

## Karakteristik Pendidikan STEM

Dua aspek utama dalam pembelajaran STEM adalah proses sains dan desain proses injiniring yang keduanya sangat berkaitan untuk mendukung pembelajaran. Proses sains merupakan proses berjenjang yang terdiri dari 5 tahapan utama, yaitu:

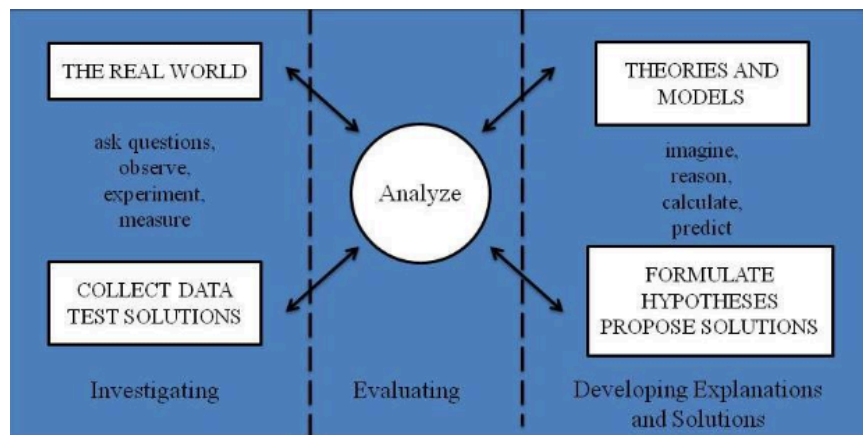
1. Mengemukakan pertanyaan atau melakukan pengamatan.
2. Menyusun hioptesis
3. Menyusun perkiraan jawaban
4. Melakukan tes/ eksperimen
5. Menemukan dan mengemukakan kesimpulan.

Sementara desain proses injiniring merupakan suatu tahapan siklus yang secara umum dimulai dari pemetaan masalah dilanjutkan dengan merancang solusi untuk pemecahan masalah tersebut, selanjutnya untuk membuktikan bahwa pemecahan masalah itu mungkin dilakukan, dalam desain proses injiniring dilakukan juga pemodelan untuk menjawab permasalahan yang muncul. Pemodelan ini kemudian dicobakan dan hasilnya akan di evaluasi apakah model solusi pemecahan masalah sudah efektif untuk memecahkan masalah atau belum, bila dirasa kurang efektif maka dilakukan perbaikan desain model pemecahan masalah tersebut. Model yang dikenalkan dalam desain proses injiniring dapat berbentuk produk, proses dan sistem.

Keterkaitan antara sains proses dan desain proses injiniring dalam pembelajaran STEM dapat lebih mudah difahami dengan penggambaran pada gambar 3 berikut. Pada bagian pertama di sebelah kiri gambar, aktivitas dominan adalah proses sains dengan pendekatan observasi, inkuiri dan percobaan yang didasarkan pada fenomena dan permasalahan di dunia nyata. Hasil pengamatan tersebut dapat dikaitkan dengan desain proses injiniring di sebelah kanan gambar dengan melalui proses analisis terlebih dahulu, pada proses ini tahap pertama dari engineering berupa pemetaan masalah, dilakukan dengan proses sains yang dapat memberikan gambaran komperhensif tentang masalah tersebut. Analisa dari hasil pengamatan masalah akan berusaha dipecahkan dengan menggunakan teori serta pemodelan yang muncul dari aktivitas pencarian solusi, berfikir kritis dan creative thinking yang secara dominan dilakukan dengan desain proses engineering (National Academy of Sciences, 2011).

Pada tahap selanjutnya, sains proses dan desain injiniring proses secara bersama dibutuhkan untuk melakukan analisis apakah teori serta model yang diajukan bisa memecahkan masalah dengan cara mengumpulkan, menguji dan menganalisis solusi pemecahan masalah untuk kemudian di evaluasi dan disempurnakan. Dalam ketiga bagian dalam gambar, analisis adalah bagian kunci untuk menghubungkan antara sains proses dan desain proses injiniring, saintist dan injiner akan bekerja sama untuk melakukan pemecahan masalah terbaik dengan segala sumber daya yang dimiliki. Dalam

upaya pemecahan masalah ini, kedua bagian dalam gambar melakukan Analisa masalah dan data yang lebih mudah digambarkan melalui pemodelan termasuk menggunakan sektsa, diagram, hubungan matematik, simulasi dan model purwarupa untuk memastikan bahwa solusi benar bisa memecahkan masalah yang dihadapi, penggunaan pemodelan-pemodelan ini membutuhkan kemampuan matematika yang mumpuni juga. Tiga kemampuan saintist dan enjineer inilah yang berusaha dikenalkan kepada siswa melalui pembelajaran STEM. Pembelajaran sains berbasis STEM terinkoporasi adalah pembelajaran materi pokok sains yang di dalamnya terintegrasi perancangan desain, system dan penggunaan teknologi untuk pemecahan masalah nyata. Dengan demikian diharapkan pembelajaran berbasis pendidikan STEM berkontribusi pada peningkatan daya saing Indonesia. Penjelasan lebih lengkap mengenai hubungan dan practices antara proses sains dan desain proses enjiniring pada kegiatan pembelajaran dibahas pada sub Tiga Dimensi STEM.



