



Research Artikel

PENDEKATAN STREAM (SCIENCE-TECHNOLOGY-RELIGION-ENGINEERING-ARTS-MATHEMATICS) MEMBEKALKAN KEBIASAAN BERPIKIR MAHASISWA
THE STREAM APPROACH (SCIENCE-TECHNOLOGY-RELIGION-ENGINEERING-ARTS-MATHEMATICS) PROVIDES STUDENTS 'THINKING HABITS

Tri Wahyu Agustina¹, Nuryani Y. Rustaman², Riandi³, Widi Purwianingsih⁴

^{1,2}Pendidikan Biologi, UIN Sunan Gunung Djati Bandung, Indonesia

^{3,4}Pendidikan IPA Sekolah Pascasarjana, Universitas Pendidikan Indonesia, Indonesia
triwahyuagustina@uinsgd.ac.id

Abstract

This research develops an Applied Biology learning program using a science-technology-religion-engineering-arts-mathematics (STREAM) approach that can equip students with habits of mind. These thinking habits include systems thinking skills. The Applied Biology learning content includes compost making, nata de soya making, and biopesticides making. The research was carried out in the Microbiology course on the topic of Applied Microbiology. During the lectures, the learning process combines the 3Es learning cycle model (exploration-explanation-expansion phase), Jigsaw-type cooperative, and a combination of various learning methods. Students are trained in scientific process skills and designing /engineering skills. The products of the program consisted of modifications to the syllabus and the microbiology course matrix, performance tasks on students' worksheet, the STREAM approach scheme, system thinking skills' question instruments, concept map rubrics and scores. The result indicate that system thinking skills in Applied Biology learning content could be equipped to students using the STREAM approach.

Keywords: STREAM; system thinking skills; applied biology

Abstrak

Penelitian mengembangkan program pembelajaran Biologi Terapan menggunakan pendekatan *science-technology-religion-engineering-arts-mathematics* (STREAM) yang dapat membekalkan kebiasaan berpikir. Kebiasaan berpikir tersebut diantaranya keterampilan berpikir sistem (KBS). Konten Biologi Terapan antara lain pembuatan kompos, nata de soya, dan biopestisida. Penelitian dilaksanakan pada perkuliahan Mikrobiologi pada pokok bahasan Mikrobiologi Terapan. Selama pembelajaran memadukan model siklus belajar 3Es (fase eksplorasi-pengenalan konsep-aplikasi konsep), kooperatif tipe Jigsaw, dan kombinasi metode belajar. Mahasiswa dilatihkan keterampilan proses saintifik dan mendesain (*engineering*). Produk program terdiri dari modifikasi pada silabus dan modifikasi matriks perkuliahan Mikrobiologi, tugas kinerja (*task*) pada lembar kerja mahasiswa (LKM), skema pendekatan STREAM, instrument soal KBS, dan skor beserta rubrik peta konsep. Hasil penelitian mengindikasikan bahwa KBS dapat dibekalkan kepada mahasiswa menggunakan pendekatan STREAM.

Kata Kunci: STREAM; keterampilan berpikir sistem; biologi terapan

Permalink/DOI: <http://doi.org/10.15408/es.v12i2.17605>

*Corresponding author

PENDAHULUAN

Keterampilan berpikir system (KBS) merupakan bagian kebiasaan berpikir (*habits of mind*) yang dikembangkan pada abad ke-21 (Bybee, 2010; Basham & Marino, 2013; Rustaman *et al.*, 2018). Tujuan pendidikan *science* dapat dicapai melalui KBS (Boersma *et al.*, 2011; Dauer & Dauer, 2016). Sinergisasi KBS dengan tujuan pendidikan *science* karena KBS dapat dijadikan sebagai alat untuk membelajarkan proses saintifik terutama pada bagian proses analisis dan sintesis (Schaefer, 1989). Pendidikan Biologi merupakan bagian dari pendidikan *science* sehingga KBS dapat dibekalkan kepada siswa. Pembekalan KBS pada pendidikan Biologi adalah dengan memberikan pemahaman kepada siswa mengenai kompleksitas lingkungan yang ada di sekitarnya. Kompleksitas Biologi tersebut dapat dimanifestasikan dalam berbagai level organisasi kehidupan dari tingkat molekul sampai ekosistem (National Research Council, 2009; Boersma *et al.*, 2011; Dauer & Dauer, 2016). KBS dapat menggunakan teori general (umum) sistem (*General System Theory/GST*), *cybernetics*, dan sistem dinamik (Verhoeff, 2003; Boersma *et al.*, 2011). Asesmen yang dianggap efektif dalam menganalisis KBS dapat menggunakan peta konsep (Branstadter *et al.*, 2012; Tripto *et al.*, 2013; Raved & Yarden, 2014).

KBS dapat dibekalkan kepada mahasiswa (Habron *et al.*, 2012; Cheng *et al.*, 2015; Agustina *et al.*, 2018). Saat ini, Perguruan Tinggi (PT) menerapkan Kerangka Kualifikasi Nasional Indonesia (KKNI) untuk menjawab tantangan dunia kerja. Pada KKNI menghadirkan istilah profil lulusan yang sebaiknya dicapai oleh mahasiswa selama pembelajaran (Direktorat Pembelajaran & Kemahasiswaan, 2014). Pendidikan Biologi UIN (Universitas Islam Negeri) Sunan Gunung Djati Bandung memiliki profil lulusan diantaranya mencetak lulusan pendidik Biologi yang memiliki kebiasaan berpikir dan Edupreneur (Pendidikan Biologi, 2015). Pendidikan Biologi berada di institusi perguruan Tinggi Islam yang memiliki paradigma “Wahyu Memandu Ilmu” (WMI) yang berarti ilmu umum yang dipelajari/diajarkan tidak akan bertentangan dengan ilmu agama (*religion*) atau mengintegrasikan antara ilmu agama (*religion*)

dan ilmu umum (Subandi, 2010; Natsir, 2013; WMI Consortium, 2019).

