simpulan	LKS, alat dan bahan eksperimen
	<b>Diskusi ilmiah:</b> isu-isu sains/teknologi terkini, disajikan data-data ilmiah (diambil dari lembaga <i>STEM</i> ) atau siswa menemukan data melalui kajian sumber informasi, analisis dan menarik simpulan.	LKS, TIK, jaringan listrik, dan internet
<b>Aplikasi</b> sains dan matematika dalam rekayasa produk dan teknologi	<b>Gambar desain produk:</b> masalah, mendesain gambar produk, menuliskan nama bagian-bagiannya (cantumkan nilai besaran) dan fungsinya	LKS, TIK, jaringan listrik dan internet
	<b>Miniatur produk:</b> masalah, merancang alat dan bahan, membuat miniatur (misalnya jembatan, kapal, bangunan, dan lain-lain) dengan ukuran matematika yang logis	LKS, alat dan bahan, TIK, jaringan listrik dan internet
	<b>Produk teknologi:</b> masalah, merancang dan membuat produk (misalnya: bahan ajar, media, alat peraga, produk seperti hidroponik, dan lain-lain), jika memungkinkan diuji coba dan evaluasi	LKS, alat dan bahan, TIK, jaringan listrik dan internet

Pada Tabel 2.4; tugas-tugas *STEM* bisa dalam bentuk tugas terstruktur yang disiapkan untuk melatih informasi dan prosedur dasar *STEM* siswa pada otonomi I secara tahap demi tahap. Tugas *STEM* pada otonomi I dan II memiliki kesamaan; namun pembelajaran semula berpusat pada pendidik bergeser menjadi pembelajaran berpusat pada siswa. Siswa dibimbing bekerja kelompok untuk menyelesaikan masalah sesuai prosedur yang diberikan. Masalah dan prosedur *STEM* disajikan sebagai **scaffolding**, yaitu bantuan kepada siswa agar memiliki inspirasi dan wawasan dalam menyelesaikan tugas-tugas *STEM*. Sedangkan, pada otonomi III; kita bisa menyiapkan tugas-tugas *STEM* yang tidak terstruktur. Pada otonomi ini, siswa sudah memiliki kemandirian dalam menyelesaikan tugas-tugas *STEM*. Tugas pendidik kreatif, hanya menyajikan *ill defined problem* atau topik tertentu, kemudian siswa diberi kesempatan berkolaborasi, berkreasi dan berinovasi dalam merancang tugas-tugas *STEM*nya sendiri. Jika memungkinkan, dilanjutkan proses uji coba, analisis data dan evaluasi. Dengan demikian, perencanaan tugas *STEM* yang tepat menjadi pintu gerbang untuk kesuksesan siswa dalam belajar.

## D. Pelaksanaan Pembelajaran

Perlu kita ingat kembali; *Autonomy Based STEM Learning* bukan model pembelajaran, namun pendekatan *STEM Learning* yang memperhatikan tingkat otonomi siswa dalam belajar. Jadi, langkah-langkah pembelajarannya adalah integrasi pendekatan *STEM* dalam sintaks model pembelajaran inovatif berbasis otonomi (Suyidno *et al.*, 2020) pada Tabel 2.5.

**Tabel 2.5** Pembelajaran kreatif berbasis otonomi

	<b>Level I</b>	<b>Level II</b>	<b>Level III</b>
<i>Goal for Pupils</i>	<i>Learn and practice procedures Receive and remember information Learn behavior standards</i>	<i>Make procedures automatic Learn from direct experience Internalize behavior standards</i>	<i>Devise procedures Design, carry out learning experiences Plan and work cooperatively in group</i>

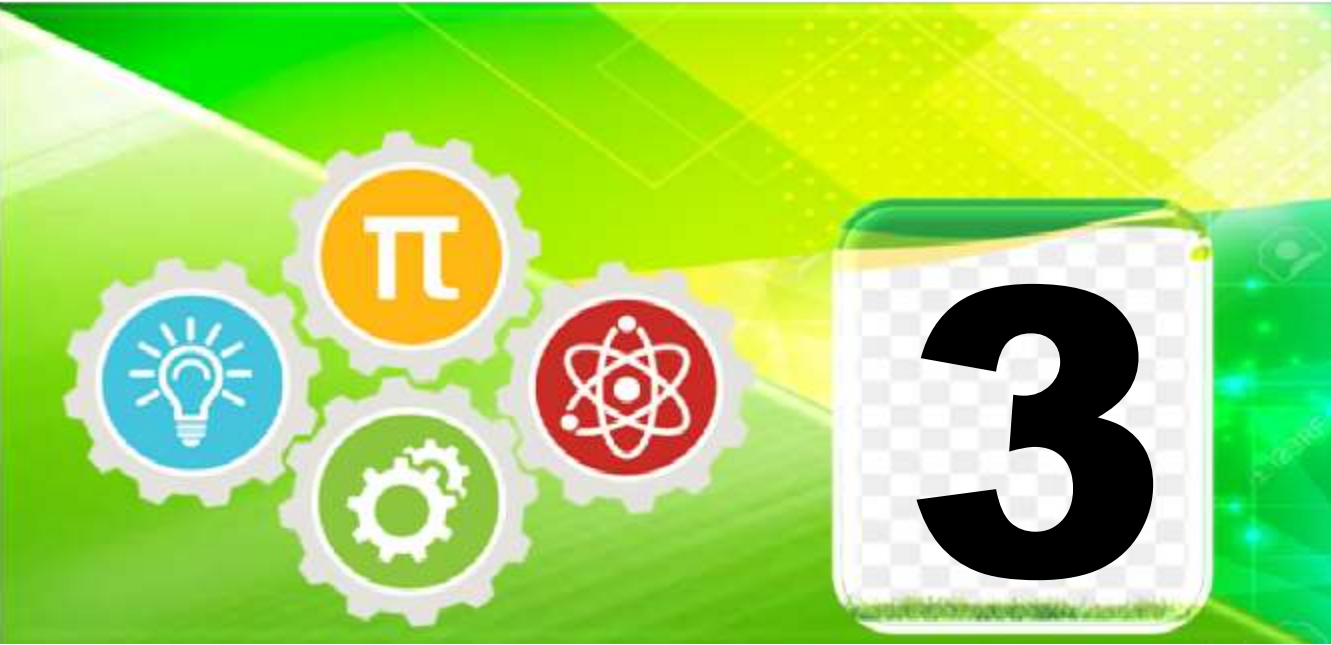
Lanjutan Tabel 2.5.

	<b>Level I</b>	<b>Level II</b>	<b>Level III</b>
<i>Type of Instruction</i>	<i>Direct Instruction</i>	<i>Inquiry, guided discovery, and cooperative</i>	<i>Problem based learning, project based learning</i>
<i>Role of Pupil</i>	<i>Follow directions Answer teacher's questions Maintain expected behavior</i>	<i>Participate in learning activities Ask questions, listen to others Take responsibility for own behavior</i>	<i>Plan and participate in learning activities Devise questions to answer by investigation Take responsibility for group behavior carry through</i>
<i>Role of Teacher</i>	<i>Provide information, guide practice Determine pacing and timing Set &amp; enforce behavior standards</i>	<i>Provide and guide learning experiences Ask questions, keep on task Allow for more student responsibility</i>	<i>Motivate pupils Monitor progress Assist with practical problems Monitor cooperative group behavior</i>

(Howe & Jones, 1993)

Berdasarkan Tabel 2.5; *autonomy based STEM learning* dibagi dalam tiga tingkatan otonomi. **Tingkat otonomi I** adalah tingkatan terendah dalam klasifikasi, pendidik dapat menerapkan pendekatan *STEM* melalui pengajaran langsung dan inkuiri terstruktur untuk mengajari informasi atau prosedur dasar *STEM* secara tahap demi tahap. **Tingkat otonomi II**, ketika siswa cukup menguasai informasi dasar dan prosedur *STEM* dengan baik; kita bisa menerapkan pembelajaran berpusat pada siswa. Pada otonomi ini; kita bisa mengintegrasikan pendekatan *STEM* melalui pembelajaran inkuiri/penemuan terbimbing maupun pembelajaran kooperatif. Melalui model tersebut, pendidik membimbing siswa agar belajar berdasarkan pengalaman langsung dan menginternalisasikan standar perilakunya sendiri. Selanjutnya; tingkat tertinggi adalah **Otonomi III** sebagai realisasi pandangan konstruktivisme. Pendidik bisa

mengintegrasikan pendekatan *STEM* melalui pembelajaran berbasis masalah/proyek, dan *creative responsibility based learning*. Pada otonomi ini, siswa difasilitasi sebagai pembelajar yang kreatif, inovatif, dan otonom (mandiri) dalam mengaplikasikan berpikir *STEM* dalam membangun konsep maupun rekayasa produk untuk memecahkan masalah kehidupan nyata. Kajian lebih lanjut mengenai model-model pembelajaran inovatif dalam *autonomy based STEM learning* akan diuraikan pada bab-bab selanjutnya.



## ***AUTONOMY BASED STEM LEARNING:*** **TINGKAT OTONOMI I**

Ketika siswa datang ke sekolah, mereka pastinya memiliki bekal awal yang berbeda-beda dipengaruhi oleh pengalaman belajar sebelumnya atau lingkungan sosial mereka. Jika bekal *STEM* awal siswa sudah baik, kita mudah menerapkan pembelajaran berpusat pada siswa. Sebaliknya; jika bekal *STEM* awal masih rendah, siswa akan kesulitan mengikuti pembelajarannya. Ketika bekal *STEM* awal masih rendah; siswa dapat dikategorikan dalam **tingkat otonomi 1**, yaitu tingkat terendah dalam klasifikasi. Dalam kondisi ini, pendidik menerapkan *Autonomy Based STEM Learning* tingkat I, yaitu pembelajaran berpusat pada pendidik. Pendidik dapat mengintegrasikan *STEM* melalui pengajaran langsung atau inkuiri terstruktur untuk melatih pengetahuan dan prosedur dasar *STEM* secara tahap demi tahap. Dalam hal ini, pendidik memiliki tanggung jawab penuh pada setiap keputusan pengajaran. Pendidik mengontrol sumber dan arus informasi *STEM*, sehingga siswa sedikit terlibat atau bahkan tidak terlibat sama sekali dalam menentukan isi, metode, dan prosedur pengajaran *STEM*.

## **A. Pengajaran Langsung Dipadu STEM**

### **1. Pengertian Pengajaran Langsung Dipadu STEM**

Sampai kapanpun, pengajaran langsung diyakini sebagai sebuah model pembelajaran yang paling populer dikalangan pengajar dan paling sering diterapkan dalam praktek pengajaran di kelas. Pengajaran langsung dapat digunakan untuk melatih kompetensi apa saja, termasuk kompetensi abad 21. Karena pada hakikatnya, setiap kompetensi melibatkan informasi dan atau prosedur dasar yang harus dikuasai siswa terlebih dahulu, sebelum diterapkan pembelajaran berpusat pada siswa.

Pengajaran langsung berprinsip pada psikologi perilaku dan teori belajar sosial, khususnya teori pemodelan (modelling). Menurut Bandura (Arends, 2012); belajar yang dialami individu sebagian besar diperoleh dari pemodelan, yaitu meniru perilaku dan pengalaman (keberhasilan dan kegagalan) orang lain. Agar belajar dari model berjalan efektif, pendidik perlu melaksanakan 4 tahapan belajar, yaitu: (1) tahap perhatian; siswa memberikan perhatian pada model. Dalam hal ini, pendidik yang bertindak sebagai model bagi siswanya harus dapat menjamin agar siswa memberikan perhatian kepada bagian-bagian penting dari pelajaran yang disajikan. Pendidik menyajikan materi pelajaran secara jelas dan lebih menarik, memberikan penekanan pada bagian-bagian terpenting, atau dengan mendemonstrasikan suatu kegiatan; (2) tahap retensi; siswa bertanggung jawab atas pengkodean tingkah laku model dan menyimpan kode-kode itu di dalam ingatan (memori jangka panjang). Proses retensi yang penting adalah pengulangan. Baik pengulangan secara mental (pengulangan tertutup), yaitu siswa membayangkan dirinya sedang melakukan tingkah laku model; maupun pengulangan secara motorik (pengulangan terbuka), yaitu siswa melakukan tindakan yang kasat mata; (3) tahap produksi; pendidik mengecek apakah komponen-komponen suatu urutan tingkah laku telah dikuasai oleh siswa. Pada fase ini, siswa dapat menampilkan sesuatu yang telah dimodelkan dan model memberikan umpan balik baik pada aspek yang sudah benar, dan yang lebih penting lagi adalah ditujukan pada aspek yang masih salah dari penampilan; dan (4) tahap motivasi; siswa meniru model

ketika mereka merasa mampu berbuat layaknya model, mereka akan memperoleh penguatan. Penguatan terbaik karena berasal dari motivasi dalam diri sendiri. Fase ini bisa berupa pujian atau nilai bagi yang dapat melakukan seperti yang dilakukan model (pendidik).