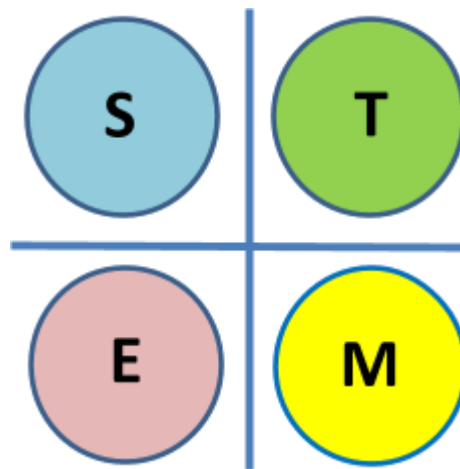
**Gambar 3.** Tiga Bagian Ranah Sains dan Enjiniring (National Academy of Sciences, 2011)

### A. Kontinum Pola Integrasi dalam Pendidikan STEM

Karakteristik utama dalam intergasi pendekatan STEM dalam Implementasi Kurikulum 2013 adalah keterpaduan/ integerasi sains, teknologi, enjiniring dan matematika dalam memecahkan masalah di kehidupan nyata. Pada pelaksanaannya di pembelajaran ataupun industry, terdapat beragam cara dalam praktik integrasi disiplin-disiplin ilmu STEM tersebut. Cara, pola dan derajat keterpaduan antara tiap disiplin ilmu dikategorikan ke dalam beberapa pola tertentu yang ditentukan oleh banyak faktor (Roberts, 2012 dalam Firman, 2016). Dalam perkembangannya, ada tiga pola pendekatan pembelajaran STEM yang umum dikenal oleh komunitas Pendidikan. Pembeda utama dari ketiga pola pendekatan ini adalah pada ketersinambungan dan derajat penggunaan konten STEM, tiga pola ini dikenal dengan pola Silo, terinkoporasi (Embedded) dan terintegerasi (integrated) (Robert dan Cantu, 2012).

## 1. Pola Pendekatan Silo

Pola pendekatan Silo adalah pola pendekatan paling terpisah dari pembelajaran STEM. Guru secara jelas memberikan instruksi dan materi secara terpisah pada setiap mata pelajaran STEM. Keterkaitan antar mata pelajaran pada pendekatan ini umumnya disampaikan secara tersurat melalui pembicaraan guru di depan kelas (Dugger, 2010). Diantara pendekatan STEM lainnya, pola pendekatan Silo merupakan pembelajaran yang lebih menekankan pada penjelasan guru dibandingkan dengan kegiatan siswa atau secara umum dikenal sebagai model pengajaran ceramah konvensional (Morrison, 2006). Sekali pun terdapat kegiatan praktik atau pembuatan karya, karya tersebut dipelajari hanya dalam satu perspektif mata pelajaran. Pola pendekatan Silo dianggap sebagai pola pendekatan yang kurang sesuai dalam pembelajaran STEM karena pelaksanaan pembelajaran dengan Silo membuat siswa masih memiliki segregasi antar mata pelajaran dan tidak bias melihatnya sebagai kesatuan utuh untuk memecahkan masalah di dunia nyata (Breiner, Harkness, Johnson & Koehler, 2012). Contoh dari pola pendekatan Silo adalah pembelajaran IPA Terpadu yang umum diajarkan pada jenjang sekolah menengah. Sekalipun telah mengusung keterpaduan antar mata pelajaran ilmu sains, pendekatan tiap keilmuan masih dilakukan secara terpisah dan minim menggunakan proses enjiniring dalam prosesnya.