Science merupakan bagian ilmu umum. Teori-teori yang dibangun pada konten *science* tidak akan bertentangan dengan wahyu atau berasal dari Al-Qur’an, hadis Rasulullah Muhammad SAW, pemikiran ulama-ilmuwan muslim yang terpercaya (Tafsir, 2010 dalam Subandi, 2010; Natsir, 2013). Di samping itu, *science* yang merupakan dasar dari pengembangan *technology* bersifat tidak bebas nilai tetapi terikat pada muatan nilai, diantaranya nilai *religion*. Pada dasarnya antara *science* dan *religion* tidak akan bertentangan satu sama lain. Ilmu dan *religion* menjadi satu kesatuan utuh yang saling berintegrasi (Yudianto, 2005; Toharudin *et al.*, 2011). Ahli pendidikan telah mengembangkan model pembelajaran *science* yang dapat diberi muatan nilai antara lain model pembelajaran STS (*science-technology-society*) atau sains-teknologi-masyarakat. STS selanjutnya berkembang menjadi SETS (*science-environment-technology-society*) atau sains-lingkungan-teknologi-masyarakat. Kedua model tersebut bersifat kontekstual yang sesuai dengan lingkungan belajar siswa dan dapat diberi muatan nilai *religion* (Supriadi, 2004; Poedjiadi, 2005a; Yoruk *et al.*, 2010). Saat ini ahli pendidikan mengembangkan model pembelajaran yang masih mengintegrasikan *science* dan *technology*. Pengintegrasian kedua bidang tersebut diharapkan dapat menjawab tantangan dunia kerja sehingga melahirkan pendekatan STEM. Pendekatan STEM digambarkan bahwa bidang *technology*, *engineering*, dan *mathematics* yang saling beririsan satu sama lain dan tetap berada pada lingkaran *science* (Bybee, 2010; Basham & Morino, 2013; Hsu, 2014). Pendekatan STEM tersebut diharapkan pula dapat menjawab tantangan dunia kerja (Bybee, 2010). Selanjutnya STEM mengalami perkembangan menjadi STEAM dengan penambahan aspek *arts* (A). Aspek *arts* berkaitan dengan aspek kreativitas siswa (mahasiswa), kemampuan berimajinasi, berinovasi dalam menggunakan *technology*, menghasilkan produk, dan berperasaan berkesenian dalam memahami *science* (Wijaya *et al.*, 2015, Jho *et al.*, 2016; Oner *et al.*, 2016; Agustina *et al.*, 2019). Aspek *arts*

tersebut sangat penting terutama dalam memenuhi profil lulusan Edupreneur (Agustina *et al.*, 2019).

Pendekatan STEAM selanjutnya dikembangkan menjadi STREAM dengan menambahkan aspek *religion* (R). Pengembangan tersebut dilakukan untuk menyesuaikan pembelajaran *science* dalam hal ini pembelajaran Biologi yang berada pada lembaga pendidikan tinggi Islam serta aspek pembelajaran *science* dapat bermuatan nilai *religion*. Penelitian ini menjadikan aspek *religion* dapat memiliki dua indikator yaitu pertama, pencapaian kompetensi inti satu (spiritual) pada kurikulum nasional 2013 dan kedua, paradigm “Wahyu Memandu Ilmu” . Indikator pertama terdiri dari aspek menghargai, menghayati, dan mengamalkan ajaran Islam (Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan, 2013). Indikator kedua yaitu materi *science* dapat dikaitkan secara eksplisit dengan ayat Al-Qur’an atau hadis Rasulullah Muhammad SAW yang relevan (Yudianto, 2005).

Pendekatan STREAM mengikuti perspektif STEM dengan mengintegrasikan aspek *Technology-Religion-Engineering-Arts-Mathematics* dalam lingkaran *science* (Hsu, 2014; Agustina *et al.*, 2019). *Framework* STREAM merujuk pada dimensi pembelajaran *science*. *The Next Generation Science Standards* (NGSS) menyatakan bahwa pembelajaran *science* dapat dibentuk dalam tiga dimensi, terdiri dari : 1. Keterampilan saintifik dan *engineering*. 2. Konsep lintas bidang (*cross-cutting concepts*) dalam mempelajari *science* dan *engineering*. 3. Pemahaman pada materi inti dalam mempelajari *science* (Bybee, 2013; Anwari *et al.*, 2015). Pendekatan STREAM bersifat kontekstual seperti halnya pendekatan STEM dengan cara terlebih dahulu mengenali isu-isu di lingkungan mahasiswa. Proses pengenalan isu tersebut sebagai cara untuk mengatasi permasalahan yang terjadi pada isu tersebut (Bybee, 2010; Basham & Marino, 2013; Suwarma, 2014). Pendekatan STREAM seperti halnya STEM menekankan pada desain *engineering process* (proses rekayasa/*engineering*) dan tetap beririsan dengan *scientific process* (proses ilmiah) (Suwarma, 2014; Rosicka, 2016; Septiani, 2016). Dengan demikian, pendekatan STREAM

melibatkan proses ilmiah (*scientific process*) dan proses *engineering*.

Proses ilmiah merupakan prosedur pemecahan masalah mengikuti metode ilmiah, antara lain: merumuskan masalah, membuat hipotesis, merancang eksperimen, mengevaluasi, mengukur, dan menarik kesimpulan (Lawson, 1994; Toharudin *et al.*, 2011). Desain proses *engineering* dapat menggunakan empat tahapan. 1. Tahap pikir (P) dengan cara mengenali permasalahan yang terjadi di sekitar lingkungan. Mahasiswa bertukar pikiran untuk menyelesaikan permasalahan. 2. Tahap desain (D) yaitu mahasiswa mendesain model yang dianggap tepat. 3. Tahap buat (B) yaitu mahasiswa mengkonstruksi (membuat) model. 4. Tahap uji (U) yang berarti mahasiswa menguji model tersebut. Mahasiswa mendesain ulang model apabila terjadi kegagalan dalam tahap pengujian. Mahasiswa mencari penyelesaian dalam permasalahan pengujian tersebut untuk merenovasi model (produk) (Suwarma, 2014; Agustina *et al.*, 2019). Tahap-tahap pada proses *engineering* melibatkan proses ilmiah dengan mengidentifikasi masalah, pengajuan hipotesis, dan merancang eksperimen untuk menjawab permasalahan. Rancangan eksperimen dengan mendesain model yang diajukan oleh mahasiswa. Mahasiswa bereksperimen untuk membuat model tersebut.

Salah satu model pembelajaran yang dapat mendukung proses ilmiah serta proses *engineering* yaitu siklus belajar (*learning cycle*) 3Es dan model pembelajaran kooperatif tipe Jigsaw. Siklus belajar 3Es diawali dengan tahapan penyelidikan (*exploration*), pengenalan konsep (*explanation*), dan aplikasi konsep (*expansion*) (Dahar, 1989; Lawson, 1994). Model pembelajaran kooperatif tipe Jigsaw. menempatkan mahasiswa dalam kelompok-kelompok kecil yang dikenal sebagai kelompok ahli (Lie, 2008; Jacobsen *et al.*, 2009, Silberman, 2009). Dengan demikian, siklus belajar 3Es dan model pembelajaran kooperatif tipe Jigsaw dapat digunakan pada pendekatan STREAM.