Pengajaran langsung dipadu *STEM* termasuk pembelajaran berpusat pada pendidik, artinya pendidik memegang kendali penuh atas pengelolaan pengajaran *STEM* dan tingkat otonomi siswa masih rendah (Eggen & Don, 2016; Howe & Jones, 1993; Idin, 2019). Pada otonomi I, peran pendidik penting sekali untuk mendemonstrasikan pengetahuan dan presentasi prosedur dasar *STEM* secara tahap demi tahap. Meskipun peran pendidik sangat dominan, namun bukan berarti pengajaran bersifat otoriter, dingin, dan tanpa humor. Pendidik harus tetap menjamin partisipasi aktif siswa melalui memperhatikan, mendengarkan, tanya jawab secara terstruktur, lingkungan berorientasi tugas, dan memberikan harapan tinggi agar hasil belajarnya baik.

## 2. Tujuan Hasil Belajar Siswa

Dalam pengajaran langsung dipadu *STEM*, tugas utama pendidik adalah membantu siswa menguasai **pengetahuan prosedural**, misalnya langkah-langkah melaksanakan inkuiri ilmiah (pengamatan/percobaan/diskusi ilmiah); menggunakan peralatan/media pembelajaran, dan rekayasa produk. Selain itu, kita perlu membantu menguasai **pengetahuan deklaratif**, yaitu pengetahuan tentang sesuatu (dapat diungkapkan dengan kata-kata), misalnya pengetahuan tentang inkuiri ilmiah beserta langkahnya, nama-nama bagian peralatan/media pembelajaran, rekayasa produk beserta penjelasannya, dan lain-lain. Dalam hal ini, siswa kita latih mengerjakan tugas-tugas *STEM* secara terstruktur dalam alokasi waktu yang cukup agar memiliki peluang keberhasilan yang tinggi.

Menghafal konsep, teori, prinsip/asas, hukum tertentu dalam bidang *STEM* merupakan contoh pengetahuan deklaratif sederhana (informasi faktual). Sedangkan, bagaimana mengoperasikan alat ukur/media, atau bagaimana

merekayasa produk merupakan contoh pengetahuan prosedural. Penguasaan pengetahuan prosedural dan deklaratif terdiri atas penguasaan kegiatan khusus dan kegiatan berurutan. Misalnya agar siswa terampil menggunakan neraca untuk mengukur massa, mereka memerlukan pengetahuan deklaratif tentang nama-nama bagian neraca Ohaus dan juga pengetahuan prosedural seperti bagaimana mengkalibrasi neraca, menggeser anak timbangan, dan membaca skala neraca.

### 3. Perencanaan dan Pelaksanaan Pengajaran

**Perencanaan Pengajaran.** Sebelum menerapkan pengajaran langsung dipadu *STEM*, pendidik mempersiapkan tiga hal di bawah ini.

#### a. Mengidentifikasi Topik

Setelah menetapkan sasaran belajar dan materi IPA yang akan diajarkan. Pendidik kreatif harus mengidentifikasi konsep-konsep *STEM* yang akan dilatihkan. Perlu dianalisis, materi yang akan diajarkan apakah mengandung pengetahuan dan atau keterampilan prosedural. **Pengetahuan *STEM*** berkaitan dengan konsep dan karakteristik *STEM*. **Contoh:** Definisi (sains, teknologi, enjiniring, dan matematika), karakteristik *STEM*, dan lain-lain. Selain itu, siswa perlu memahami pengetahuan akan berbagai prosedural dalam *STEM*. **Keterampilan prosedural** berkaitan dengan keterampilan menggunakan operasi kognitif berupa seperangkat operasi langkah demi langkah yang terstruktur dan hanya bisa dikembangkan melalui pelatihan. Contoh prosedural adalah langkah-langkah melaksanakan inkuiri, menggunakan peralatan sains/media pembelajaran, merekayasa produk, dan lain-lain.

#### b. Menentukan Tujuan Belajar

Penentuan tujuan belajar sangat penting dalam pengajaran langsung dipadu *STEM*. Tujuan akan tepat jika kita bisa melibatkan pengetahuan dan keterampilan prosedural siswa dalam literasi *STEM*. Mengingat, informasi dan prosedural dasar sebagai pondasi utama dalam mempelajari topik-topik



*STEM*. Jika pengetahuan konsep belum mantap, maka pondasi dasarnya menjadi tidak kokoh dan berakibat siswa merasa kesulitan menerapkan keterampilan prosedural *STEM* walaupun sudah dilatih dengan baik.

c. Menyiapkan Contoh dan Masalah

Pemberian contoh dan masalah berkaitan dengan *STEM* berperan penting dalam merangsang keterampilan awal siswa. Pemberian contoh sesuai konteks dapat membantu penanaman konsep yang bermakna. Adanya masalah berperan melatih dan menguji pemahaman konsep dan keterampilan prosedural dalam *STEM*. Masalah disajikan secara sistematis dimulai yang paling mudah dan secara bertahap menuju yang paling sulit.

**Pelaksanaan Pengajaran.** Setelah persiapan, pendidik dapat mendesain pembelajaran mengacu sintaks pengajaran langsung dipadu *STEM*. Sintaks ini menggambarkan aktivitas pendidik dalam menerapkan pengajaran langsung dipadu *STEM* untuk mencapai tujuan belajar yang ditetapkan seperti disajikan pada Tabel 3.1.

**Tabel 3.1** Sintaks pengajaran langsung dipadu *STEM*

<b>Fase</b>	<b>Perilaku Pendidik</b>
Menyampaikan tujuan dan memotivasi siswa.	Mengomunikasikan garis besar tujuan pelajaran <i>STEM</i> , informasi latar belakang, dan menyiapkan siswa untuk belajar.
Mendemonstrasikan pengetahuan dan keterampilan.	Mendemonstrasikan pengetahuan dan keterampilan prosedural <i>STEM</i> secara langkah demi langkah.
Latihan terbimbing.	Memberikan latihan awal
Mengecek pemahaman dan umpan balik.	Mengecek untuk mencari tahu apakah siswa melakukan tugas <i>STEM</i> dengan benar dan memberi umpan balik.
Pelatihan lanjutan dan transfer.	Mempersiapkan tugas <i>STEM</i> lanjutan dengan memusatkan perhatian pada transfer keterampilan ke situasi yang kompleks.

Adaptasi Arends (2012)

Berdasarkan Tabel 3.1; langkah-langkah pengajaran langsung dipadu *STEM* dapat diuraikan di bawah ini.

a. Menyampaikan tujuan dan memotivasi siswa

Pada awal pembelajaran, pendidik kreatif selalu mengawali dengan menyajikan motivasi untuk menarik perhatian siswa agar mereka tertarik dan terlibat dalam tugas-tugas *STEM*. Perhatian siswa menjadi kunci dari suksesnya pembelajaran; karena jika perhatian siswa berhasil didapat, maka tugas pendidik akan lebih mudah. Selanjutnya, pendidik menyiapkan siswa untuk belajar dengan menggali pengetahuan awalnya terkait materi prasyarat yang akan dipelajari. Pendidik mereshfresh ingatan siswa akan pembelajaran dan pengalaman belajar topik *STEM* sebelumnya; dengan menanyakan materi yang pernah dibahas atau kembali menceritakan aktivitas di pertemuan sebelumnya. Selain itu, pendidik perlu menyampaikan tujuan pembelajaran *STEM* yang akan dicapai siswa pada pertemuan ini.

b. Mendemonstrasikan pengetahuan dan keterampilan

Pengajaran langsung sangat berpegang teguh pada teori pembelajaran sosial Bandura, karena sebagian besar dari apa yang dipelajari manusia itu diperoleh melalui pengamatan pada orang lain. Belajar melalui pengamatan dapat melibatkan tiga langkah, yaitu atensi, retensi, dan produksi. Pendidik mengawali dengan menyajikan informasi/pengetahuan deklaratif, kemudian demonstrasi prosedur dalam *LKS-STEM* yang akan dikerjakan, misalnya: prosedur inkuiri, pemecahan masalah, diskusi ilmiah, menggunakan peralatan/media pembelajaran, atau rekayasa produk. Selain itu, pemberian contoh-contoh yang relevan juga diperlukan untuk memperkuat pemahaman siswa. Dengan demikian, demonstrasi dapat menghemat waktu karena dapat menghindarkan siswa dari belajar *trial and error*.

c. Latihan terbimbing

Beberapa hal yang perlu diperhatikan pendidik ketika merencanakan dan memberikan latihan terbimbing mengerjakan *LKS-STEM* di kelas, yaitu: (a) perhatian terhadap tahap awal latihan, biasanya siswa sering menggunakan teknik-teknik yang tidak benar dan ingin mengukur tingkat

keberhasilannya dalam mempelajari materi tersebut; (b) memberikan latihan singkat dan bermakna, jika prosedur *STEM*nya kompleks maka pada awal pelatihan perlu disederhanakan; (c) memberikan latihan-latihan hingga siswa menguasai konsep/prosedur, terutama keterampilan prasyarat untuk keterampilan berikutnya; dan (d) membimbing pelatihan lebih terutama pada keterampilan *STEM* yang penting bagi kinerja selanjutnya.

Pelatihan terbimbing kepada siswa sesuai dengan LKS-*STEM* yang diberikan. Siswa dibimbing menerapkan keterampilan prosedural mengacu LKS-*STEM* secara langkah demi langkah dan diberikan umpan balik. Pendidik membimbing pelatihan dibantu LKS-*STEM*. LKS-*STEM* yang baik untuk melatih siswa adalah LKS yang memiliki indikator capaian kompetensi *STEM* yang diharapkan.

d. Mengecek pemahaman dan memberikan umpan balik

Pendidik bisa mengajukan pertanyaan, kemudian siswa memberikan jawaban dan pendidik merespon jawaban dari siswa. Tanpa pemberian umpan balik, siswa tidak dapat memperbaiki kekurangannya dan tidak menguasai keterampilan *STEM*nya dengan benar. Pemberian umpan balik dilakukan dengan: (a) segera; (b) spesifik, (c) konsentrasi pada perilaku, bukan pada keinginan pendidik yang diinterpretasikan siswa, (d) sesuai tingkat perkembangan siswa, (e) memberikan penghargaan pada kinerja yang dianggap benar, (f) membantu memusatkan perhatian siswa pada proses bukan produk, dan (g) melatih cara memberikan umpan balik kepada dirinya sendiri dan bagaimana menilai keberhasilan kinerjanya sendiri. Umpan balik dapat menggunakan berbagai metode, seperti metode ceramah, diskusi, tanya jawab, dan lain-lainnya. Tanggapan/umpan balik pada siswa dapat membangkitkan semangatnya dalam belajar *STEM*. Siswa yang diberikan umpan balik akan merasa dihargai atas setiap kerja kerasnya dalam belajar dan berusaha memperhatikan penjelasan pendidik.

e. Pelatihan lanjutan dan transfer

Siswa diberikan kesempatan untuk menerapkan pengetahuan dan keterampilan baru yang diperolehnya untuk belajar topik *STEM* secara

mandiri. Melalui pelatihan mandiri, siswa dapat mentransfer pengetahuan dan prosedur *STEM* yang sudah dikuasai ke konteks yang baru. Tiga panduan umum untuk latihan mandiri meliputi: (a) tugas rumah sebagai latihan tugas *STEM* lanjutan atau persiapan pembelajaran selanjutnya; (b) melibatkan peran orang tua dalam membimbing anak di rumah; dan (c) memberikan umpan balik atas pekerjaan yang dilakukan siswa di rumah.

#### **4. Lingkungan Belajar**

Pengajaran langsung dipadu *STEM* memerlukan perencanaan dan pelaksanaan yang berhati-hati di pihak pendidik. Setiap kompetensi dilatihkan ke siswa pada hakikatnya melibatkan pengetahuan dan atau keterampilan prosedural. Berarti, pengajaran langsung dapat digunakan untuk melatih kompetensi apa saja. Misalnya kompetensi abad 21 seperti kreativitas. Belajar kreativitas melibatkan pengetahuan (konsep, indikator) dan prosedural (proses kreatif). Pendidik kreatif bisa memberikan pelatihan lanjutan dan tranfer; jika siswa sudah menguasai konsep dan prosedur dasar kreativitas (proses kreatif) dengan baik.

Agar pengajaran berlangsung efektif, pengajaran langsung dipadu *STEM* mensyaratkan tiap detil keterampilan atau isi konsep didefinisikan secara seksama. Demonstrasi dan jadwal pelatihan harus direncanakan dan dilaksanakan seksama. Pendidik memegang kendali penuh atas pengelolaan kelas untuk meminimalisir keributan di kelas. Keributan dapat mengganggu proses pengajaran langsung karena pembelajaran berpusat pada pendidik. Pendidik menjelaskan konsep dengan beberapa metode, seperti metode ceramah, tanya jawab, atau diskusi. Pendidik perlu memberikan alokasi waktu yang cukup kepada siswa untuk latihan keterampilan prosedural *STEM* dan berusaha membimbing siswa langkah demi langkah setelah memberikan contoh yang serupa.