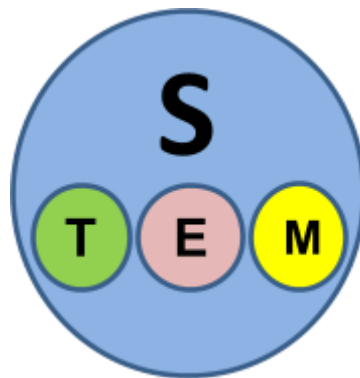
**Gambar 4.** Proses pola pendekatan Silo

## 2. Pola Pendekatan Embedded/Tertanam

Metode pola pendekatan tertanam umumnya dikenal luas sebagai pendekatan yang memberikan penekanan pada pengetahuan yang didapatkan melalui kajian permasalahan di dunia nyata dan Teknik pemecahan masalah dalam konteks social, budaya dan fungsional (Chen, 2001). Pelaksanaan pola terinkoporasi adalah pendekatan yang cukup sesuai dengan kebutuhan STEM karena membutuhkan kecakapan multidisipliner dari materi dan konten yang siswa dapatkan dari berbagai mata pelajaran atau pengalaman sebelumnya.

Dalam pendekatan tertanam, terdapat satu materi yang lebih diutamakan dibandingkan yang lainnya sehingga integritas dari subjek yang diutamakan tetap terjaga. Walau pun penekanan keutamaan ini memiliki kemiripan dengan pendekatan silo, terdapat perbedaan yang mendasar bahwa pola pendekatan tertanam meningkatkan pembelajaran dengan menunjukkan hubungan yang jelas antara materi yang diutamakan dan materi pendampingnya. Hubungan ini disampaikan secara kontekstual dalam penjelasan bahwa materi-materi pendamping adalah penguat konsep pada materi utama, namun bidang materi-materi pendamping tersebut tidak dimasukkan ke dalam evaluasi penilaian.

Salah satu kelemahan dalam pendekatan materi tertanam yaitu masih dapat terjadinya segregasi materi dalam pembelajaran. Jika siswa tidak mampu mencari keterkaitan dan hubungan antara materi utama dan materi pendamping, maka dikhawatirkan siswa hanya akan mendapatkan materi secara terpotong-potong dan hanya belajar sebagian dari pembelajaran yang harusnya menyeluruh. Selain itu, pendekatan ini penting menekankan bahwa materi pendamping harus telah terlebih dahulu dikuasai oleh siswa sebagai materi prasyarat agar siswa mampu lebih memahami konten materi utama dengan baik tanpa harus mengalami kebingungan karena tidak fahamnya siswa pada konten materi pendamping.

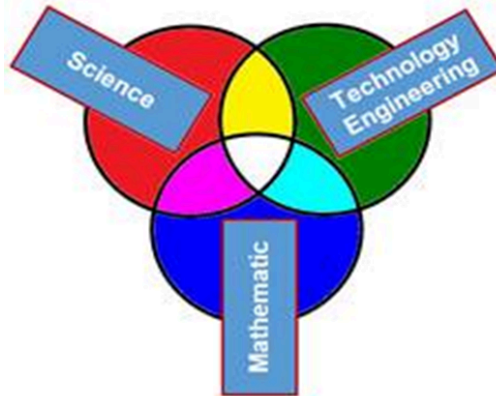


**Gambar 5.** Pola Pendekatan Tertanam

### **3. Pola Pendekatan Terintegrasi**

Pola ketiga dan pola yang paling ideal adalah pola pendekatan terintegrasi, pada pola ini tidak ada batas antara tiap mata pelajaran sehingga semua bagian dari S, T, E, M diajarkan sebagai satu subjek utuh. Pendekatan ini mungkin dilakukan hanya dengan kurikulum yang sesuai dan mampu meningkatkan ketertarikan siswa pada bidang STEM. Pada pola pendekatan ini umumnya menggunakan satu diantara dua model integrasi konsep antara interdisiplin atau multidisiplin dan menggabungkan materi dari berbagai tingkatan kelas menjadi satu kesatuan subjek yang memiliki semua aspek

STEM dan memiliki konten yang bisa memacu siswa untuk memiliki kemampuan berfikir kritis, keterampilan pemecahan masalah dan pengetahuan untuk mencapai sebuah kesimpulan.



**Gambar 6.** Pola pendekatan terintegrasi

Dalam model multidisiplin, siswa diarahkan untuk mampu mencari hubungan antara mata pelajaran yang berbeda yang juga diajarkan dalam waktu yang berbeda. Model ini membutuhkan kolaborasi yang baik antar guru mata pelajaran untuk menjamin bahwa siswa memahami adanya keterkaitan antar konsep dari materi yang diajarkan (Wang et al., 2011). Sementara itu, model interdisiplin memulai pendekatan pembelajaran melalui masalah pada dunia nyata (real life problem). Model ini menekankan pada keterkaitan-kulikular konten dengan kemampuan berfikir kritis dan pemecahan masalah siswa yang didasarkan pada pengetahuan yang telah dimiliki. Dapat disimpulkan bahwa, multidisiplin mengarahkan siswa untuk menghubungkan konsep dari beberapa mata pelajaran, sementara interdisiplin lebih memfokuskan pada perhatian siswa untuk memecahkan masalah menggunakan berbagai konten dan kemampuan yang telah siswa miliki dari berbagai mata pelajaran yang pernah mereka tahu (Wang et al., 2011). Secara teori, pola pendekatan integrasi dengan model interdisiplin adalah pendekatan yang paling sulit dilakukan namun paling sesuai untuk pembelajaran STEM.