Penelitian-penelitian yang mendasari pendekatan STREAM yaitu pendekatan STEM dan STEAM. Pendekatan STEM pada topik energi yang terbarukan dengan pendekatan STEM dapat

meningkatkan kemampuan berpikir kreatif, menghasilkan produk yang kreatif, dan menimbulkan respon positif pada mahasiswa (Mayasari *et al.*, 2016). Pendekatan STEM yang dikembangkan menuju STEAM untuk mengukur kreativitas mulai siswa kelas VII sampai kelas XII yang mengikuti *summer camp*. Hasil penelitian tersebut menunjukkan sebagian besar siswa lebih tertarik pada karir pekerjaan berbasis STEM, mampu menggunakan kreativitas pada pekerjaan tersebut, memberikan manfaat dari sisi emosional, dan mampu menyelesaikan masalah (Oner *et al.*, 2016). Selama ini penelitian mengenai pendekatan STEM dan STEAM lebih banyak diarahkan pada berpikir kreatif dan kreativitas. Penelitian lain mengenai *science-technology-religion-engineering-and mathematics* dapat ditemukan melalui pengembangan *subject specific pedagogy* (SPF) yang menunjukkan kualitas sangat baik dan respon siswa sangat baik pada materi polimer siswa SMK. Penelitian tersebut tidak menyertakan aspek *arts* dalam pengembangan SPF (Safitri & Priyambodo, 2016). Dengan demikian belum ditemukan penelitian yang menjadikan *science* sebagai wadah dalam mengintegrasikan aspek *technology*, *engineering*, *arts* dan *mathematics* dan mengintegrasikan aspek *arts* dan *religion*. Berdasarkan latar belakang sebelumnya bahwa KBS dapat juga dijadikan alat membelajarkan proses saintifik. Penelitian mengenai KBS pada jenjang Perguruan Tinggi di Indonesia masih jarang dilakukan. Hasil studi lapangan terhadap mahasiswa menunjukkan keterampilan mahasiswa dalam menghubungkan antar topik masih rendah dan masih berpikir *fragmented* (terpisah-pisah) (Agustina *et al.*, 2017a). Keterampilan menghubungkan antar topik merupakan salah satu indikator pada KBS. Dengan demikian, penting dilakukan pembekalan KBS mahasiswa sebagai bagian dari kebiasaan berpikir sekaligus menunjang profil lulusan prodi untuk menghadapi tantangan dunia kerja.

Pendekatan STREAM mengangkat isu-isu yang bersifat kontekstual di sekitar mahasiswa untuk diselesaikan permasalahannya menggunakan proses ilmiah. Mahasiswa Pendidikan Biologi UIN Bandung diberikan permasalahan kontekstual dan

isu-isu yang terjadi di kota Bandung khususnya Bandung wilayah timur. Permasalahan yang dihadapi oleh kota Bandung diantaranya menyempitnya lahan pertanian dan sampah yang menumpuk. Kota Bandung memiliki program gerakan pertanian perkotaan (*urban farming*) untuk mengatasi penyempitan lahan pertanian kota Bandung (Dinas Pertanian & Ketahanan Pangan, 2017; Agustina *et al.*, 2019). Di samping itu, kota Bandung dikenal dengan produk pangan diantaranya produk tahu lokal. Produk sampingan pengolahan tahu bernama *whey* dapat dimanfaatkan sebagai bahan pembuatan nata de soya (Sarwono & Saragih, 2001). Posisi kampus UIN Bandung yang berdekatan dengan pasar induk Gede Bage, pasar Ujung Berung, produsen tahu skala rumah tangga, dan memiliki fasilitas kebun Biologi dapat digunakan sebagai sumber belajar mahasiswa (Agustina *et al.*, 2019). Pembuatan kompos, nata de soya, dan biopestisida merupakan contoh-contoh gerakan *urban farming* dan pemanfaatan potensi lokal Bandung. Konten pembuatan kompos, nata de soya dan biopestisida merupakan aspek *science* dalam pendekatan STREAM.

Pembuatan kompos, nata de soya, dan biopestisida merupakan bagian Biologi Terapan yang memanfaatkan *technology* fermentasi mikroorganisme dan bahan-bahan yang terdapat di lingkungan (Sardjoko, 1991; Smith, 1993; Acquaaah, 2004; Thieman & Palladino, 2009; Ray & Joshi, 2015). Hasil analisis silabus Mikrobiologi pada program studi Pendidikan Biologi UIN Bandung terdapat pokok bahasan metabolisme mikroorganisme dan pokok bahasan Mikrobiologi Terapan. Materi Mikrobiologi Terapan terdapat sub-pokok bahasan Mikrobiologi Terapan Tanah, Lingkungan, dan Pangan. Dengan demikian, konten kompos, nata de soya, dan biopestisida dibelajarkan pada perkuliahan Mikrobiologi di semester V (Agustina *et al.*, 2019).

Studi ini memberikan gambaran mengenai program pembelajaran pendekatan STREAM pada konten Biologi Terapan antara lain: pembuatan produk dan kemasan kompos, nata de soya, dan biopestisida yang dapat membekali KBS. Dalam pelaksanaan pembelajaran, mahasiswa membuat peta konsep dan membuat miniproposal untuk

merancang pembuatan konten Biologi Terapan dipandu oleh *task* (tugas kinerja) Lembar Kerja Mahasiswa (LKM). Secara rinci pada studi ini menjawab pertanyaan-pertanyaan penelitian sebagai berikut: 1. Bagaimana program pembelajaran pendekatan STREAM pada konten Biologi Terapan? 2. Bagaimana KBS mahasiswa? Tujuan penelitian menghasilkan program pembelajaran yang menggunakan pendekatan STREAM dan menguji efektivitas pendekatan STREAM terhadap KBS mahasiswa pada konten Biologi Terapan.

METODE

Desain penelitian dan pengembangan (*Research and Development/ R & D*) menggunakan jenis model 4D (*define-design-develop-disseminate*) yang disederhanakan menjadi studi pendahuluan, pengembangan model, dan pengujian model (Thiagarajan *et al.*, 1974; Gall *et al.*, 2003; Sukmadinata, 2015). Tahap-tahap R & D tersebut disusun menjadi empat tahapan, antara lain: 1. Tahap studi pendahuluan terdiri dari studi kepustakaan dan studi lapangan. Studi pendahuluan memperoleh teori-teori dan temuan-temuan penelitian yang berkaitan dengan produk penelitian yaitu program pembelajaran pendekatan STREAM, dan KBS. 2. Tahap penyusunan draf program berdasarkan studi pendahuluan. 3. Tahap pengembangan program yang didalamnya terdapat penilaian oleh dosen ahli. Selanjutnya dilakukan tahap uji coba program dan perbaikan (revisi). 4. Tahap implementasi program untuk menguji efektivitas program terhadap KBS mahasiswa.

Studi pendahuluan berupa studi lapangan, antara lain: 1. Kondisi pembelajaran di SMA/MA dengan menyebarkan angket kepada delapan guru SMA/MA di kawasan Bandung Timur yang memanfaatkan lingkungan siswa dalam pembelajaran pada tahun 2016 (Agustina *et al.*, 2017b). 2. Penelusuran KBS kepada mahasiswa semester VII berjumlah 76 orang pada tahun akademik 2015/2016.