## **B. Pengajaran Inkuiri Terstruktur Dipadu STEM**

### **1. Pengertian Pengajaran Inkuiri Terstruktur Dipadu STEM**

Inkuiri dalam bahasa Inggris adalah *inquiry*, berarti pertanyaan, atau pemeriksaan, penyelidikan. Inkuiri (penyelidikan) menurut *National Science Educational Standard* (Ismunandar *et al.*, 2013) mengacu pada kemampuan siswa untuk mengembangkan sendiri dan melakukan penyelidikan ilmiah serta memperoleh pemahaman mengenai sifat-sifat inkuiri ilmiah. Selain itu, inkuiri mengacu strategi-strategi pengajaran dan pembelajaran yang membuat konsep-konsep ilmiah yang dapat dikuasai melalui penyelidikan. Dengan istilah lain, inkuiri adalah berbagai aktivitas yang melibatkan proses pengamatan, bertanya, mengkaji berbagai sumber referensi, merencanakan penyelidikan, meninjau ulang apa yang diketahui dari bukti-bukti hasil percobaan sederhana, menggunakan alat bantu untuk mengumpulkan, menganalisis data dan menginterpretasikan data, mengajukan jawaban, memberi penjelasan dan perkiraan, serta mengomunikasikan hasil. Agar paham dan mampu beraktivitas inkuiri, siswa memerlukan pengalaman secara langsung dan praktek secara berkelanjutan dengan proses inkuiri. Siswa tidak akan memahami inkuiri hanya dengan mempelajari kata-kata seperti hipotesis dan kesimpulan, atau sekedar dengan mengingat langkah-langkah dalam metode ilmiah.

Pembelajaran inkuiri dipandang sebagai suatu proses dimana siswa terlibat aktif dalam pembelajaran, merumuskan pertanyaan, menginvestigasi secara luas, dan kemudian membangun pemahaman baru, pengertian dan pengetahuan (Handriani *et al.*, 2015). Pengetahuan ini bisa saja termasuk pengetahuan yang baru bagi siswa dan mungkin dapat digunakan untuk menjawab sebuah pertanyaan, mengembangkan solusi atau mendukung suatu keadaan atau pendapat (Alberta, 2004). Pada dasarnya, pembelajaran inkuiri dibagi dalam tiga tingkatan inkuiri (adaptasi Colburn, 2000), yaitu: (a) inkuiri terstruktur, pendidik menyediakan rumusan masalah, bahan, dan prosedur inkuiri, kemudian siswa bisa belajar secara tahap demi tahap menyelesaikan

masalah; (b) inkuiri terbimbing, pendidik hanya menyediakan bahan, rumusan masalah, dan prosedur inkuiri; kemudian pendidik membimbing siswa dalam bekerja tim melaksanakan prosedur inkuiri untuk menemukan solusi masalah; (3) inkuiri terbuka, siswa diberikan kesempatan merumuskan masalah dan mengembangkan prosedur inkuiri sendiri, melaksanakan proses pengumpulan data sesuai prosedur yang dibuatnya, kemudian menganalisis dan menarik simpulan yang tepat.

Salah satu tingkatan pembelajaran inkuiri yang masih menekankan pembelajaran berpusat pada pendidik adalah pengajaran inkuiri terstruktur. inkuiri terstruktur adalah pembelajaran penemuan yang dimodifikasi, dimana siswa menerima dan mendapatkan petunjuk-petunjuk untuk prosedur inkuiri yang digunakannya, kemudian mereka mengumpulkan data, mengorganisasi data, serta mendapatkan serangkaian pertanyaan yang mengantarkan solusi masalah (Harlen, 1992; Handriani *et al.*, 2015). Pendidik menyediakan tujuan pembelajaran, petunjuk, dan prosedur inkuiri tetapi tidak memberitahukan hasilnya; selanjutnya siswa diharapkan menemukan sendiri hubungan antar variabel maupun alternatif lainnya berdasarkan data yang dikumpulkannya (Colburn, 2000). Oleh karena itu, pengajaran inkuiri terstruktur dapat menjadi alternatif pilihan dalam *Autonomy Based STEM Learning* tingkat I; di mana kita mengintegrasikan *STEM* dalam pengajaran inkuiri terstruktur untuk melatih informasi dan prosedur dasar *STEM* secara tahap demi tahap.

## 2. Tujuan Hasil Belajar Siswa

Pengajaran inkuiri terstruktur dipadu *STEM* memiliki tujuan utama untuk membekali informasi dan prosedur dasar *STEM* yang diperlukan dalam inkuiri. Tugas utama pendidik adalah membantu siswa agar menguasai **prosedur inkuiri**, misalnya langkah-langkah melaksanakan proses inkuiri (pengamatan, percobaan, diskusi ilmiah); menggunakan peralatan/media pembelajaran, dan rekayasa produk. Selain itu, kita perlu membantu siswa agar menguasai

pengetahuan tentang inkuiri serta langkahnya. Dalam hal ini, siswa bisa kita latih mengerjakan tugas-tugas *STEM* melalui inkuiri secara terstruktur dalam alokasi waktu yang cukup agar memiliki peluang keberhasilan yang tinggi. Hasil belajar yang ingin dicapai adalah penguasaan hasil belajar berupa informasi dasar dan keterampilan procedural atau keterampilan melaksanakan inkuiri.

### 3. Perencanaan dan Pelaksanaan Pengajaran

Perencanaan dan pelaksanaan pengajaran mengacu pada sintaks inkuiri terstruktur dipadu *STEM*. Sintaks pengajaran dapat kita lihat pada Tabel 4.1.

Tabel 3.3 Sintaks pengajaran inkuiri terstruktur dipadu *STEM*

Sintaks	Aktivitas Pendidik
Orientasi masalah	Mengkondisikan siswa agar belajar <i>STEM</i> , menyajikan masalah, kemudian informasi dan prosedur <i>STEM</i> yang merangsang siswa untuk memecahkan masalah.
Merumuskan hipotesis	Melatih siswa merumuskan hipotesis yang relevan dengan masalah dan memastikan hipotesisnya dapat diselidiki.
Mengumpulkan data	Membagikan prosedur <i>STEM</i> (percobaan, pengamatan, mengkaji referensi, atau diskusi ilmiah), kemudian membimbing pengumpulan data berdasarkan prosedur yang diberikan
Menganalisis data	Membimbing mengorganisasikan, mengelompokkan, mengolah dan menganalisis data untuk membuktikan hipotesis yang diajukan
Menarik simpulan	Membimbing siswa dalam membuat kesimpulan

### 4. Lingkungan Belajar

Seperti halnya pengajaran langsung; pengajaran inkuiri terstruktur dipadu *STEM* juga memerlukan perencanaan dan pelaksanaan yang berhati-hati di pihak pendidik. Setiap kompetensi dilatihkan ke siswa melibatkan pengetahuan dan atau keterampilan prosedur inkuiri. Agar pengajaran tersebut berlangsung secara efektif, pendidik perlu menyajikan pengetahuan dan prosedur inkuiri secara seksama. Demonstrasi dan jadwal pelatihan inkuiri harus direncanakan dan dilaksanakan dengan seksama. Pendidik memegang kendali penuh atas

pengelolaan kelas untuk meminimalkan keributan di kelas. Keributan tersebut mengganggu proses pengajaran inkuiri terstruktur karena pembelajaran adalah berpusat pada pendidik. Pendidik menjelaskan konsep dengan beberapa metode, seperti metode ceramah, tanya jawab, atau diskusi. Pendidik perlu memberikan waktu yang cukup kepada siswa untuk memahami informasi dasar dan prosedural *STEM* dan berusaha membimbing siswa langkah demi langkah setelah memberikan contoh yang serupa.





# ***AUTONOMY BASED STEM LEARNING.***

## **TINGKAT OTONOMI II**

Pada Bab 3, kita dihadapkan pada kondisi siswa yang literasi *STEM*-nya masih rendah atau siswa pada **Tingkat Otonomi I**; maka pendidik kreatif perlu melatih informasi dan prosedural dasar *STEM* secara tahap demi tahap. Namun, jika siswa telah menguasai literasi *STEM* dengan cukup baik, mereka dapat dikatakan berada pada **Tingkat Otonomi II**. Dalam kondisi ini, pendidik mulai menerapkan pembelajaran berpusat pada siswa. Peran pendidik adalah membimbing siswa mengerjakan tugas *STEM* berdasarkan pengalaman sendiri dan belajar bekerja dengan orang lain. Prosedur *STEM* dibuat lebih otomatis dan siswa belajar berdasarkan pengalaman langsung dan menerapkan standar perilaku sendiri. Pada otonomi II, kita bisa mengintegrasikan pendekatan *STEM* dalam pembelajaran inkuiri/penemuan terbimbing dan kooperatif.

## **A. Pembelajaran Inkuiri Terbimbing Dipadu STEM**

### **1. Pengertian Pembelajaran Inkuiri Terbimbing Dipadu STEM**

Pada bab sebelumnya; telah dibahas pengertian inkuiri, aktivitas inkuiri, pembelajaran inkuiri, dan tingkatan dalam pembelajaran inkuiri. Kita ingat kembali; inkuiri adalah berbagai aktivitas yang melibatkan proses pengamatan, bertanya, mengkaji berbagai sumber referensi, merencanakan penyelidikan, meninjau ulang apa yang diketahui dari bukti-bukti hasil percobaan sederhana, menggunakan alat bantu untuk mengumpulkan, menganalisis data dan menginterpretasikan data, mengajukan jawaban, memberi penjelasan dan perkiraan, serta mengomunikasikan hasil. Pembelajaran inkuiri dapat dimaknai sebagai proses dimana siswa terlibat aktif dalam merumuskan pertanyaan, investigasi ilmiah, dan kemudian membangun pemahaman baru, pengertian dan pengetahuan (Handriani *et al.*, 2015). Selanjutnya; pembelajaran inkuiri dibagi dalam tiga tingkatan inkuiri (adaptasi Colburn, 2000), yaitu: (a) inkuiri terstruktur, pendidik menyediakan rumusan masalah, bahan, dan prosedur inkuiri, kemudian siswa belajar secara tahap demi tahap menyelesaikan masalah; (b) inkuiri terbimbing, pendidik hanya menyediakan bahan, rumusan masalah, dan prosedur inkuiri; kemudian siswa bekerjasama melaksanakan prosedur inkuiri untuk mencari jawaban permasalahannya; (3) inkuiri terbuka, siswa diberikan kesempatan merumuskan masalah dan mengembangkan prosedur inkuiri, melaksanakan pengumpulan data sesuai prosedur, analisis dan menarik simpulan yang diteliti.

Pembelajaran inkuiri yang menekankan pembelajaran berpusat pada pendidik adalah pengajaran inkuiri terbimbing dan inkuiri terbuka. Dalam *Autonomy Based STEM Learning* Tingkat II; pembelajaran inkuiri yang sesuai adalah inkuiri terbimbing. Inkuiri terbimbing bercirikan bahwa pendidik menentukan topik, rumusan masalah, dan materi belajar; sementara desain dan prosedur pembelajaran dapat dirumuskan bersama-sama oleh pendidik dengan siswa, kemudian analisis dan kesimpulan ditentukan oleh siswa. Inkuiri

terbimbing diterapkan pada siswa yang belum berpengalaman belajar melalui inkuiri bebas. Pendidik memberikan arahan dan bimbingan pada siswa dalam melakukan kegiatan-kegiatan sehingga siswa yang berpikir lambat (kurang cerdas) tetap mampu mengikuti kegiatan-kegiatan yang sedang dilaksanakan, dan siswa cerdas tidak memonopoli kegiatan. Dalam hal ini, pendidik memiliki kemampuan mengelola kelas yang bagus. Siswa didorong bertanya mengapa suatu peristiwa itu terjadi, kemudian beraktivitas sains untuk mencari jawaban, memproses data-data secara logis, kemudian mengembangkan strategi pengembangan intelektual untuk menemukan mengapa fenomena bisa terjadi.

## **2. Tujuan Hasil Belajar Siswa**

Pembelajaran inkuiri terbimbing dipadu *STEM* termasuk pembelajaran berpusat pada siswa. Karakteristik pembelajaran ini adalah: (a) siswa belajar aktif dan memikirkan sesuatu berdasar pengalaman; (b) siswa belajar dengan aktif membangun apa yang telah diketahuinya; (c) siswa mengembangkan kemampuan berpikir tingkat tinggi melalui petunjuk atau bimbingan pada proses belajar; (d) perkembangan siswa terjadi pada serangkaian tahap inkuiri; (e) siswa memiliki cara belajar yang berbeda satu sama lain; dan (f) siswa belajar melalui interaksi sosial dengan lainnya. Dengan demikian; tujuan utama pembelajaran inkuiri terbimbing dipadu *STEM* adalah membantu siswa menerapkan standar perilakunya sendiri dalam melaksanakan proses *STEM* untuk mencari dan menemukan konsep IPA. Tugas utama pendidik adalah menyajikan masalah dan prosedur *STEM*; kemudian membimbing siswa melaksanakan inkuiri sesuai prosedur yang diberikan, menganalisis data dan menarik simpulan untuk menemukan solusi masalah.