Implementasi ketiga pola pendekatan tersebut nyatanya memiliki tantangan masing-masing. Dalam konteks Pendidikan dasar hingga menengah di Indonesia dan mayoritas negara lainnya, hanya mata pelajaran sains dan matematika yang menjadi bagian dari pembelajaran kurikulum konvensional, sementara mata pelajaran/ pengetahuan teknologi dan enjiniring hanya menjadi bagian dalam kurikulum sekolah kejuruan (vocational school) dan menjadi komponen minor dalam pembelajaran di sekolah umum. Maka dari itu, Pendidikan STEM yang dapat dikembangkan di Indonesia dan negara lainnya lebih terpumpu pada sains dan matematika dengan pola pendekatan terinkorporasi. Pola pengintegrasian yang lebih mendalam dengan menggabungkan materi S, T, E, M dalam satu mata pelajaran lintas disiplin

memerlukan restrukturisasi kurikulum secara menyeluruh, sehingga relative sulit untuk dilaksanakan dalam konteks kurikulum konvensional Indonesia. Pola pendekatan STEM yang paling mungkin dilakukan tanpa merestrukturisasi kurikulum secara massif adalah dengan pola terinkorporasi terutama dengan mengenalkan prinsip dan konsep enjiniring, teknologi dan matematika sebagai materi pendamping dengan sains sebagai materi utama.

Pola pendekatan ideal berupa integrasi penuh, secara teori relative lebih mudah dilakukan pada jenjang sekolah dasar karena siswa masih diajar oleh seorang guru kelas yang menguasai semua mata pelajaran. Sementara pola terinkorporasi akan lebih efektif untuk dikembangkan di sekolah menengah dengan catatan bahwa kegiatan yang dilakukan melibatkan aktivitas pemecahan masalah otentik dalam konteks sosial, kultural dan fungsional (Roberts, 2012 dalam Firman, 2016). Contoh dari beberapa pola terinkorporasi dengan sains sebagai materi utama diberikan dalam modul-modul unit pembelajaran pada sesi berikutnya.

## B. Dimensi dalam Framework K-12

Dalam upaya reformasi pendidikan sains di AS, disusunlah sebuah standar pembelajaran sains yang dikenal dengan nama *Next Generation Science Standard (NGSS)*. NGSS dikembangkan untuk meningkatkan keterlibatan peserta didik dalam pembelajaran STEM. terdapat 3 dimensi yang menjadi kerangka NGSS.

### 1. *Scientific and Engineering Design Practices*

*Scientific Practices* menggambarkan tingkah laku ilmuwan ketika mereka melakukan investigasi dan membuat model serta teori tentang alam. Sedangkan, *engineering practices* merupakan kunci bagi enjiner untuk membuat model dan sistem.

Terdapat delapan *scientific and engineering design practices* yang sangat penting untuk dipelajari oleh siswa seperti yang terlihat dalam tabel di bawah ini:

**Tabel 2.** *Scientific and Engineering Design Practices*

Practices	Sains	Enjiniiring
1. Membuat pertanyaan (sains) dan menemukan masalah (enjiniiring)	Siswa di semua level harus dapat mengemukakan pertanyaan tentang teks yang siswa baca, fitur fenomena yang siswa amati, dan kesimpulan yang mereka dapat lewat investigasi.	siswa harus bertanya untuk menjelaskan masalah yang harus diselesaikan dan memperoleh ide atau solusi dari suatu masalah