Penyusunan draf program pada tahun 2017. Draft program tersusun dari modifikasi Silabus Mikrobiologi, modifikasi matriks perkuliahan

Mikrobiologi, tugas kinerja LKM, instrumen soal KBS berbentuk uraian singkat, dan peta konsep rujukan beserta rubrik penyekoran. Matriks modifikasi perkuliahan pada konten Biologi Terapan menggunakan siklus belajar 3Es dan kooperatif tipe Jigsaw. Pembelajaran meliputi kelas teori dengan 6 x pertemuan dan kelas praktikum dengan 3x pertemuan. Tes KBS dilakukan secara individu. Pembuatan peta konsep dilakukan mahasiswa secara berkelompok. Satu kelompok mahasiswa berjumlah tiga sampai empat orang mahasiswa.

Pengembangan program meliputi: penilaian draft program (validasi), uji coba, dan revisi program. Penilaian draft program oleh empat dosen ahli dan satu dosen peneliti KBS, antara lain: satu orang dosen ahli Pembelajaran Biologi, satu orang dosen ahli Mikrobiologi Proses, satu orang dosen ahli Asesmen, satu dosen ahli Mikrobiologi-*Religion*, dan satu dosen peneliti KBS. Berdasarkan hasil masukan dan saran dari para dosen ahli dan dosen peneliti tersebut dilakukan revisi program untuk tahap uji coba. Tahap uji coba pada mata kuliah Mikrobiologi menggunakan satu kelas perlakuan berjumlah 43 orang mahasiswa yang ditetapkan secara *purposive sampling* tahun ajaran 2017/2018. Hasil uji coba dievaluasi untuk direvisi menjadi program yang disempurnakan.

Implementasi model dilakukan terhadap mahasiswa semester V dalam satu kelas yang menempuh perkuliahan Mikrobiologi. Mahasiswa berjumlah 35 orang tahun akademik 2018/2019 yang dipih secara *purposive sampling*. Mahasiswa dibentuk dalam 10 kelompok. Mahasiswa secara berkelompok ditugaskan membuat miniproposal sebelum kelas praktikum. Miniproposal terdiri dari: perumusan permasalahan, penentuan variabel-variabel penelitian, menentukan hipotesis, membuat teori dasar, menentukan kebutuhan dan jumlah alat, menentukan kebutuhan dan ukuran bahan-bahan, menentukan langkah-langkah kerja, dan mendesain *technology* (wadah) yang dapat menghasilkan setiap konten. Mahasiswa merancang anggaran biaya pembuatan setiap konten. Mahasiswa menuliskan hubungan setiap konten dengan aspek *religion* (Agustina *et al.*, 2019). Indikator *religion* tersusun dari kompetensi inti satu (KI 1) kurikulum

2013 serta secara eksplisit menuliskan minimal salah satu ayat Al-Qur'an yang relevan dengan masing-masing konten. Pengujian efektivitas program dalam mengukur KBS berupa tes soal KBS dan peta konsep. Tes KBS dilakukan sebelum dan setelah implementasi program. Instrumen yang digunakan disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Instrumen untuk Mengukur KBS

Pengukuran	Instrumen
KBS	1. Soal tes uraian singkat KBS dan penyekoran 2. Rubrik dan penyekoran peta konsep

Analisis soal KBS dengan membandingkan peningkatan skor tes awal dan skor tes akhir (*gain*). Skor tes awal menunjukkan hasil yang tidak sama pada setiap mahasiswa sehingga digunakan rumus *gain* ternormalisasi (*n-gain*) (Gambar 1) (Hake, 1998; Meltzer, 2002). Skor *n-gain* dibuat kriteria seperti yang disajikan pada Tabel 2. Data kriteria *n-gain* setiap mahasiswa selanjutnya diolah dalam bentuk persentase (%). Contoh soal tes KBS, rubrik dan penskoran pada konten kompos disajikan pada Apendix 1.

$$Gain = \frac{\text{skor tes akhir} - \text{skor tes awal}}{\text{skor maksimal} - \text{skor tes awal}}$$

Gambar 1. Rumus Gain (Sumber: Meltzer, 2002).

Tabel 2. Skor dan Kriteria N-gain

Rerata g	Kriteria
$g \geq 0,7$	Tinggi
$0,7 > g \geq 0,3$	Sedang
$g < 0,3$	Rendah

(Sumber: Hake, 1998)

Pemberian skor peta konsep mengacu kepada rubrik yang diadaptasi dari Novak dan Gowin (1984) dan McClure *et al.*, (1999). Selanjutnya dikembangkan instrument rubrik dan penskoran peta konsep rujukan untuk penilaian peta konsep setiap konten Biologi Terapan. Perolehan skor peta konsep mahasiswa dihitung menggunakan persentase (%) ketercapaian terhadap skor maksimal peta konsep rujukan seperti pada Tabel 3.

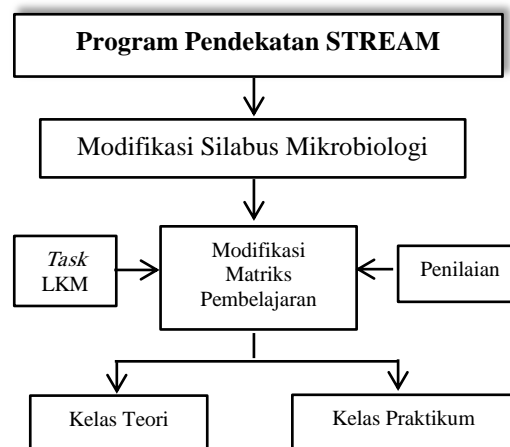
Tabel 3. Rubrik dan Penskoran Peta Konsep Rujukan

Struktural	Konten		
	Kompos	Nata de Soya	Biopestisida
Hierarki jika valid	20	25	15
Hubungan jika valid	19	19	19
Kaitan silang jika valid	30	10	10
Contoh jika valid	4	2	4
Skor Maksimal Rujukan	73	56	48

(Sumber: diadaptasi dari Novak dan Gowin, 1984; McClure *et al.*, 1999).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Untuk menjawab pertanyaan penelitian nomor satu yaitu program pembelajaran pendekatan STREAM dalam bentuk skema program (Gambar 2), skema *task* LKM (Gambar 3), dan skema pendekatan STREAM (Gambar 4).



Gambar 2. Skema Program Pembelajaran

Gambar 2 menunjukkan program pembelajaran pendekatan STREAM memodifikasi silabus dan perkuliahan Mikrobiologi dari kelas regular. Modifikasi yang dimaksud antara lain: 1. Konten Biologi Terapan yang memanfaatkan fermentasi mikroorganisme berada pada mata kuliah Mikrobiologi pokok bahasan Mikrobiologi Terapan. 2. Tujuan pembelajaran dengan membekalkan KBS. 3. Model pembelajaran menggunakan siklus belajar 3Es dan kooperatif tipe Jigsaw menggunakan pendekatan STREAM dan mengkombinasikan berbagai metode pembelajaran

yaitu ceramah, tanya-jawab, diskusi, eksperimen, observasi dan penugasan.

Bagian modifikasi matriks pembelajaran meliputi pertemuan pada kelas teori, penugasan di luar kelas, dan kelas praktikum dengan eksperimen pembuatan konten Biologi Terapan dan kemasan produk. Pertemuan menggunakan siklus belajar 3Es yang terdiri dari fase eksplorasi, pengenalan konsep, dan aplikasi konsep.