## **3. Perencanaan dan Pelaksanaan Pembelajaran**

Perencanaan dan pelaksanaan pembelajaran mengacu pada sintaks inkuiri terbimbing dipadu *STEM*. Sintaks pembelajaran tersebut dapat kita lihat pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Sintaks pembelajaran inkuiri terbimbing Dipadu *STEM*

Sintaks	Aktivitas Pendidik
Orientasi masalah	Mengkondisikan siswa untuk belajar <i>STEM</i> , kemudian menyajikan masalah yang merangsang berpikir <i>STEM</i> dalam memecahkan masalah.
Merumuskan hipotesis	Membimbing siswa untuk merumuskan hipotesis yang relevan dengan masalah dan memastikan hipotesis dapat diselidiki.
Mengumpulkan data	Membimbing pengumpulan data sebanyak-banyaknya, melalui percobaan, pengamatan, mengkaji referensi, atau diskusi ilmiah sesuai prosedur <i>STEM</i> yang diberikan.
Menganalisis data	Membimbing mengorganisasikan, mengelompokkan, mengolah dan menganalisis data untuk membuktikan hipotesis yang diajukan
Menarik simpulan	Membimbing siswa dalam membuat kesimpulan

## B. Pembelajaran Penemuan Terbimbing Dipadu *STEM*

### 1. Pengertian Pembelajaran Penemuan Terbimbing Dipadu *STEM*

Penemuan atau *invention* adalah suatu bentuk, komposisi materi, peranti, atau proses yang baru. Beberapa penemuan bisa didasarkan pada bentuk-bentuk, komposisi, proses, atau gagasan yang sudah ada sebelumnya. Sedangkan lainnya merupakan terobosan-terobosan yang mungkin untuk memperluas batas-batas pengetahuan atau pengalaman manusia, atau berupa *innovation* yang menjadi suatu terobosan.

Penemuan menuntut kreativitas yang sangat tinggi. Penemuan terjadi karena seseorang melihat apa yang telah dilihat oleh setiap orang, namun memikirkan apa yang tidak seorangpun pikirkan. Pikiran terbuka dengan rasa ingin tahu yang tinggi memungkinkan seseorang melihat apa yang sudah diketahui orang lain, bahkan menemukan sesuatu yang baru. Hal ini semua mengarah kepada kreativitas. Beberapa faktor pendukung munculnya penemuan-penemuan baru antara lain: (1) Kesadaran individu, yaitu seseorang menyadari atas kekurangan atas sesuatu hal sehingga berusaha untuk menciptakan sesuatu yang baru; (2) Peningkatan kualitas, yaitu adanya

kekurangan atau rasa kurang puas terhadap hasil karya sebelumnya dapat mendorong peneliti untuk menghasilkan ciptaan-ciptaan karya baru; dan (3) Motivasi, yaitu dorongan untuk meningkatkan kemampuan dalam menghasilkan karya cipta atau penemuan baru.

Pembelajaran penemuan merupakan konsep pembelajaran yang mengatur proses pembelajaran sedemikian rupa sehingga siswa memperoleh pengetahuan yang sebelumnya belum diketahuinya itu tidak melalui pemberitahuan, melainkan ditemukan sendiri. Dalam pembelajaran penemuan, siswa dapat memperoleh pengetahuan dari pengalamannya menyelesaikan masalah bukan melalui transmisi dari guru. Siswa menemukan sendiri informasi yang berupa suatu konsep, prinsip atau teori.

Pembelajaran penemuan akan membantu siswa mengasimilasi sesuatu konsep atau prinsip. Siswa dibiarkan menemukan sendiri atau dengan dibimbing guru melalui beberapa instruksi. Tugas guru sebagai fasilitator dalam pembelajaran penemuan. Tugas ini tidak mudah, lebih-lebih jika menghadapi kelas besar atau siswa yang lambat atau sebaliknya sangat cerdas. Oleh karena itu, sebelum melaksanakan pembelajaran penemuan, guru harus benar-benar mempersiapkan diri dengan baik. Baik dalam pemahaman konsep yang akan diajarkan maupun saat pembelajaran yang berlangsung di kelas. Dalam menggunakan metode ini, peranan guru adalah menyatakan persoalan, kemudian membimbing siswa menemukan penyelesaian dengan perintah-perintah atau dengan lembar kerja/siswa mengikuti petunjuk. Lembar kerja ini digunakan dalam membimbing siswa menemukan konsep, prinsip, atau teori. Penyusunan lembar kerja perlu disiapkan guru secara lengkap tahap demi tahap dalam menjelaskan adanya suatu konsep, prinsip, teori, atau rumus.

Pembelajaran penemuan terbimbing memungkinkan siswa belajar melalui peran aktif mereka sendiri dengan konsep-konsep dan prinsip-prinsip, juga belajar memecahkan masalah secara mandiri melalui inkuiri ilmiah (Howe & Jones, 1993). Dengan mengintegrasikan *STEM* dalam penemuan terbimbing; siswa dapat mengorganisasikan pembelajaran *STEM*-nya sendiri untuk menemukan konsep atau prinsip yang sebelumnya tidak diketahui.

Adapun kelebihan pembelajaran penemuan terbimbing dipadu *STEM* diantaranya: (a) membantu siswa memperbaiki dan meningkatkan keterampilan dan proses kognitifnya. Usaha penemuan adalah kunci dalam proses ini; (b) keterlibatan siswa dalam memperoleh pengetahuan sains dengan caranya sendiri menguatkan pengertian, ingatan, dan transfer; (c) menimbulkan rasa senang pada siswa, karena tumbuhnya rasa menyelidiki dan berhasil; (d) memungkinkan siswa berkembang dengan cepat dan sesuai kecepatan sendiri; (e) mendorong siswa lebih mandiri dengan melibatkan siswa berpikir dan bekerja atas inisiatif sendiri; (f) mendorong siswa berfikir intuisi dan merumuskan hipotesis sendiri; (g) memberi keputusan yang bersifat intrinsik; (h) situasi proses belajar menjadi lebih terangsang; (i) proses belajar mampu membentuk kemampuan kognitif, afektif, dan psikomotorik secara menyeluruh; (j) siswa bisa belajar dengan memanfaatkan berbagai jenis sumber belajar; dan (k) mengembangkan bakat dan kecakapan individu. Namun, ada beberapa kelemahan yang perlu diantisipasi oleh pendidik, yaitu: (a) timbulnya asumsi bahwa bagi siswa yang kurang pandai, akan mengalami kesulitan abstrak atau berpikir atau mengungkapkan hubungan antara konsep-konsep, secara tertulis/lisan, sehingga pada gilirannya akan mengalami frustrasi; (b) tidak efisien digunakan untuk mengajar jumlah siswa yang banyak, karena membutuhkan waktu lama untuk membantu menemukan teori atau pemecahan masalah lainnya; (c) cocok untuk mengembangkan pemahaman, sedangkan pengembangan konsep, keterampilan, dan emosi secara keseluruhan kurang diperhatikan; dan (d) keterbatasan fasilitas laboratorium sains bisa menjadi salah satu kendala untuk mengukur gagasan siswa.

## **2. Tujuan Hasil Belajar Siswa**

Pembelajaran penemuan terbimbing dipadu *STEM* dapat terlaksana dengan baik, apabila pendidik kreatif mampu membimbing siswa menetapkan standar perilaku dan kinerjanya sendiri (Howe & Jones, 1993). Siswa diberikan kesempatan untuk menjadi problem solver, saintis, atau ahli sains. Materi ajar tidak disajikan dalam bentuk final, tetapi siswa didorong agar beraktivitas

menghimpun informasi, membandingkan, mengkategorikan, menganalisis, mengintegrasikan, mereorganisasi materi, dan menarik simpulan. Tujuan pembelajaran penemuan terbimbing dipadu *STEM* adalah: (1) membangun komitmen dalam diri siswa untuk tertarik dan berminat belajar bidang *STEM*, yang diaktualisasikan melalui keterlibatan, kesungguhan, dan loyalitas dalam membangun konsep sains dan matematika, serta aplikasinya dalam teknologi maupun rekayasa produk; (2) membangun sikap aktif, kreatif, inovatif, dan mandiri untuk mencapai tujuan pembelajaran *STEM*; dan (3) membangun rasa percaya diri yang positif dan terbuka terhadap hasil-hasil temuannya.

### 3. Perencanaan dan Pelaksanaan Pembelajaran

Perencanaan dan pelaksanaan pembelajaran mengacu pada sintaks penemuan terbimbing dipadu *STEM*. Sintaks pembelajaran tersebut dapat kita lihat pada Tabel 4.2.

**Tabel 4.2** Sintaks penemuan terbimbing dipadu *STEM*

<b>Sintaks</b>	<b>Aktivitas Pendidik</b>
Stimulasi	Memulai pelajaran dengan mengajukan pertanyaan terkait <i>STEM</i> , anjuran membaca buku, dan aktivitas belajar sains lain yang mengarah pada persiapan pemecahan masalah <i>STEM</i> .
Pernyataan masalah	Memberi kesempatan siswa mengidentifikasi sebanyak mungkin agenda-agenda masalah <i>STEM</i> yang relevan, kemudian salah satunya dipilih dan dirumuskan dalam bentuk hipotesis.
Pengumpulan data	Membimbing eksplorasi untuk mengumpulkan informasi yang relevan sebanyak-banyaknya untuk membuktikan benar/tidaknya hipotesis.
Pengolahan data	Membimbing mengolah data yang ditemukan
Verifikasi	Membimbing menemukan konsep, teori, aturan atau pemahaman melalui rekayasa produk untuk mengatasi masalah dalam kehidupannya.
Generalisasi	Membimbing penarikan simpulan yang dijadikan prinsip umum dan berlaku untuk semua kejadian/masalah yang sama

## **C. Pembelajaran Kooperatif Dipadu STEM**

### **1. Pengertian Pembelajaran Kooperatif Dipadu STEM**

Istilah kooperatif dapat dimaknai bersifat kerja sama (KBBI, 2021). Pembelajaran Kooperatif merupakan model pembelajaran di mana siswa belajar dalam kelompok-kelompok kecil yang memiliki tingkat kemampuan berbeda-beda. Dalam menyelesaikan tugas kelompok, setiap anggota saling bekerja sama dan membantu untuk memahami materi pembelajaran. Belajar dikatakan belum selesai jika ada anggota kelompoknya yang belum menguasai materi ajar. Dengan mengintegrasikan *STEM* dalam pembelajaran kooperatif; siswa dapat bekerja kooperatif untuk membangun konsep dan menerapkan pemikiran *STEM* untuk menyelesaikan masalah kehidupan nyata.

### **2. Tujuan Hasil Belajar Siswa**

Pembelajaran kooperatif dipadu *STEM* memberikan kesempatan siswa untuk bekerja sama dan berkolaborasi menyelesaikan tugas-tugas *STEM* yang diberikan. Kerjasama dan kolaborasi penting untuk dimiliki dalam masyarakat di mana banyak kerja orang dewasa sebagian besar dilakukan dalam organisasi yang saling bergantung satu sama lain dan di mana masyarakat secara budaya semakin beragam. Sementara itu, banyak anak muda dan orang dewasa masih kurang dalam keterampilan sosial. Situasi ini dibuktikan dengan begitu sering pertikaian kecil antara individu dapat mengakibatkan tindak kekerasan atau betapa sering orang menyatakan ketidakpuasan pada saat diminta untuk bekerja dalam situasi kooperatif.

### **3. Perencanaan dan Pelaksanaan Pembelajaran**

Perencanaan dan pelaksanaan pembelajaran mengacu pada sintaks pembelajaran kooperatif dipadu *STEM*. Sintaks ini diadaptasi dari sintaks pembelajaran kooperatif (Arends, 2012) dapat dilihat pada Tabel 4.3.



**Tabel 4.3** Sintaks pembelajaran kooperatif dipadu *STEM*

<b>Fase</b>	<b>Tingkah Laku Pendidik</b>
Menyampaikan tujuan dan memotivasi siswa.	Menyampaikan tujuan pelajaran <i>STEM</i> dan memotivasi siswa belajar.
Menyajikan informasi	Menyajikan informasi kepada siswa melalui demonstrasi atau lewat bahan bacaan.
Mengorganisasikan siswa dalam kelompok-kelompok belajar	Menjelaskan cara membentuk kelompok belajar dan membantu setiap kelompok agar melakukan transisi secara efisien.
Membimbing kelompok bekerja dan belajar	Membimbing kelompok-kelompok belajar pada saat mengerjakan tugas <i>STEM</i> .
Evaluasi	Mengevaluasi hasil belajar tentang materi yang telah dipelajari atau setiap kelompok mempresentasikan hasil kerja <i>STEM</i> nya.
Memberikan penghargaan	Mencari cara menghargai hasil belajar individu dan kelompok.

Pembelajaran kooperatif dipadu *STEM* dimulai dengan menyampaikan tujuan pelajaran *STEM* dan memotivasi siswa untuk belajar. Fase ini diikuti penyajian informasi garis besar materi dan tugas *STEM*; seringkali dengan bahan bacaan daripada verbal. Selanjutnya siswa dikelompokkan dalam tim-tim belajar. Tahap ini diikuti bimbingan pendidik pada saat siswa bekerja bersama untuk menyelesaikan tugas *STEM* yang diberikan. Fase evaluasi meliputi presentasi hasil akhir kerja *STEM* dan evaluasi materi yang telah mereka pelajari. Pada fase terakhir, adanya penghargaan pada usaha-usaha kelompok maupun individu.