<p>2. Mengembangkan dan menggunakan model.</p> <p>Contoh dari model yaitu berupa diagram, replika fisik, representasi matematis, analogi dan simulasi komputer</p>	<p>Model digunakan untuk mewakili sistem (atau bagian sistem) yang sedang dipelajari, untuk membantu pengembangan pertanyaan dan penjelasan, memperoleh data yang dapat digunakan untuk membuat prediksi, dan mengkomunikasikan ide ke siswa lainnya</p>	<p>Model dapat digunakan untuk: menganalisa sistem untuk melihat apa atau dalam kondisi apa kecacatan mungkin terjadi, serta dapat menguji solusi yang mungkin dalam menyelesaikan masalah.</p> <p>Model juga dapat digunakan untuk menghaluskan desain dan sebagai prototype untuk menguji performa desain</p>
<p>3. Merencanakan dan melakukan investigasi</p>	<p>Siswa diberi kesempatan untuk membuat perencanaan, menginvestigasi variabel dan melakukan investigasi</p>	<p>Perencanaan dan investigasi dilakukan untuk mendapatkan data penting untuk menentukan kriteria atau parameter dan menguji desain.</p>
<p>4. Analisis dan Interpretasi data</p>	<p>Data yang dikumpulkan harus dipresentasikan dalam bentuk yang dapat mengungkapkan pola dan hubungan, juga menyediakan hasil yang dapat dikomunikasikan ke orang lain</p>	<p>Membuat keputusan berdasarkan bukti tentang sebuah desain yang akan bekerja; menganalisis desain dengan membuat model atau purwarupa dan mengumpulkan data bagaimana desain ini bekerja, termasuk dalam kondisi ekstrim</p>
<p>5. Menggunakan pola berpikir matematis dan komputasi</p>	<p>Menggunakan matematika untuk menunjukkan variable-variabel fisis dan hubungannya serta membuat prediksi kuantitatif. Aplikasi lainnya dari matematika untuk sains dan enjiniring yaitu logika, geomteri, dan level paling tinggi yaitu kalkulus.</p>	<p>Enjiner membuat analisis desain berbasis matematika untuk menghitung apakah desain yang dibuat sesuai dengna yang diharapkan dan apakah desain tersebut dapat dilaksanakan sesuai dengan anggaran.</p>
<p>6. Membangun eksplanasi (sains) dan mendesain solusi (enjiniring)</p>	<p>Siswa diminta untuk membangun penjelasannya, juga mengaplikasikan penjelasan materi yang telah dipelajari</p>	<p>Menetapkan batasan dan kriteria untuk kualitas solusi yang diinginkan, mengembangkan rencana desain, membuat dan menguji purwarupa.</p>
<p>7. Terlibat dalam argumen berdasarkan bukti</p>	<p>Pemikiran dan argument berbasis bukti merupakan hal yang penting dalam mengidentifikasi penjelasan</p>	<p>Pemikiran dan argument dibutuhkan untuk mengidentifikasi solusi paling baik.</p>

	yang paling baik untuk suatu fenomena alam.	
8.Mendapatkan, mengevaluasi dan mengkomunikasikan informasi	Ilmuwan dan enjiner menggunakan banyak sumber untuk mendapatkan informasi yang digunakan untuk mengevaluasi kepantasan dan validitas klaim, metoda dan desain. Mengkomunikasikan informasi, bukti, dan ide dapat dilakukan dengan berbagai cara: tabel, diagram, grafik, model, display interaktif, rumus baik itu secara lisan, tulisan dan diskusi. <b>Sains</b> tidak akan maju jika ilmuwan tidak dapat mengkomunikasikan hasilnya secara jelas dan persuasive. <b>Begitu pula enjiner</b> tidak dapat membuat teknologi baru jika kelebihan dari desain nya tidak dapat dikomunikasikan secara jelas.	

## 2. *Crosscutting concept*

Secara singkat, suatu konsep disebut *crosscutting concept* jika konsep tersebut dapat mengkomunikasikan cara berpikir saintifik suatu mata pelajaran, dan konsep tersebut berlaku untuk banyak mata pelajaran Sains dan enjiniiring. Suatu konsep disebut bukan *crosscutting concept* jika konsep tersebut tidak dapat megkomunikasikan cara berpikir saintifik atau hanya berlaku untuk satu atau dua mata pelajaran (Snider, C, "What Do I Do with Crosscutting Concepts?").

Sebagai contoh yaitu *crosscutting concept energy*:

“Hukum yang sama tentang konservasi energy digunakan oleh enjiner untuk mendesain mobil yang lebih efisien, seorang nutrisionis menghitung makanan yang ideal untuk pasien, dan oleh ekologis untuk menginvestigasi bagaimana energy bergerak di suatu ekosistem. “

*Crosscutting concept energy* mempunyai potensi yang besar untuk membantu siswa memahami bagaimana saintis dan enjiner berpikir, dan bagaimana mata pelajaran biologi, fisika, kimia, enjiniiring memiliki hal yang mirip dalam konsep juga cara berpikir.