Fase eksplorasi mengungkapkan potensi lokal yang dimiliki oleh Bandung, fasilitas yang dimiliki oleh Pendidikan Biologi, gerakan pertanian perkotaan, dan pengetahuan awal mahasiswa mengenai masing-masing konten, merancang eksperimen masing-masing konten dipandu oleh *task* LKM, dan melakukan eksperimen pada kelas praktikum sesuai dengan miniproposal. Fase pengenalan konsep dipandu *task* LKM. Indikator KBS yang tertuang pada *task* LKM menggunakan *framework* teori general sistem dan *cybernetics*, antara lain: karakteristik mengidentifikasi komponen-komponen, menjelaskan fungsi setiap komponen, menganalisis hubungan setiap komponen, menganalisis hubungan sistem dengan sistem lain, menganalisis siklus energi, dan menganalisis keseimbangan laju pertumbuhan mikroba (Verhoeff, 2003; Boersma *et al.*, 2011; Agustina *et al.*, 2018).

Tahap aplikasi konsep, mahasiswa mendesain ulang untuk membuat miniproposal atau apabila terjadi kegagalan produk maka melakukan pembuatan ulang *technology*, produk, dan kemasan produk. Berikut disajikan contoh model siklus belajar pada konten kompos pada Tabel 4.

Mahasiswa dilatih menggunakan proses ilmiah dan proses *engineering* sesuai *task* LKM. Mahasiswa menentukan sendiri rumusan masalah, variabel perlakuan, hipotesis, teori dasar, rencana anggaran biaya, rancangan alat dan bahan, langkah kerja, desain *technology*, desain kemasan, dan aspek *religion* masing-masing konten. Mahasiswa dilatih untuk menganalisis kegagalan pembuatan *technology* atau produk untuk dibuat ulang. Setiap kelompok berbeda dengan kelompok lain dalam menentukan berbagai variabel perlakuan. Setiap

kelompok ditugaskan membuat miniproposal dan pembuatan peta konsep setiap konten.

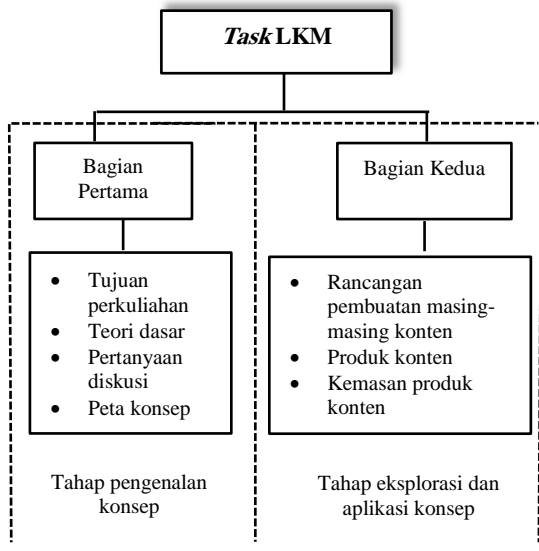
Tabel 4. Contoh Model Siklus Belajar 3Es pada Konten Kompos

Fase	Langkah-langkah Pembelajaran
Eksplorasi	<ul style="list-style-type: none"> - Dosen mengemukakan bahwa Bandung mengalami penyempitan lahan pertanian dan penumpukan sampah. Gerakan pertanian perkotaan dan pembuatan kompos dianggap dapat mengatasi permasalahan tersebut. - Mahasiswa mengungkapkan pengetahuan awal mengenai kompos - Mahasiswa dibagikan <i>task</i> LKM kompos - Mahasiswa merancang pembuatan kompos sesuai petunjuk pada <i>task</i> LKM - Mahasiswa melakukan pembuatan kompos, menanam kangkung menggunakan media kompos, dan mengemas produk kompos
Pengenalan Konsep	<ul style="list-style-type: none"> - Dosen membimbing mahasiswa menemukan konsep-konsep penting pada kompos - Mahasiswa mengidentifikasi komponen-komponen yang menghasilkan kompos, menjelaskan fungsi setiap komponen, menganalisis hubungan setiap komponen, hubungan sistem, siklus energi, dan keseimbangan laju pertumbuhan mikroba - Mahasiswa mengenal konsep-konsep baru mengenai kompos dengan bimbingan dosen.
Aplikasi Konsep	<ul style="list-style-type: none"> - Mahasiswa merancang ulang pembuatan kompos dan komposter sederhana apabila mengalami kegagalan - Mahasiswa melakukan pembuatan ulang pembuatan kompos, komposter sederhana, dan kemasan produk kompos

Pertemuan diskusi hasil eksperimen pada kelas teori menggunakan pembelajaran kooperatif tipe Jigsaw. Pembelajaran tersebut dibagi menjadi empat kelompok ahli berupa ahli kompos, nata de soya, biopestisida, dan ahli *religion* konten Biologi Terapan. Kelas teori memfokuskan pendekatan pada aspek *science* (S) dan aspek *religion* (R). Pembuatan setiap konten sesuai dengan rancangan pada miniproposal pada kelas praktikum. Kelas praktikum menekankan pada aspek *technology* (T), *engineering* (E), *arts* (A), dan *mathematics* (M). Contoh modifikasi matriks pembelajaran pada kelas teori dan praktikum kompos disajikan pada Appendix 2 dan 3.

Skema *task* LKM disusun dalam dua bagian (Gambar 3). *Task* LKM bagian pertama terdiri dari

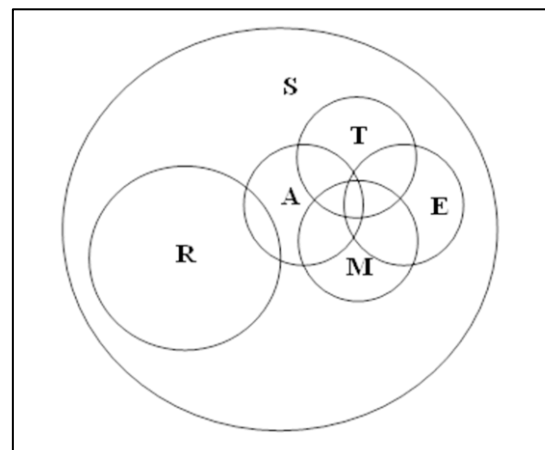
tujuan perkuliahan, teori dasar, pertanyaan diskusi, dan pembuatan peta konsep. *Task LKM* bagian pertama dikerjakan pada fase pengenalan konsep di kelas teori. *Task LKM* bagian kedua terdiri dari rancangan pembuatan masing-masing konten dikerjakan pada fase eksplorasi dan aplikasi konsep di kelas teori dan kelas praktikum.



Gambar 3. Skema *Task LKM*

Penilaian dilakukan kepada setiap individu mahasiswa dan penilaian secara kelompok. Penilaian individu pada tes KBS. Penilaian kelompok pada peta konsep.