Pembelajaran kooperatif dipadu *STEM* tidak hanya dapat kita gunakan untuk mengajarkan materi bidang IPA saja, namun juga digunakan untuk membantu siswa mempelajari keterampilan-keterampilan khusus yang disebut keterampilan kooperatif. Keterampilan ini berfungsi melancarkan hubungan kerja dan tugas. Peranan hubungan kerja dibangun melalui pengembangan komunikasi antara anggota kelompok. Sedangkan; peranan tugas dilakukan dengan membagi tugas antar anggota kelompok selama kegiatan.

#### 4. Lingkungan Belajar

Lingkungan pembelajaran kooperatif dipadu *STEM* dicirikan oleh **proses demokrasi dan peran aktif siswa** dalam menentukan apa yang harus dipelajari dan bagaimana mempelajarinya. Pendidik kreatif bisa menerapkan suatu struktur tingkat tinggi dalam pembentukan kelompok dan mendefinisikan semua prosedur *STEM*, namun siswa diberi kebebasan dalam mengendalikan dari waktu ke waktu dalam kelompoknya. Jika ingin pembelajaran kooperatif lebih sukses, materi ajar yang lengkap harus tersedia di ruangan pendidik atau perpustakaan atau pusat media. Pendidik harus mengelola tingkah laku siswa secara ketat dalam kerja kelompok. Selain itu, pembelajaran kooperatif tidak hanya unggul dalam membantu siswa memahami konsep-konsep sulit, juga membantu menumbuhkan kerja sama, berpikir kritis, dan membantu orang lain.



# ***AUTONOMY BASED STEM LEARNING.*** **TINGKAT OTONOMI III**

Bagi pendidik kreatif, setiap siswa menjadi sumber inspirasi dan imajinasi untuk selalu berkarya menjadikannya seorang juara. Pada Bab 3 dan 4; kita dihadapkan pada kondisi siswa pada **Tingkat Otonomi I dan II**. Pada Bab 5 ini; kita dihadapkan dengan siswa **tingkat otonomi III** (tingkatan tertinggi dalam klasifikasi); dimana siswa memiliki bekal literasi *STEM* sudah sangat baik dan dapat diterapkan *STEM Learning* tingkat otonomi III sebagai realisasi dari pandangan pembelajaran konstruktivisme. Pendidik dapat memfasilitasi siswa sebagai pebelajar otonom dalam inkuiri ilmiah dan rekayasa produk untuk menyelesaikan masalah kehidupan nyata. Siswa didorong agar merealisasikan tanggung jawab kreatifnya dalam mencipta produk kreatif yang bermanfaat. Pada *autonomy based STEM learning* tingkat III; hasil penelitian sebelumnya menunjukkan pendekatan *STEM* sering kali diintegrasikan dalam pembelajaran berbasis masalah/proyek (Afriana *et al.*, 2016; Mayasari *et al.*, 2016; Lestari & Rahmawati, 2020; Ozel, 2013; Saenab *et al.*, 2018; Tseng *et al.*, 2013).

## **A. Pembelajaran Berbasis Masalah Dipadu STEM**

### **1. Pengertian Pembelajaran Berbasis Masalah Dipadu STEM**

Setiap individu menghadapi banyak situasi pemecahan masalah dalam kehidupan sehari-hari. Pemecahan masalah dapat dimaknai sebagai “*The type of thinking people apply to achieve a desired end state that is different from an initial state.*” Fogarty (1997,p.2) mendefinisikan pembelajaran berbasis masalah sebagai model kurikulum yang dirancang seputar masalah kehidupan nyata yang tidak terstruktur, terbuka, atau ambigu. Masalahnya sering menimbulkan situasi yang membingungkan dan kompleks, dengan sejumlah masalah yang saling berkaitan. Lebih lanjut; Fogarty (1997) menjelaskan tujuan pembelajaran berbasis masalah adalah membantu siswa menjadi pebelajar otonom dan memiliki keyakinan pada kemampuan sendiri untuk memecahkan masalah dan membangun makna bagi dirinya.

Pembelajaran berbasis masalah digunakan untuk mengembangkan keterampilan penyelidikan dan pemecahan masalah, keterampilan belajar secara mandiri, dan keterampilan sosial sesuai standar peran orang dewasa. Esensinya adalah melibatkan presentasi situasi-situasi autentik dan bermakna yang berfungsi sebagai landasan bagi investigasi ilmiah (Arends, 2012). Dengan mengintegrasikan *STEM* dalam pembelajaran berbasis masalah, pendidik kreatif dapat menggunakannya untuk mengembangkan keterampilan abad 21 (Akcanca, 2020). Siswa mampu mengembangkan sikap positif dan keterampilan *STEM*nya untuk belajar sains lebih mandiri dan bermakna, mengembangkan rasa ingin tahu, berpikir kritis dan pemecahan masalah, kreativitas dan inovasi, kepercayaan diri, inisiatif, kolaboratif dan komunikatif. Selain itu, pendidik dapat mengajukan masalah, memfasilitasi penyelidikan dan diskusi ilmiah, serta mendukung kemandirian siswa dalam belajar.

Pembelajaran berbasis masalah dipadu *STEM* diorganisasikan di sekitar kehidupan nyata siswa dan menghindari jawaban sederhana; yang mampu mencipta variasi rumusan masalah, prosedur, maupun solusi masalah. Tidak berbeda dengan pembelajaran berbasis masalah; ciri-ciri pembelajaran berbasis masalah dipadu *STEM* adalah sebagai berikut:

- a. Pengajuan masalah atau pertanyaan. Masalah yang diajukan memenuhi 5 kriteria, yaitu: (1) otentik, masalah dikaitkan dengan pengalaman kehidupan nyata; (2) masalah tidak jelas, sehingga menimbulkan tanda tanya dan beberapa alternatif solusi dari siswa; (3) bermakna, sesuai dengan tingkat perkembangan intelektual siswa; (4) cukup luas, memberikan kesempatan bagi pendidik untuk memenuhi tujuan instruksionalnya; dan (5) lebih bermanfaat bagi siswa.

Contoh masalah autentik (Suyidno *et al.*, 2020a)

### **Air Waduk Riam Kanan Mulai Meninggi**

Jumat, 9 Oktober 2009 06:36 WIB

Martapura (ANTARA News). Air waduk Riam Kanan di Kecamatan Karang Intan Kabupaten Banjar, Kalimantan Selatan terus menyusut selama musim kemarau mencapai level 54,07 m dari batas normal 69 m. Penduduk dapat menggunakan jukung (perahu kecil) untuk menangkap ikan di waduk. Ir PM Noor selaku pengelola waduk mengatakan "Hujan yang mengguyur bagian hulu waduk selama dua hari kemarin cukup berpengaruh terhadap peningkatan volume air, tetapi kenaikannya tidak terlalu signifikan, hanya tiga centimeter," Jika hujan terus turun di bagian hulu, volume air terus bertambah sehingga kami mengharapkan hujan selalu turun agar operasional turbin pembangkit bisa dioperasikan secara maksimal". "Kami hanya bisa mengoperasikan satu turbin, kecuali jika volume air terus meninggi hingga level 56 meter, baru ketiga turbin bisa dioperasikan bersama," katanya. Pihaknya terus memantau ketinggian air sehingga secara bertahap bisa mengoperasikan ketiga turbin yang dapat menghasilkan daya listrik sebesar  $3 \times 10$  MW dan bisa disalurkan untuk memasok sumber energi listrik bagi sistem kelistrikan PLN wilayah Kalselteng. Pemantuan, juga perlu memastikan ketinggian waduk tidak melampaui level 69 m dikawatirkan berakibat pada jebolnya tanggul bendungan. Namun, jika pintu bendungan dibuka, bisa terjadi banjir di kawasan penduduk sekitar.

Masalah autentik di atas diharapkan mampu menginspirasi siswa untuk melakukan penyelidikan dan rekayasa produk.

Contoh ide-ide penyelidikan:

- Bagaimana pengaruh ketinggian air di bendungan terhadap tekanan pada dasar bendungan?
- Bagaimana pengaruh ketinggian air di bendungan terhadap laju putaran turbin?

- Bagaimana pengaruh ketinggian air di bendungan terhadap besar daya listrik yang dihasilkan turbin

Contoh rekayasa produk

- Bagaimana desain/miniatur bendungan
  - Bagaimana desain/miniatur PLTA
  - Bagaimana desain/miniatur jukung
- b. Berfokus pada keterkaitan antar disiplin *STEM*. Masalah yang diajukan dalam pembelajaran hendaknya mengkaitkan atau melibatkan berbagai disiplin *STEM*, sehingga dapat menghasilkan beberapa alternatif jawaban.
- c. Penyelidikan autentik. Penyelidikan autentik digunakan untuk membangun konsep sains dan matematika dalam proses pemecahan masalah. Siswa menganalisis dan mendefinisikan masalah, mengembangkan hipotesis/prediksi, mengumpulkan dan menganalisis informasi, bereksperimen (jika diperlukan), dan membuat simpulan.
- d. Menghasilkan karya nyata dan memamerkannya. Siswa mengaplikasikan konsep sains dan matematika dalam membuat rekayasa produk, misalnya sebuah gambar desain, miniatur, model fisik, video, media, maupun program komputer. Hasil karya tersebut ditampilkan siswa di depan teman-temannya.
- e. Kolaborasi. Siswa berkolaborasi dengan siswa lainnya, sering kali dalam pasangan-pasangan atau kelompok-kelompok kecil.

## **2. Tujuan Hasil Belajar Siswa**

Pembelajaran berbasis masalah dipadu *STEM* tidaklah didesain untuk memberi informasi sebanyak-banyaknya kepada siswa. Namun; pembelajaran ini memfasilitasi siswa dalam mengembangkan inkuiri ilmiah (pengamatan, eksperimen) dan membuat rekayasa produk untuk menyelesaikan masalah kehidupan nyata. Siswa juga bisa mengembangkan keterampilan intelektual, belajar berbagi peran orang dewasa melalui keterlibatan mereka dalam pengalaman nyata atau simulasi, dan menjadi pembelajar yang otonom dan mandiri.

### 3. Perencanaan dan Pelaksanaan Pembelajaran

Perencanaan dan pelaksanaan pembelajaran mengacu pada sintaks pembelajaran berbasis masalah dipadu *STEM*. Sintaks diadaptasi dari sintaks pembelajaran berbasis masalah (Arends, 2012) dapat dilihat pada Tabel 5.1.

**Tabel 5.1** Sintaks pembelajaran berbasis masalah dipadu *STEM*

<b>Fase</b>	<b>Perilaku Pendidik</b>
1. Mengorientasikan siswa kepada masalah.	Menginformasikan tujuan pembelajaran <i>STEM</i> , dan memotivasi siswa agar terlibat dalam proses <i>STEM</i> untuk memecahkan masalah yang dipilih sendiri.
2. Mengorganisasi siswa untuk belajar.	Membantu siswa menentukan dan mengatur tugas-tugas belajar, membagikan LKS- <i>STEM</i> , dan menjelaskan logistik yang diperlukan.
3. Membantu penyelidikan mandiri maupun kelompok	Mendorong berpikir <i>STEM</i> dalam aktivitas inkuiri/ diskusi ilmiah untuk menggali informasi yang sesuai, mencari penjelasan, dan menemukan solusi.
4. Mengembangkan dan menyajikan hasil karya serta memamerkannya.	Membantu siswa dalam merencanakan dan menyiapkan hasil karya yang sesuai seperti laporan, rekaman, video dan model, serta memamerkannya.
5. Menganalisis dan mengevaluasi proses pemecahan masalah.	Membantu siswa melakukan refleksi atas penyelidikan dan proses-proses yang mereka gunakan.

(Adaptasi Arends, 2012)

### 4. Lingkungan Belajar

Pengelolaan lingkungan pembelajaran berbasis masalah dipadu *STEM* dicirikan oleh sikap terbuka, proses demokrasi, dan partisipasi aktif siswa. Oleh karena itu, keseluruhan proses pembelajaran diarahkan untuk membantu siswa menjadi pembelajar mandiri, yaitu siswa yang otonom memiliki kepercayaan diri pada keterampilan intelektual mereka sendiri dan memerlukan peran aktif dalam lingkungan berorientasi inkuiri dan rekayasa produk yang aman secara intelektual. Meskipun pendidik dan siswa melakukan tahapan pembelajaran secara terstruktur dan dapat diprediksi, norma di sekitar pelajaran adalah norma inkuiri terbuka dan bebas mengemukakan pendapat. Lingkungan belajar lebih menekankan pada peranan sentral siswa bukan pendidik.

## **B. *Creative Responsibility Based Learning* Dipadu *STEM***

### **1. Definisi *Creative Responsibility Based Learning* Dipadu *STEM***

*Creative Responsibility Based Learning (CRBL)* merupakan pembelajaran perpusat pada siswa, yaitu memfasilitasi tanggung jawab dan keterampilan proses siswa dalam mengembangkan kreativitas ilmiah (Suyidno *et al.*, 2020b). Seperti kita ketahui, kreativitas ilmiah sangat berkaitan dengan aktivitas inkuiri, menemukan dan menyelesaikan masalah sains, pemanfaatan teknologi, dan rekayasa produk. Oleh karena itu, *STEM* merupakan menjadi aktivitas utama *CRBL*. Siswa mengembangkan ide-ide kreatif, menghargai produk imajinasi, dan melihat kesalahan sebagai proses menuju kesuksesan. Siswa dapat memecahkan masalah kehidupan nyata, beradaptasi terhadap tuntutan baru, belajar menemukan konsep sains dan matematika, menggunakan teknologi dan rekayasa produk, serta memperbaiki tanggung jawabnya dalam belajar.