**Tabel 3.** *Crosscutting Concepts*

No	Crosscutting Concepts	Deskripsi
1	Pola	Memperhatikan pola, merupakan langkah pertama untuk mengorganisasi fenomena dan bertanya saintifik tentang

		mengapa dan bagaimana pola terjadi. Tipe-tipe pola terdiri dari klasifikasi, persamaan atau perbedaan, distribusi, hubungan diantara variable, perubahan dan kecepatan perubahan. Beberapa alat yang dapat digunakan untuk mencari pola yaitu, grafik, bagan atau skema, peta dan data statistik.
2	Sebab dan Akibat: Mekanisme dan Eksplanasi	Kegiatan utama dalam IPA adalah menyelidiki dan menjelaskan hubungan sebab akibat dan mekanisme mediasinya. Mekanisme tersebut dapat diuji melalui konteks yang diberikan dan digunakan untuk memprediksi serta menjelaskan kejadian-kejadian dalam konteks yang baru.
3	Skala, Proporsi dan Kuantitas	Skala, proporsi, dan kuantitas berhubungan dengan ukuran dan relasi matematis. Berhubungan dengan konsep ini, siswa penting untuk memahami perbedaan mengukur dan mengenali bagaimana perubahan skala, proporsi dan kuantitas mempengaruhi fungsi dan struktur suatu sistem.
4	Sistem dan Model Sistem	Model akan sangat berguna dalam memprediksi tingkah laku sistem atau dalam mengdiagnosa masalah, kegagalan, terlepas dari tipe sistem apa yang sedang diuji. Sebuah model sistem yang digunakan untuk mengembangkan penjelasan saintifik atau desain enjiniiring tidak hanya harus dapat menentukan bagian atau subsistem, tetapi juga interaksi diantara satu bagian dengan bagian lainnya.
5	Energi dan Materi: Aliran, Siklus, dan Konservasi	Dengan mengkaji jejak aliran energy dan usaha di dalam, di luar dan di antara sistem mampu membantu seseorang untuk memahami kemungkinan dan keterbatasan suatu sistem.
6	Struktur dan Fungsi	Sifat dan fungsi suatu benda ditentukan oleh bagaimana cara benda tersebut dibentuk.
7	Stabilitas dan Perubahan	Stabilitas dan variabel yang mengatur kecepatan perubahan merupakan hal yang penting untuk dipertimbangkan maupun untuk dipahami, baik itu untuk sistem buatan atau sistem alami.

### 3. *Disciplinary Core Ideas*

Dimensi ketiga STEM yaitu disciplinary core ideas (DCI), dimensi ketiga ini sudah lebih dikenal oleh guru dibanding dengan dua dimensi STEM lainnya. DCI merupakan kumpulan ide utama dari mata pelajaran physical, life, Earth and space Science. Dua domain lainnya yang termasuk dalam dimensi ini adalah engineering, technology dan applied Science.

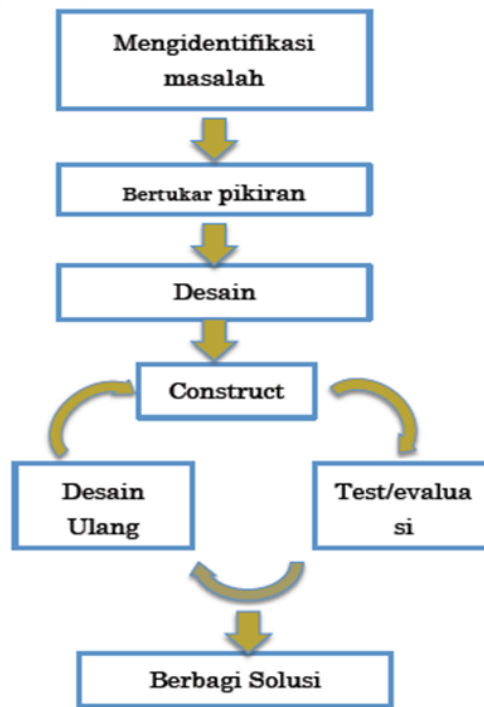
**Tabel 4.** Contoh *Disciplinary Core Ideas* dan komponennya

Subject	Core and Component Idea
---------	-------------------------

<b>Physical Science</b>	<b>Energi (Core idea)</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>● Definisi energy</li> <li>● Konservasi dan transfer energy</li> <li>● Hubungan antara energy dengan gaya</li> <li>● Energy dalam proses kimia dan kehidupan sehari-hari</li> </ul>
<b>Life Sciences</b>	<b>Ekosistem: Interaksi, energy, dan dinamika (core idea)</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>● Hubungan interdependen dalam ekosistem</li> <li>● Siklus materi dan transfer energi dalam ekosistem.</li> <li>● Dinamika ekosistem</li> <li>● Interaksi sosial dan tingkah laku grup</li> </ul>
<b>Earth and Space Science</b>	<b>Bumi dan Aktivitas Manusia</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>● Sumber Daya Alam</li> <li>● Bencana alam</li> <li>● Dampak manusia terhadap bumi</li> <li>● Perubahan iklim global</li> </ul>
<b>Engineering</b>	<b>Desain enjiniiring</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>● Menjelaskan dan membatasi masalah enjiniiring</li> <li>● Mengembangkan solusi</li> <li>● Mengoptimalkan solusi desain</li> </ul>