Gambar 4. menunjukkan skema pendekatan STREAM yang merupakan pengembangan dari skema STEM dari Hsu (2014). Pendekatan STREAM menjadikan konten Biologi Terapan sebagai aspek *science* (S) yang merupakan wadah yang melingkari aspek T, R, E, A dan M. Pembuatan setiap konten membutuhkan aspek *technology* yang menggunakan alat-alat sederhana dan wadah (komposter sederhana, inkubator sederhana, fermentor sederhana) untuk menghasilkan produk konten. Aspek *technology* beririsan dengan *engineering* yaitu mendesain alat-alat, wadah penghasil setiap konten, dan mendesain kemasan produk. Aspek *technology* dan *engineering* beririsan dengan *mathematics* yaitu menghitung jumlah kebutuhan alat-alat yang digunakan untuk eksperimen.



Gambar 4. Skema Pendekatan STREAM

Aspek *technology*, *engineering* dan *mathematics* beririsan dengan aspek *arts* yaitu membuat *technology* (wadah) yang inovatif dan kreatif dan kemasan produk yang menarik. Aspek *arts* dan *religion* saling beririsan karena *arts* yang berkaitan dengan estetika dan kreativitas (Wijaya, 2015; Oner *et al.*, 2016; Jho *et al.*, 2016). Prinsip tauhid (*aqidah* Islam) tetap harus diperhatikan pada aspek *arts* (Al-karasneh & Saleh, 2010; Daud *et al.*, 2012; Ismail & Shaari, 2015; Agustina *et al.*, 2019). Lingkaran aspek *religion* memiliki ukuran lebih besar dibandingkan lingkaran pada aspek lain karena aspek *religion* merupakan ciri khas universitas melalui paradigma “Wahyu Memandu Ilmu” (Subandi, 2010; Natsir, 2013; WMI Consortium, 2019). *Science* merupakan wadah yang dapat bermuatan nilai *religion* sehingga dapat meningkatkan keimanan siswa (mahasiswa) dan membangun moral bangsa (Poedjiadi, 2005b; Yudianto, 2005; Toharudin *et al.*, 2011). Untuk memperjelas skema pada Gambar 4 disajikan dalam bentuk *framework* analisis tiga dimensi yang mengacu pada NGSS yang menunjukkan penjelasan aspek *science* (S) yang melingkupi aspek T, R, E, A, dan M misalnya pada konten kompos pada Apendix 4.

Selanjutnya untuk jawaban pertanyaan penelitian nomor dua yaitu KBS berdasarkan hasil tes KBS dan peta konsep. Tabel 5 menunjukkan hasil tes KBS dan Gambar 5 menunjukkan hasil peta konsep.

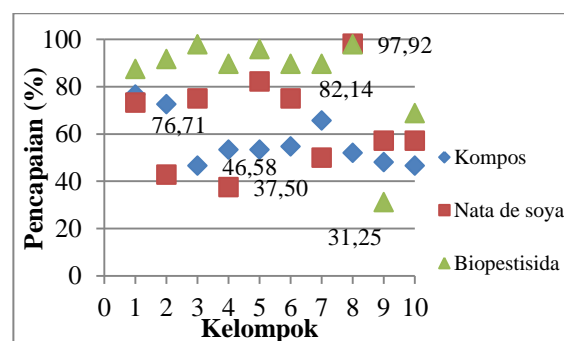
Tabel 5. Hasil *N-Gain* KBS

Kriteria	Jumlah Mahasiswa	%
Rendah	9	25,71
Sedang	26	74,29
Tinggi	0	0,00
Total	35	100,00

Berdasarkan Tabel 5 menunjukkan *n-gain* KBS sebagian besar mahasiswa yaitu 74,29 % berada pada kriteria sedang. Tema yang diangkat dalam pembelajaran adalah isu *urban farming* dan potensi lokal Bandung yang bersifat kontekstual. Hal tersebut dapat dikatakan bahwa strategi pembelajaran KBS yang tepat dapat membantu mahasiswa untuk memfokuskan diri berpikir kompleks dalam menghadapi isu-isu yang dianggap kontroversial. Mahasiswa dapat berpartisipasi aktif dan berdiskusi mengenai tema lingkungan (Cheng *et al.*, 2015). Konten Biologi terapan sangat berkaitan erat dengan lingkungan mahasiswa.

Hasil pencapaian peta konsep disajikan pada Gambar 5. Berdasarkan persentase pencapaian skor peta konsep menunjukkan terdapat pola kecenderungan kenaikan skor dari peta konsep kompos menuju nata de soya dan biopestisida. Rerata pencapaian skor peta konsep tertinggi pada konten biopestisida yaitu 83,96%.

Berdasarkan Gambar 5 ditemukan dua kelompok yang memiliki penurunan skor peta konsep. Peta konsep biopestisida kelompok sembilan mengalami penurunan skor dibandingkan skor peta konsep kompos dan nata de soya. Skor peta konsep nata de soya kelompok empat mengalami penurunan dibandingkan peta konsep kompos. Hal tersebut terjadi karena peta konsep yang dibuat tidak menyertakan kaitan silang (*cross-link*). Skor kaitan silang apabila benar akan memberikan skor 10 berdasarkan teknik penilaian peta konsep Novak dan Gowin (McClure *et al.*, 1999). Skor kaitan silang akan memberikan sumbangan skor yang besar terhadap skor total peta konsep.



Gambar 5. Hasil Pencapaian Skor Peta Konsep Setiap Kelompok (%)

Hasil peta konsep mahasiswa yang dibuat berkelompok menunjukkan kesulitan mahasiswa membedakan konsep dan proposisi pada peta konsep kompos. Peta konsep kompos dan biopestisida ditampilkan lebih banyak contoh. Peta konsep nata de soya dan biopestisida sudah mulai mengalami pengurangan dalam kesalahan menentukan proposisi dan konsep. Mahasiswa sudah mencoba menentukan kaitan silang meskipun masih banyak yang salah. Kaitan silang yang benar yaitu hanya terdapat satu (10%) atau dua (20%) dari 10 kelompok.

Hasil penelitian lain menunjukkan bahwa mayoritas siswa mengalami kesulitan dalam membuat kaitan silang dan memberikan contoh-contoh. Pembuatan kaitan silang merupakan bagian dari kemampuan menganalisis. Kemampuan menganalisis menuntut mahasiswa untuk mengenali unsur-unsur yang memiliki keterikatan hubungan diantara satu sama lainnya. Kesulitan mahasiswa membuat peta konsep karena harus memikirkan konsep-konsep yang penting pada wacana serta membuat hubungan antar konsep (Purwianingsih *et al.*, 2015). Peta konsep sebaiknya dilatihkan terlebih dahulu kepada mahasiswa supaya mahasiswa mengerti peta konsep dan memahami bagaimana membuat peta konsep. Kemampuan dasar membuat peta konsep sebaiknya diberikan selama perkuliahan (Vanides *et al.*, 2005; Purwianingsih *et al.*, 2015). Peta konsep direkomendasikan oleh National Science Education Standard (NSEC). Peta konsep dapat mendukung kebiasaan berpikir siswa (mahasiswa), memvisualisasikan hubungan antar konsep secara sistematis, alat evaluasi termasuk mengasses KBS mahasiswa (NRC, 1996; Dahar, 1998; Vanides *et*

al., 2005; Brandstadter *et al.*, 2012; Tripto *et al.*, 2013).