Di era inovasi sains dan teknologi ini; siswa tidak cukup hanya menguasai proses berpikir dasar, namun juga proses kognitif kompleks. Proses kognitif kompleks ini diperlukan untuk menggunakan atau mengubah pengetahuan dan keterampilan yang dimilikinya menjadi produk kreatif (Eggen & Kauchak, 2013). Proses kognitif kompleks sering dikenal dengan berpikir tingkat tinggi; misalnya memecahkan masalah, mengambil keputusan, berpikir kritis dan kreatif. *CRBL* menekankan pentingnya kolaborasi dalam investigasi ilmiah dan tugas-tugas kreativitas ilmiah. Sejalan dengan teori konstruktivisme, siswa mengonstruksi pengetahuan dan membangun makna melalui pengalaman pribadinya dengan orang lain maupun lingkungan. Ketika siswa mengonstruksi pengetahuannya sendiri, pembelajaran menjadi lebih bermakna dan relevan baginya, ada kesempatan menemukan dan menetapkan ide-ide sendiri, dan menyadarkan pentingnya siswa menerapkan strateginya sendiri dalam belajar.

Integrasi *STEM* dalam *CRBL* diyakini semakin memantapkan peran *CRBL* dalam meningkatkan kompetensi abad 21 siswa. Melalui *CRBL* dipadu *STEM*, siswa dapat mengaplikasikan pemikiran *STEM*nya dalam mengembangkan kreativitas ilmiah siswa. Dimana kreativitas ilmiah ini merupakan inti dari tujuan



pembelajaran *STEM*, yaitu siswa mampu melakukan penemuan keilmuan dan inovasi teknologi untuk mengatasi permasalahan dalam kehidupan nyata.

## 2. Tujuan Hasil Belajar Siswa

Seperti halnya pembelajaran berbasis masalah; *CRBL* tidak didesain untuk mengajarkan sebagian besar pengetahuan sains, tetapi memfasilitasi tanggung jawab kreatif siswa dalam mencipta produk kreatif yang bermanfaat. Siswa didorong agar memaksimalkan peran tanggung jawab kreatifnya dalam mengembangkan kreativitas ilmiah maupun produk kreatif yang bermanfaat (Suyidno *et al.*, 2020b). Dengan demikian, implementasi *CRBL* memberikan peluang bagi pengembangan keterampilan abad 21.

## 3. Perencanaan dan Pelaksanaan Pembelajaran

Sintaks menggambarkan aktivitas pendidik dalam melaksanakan *CRBL* untuk mencapai tujuan belajar yang ditetapkan. Sintaks *CRBL* disajikan pada Tabel 5.2.

**Tabel 5.2** Sintaks *CRBL* dipadu *STEM*

Sintaks	Aktivitas Pendidikan
Membangkitkan tanggung jawab kreatif	Memotivasi siswa dengan menanyakan kegunaan produk untuk tujuan ilmiah, menyampaikan tujuan pembelajaran <i>STEM</i> dan pentingnya tanggung jawab menjadi pribadi kreatif.
Mengorganisasi kebutuhan belajar kreatif	Membantu siswa memahami kebutuhan belajar <i>STEM</i> dan mengarahkan pembentukan tim kreatif yang terdiri 4-6 anggota/ tim.
Membimbing investigasi kelompok	Membimbing tanggung jawab kreatif siswa dalam investigasi ilmiah dan mengkaji berbagai sumber informasi untuk memecahkan masalah <i>STEM</i> secara kreatif
Aktualisasi tanggung jawab kreatif	Memantapkan tanggung jawab kreatif siswa dengan menelaah kembali hasil investigasi kelompok atau contoh produk kreatif, membuat produk sesuai tugas <i>STEM</i> yang diberikan, kemudian mengomunikasikan hasilnya
Evaluasi dan refleksi	Membimbing evaluasi hasil dan refleksi proses pembelajaran serta tindak lanjutnya.

Adaptasi Suyidno *et al.* (2020b)

Berdasarkan Tabel 5.2; tahapan pelaksanaan *CRBL* dapat dijelaskan sebagai berikut.

a. Membangkitkan Tanggung Jawab Kreatif

Kita sebagai pendidik berusaha membangkitkan kepercayaan diri positif siswa agar berusaha bertanggung jawab menjadi pribadi kreatif. Tanggung jawab kreatif menumbuhkan kepercayaan diri positif siswa dalam mengatasi hambatan kreativitas dalam dirinya dan mendorong pengembangan produk kreatif yang bermanfaat. Aktivitas pendidik pada fase ini adalah memotivasi siswa dengan meminta mereka menyebutkan kegunaan suatu benda secara ilmiah sebanyak-banyaknya. Misalnya:

Tuliskan sebanyak-banyaknya penggunaan sebuah lampu secara ilmiah yang dapat kamu pikirkan!

Jawaban siswa diharapkan bisa memenuhi aspek kelancaran, fleksibilitas, dan orisinalitas. Contoh alternatif jawaban siswa disajikan pada Tabel 5.3.

**Tabel 5.3** Variasi jawaban kegunaan ilmiah dari sebuah lampu

Pendekatan	Kegunaan
Fungsi	Penerangan di malam hari, hiasan rumah, hiasan taman, hiasan hiburan, <i>remote control</i> , dan lampu indikator jumlah orang yang berada dalam <i>lift</i> sudah melebihi beban, dan lain-lain.
Kreasi lampu hidup	Petunjuk jalan, petunjuk rambu-rambu lalu lintas, dan petunjuk lapangan udara, dan lain-lain.
Kreasi lampu rusak	Tempat tanaman hias, tabung lampu neon sebagai komponen penghangat ruang penetasan unggas, dan lain-lain.
Pecahan lampu	Pengaman dinding, mempertajam benang, dan lain-lain.

Selanjutnya kita menyampaikan tujuan pembelajaran untuk memfokuskan perhatian siswa pada materi yang ingin dipelajari; kemudian menginspirasi pentingnya menjadi pribadi kreatif dan menghasilkan produk kreatif yang bermanfaat bagi masyarakat dan lingkungan sekitarnya.

b. Mengorganisasikan Kebutuhan Belajar Kreatif

Siswa lebih mungkin berpikir kreatif ketika kita memfasilitasi lingkungan belajar yang merangsang dan mendorong pemikiran mandiri (Moreno, 2010).

Pengorganisasian sangat diperlukan untuk menciptakan kebermaknaan dalam belajar, yaitu kita memfasilitasi siswa untuk mengaitkan pengetahuan awalnya dengan materi yang sedang dipelajarinya. Pengorganisasian kebutuhan belajar kreatif meliputi: (1) kesiapan pengetahuan dan keterampilan proses siswa. Mengingat kreativitas ilmiah bergantung pada tingkat pengetahuan ilmiah dan keterampilan proses sains, sebaiknya kita mengecek pemahaman keterampilan proses siswa, mengingatkan dan memfasilitasi pengetahuan ilmiah siswa dengan berbagai sumber informasi yang relevan; (2) kesiapan investigasi ilmiah. Agar proses pembelajaran bersifat situasional sesuai kondisi di sekolah, maka investigasi ilmiah tidak dibatasi hanya eksperimen sains, namun bisa juga melalui diskusi ilmiah; (3) kesiapan tugas kreativitas ilmiah, tugas ini perlu didesain situasional menyesuaikan karakteristik siswa dan alokasi waktu; (d) kesiapan bahan ajar kreatif, misalnya: Buku Ajar, LKS, Media, LP, dan lain-lain; (4) peralatan penunjang seperti LCD, laptop, jaringan listrik, internet, dan lain-lain; dan (5) pembentukan tim kreatif terdiri atas 4-6 anggota/tim; kerja tim diperlukan untuk memfasilitasi kolaborasi siswa dalam mengaktualisasikan tanggung jawab kreatifnya dalam mendukung kesuksesan investigasi ilmiah maupun tugas-tugas kreativitas ilmiah.

### c. Membimbing Investigasi secara Kelompok

Kita mengawali fase ini dengan menyajikan *problem finding* sebagai *ill-defined problem*. Kita inspirasi siswa agar menuliskan pertanyaan penelitian atau rumusan masalah sebanyak-banyaknya dan kemudian menetapkan salah satu rumusan masalah yang ingin diinvestigasi. Selanjutnya; kita membimbing siswa mendesain investigasi ilmiah, bisa diawali dengan mengarahkan setiap tim kreatif agar memilih salah satu rumusan masalah layak untuk diselidiki dengan mempertimbangkan alokasi waktu dan logistik yang tersedia. Kita bisa menciptakan lingkungan kreatif berbasis investigasi kelompok yang melibatkan variasi rumusan masalah, alat dan bahan, media pembelajaran, maupun desain investigasi. Tidak ada masalah ketika desain investigasi oleh kelompok telah sesuai dengan logistik yang ada; namun, ketika desain investigasi tidak didukung logistik yang tersedia, kita harus berhati-hati dalam mengarahkan

siswa agar lebih fleksibel dalam mengubah desainnya. Ketika ada kelompok memiliki kesamaan desain investigasi dengan kelompok lain, kita dorong mereka agar lebih fleksibel dalam mengubah desain investigasinya. Selanjutnya; kita membimbing siswa melaksanakan investigasi ilmiah untuk mencari dan menemukan data-data yang diperlukan untuk menyelesaikan masalah. Selanjutnya; kita membimbing pemecahan masalah sains dengan menganalisis data, verifikasi temuan; kemudian menarik simpulan.

#### d. Aktualisasi Tanggung Jawab Kreatif

Kita memberikan tanggung jawab kreatif lebih besar kepada siswa untuk menghasilkan produk kreatif-bermanfaat. Produk kreatif dapat berupa benda (inovasi teknologi) maupun ide kreatif (gagasan, desain gambar, dan lain-lain) yang berguna untuk menyelesaikan masalah. Tugas utama pendidik adalah: (1) membimbing siswa menelaah **contoh produk kreatif**. Contoh ini bisa kita sediakan tersendiri. Aktivitas **fase 3 dan 4 dapat didesain berkelanjutan**, di mana aktivitas investigasi ilmiah (fase 3) dijadikan sebagai contoh produk kreatif. Contoh produk sebagai **scaffolding** agar siswa memiliki wawasan pengetahuan dan keterampilan dalam membuat produk kreatif yang lebih baik; (2) memberikan tugas kreatif untuk memfasilitasi siswa dalam mengembangkan ide-ide kreatif dan mendesain/membuat produk kreatif, kemudian diberikan kesempatan mengomunikasikan hasil kerja timnya di depan kelas; (3) memastikan ketercapaian KD; kita memberikan kesempatan pada siswa untuk mendiskusikan materi, contoh latihan, dan uji kompetensi di buku ajar atau menanyakan kompetensi yang belum dipahami.

#### e. Fase Evaluasi dan Refleksi

Keterlibatan siswa dalam evaluasi dan refleksi termasuk salah satu upaya mempertajam kualitas berpikir kritis dan kreatif. Kita melibatkan siswa dalam mengecek ketercapaian tujuan pembelajaran, tanggung jawab, keterampilan proses dan kreativitas ilmiah siswa. Selanjutnya; kita melibatkan siswa dalam menentukan tindak lanjut untuk pembelajaran pada pertemuan selanjutnya. Skenario tindak lanjut harus kita tuliskan secara operasional, yaitu secara jelas dan mudah dimengerti. **Misalnya:** Mengingatkan siswa agar mempelajari

materi hukum Pascal (buku ajar, hal: ...) untuk pertemuan selanjutnya, atau mengingatkan siswa agar mempelajari kembali materi pada Bab 1-3 untuk persiapan ujian minggu depan.

## 5. Lingkungan Belajar

Implementasi *CRBL* dalam pembelajaran sains memerlukan lingkungan belajar yang kreatif (Suyidno *et al.*, 2020b), yaitu: (a) memonitor dan mengelola tanggung jawab kreatif siswa untuk menginspirasi mereka agar memiliki keinginan menjadi pribadi kreatif, mendukung tugas *STEM*, dan berkomunikasi dengan baik; (b) mengelola situasi multi kebutuhan belajar kreatif. Pendidik perlu memprediksi aktivitas yang akan dilakukan beserta logistiknya; (c) menangani perbedaan pengetahuan. Pendidik perlu mengecek kesiapan bekal pengetahuan dan keterampilan siswa, serta memfasilitasi buku ajar yang menunjang tugas-tugas *STEM*; (d) mengelola situasi multi aktivitas investigasi. Desain investigasi disesuaikan usulan siswa dan sarana-prasarana di sekolah. Investigasi bisa melalui eksperimen sains, tetapi jika sarana prasarana/media tidak mendukung, investigasi bisa dalam bentuk diskusi ilmiah. Siswa diberikan isu-isu sains dan data-data ilmiah, kemudian diminta berkolaborasi untuk menemukan solusi masalah; (e) menangani situasi multi produk kreatif. Produk kreatif tidak harus berupa benda, tetapi bisa ide-ide atau gagasan, tidak harus baru tetapi bisa hasil penggabungan, pengubahan, atau penambahan ide-ide yang ada untuk menyelesaikan masalah; (f) menghargai produk kreatif siswa, jika produknya sudah bagus bisa diberi penghargaan; jika belum bagus, tetap dihargai dan diberikan saran perbaikan; (g) menangani beda laju penyelesaian tugas tim. Pendidik meminimalkan perbedaan laju penyelesaian tugas tim dan menerapkan alternatif solusi ketika timbul perbedaan; (g) memonitor dan mengelola komunikasi ilmiah. Siswa mengeluarkan gagasan-gagasannya yang unik dan berbeda, serta tanpa rasa takut. Pendidik memberikan penguatan atas ide-ide kreatif yang benar, serta berhati-hati dalam menilai dan memberi saran atas ide kreatif yang tidak benar.