### **C. Engineering Design Process (EDP)**

Pada pembelajaran berbasis STEM, salah satu karakteristik yang harus terlihat dalam proses pembelajaran adalah proses desain rekayasa atau *Engineering Design Process* (EDP). Proses ini melatih kemampuan peserta didik dalam memecahkan suatu permasalahan (*problem solving*) dalam konteks dunia nyata (*real world*).



**Gambar 7.** Proses Desain Rekayasa (EDP)

Terdapat beberapa model yang dapat digunakan sebagai EDP, salah satunya adalah yang dapat dilihat pada gambar 7, namun secara umum EDP memiliki langkah-langkah sebagai berikut:

1) Identifikasi Masalah

Pada tahap ini peserta didik dalam kelompoknya mengidentifikasi dan menganalisa permasalahan atau tantangan yang diberikan. Peserta didik juga diharapkan dapat mengidentifikasi *constraint* atau batasan dan kriteria dari solusi yang dipersyaratkan oleh permasalahan atau tantangan yang diberikan tersebut sebagai contoh alat dan bahan tersedia, biaya yang boleh dikeluarkan, dan berbagai kriteria yang dibutuhkan.

2) Bertukar pikiran (*brainstorm*)

Tahap selanjutnya adalah peserta didik saling bertukar pikiran tentang berbagai solusi yang memungkinkan untuk menjawab permasalahan. Peserta didik dapat melakukan penelitian melalui bermacam-macam sumber informasi yang mereka anggap relevan untuk membantu mereka dalam menyusun berbagai ide solusi. Dari berbagai solusi yang dimungkinkan tersebut, peserta didik dalam kelompoknya menentukan satu solusi terbaik yang akan ditawarkan.

3) Merancang

Dengan ditentukannya satu solusi terbaik, maka tahapan selanjutnya adalah memodelkan solusi tersebut dalam sebuah rancangan atau sketsa gambaran konkrit

dari solusi yang ditawarkan. Dalam rancangan tersebut, peserta didik harus mampu menjelaskan bagian-bagian dari rancangannya, fungsi yang terkait dari bagian-bagian tersebut, material yang digunakan, serta bagaimana rancangan solusi mereka akan mampu menjawab permasalahan.

4) Membangun (*build/construct*)

Selanjutnya, dengan menggunakan material yang ditentukan, dalam kelompoknya peserta didik menyusun produk persis sesuai dengan hasil rancangan/sketsa yang mereka susun.

5) Ujicoba

Pada tahap ujicoba ini peserta didik akan mengetahui apakah solusi yang mereka rancang dapat menjawab permasalahan atau tantangan yang diberikan di awal.

6) Revisi

Jika solusi yang dikembangkan belum berhasil menjawab permasalahan, maka dalam kelompoknya peserta didik mengidentifikasi dan menganalisa penyebab dari adanya kegagalan tersebut dan menentukan perbaikan yang harus dilakukan pada solusi awal.

7) Berbagi solusi/Komunikasi

Pada akhirnya masing-masing kelompok akan mengkomunikasikan berbagai pengalaman mereka dalam menjawab permasalahan atau tantangan baik dalam bentuk presentasi maupun laporan.

#### **D. Analisis Materi untuk Pendekatan STEM dalam Implementasi Kurikulum 2013**

Materi sains untuk pendekatan STEM tentunya harus disesuaikan dengan karakteristik pembelajaran STEM. Dalam menganalisis materi pada kurikulum 2013, kita dapat mengidentifikasi berbagai Kompetensi Dasar (KD) pada ranah pengetahuan dan keterampilan yang berkaitan dengan kegiatan perancangan baik itu berupa proses, sistem, maupun produk.

Jika KD yang sesuai telah diidentifikasi dan dipilih, maka selanjutnya adalah merumuskan indikator pencapaian kompetensi (IPK) sebagai penanda pencapaian KD yang dapat diukur/diobservasi yang menjadi acuan penilaian mata pelajaran. Kriteria yang dapat digunakan dalam menyusun IPK yaitu Urgensi, Kontinuitas, Relevansi, Keterpakaian (UKRK).

Hal selanjutnya yang harus dilakukan adalah analisa STEM pada topik terpilih. Pada proses analisa ini harus diidentifikasi kegiatan-kegiatan yang sesuai pada keempat ranah sains, teknologi, rekayasa, dan matematika.