Pendekatan STREAM yang merupakan pengembangan dari STEM membutuhkan lebih banyak kebiasaan berpikir mahasiswa. Kondisi tersebut sejalan dengan pernyataan lain bahwa perkuliahan dengan dengan pendekatan STEM membutuhkan waktu untuk menghasilkan produk yang kreatif sehingga diperlukan asisten dan memotivasi mahasiswa untuk tidak menyerah dalam menyelesaikan tugasnya (Mayasari *et al.*, 2016). Di samping itu, mahasiswa membutuhkan pembiasaan pendekatan STREAM dalam pembelajaran *science*. Kondisi tersebut sama halnya dengan pendekatan STEM yang membutuhkan pembiasaan STEM dalam pembelajaran *science* (Deghaidy *et al.*, 2017).

PENUTUP

Program pendekatan STREAM menghasilkan modifikasi silabus dan matriks perkuliahan Mikrobiologi menggunakan model siklus belajar 3ES dan kooperatif tipe Jigsaw dengan kombinasi berbagai metode. Program dilengkapi dengan *task* LKM, skema pendekatan STREAM, dan instrumen penilaian KBS.

Program dapat membekali KBS mahasiswa berdasarkan hasil tes KBS. Mahasiswa dapat menampilkan konsep-konsep penting yang saling berhubungan, memberikan contoh, dan mengerti materi secara komperhensif melalui peta konsep. Pendekatan STREAM dapat memperkuat proses *scientific* mahasiswa yang sesuai dengan tujuan pembelajaran *science*. Mahasiswa dilatihkan *design engineering* sebagai bekal untuk menghadapi tantangan dunia kerja. Pendekatan STREAM dapat mengintegrasikan aspek *technology*, *engineering*, *arts*, dan *mathematics* dan mengintegrasikan aspek *arts* dan *religion* dalam wadah *science* yaitu konten Biologi Terapan.

Guru/dosen (pendidik) yang akan melaksanakan pendekatan STREAM dapat memilih/menggunakan konten lain yang sesuai dengan kondisi lingkungan sekitarnya. Pendidik sebaiknya melakukan pembiasaan proses *scientific*, *engineering*, dan pembuatan peta konsep kepada

siswa (mahasiswa) selama pembelajaran sebelumnya. Pendidik memberikan pengarahannya dan memotivasi kepada siswa (mahasiswa) secara berkesinambungan sehingga mahasiswa dapat melaksanakan pembelajaran sesuai dengan tujuan pembelajaran. Untuk penelitian lanjutan yang serupa diperlukan penilaian secara individu siswa (mahasiswa) dalam pembuatan peta konsep.

DAFTAR PUSTAKA

- Acquaah, G. (2004). *Understanding Biotechnology, an Integrated and Cyber Based Approach*. New Jersey: Pearson Prentice Hall.
- Agustina, T.W., Rustaman, N.Y., Riandi, & Purwianingsih W. (2017a). Peranan Fisiologi Tumbuhan dalam Pengembangan Kemampuan Berpikir Sistem (KBS). *Prosiding Seminar Nasional Biologi 2*, 830-836.
- Agustina, T.W., Rustaman, N.Y., Riandi, & Purwianingsih W. (2017b). The Teaching Problems in Biotechnology. A Preliminary Research Toward Teachers' of Secondary School in East Bandung. *4th International Conference on Research, Implementation and Education of Mathematics and Science Proceedings*. Yogyakarta, May 15th-16th, 2017, BE 7- BE 11. Tersedia Online: <http://seminar.uny.ac.id/icriems/proceedings> 2017.
- Agustina, T.W., Rustaman, N.Y., Riandi, & Purwianingsih W. (2017c). The Learning of Composting in University. *Journal of Physics: Conf. Series* 895 012128, 1-7. DOI:10.1088/1742-6596/895/1/012128.
- Agustina, T.W., Rustaman, N.Y., Riandi, & Purwianingsih W. (2018). Traditional Biotechnology Content as a Media in Engaging Students with System Thinking Skills. *Jurnal Pendidikan Sains Scientiae Educatia*, 7(2), 197-217. doi: 10.24235/sc.educatia.v7i2.3099.
- Agustina, T.W., Rustaman, N.Y., Riandi, & Purwianingsih W. (2019). Membekalkan Kreativitas Mahasiswa Melalui Strategi

- Pembelajaran Berbasis STREAM Menggunakan Konten Bioteknologi Tradisional. *Bioeduin*, 9(1), 43-52. doi: 10.15575/bioeduin.v9i1.4343.
- Al-karasneh, S.M., & Saleh, A.M.J. (2010). Islamic perspective of creativity: A model for teachers of social studies as leaders. *Procedia Social and Behavioral Sciences*, 2, 412–426. doi: 10.1016/j.sbspro. 2010. 03.036.
- Anwari, I., Yamada, S., Unno, M., Saito, T., Suwarma, I.R., Mutakinati, L. & Kumano, Y. (2015). Implementation of Authentic Learning and Assessment through STEM Education Approach to Improve Students' Metacognitive Skills. *K-12 STEM Education*, 1 (3): 123-136. doi:10.14456/ k12stemed. 2015.24.
- Basham, J.D., & Marino, M.T. (2013). Understanding STEM Education and Supporting Students Through Universal Design for Learning. *Teaching Exceptional Children*, 45, 8-15. Tersedia Online: https://www.researchgate.net/profile/Matthew_Marino2/publication/275353986.
- Boersma, K., Arend, J.W., & Kees, K. (2011). The Feasibility of Systems Thinking in Biology Education. *Journal of Biological Education*, 45 (4), 190-197. doi: 10.1080/00219266.2011.627139.
- Brandstadter, K., Harms, U., & GroBschedl, J. (2012). Assessing System Thinking Through Different Concept-Mapping Practices. *International Journal Science Education*, 34 (14), 2147-2170. doi:10.1080/09500693.2012.716549.
- Bybee, R.W. (2010). Advancing STEM Education: A 2020 Vision. *Technology and Engineering Teacher*, 70 (1), 30-35. Tersedia Online: <https://eric.ed.gov/?id=EJ898909>.
- Bybee (2013). The Next Generation Science Standards and The Life Sciences, *NSTA's K-12 Journals*, 50(6), 7-14.
- Cheng, L.T., Hung, J.F., & Liu S.Y. (2015). Using Systems Thinking Strategy in an Environment Course. *US-China Education Review*, 5(1), 46-51. doi: 10.17625.
- Dahar, R.W. (1989). *Teori-teori Belajar*. Bandung: Erlangga.
- Damanhuri, E. & Padi, T. (2010). *Diktat Kuliah: Pengelolaan Sampah*. Bandung: Teknik Lingkungan Institut Teknologi Bandung.
- Daud, A.M., Omar, J., Turiman, P., & Osman, K. (2012). Creativity in Science Education. *Procedia - Social and Behavioral Sciences* 59, 467-474. doi: 10.1016/j.sbspro.2012.09.302
- Dauer, J., & Dauer J. (2016). A Framework for Understanding The Characteristics of Complexity in Biology. *International Journal of STEM Education*, 3(13), 1-8. doi: 10.1186/s40594-016-0047-y.
- Deghaidy, H.E., Mansour, N., Alzaghibi, M., & Alhammad, K. (2016). Context of STEM Integration in Schools: Views from In Service Science Teachers. *Eurasia Journal of Mathematics Science and Technology Education*, 13 (6), 2459-2484. doi:10.12973/Eurasia.2017.012351a.
- Dinas Pertanian & Ketahanan Pangan Kota Bandung (2017). *Rencana Kinerja Tahunan Dinas Pertanian & Ketahanan Pangan Kota Bandung*. Tersedia Online: https://ppid.bandung.go.id/?media_dl=18308.
- Direktorat Pembelajaran dan Kemahasiswaan (2014). *Buku Kurikulum Pendidikan Tinggi*. Jakarta: Direktorat Jenderal Kementrian Pendidikan Tinggi.
- Gall, M.D., Gall, J.P., & Borg, W.R. (2003). *Educational Reserch: An Imtroduction* 7th ed. Boston : Pearson Education, Inc.
- Habron, G., Lissy G., & Laurie T. (2012). Embracing The Learning Paradigm to Foster Systems Thinking. *International Journal of Sustainability in Higher Education*, 13, 378-393. doi: 10.1108/14676371211262326.
- Hake, R.R. (1998). Interactive-engagement versus traditional methods: A six-thousand-student