## **C. Pembelajaran Berbasis Proyek Dipadu STEM**

### **1. Pengertian Pembelajaran Proyek Dipadu STEM**

Istilah proyek dimaknai “rencana pekerjaan dengan sasaran khusus (pengairan, pembangkit listrik, dan lain-lain) dan dengan saat penyelesaian yang tegas (KBBI, 2021)”. Pembelajaran berbasis proyek didefinisikan sebagai model pembelajaran yang berpusat pada siswa dan memberikan pengalaman belajar yang bermakna kepada siswa (Afriana *et al.*, 2016). Pengalaman belajar disini adalah perolehan konsep siswa dibangun berdasarkan produk akhir pembelajaran tersebut. Integrasi *STEM* dalam pembelajaran berbasis proyek mampu meningkatkan motivasi belajar, menciptakan pembelajaran bermakna, memecahkan masalah kehidupan, dan mendukung karir siswa di masa depan (Mayasari *et al.*, 2014; Tseng *et al.*, 2013). Pembelajaran berbasis proyek dipadu *STEM* menyajikan konteks, pengalaman nyata yang diperlukan siswa untuk belajar perancah dan membangun konsep *STEM* yang kuat.

Dalam pembelajaran berbasis proyek dipadu *STEM*; pendidik bertindak sebagai fasilitator dan pengelola proyek *STEM*. Siswa harus berkolaborasi melaksanakan proyek *STEM* dalam waktu tertentu, menghasilkan produk, dan hasilnya dipresentasikan di kelas. Proyek *STEM* dapat dilaksanakan secara kolaboratif, kreatif, dan inovatif, serta mandiri untuk memecahkan masalah kehidupan nyata. Oleh karena itu, sifat masalah utama pembelajaran berbasis proyek adalah masalah kehidupan nyata/kontekstual dan bersifat terbuka; berarti masalah tersebut bisa dipecahkan secara praktis dan tidak terstruktur.

Pembelajaran berbasis proyek dipadu *STEM* memberikan pengalaman belajar lebih menarik dan bermakna bagi siswa. Beberapa karakteristik pembelajarannya adalah: (a) siswa membuat keputusan dan kerangka kerja sendiri, (b) adanya masalah yang solusinya tidak ditentukan sebelumnya, (c) siswa merancang proses untuk mencapai hasil yang diinginkannya, (d) siswa bertanggung jawab untuk memperoleh dan mengelola informasi yang telah dikumpulkan, (e) siswa melakukan evaluasi secara kontinu, (f) siswa secara

teratur melihat kembali apa yang mereka kerjakan, dan (g) hasil akhir berupa produk dan di evaluasi kualitasnya.

## 2. Tujuan Hasil Belajar Siswa

Pembelajaran berbasis proyek dipadu *STEM* memfasilitasi siswa agar mampu memberikan solusi yang terbaik dalam suatu masalah kehidupan nyata (Saenab *et al.*, 2018). Tujuan pembelajarannya adalah membangun konsep *STEM* secara mandiri melalui kegiatan rekayasa produk untuk menyelesaikan masalah kehidupan nyata (Kemdikbud, 2016).

## 3. Perencanaan dan Pelaksanaan Pembelajaran

Perencanaan dan pelaksanaan pembelajaran mengacu pada sintaks PBP-*STEM*. Sintaks PBP-*STEM* diadaptasi dari sintaks PBP (Ariyana, 2018) dapat dilihat pada Tabel 5.4.

**Tabel 5.4** Sintaks pembelajaran berbasis proyek dipadu *STEM*

<b>Fase</b>	<b>Kegiatan Pendidik</b>
Menentukan pertanyaan mendasar	Menyampaikan topik <i>STEM</i> dan mengajukan pertanyaan cara memecahkan masalah
Mendesain Perencanaan Produk	Memastikan setiap siswa dalam kelompok memilih dan mengetahui prosedur pembuatan proyek <i>STEM</i> yang akan dihasilkan
Menyusun jadwal Pembuatan	Bersama siswa membuat kesepakatan jadwal pembuatan proyek <i>STEM</i> (tahapan-tahapan dan pengumpulan)
Memonitoring keaktifan dan perkembangan proyek	Memantau keaktifan siswa selama melaksanakan proyek <i>STEM</i> , realisasi perkembangan proyek, dan membimbing siswa yang mengalami kesulitan
Menguji hasil	Mendiskusikan prototipe proyek, memantau keterlibatan siswa, dan mengukur capaian standar
Evaluasi pengalaman belajar	Membimbing proses pemaparan proyek, menanggapi hasil, selanjutnya pendidik dan siswa merefleksi/kesimpulan

(Adaptasi Ariyana *et al.*, 2018)

#### 4. Lingkungan Belajar

Pembelajaran berbasis proyek dipadu *STEM* menyajikan pembelajaran otentik dan termasuk pembelajaran sepanjang hayat bagi pendidik dan siswa (Ozel, 2013). Penerapan pembelajaran ini mempertimbangkan: (1) topik/materi sains yang dipelajari siswa merupakan topik yang bersifat kontekstual dan mudah didesain menjadi sebuah proyek/ karya yang menarik; (2) siswa tidak digiring untuk menghasilkan satu proyek saja, melainkan beberapa siswa berkolaborasi untuk menyelesaikan sebuah proyek); (3) proyek tidak harus dilaksanakan dalam 1 pertemuan, namun bisa dilaksanakan minimal 3-4 pertemuan; (4) proyek termasuk bentuk pemecahan masalah sehingga penyusunan proyek perlu mengarah pada capaian hasil belajar; (5) bahan, alat, dan media sebaiknya ada di lingkungan sekitar dan diarahkan pada pemanfaatan bahan bekas/ sampah yang tidak dipakai agar bernilai guna; dan (6) penilaian autentik menekankan pada kemampuan merancang, menerapkan, menemukan, dan menyajikan hasil produk pada orang lain.

Dalam pembelajaran berbasis proyek dipadu *STEM*, pendidik membagi siswa menjadi beberapa kelompok (anggota 4-5 siswa) untuk meluangkan kerja kolaborasi yang efektif di antara siswa. Lingkungan PBP-*STEM* bersifat yang terbuka, demokratis, dan melibatkan partisipasi aktif siswa dalam menggali informasi dan berkolaborasi (Nurdyansyah & Fahyuni, 2016) dalam memilih topik tertentu, kemudian merencanakan dan melaksanakan pembuatan produk kreatif, dan melakukan evaluasi pada kualitas produk dan proses pembelajaran yang dilakukannya.



# GLOSARIUM

<i>Autonomy Based STEM Learning</i>	Pendekatan pembelajaran yang mengintegrasikan bidang sains, teknologi, enjiniring, dan matematika untuk menyiapkan generasi kreatif, inovatif, dan mandiri di era industri 4.0
Berfikir divergen	Generasi banyak jawaban yang tidak standar untuk masalah atau pertanyaan.
Creativer responsibility based learning	Pembelajaran perpusat pada siswa yang memfasilitasi tanggung jawab dan keterampilan proses siswa dalam mengembangkan kreativitas ilmiah
<i>Crosscutting concept</i>	Jaringan konsep-konsep yang bisa menjembatani batasan-batasan bidang sains, matematika, enjiniring, dan teknologi dalam menyelesaikan masalah kearifan lokal
Enjiniring (teknik)	Seperangkat pengetahuan dan keterampilan untuk memperoleh dan menerapkan pengetahuan ilmiah dan desain praktis untuk mendesain/mengonstruksi mesin, peralatan, sistem, material, dan proses-proses yang bermanfaat bagi manusia
Inkuiri ilmiah	Aktivitas ilmuwan dalam mempelajari alam semesta dan bertujuan memberikan penjelasan berdasarkan bukti-bukti yang diperolehnya.
Inkuiri terbimbing	Pendidik hanya menyediakan bahan, rumusan masalah, dan prosedur inkuiri; kemudian pendidik membimbing siswa dalam bekerja tim melaksanakan prosedur inkuiri untuk menemukan solusi masalah.
Inkuiri terstruktur	Pendidik menyediakan rumusan masalah, bahan, dan prosedur inkuiri, kemudian siswa bisa belajar secara tahap demi tahap menyelesaikan masalah
Inkuiri terbuka	Siswa diberikan kesempatan merumuskan masalah dan mengembangkan prosedur inkuiri sendiri, melaksanakan proses pengumpulan data sesuai prosedur yang dibuatnya, kemudian menganalisis dan menarik simpulan untuk menjawab hipotesis yang diajukan.
Konstruktivisme	Gagasan bahwa siswa secara aktif membangun pengetahuan mereka dari pengalaman pribadinya dengan orang lain dan lingkungan.

Keterampilan abad 21	Berbagai keterampilan yang diperlukan di abad 21, yaitu keterampilan pembelajaran dan inovasi, keterampilan hidup dan berkarir, serta keterampilan menggunakan informasi, media, dan teknologi
Kreativitas ilmiah	Kreativitas dalam pembelajaran IPA yang ditekankan pada eksperimen sains, menemukan dan memecahkan masalah, serta aktivitas sains kreatif
Literasi	Kemampuan individu dalam mengolah informasi dan pengetahuan untuk kecakapan hidupnya
Masalah autentik	Masalah yang berkaitan dengan pengalaman kehidupan nyata
Matematika	Ilmu tentang pola-pola dan hubungan-hubungan, dan menyediakan bahasa yang tepat bagi teknologi, sains, maupun enjiniring
Otonomi	Kemandirian dalam belajar atau pembelajaran mandiri atau keberhasilan proses dan hasil belajar dikarenakan keinginan dari dalam diri siswa sendiri
Otonomi I	Kondisi dimana bekal awal (pengetahuan, keterampilan, sikap) siswa masih rendah
Otonomi II	Kondisi dimana bekal awal (pengetahuan, keterampilan, sikap) siswa cukup baik
Otonomi III	Kondisi dimana bekal awal (pengetahuan, keterampilan, sikap) siswa sudah baik
Pembelajaran	Interaksi siswa dengan pendidik dan sumber belajar pada lingkungan belajar
Pembelajaran berbasis masalah	Pembelajaran yang dirancang seputar masalah kehidupan nyata yang tidak terstruktur, terbuka, atau ambigu
Pembelajaran berbasis proyek	Pembelajaran yang berpusat pada siswa dan memberikan pengalaman belajar yang bermakna kepada siswa
Pembelajaran kooperatif	Pembelajaran di mana siswa belajar dalam kelompok-kelompok kecil yang memiliki tingkat kemampuan berbeda-beda
Pembelajaran penemuan	Pembelajaran yang mengatur proses pembelajaran sedemikian rupa sehingga siswa memperoleh pengetahuan yang sebelumnya belum diketahuinya itu tidak melalui pemberitahuan, melainkan ditemukan sendiri.
Pengajaran langsung	Pengajaran berpusat pada pendidik yang menekankan pada penyajian pengetahuan deklaratif dan procedural secara tahap demi tahap.