Contoh analisis STEM pada pembelajaran IPA dalam Implementasi Kurikulum 2013 akan dijabarkan pada *Handout* Analisis STEM dalam Implementasi Kurikulum 2013.

## E. STEM dalam Pembelajaran Sains/IPA

Pembelajaran sains berbasis STEM dalam kelas didesain untuk memberi peluang bagi peserta didik mengaplikasikan pengetahuan akademik dalam dunia nyata. Pengalaman belajar sains berbasis pendidikan STEM mengembangkan pemahaman peserta didik terhadap konten sains, kemampuan inovasi dan pemecahan masalah, soft skills (antara lain komunikasi, kerjasama, kepemimpinan). Pembelajaran sains berbasis STEM menumbuhkan minat dan motivasi peserta didik untuk melanjutkan studi dan berkarir dalam bidang profesi iptek, sebagaimana dibutuhkan negara saat ini dan di masa datang.

Agar siswa mampu memecahkan masalah sains dan teknologi, diperlukan keterampilan berpikir dan berkreasi. Pembelajaran sains dengan pendekatan STEM melatih peserta didik dalam berpikir kritis, kreatif, berkolaborasi dan berkomunikasi. Oleh karena itu, pembelajaran dengan pendekatan STEM mendukung pencapaian keterampilan di abad 21. Penyajian pembelajaran dengan pendekatan STEM harus memenuhi beberapa aspek dalam *Scientific & Engineering Practice*, juga menggambarkan adanya *Crosscutting Concept* atau irisan konsep di antara pengetahuan sains, teknologi, enjiniring dan matematika. Selain itu *Higher Order Thinking Skills* (HOTS) menjadi keharusan di dalam pembelajaran maupun penilaiannya.

Pembelajaran sains berbasis STEM perlu dilaksanakan dalam unit-unit pembelajaran berbasis proyek (PjBL), yang di dalamnya peserta didik ditantang untuk kritis, kreatif, dan inovatif dalam memecahkan masalah nyata, yang melibatkan kegiatan kelompok (tim) secara kolaboratif.

### Referensi

- Breiner, J., Harkness, S., Johnson, C., & Koehler, C. (2012). What is STEM? A discussion about conceptions of STEM in education and partnerships. *School Science and Mathematics*, 112(1), p. 3-11.
- Bybee, R. W., & Landes, N. M. (1988) What research says about new science curriculums (BSCS) *Science and Children*, 25, 35-39.
- Chen, M. (2001). A potential limitation of embedded-teaching for formal learning. In J. Moore & K. Stenning (Eds.), *Proceedings of the Twenty-Third Annual Conference of the Cognitive Science Society* (pp. 194-199). Edinburgh, Scotland: Lawrence Erlbaum Associates, Inc.
- Dugger, W. (2010). Evolution of STEM in the U.S. 6th Biennial International Conference on Technology Education Research. [Avaliable online: <http://citeseerx.ist.psu.edu>]
- Hanover Research (2011). K-12 STEM education overview.
- Harry Firman. (2016). Pendidikan STEM sebagai Kerangka Inovasi Pembelajaran Kimia untuk Meningkatkan Daya Saing Bangsa dalam Era Masyarakat Ekonomi Asean. *Prosiding Seminar Nasional Kimia dan Pembelajarannya*, ISBN : 978-602-0951-12-6.
- Johnson, D. W., Johnson, R. T., & Smith, K. (1991). *Active learning: Cooperation in the college classroom*. Edina, MN: Interaction Book.

- Karplus, R., & Their, H. D. (1967). A new look at elementary school science. Chicago, IL: Rand McNally.
- Morrison, J. (2006). STEM education monograph series: Attributes of STEM education. Teaching Institute for Essential Science. Baltimore, MD.
- National Academy of Sciences (2011). A Framework for K-12 Science Education: Practices, Crosscutting Concepts, and Core Ideas. The National Academic Press: Washington DC.
- Roberts, A. (2012). A justification for STEM education. *Technology and Engineering Teacher*, 74(8), 1-5.
- Roberts, A. & Cantu, D. (2012). Applying STEM instructional strategies to design and technology curriculum. *Technology Education in the 21st Century*, (73), 111-118.
- Resnick, L. B. (1999). Making America smarter. *Education Week Century Series*. 18 (40), 38-40. Retrieved from <http://www.edweek.org/ew/vol-18/40resnick.h18>
- Wang, H., Moore, T., Roehrig, G., & Park, M. (2011). STEM integration: Teacher perceptions and practice. *Journal of Pre-College Engineering Education Research*, 1(2), 1-13.