Pengetahuan deklaratif	Pengetahuan tentang sesuatu (dapat diungkapkan dengan kata-kata)
Pengetahuan prosedural	Pengetahuan tentang langkah-langkah melaksanakan suatu kegiatan/aktivitas
Produk kreatif	Hasil karya pemikiran manusia berupa gagasan-gagasan kreatif, desain gambar, miniature/benda nyata untuk menyelesaikan masalah dalam kehidupan sehari-hari.
Produk sains	Pengetahuan tentang konsep-konsep, prinsip-prinsip, teori-teori, hukum-hukum, persamaan, dan aplikasi sains dalam teknologi maupun pemecahan masalah.
Proses sains	Berbagai keterampilan yang digunakan oleh para ilmuwan dalam mencari dan menemukan pengetahuan sains
Sains	Ilmu yang berdasarkan hasil pengamatan/eksperimen dan penalaran matematik untuk menjelaskan fenomena alam
<i>Scaffolding</i>	Dukungan dalam belajar dan menyelesaikan masalah; termasuk petunjuk, pengingat, dorongan, langkah menyelesaikan masalah, memberi contoh, atau apa pun yang memungkinkan siswa tumbuh dalam kebebasan sebagai pelajar.
Sikap sosial	Sikap yang berhubungan dengan interaksi individu dengan orang lain
Sikap spiritual	Sikap berhubungan dengan nilai-nilai keimanan dan ketaqwaan kepada Allah SWT
STEM	Pendekatan pembelajaran yang mengintegrasikan bidang sains, teknologi, enjiniring, dan matematika
Tanggung jawab	Melakukan yang terbaik dan bertanggung jawab atas kata-kata dan tindakan.
Tanggung jawab kreatif	Setiap individu memiliki tanggung jawab menjadi pribadi kreatif dan mampu menghasilkan produk kreatif yang bermanfaat
Teori kognitif	Perubahan yang relatif bertahan dalam struktur mental yang terjadi akibat interaksi individu dengan lingkungan.
Teori proses kompleks kognitif	Menggunakan atau mengubah pengetahuan dan keterampilan yang diperoleh sebelumnya.
Teknologi	Apa yang dapat dan harus (dirancang, dibuat, dan dikembangkan) dari bahan-bahan alam dan materi alam, untuk memenuhi kebutuhan dan keinginan manusia

## DAFTAR PUSTAKA

- Alberta. (2004). *Focus on inquiry: A teacher's guided to implementing inquiry-based learning*. Canada: Learning and Teaching Resources Branch.
- Akcanca, N. (2020). An alternative teaching tool in science education: Educational comics. *International Online Journal of Education and Teaching*, 7(4), 1550-1570.
- Afriana, J., Permanasari, A., & Fitriani, A. (2016). Penerapan project based learning terintegrasi STEM untuk meningkatkan literasi sains siswa ditinjau dari gender. *Jurnal Inovasi Pendidikan IPA*, 2(2), 202-212.
- Ardianto, D., Firman, H., Permanasari, A., & Ramalis, T. R. (2019, April). What is science, technology, engineering, mathematics (STEM) literacy. In *Proceedings of the 3rd Asian Education Symposium (AES 2018)*. *Proceedings of the 3rd Asian Education Symposium (AES 2018)*, Bandung, Indonesia. <https://doi.org/10.2991/aes-18.2019> (Vol. 86).
- Ariana, Y., Pudjiastuti, A., Bestary, R., & Zamroni. (2018). *Buku pegangan pembelajaran berorientasi pada keterampilan berpikir tingkat tinggi*. Jakarta: Direktorat Jendera Guru dan Tenaga Kependidikan, Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan.
- Arends, R. I. (2012). *Learning to teach*. New York: Mc. Graw-Hill.
- Bybee, R. W. (2013). *The case for STEM education: Challenges and opportunities*. NSTA press.
- Calis, S. (2020). Physics-chemistry preservice teachers' opinions about preparing and implementation of STEM lesson plan. *Journal of Technology and Science Education*, 10(2), 296-305.
- Colburn, A. (2000). *An inquiry primer*. Science Scope, 42-44.
- Cunningham, C. M., Lachapelle, C. P., & Davis, M. E. (2018). Engineering concepts, practices, and trajectories for early childhood education. In *Early engineering learning* (pp. 135-174). Springer, Singapore.
- Daugherty, M. K. (2013). The prospect of an "a" in STEM education. *Journal of STEM Education: Innovations and Research*, 14(2).
- Eggen, P.D. & Kauchak, D.P. (2013). *Educational psychology: Windows on classrooms (9th edition)*. New Jersey: Pearson.
- Ejiwale, J. (2013). Barriers to successful implementation of STEM education. *Journal of Education and Learning*, 7(2), 63-74.
- Ezrailson, C., Hainen, N., Horton, P., Lillie, D., McCarty, T., Werwa, E., Zike, D., & Zorn, M. K. (2008). *Introduction to physical science*. New York:

McGraw-Hill

- Fajarini, U. (2014). Peranan kearifan lokal dalam pendidikan karakter. *Sosio-Didaktika: Social Science Education Journal*, 1(2), 123-130.
- Fogarty, R. (1997). *Problem based learning & other curriculum models for the multiple intelligences classroom*. Palatine, Ill: IRI/Sky/skylight Pub. Inc.
- Harlen, W. (1992). *The teaching of science*. Great Britain: David Fulton Publisher.
- Hasanah, U. (2020). Key definitions of STEM education: Literature review. *Interdisciplinary Journal of Environmental and Science Education*, 16(3), e2217.
- Heller, P., Keith, R., & Anderson, S. (1992). Teaching problem solving through cooperative grouping. Part 1: Group versus individual problem solving. *American Journal of Physics*, 60, 627-636.
- Idin, S. (2020). *Research highlights in education and science 2020*. Istanbul: International Society for Research in Education and Science (ISRES) Publishing.
- Kashyap, A. M., Sailaja, S. V., Srinivas, K. V. R., & Raju, S. S. (2021). Challenges in online teaching amidst covid crisis: Impact on engineering educators of different levels. *Journal of Engineering Education Transformations*, 34(Special Issue).
- Kennedy, T. J., & Odell, M. R. L. (2014). Engaging students in STEM education. *Science Education International*, 25(3), 246-258.
- Li, A., Harries, M., & Ross, L. F. (2020). Reopening K-12 schools in the era of coronavirus disease 2019: review of state-level guidance addressing equity concerns. *Journal of Pediatrics*, 227.
- Lestari, H., & Rahmawati, I. (2020). Integrated STEM through project based learning and guided inquiry on scientific literacy abilities in terms of self-efficacy levels. *Al Ibtida: Jurnal Pendidikan Guru MI*, 7(1), 19-32
- Massouleh, N. S., & Jooneghani, R. B. (2012). Learner-centered instruction: A critical perspective. *Journal of Education and practice*, 3(6), 50-59.
- Mayasari, T., Kadarohman, A., Rusdiana, D., & Kaniawati, I. (2016). Apakah model pembelajaran problem based learning dan project based learning mampu melatih keterampilan abad 21? *Jurnal Pendidikan Fisika Dan Keilmuan (JPFK)*, 2(1), 48-55.
- Mu'minah, I. H., & Aripin, I. (2019). Implementasi pembelajaran IPA berbasis STEM berbantuan ICT untuk meningkatkan keterampilan abad. *Sainsmat: Jurnal Ilmiah Ilmu Pengetahuan Alam*, 8(2), 28-35.
- Nurdyansyah, N., & Fahyuni, E. F. (2016). *Inovasi model pembelajaran sesuai kurikulum 2013*. Sidoarjo: UMSIDA.

- OECD. (2015). *PISA 2015 Released field trial cognitive items*. Paris: ETS-OECD PISA
- OECD. (2016). *FDI in figures*. Paris: Organisation for European Economic Cooperation.
- Oidechais, A. N. & Scielanna, A. (2020). *STEM education 2020: Reporting on practice in early learning and care, primary and post-primary contexts*. Department of Education and Skills.
- Ozel, S. (2013). W3 of STEM project-based learning: Who, where, and when: revisited. In *STEM project-based learning* (p. 41-49). Brill Sense.
- Permanasari, A. (2016). STEM education: Inovasi dalam pembelajaran sains. In *Prosiding SNPS (Seminar Nasional Pendidikan Sains)* (Vol. 3, pp. 23-34).
- Saenab, S., Yunus, S. R., Saleh, A. R., Virninda, A. N., Hamka, L., & Sofyan, N. A. (2018, June). Project-based learning as the atmosphere for promoting students' communication skills. *Journal of Physics: Conference Series*, 1028(1), 012026. IOP Publishing.
- Sarwi., Alim., Fathonah, S., & Subali, B. (2020, June). The analysis of ethnoscience-based science literacy and character development using guided inquiry model. *Journal of Physics: Conference Series*, 1567(2), 022045. IOP Publishing.
- Serway, R. A. & J. (2014). *Physics, for scientists and engineer with modern physics* (Ninth Edit). New York: Cengage Learning, Inc.
- Stohlmann, M., Moore, T., & Roehrig, G. (2012). Considerations for teaching integrated STEM Education. *Journal of Pre-College Engineering Education Research*, 2(1), 28-34.
- Susilo, H., & Sudrajat, A. K. (2020, June). STEM learning and its barrier in schools: The case of biology teachers in Malang City. *Journal of Physics: Conference Series*, 1563(1), 012042. IOP Publishing.
- Suyidno, Haryandi, S. & Sunarti, T. (2020a). *Pembelajaran kreatif berbasis otonomi*. Banjarmasin: ULM Press.
- Suyidno., Nur, M., Yuanita, L., & Salam, A. (2020b). *Creativer responsibility based learning*. Banjarmasin: ULM Press.
- Suwarma, I. R., & Kumano, Y. (2019, November). Implementation of STEM education in Indonesia: teachers' perception of STEM integration into curriculum. *Journal of Physics: Conference Series*, 1280(5), 052052. IOP Publishing.
- Thibaut, L., Knipprath, H., Dehaene, W., & Depaepe, F. (2019). Teachers' attitudes toward teaching integrated stem: The impact of personal background characteristics and school context. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 17(5), 987-1007.

- Thomson, S., Hillman, K., & Bortoli, L. D. (2013). *Programme for international student assessment, a teacher's guide to PISA scientific literacy*. Victoris: Acer Press.
- 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.
- Wang, Y., & Wang, M. X. (2016). Developing learner autonomy: Chinese university EFL teachers' perceptions and practices. *Language learner autonomy: Teachers' beliefs and practices in Asian contexts*, 23-42.
- Wang, J. C. K., Ng, B. L., Liu, W. C., & Ryan, R. M. (2016). Can being autonomy-supportive in teaching improve students' self-regulation and performance?. In *Building autonomous learners* (pp. 227-243). Springer, Singapore.
- Winarni, M., Yudono, P., Indradewa, D., & Sunarminto, B. H. (2016). Application of perennial legume green manures to improve growth and yield of organic lowland rice. *Journal of Degraded and Mining Lands Management*, 4(1), 681.
- Vahidy, J. (2019). Enhancing STEM learning through technology. *Technology and the Curriculum: Summer 2019*.
- Victoria State Government. (2016). *STEM in the education state*. Melbourne: The Department Education and Training, State of Victoria.

## BIODATA PENULIS

### Dr. Suyidno, M.Pd.

Dosen Prodi S1 Pendidikan Fisika FKIP ULM, S2 Keguruan IPA dan Pendidikan Biologi Pascasarjana Universitas Lambung Mangkurat. Riwayat studi S1 Pendidikan Fisika FMIPA UNESA tahun 2005. Guru Fisika SMP Laboratorium Unesa dan SMA Ulul Albab Fullday School Sidoarjo (2010). Studi S2 Pendidikan Sains (2010) dan S3 Pendidikan Sains Pascasarjana Unesa (2018).

Beberapa karya tulis: Strategi Belajar Mengajar: Panduan Pembelajaran yang Kreatif, Kritis, dan Mandiri (978-602-7904-00-2, 2013), Pengantar Laboratorium: Jangan Pisah IPA dengan Laboratorium (978-602-19895-6-2), *Creative Responsibility Based Learning* (000151356, 2019; 000178587, 2020); Listrik Magnet (000188572, 2020); dan Pembelajaran Kreatif Berbasis Otonomi.



### Saiyidah Mahtari, M.Pd.

Dosen Prodi S1 Pendidikan Fisika FKIP Universitas Lambung Mangkurat. Riwayat studi S1 Pendidikan Fisika FKIP ULM (2008) dan S2 Pendidikan Sains Universitas Negeri Surabaya (2014). Fokus kajian penelitian adalah pembelajaran kreatif, *autonomy learning*, kearifan lokal, miskonsepsi, dan *higher order thinking skills*.

### Dr. Joko Siswanto, M.Pd.

Dosen Prodi S1 Pendidikan Fisika, S2 Pendidikan IPA, dan S2 Pendidikan Dasar Universitas PGRI Semarang. Riwayat studi lulus S1 Pendidikan Fisika IKIP PGRI Semarang (2006), S2 Pendidikan Sains UNS (2009), dan S3 Pendidikan Sains UNESA (2018). Beberapa buku: Fisika Dasar Seri: Listrik Arus Searah dan Kemagnetan (978-602-5784-14-9), Model Pembelajaran Investigation-Based Multiple Representation (IBMR) Inovasi Pembelajaran (ISBN : 978-602-5784-03-3)





# ***AUTONOMY BASED STEM LEARNING***

Buku ini berisi konsep dasar *STEM* dan literasi *STEM* (*Science, Technology, Engineering, Match*), hambatan di sekolah, tujuan dan manfaat *STEM Learning*, serta rekomendasinya di sekolah; pengertian *Autonomy Based STEM Learning*, tujuan pembelajaran, perencanaan dan pelaksanaan pembelajarannya. Selain itu, juga berisi model-model pembelajaran IPA inovatif dalam lingkup *Autonomy Based STEM Learning* pada otonomi I, II, dan III. Buku ini disajikan dengan bahasa sederhana dan lebih mengandalkan pengalaman Penulis agar mudah dimengerti masyarakat umum. Semoga buku ini mampu menginspirasi pendidik kreatif maupun calon pendidik kreatif untuk membudayakan literasi *STEM* dalam menyiapkan lulusan yang sukses dalam hidup dan berkarir di dunia maupun di akhirat. Aamiin.



**Jurusan Pendidikan MIPA**  
**FKIP Universitas Lambung Mangkurat**  
Jl. Brigjend H. Hasan Basry Kayutangi Banjarmasin