- survey of mechanics test data for introductory physics courses. *American Journal of Physics*, 66 (1). 64-74. doi: 10.1119/1.18809.
- Hsu. (2014). *Perspective of STEM*. Tersedia: <http://perspectivestemeducation.comservices.html>.
- Ismail, S. & Shaari, M.S. (2015). Fostering Creativity in The Islamic World: Towards An Effective Islamic Creative Industry. *Indian Journal of Arts*, 5(16), 111-119.
- Jho, H., Hong, O., & Song, J. (2016). An Analysis of STEM/STEAM Teacher Education in Korea with A Case Study of Two Schools from A Community of Practice Perspective. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 12(7), 1843-1862. doi: 10.12973/eurasia.2016.1538a.
- Kementrian Pendidikan dan Kebudayaan (2013). *Kurikulum 2013 Kompetensi Dasar Sekolah Menengah Atas (SMA)/ Madrasah Aliyah (MA)*. Jakarta: Kementrian Pendidikan dan Kebudayaan.
- Lawson, A.E. (1994). *Science Teaching and Development Thinking*. California: Wadsworth Publishing Company.
- Lie, A. (2008). *Cooperative Learning. Mempraktikkan Cooperative Learning di Ruang-ruang Kelas*. Jakarta: PT Grasindo.
- Mayasari, T., Kadarohman, A., Rusdiana, D., & Kaniawati, I. (2016). Exploration of student's creativity by integrating STEM knowledge into creative Products. *AIP Conference Proceedings* 1708, 080005-1-080005-5. doi: 10.1063/1.4941191.
- McClure, Brian S. & Hoi K. S. (1999). Concept Map Assessment of Classroom Learning: Reliability, Validity, and Logistical Practicality. *Journal of Research in Science Teaching*, 36(4), 475-492. doi: 10.1002/(sici)1098-2736(199904)36:4<475::aid-tea5>3.0.co;2-o.
- Meltzer, D.E. (2002). The Relationship between Mathematics Preparation and Conceptual Learning Gains in Physics : A Possible "Hidden Variable" in Diagnostic Pretest Scores. *American Journal Physics*, 70 (12), 1259-1286. doi: 10.1119/1.1514215.
- National Research Council (NRC). (1996). *National Science Education Standards*. Washington: National Academy.
- National Research Council (NRC) (2009). *A New Biology for The 21st Century*. Washington, D.C.: National Academy Press.
- Natsir, N.F. (2013). *Paradigma Wahyu Memandu Ilmu dalam Pembidangan Ilmu-Ilmu Keislaman*. Tersedia Online: http://www.uinsgd.ac.id/front/detail/mengen_al_tokoh/nanat-fatah-natsir.
- Novak, J.D. & Gowin, D.B. (1984). *Learning How to Learn*. Cambridge: University Press.
- Oner, A.T., Nite, S.B., Capraro, R.M., & Capraro, M.M. (2016). From STEM to STEAM: Students' Beliefs About the Use of Their Creativity. *The STEAM Journal*, 2(2), 1-16. doi: 10.5642/steam.20160202.06.
- Pendidikan Biologi UIN Bandung (2015). *Kerangka Kualifikasi Nasional Indonesia dan Profil Lulusan Pendidikan Biologi*. Bandung: Fakultas Tarbiyah dan Keguruan. Tidak diterbitkan.
- Poedjiadi, A. (2005a). *Sains Teknologi Masyarakat Model Pembelajaran Kontekstual Bermuatan Nilai*. Bandung: PT. Remaja Rosdakarya dan Program Pascasarjana Universitas Pendidikan Indonesia.
- Poedjiadi, A. (2005b). *Pendidikan Sains dan Moral Bangsa*. Bandung: Yayasan Cendrawasih.
- Purwianingsih, W., Maesaroh, T., & Surakusumah, W. (2015). The Effectiveness of Concept Map as A Learning Strategy and Evaluation Tools to Improve Students' Mastery of Excretory System Concept in Junior High School. *Prosiding Seminar Nasional XI Pendidikan Biologi FKIP UNS*, 1117-1124. Tersedia Online: <https://www.neliti.com>.

- Raved, L. & Yarden, A. (2014). Developing Seventh Grade Students' Systems Thinking Skills in The Context of The Human Circulatory System. *Journal Frontiers in Public Health*, 2, 1-11. doi: 10.3389/fpubh.2014.00260.
- Ray, R.C. & Joshi, V.K. (2015). Fermented Foods: Past, Present and Future. In Ray, R.C. & Montet, D. (Eds). *Food Biology Series. Microorganisms and Fermentation of Traditional Foods*. New York: CRC Press.
- Rosicka, C. (2016) *Translating STEM Education Research into Practice*. Victoria: Australian Council for Educational Research.
- Rustaman, N.Y., Afianti, E., & Maryati, S. (2018). STEM based Learning to Facilitate Middle School Students' Conceptual Change, Creativity and Collaboration in Organization of Living System Topic. *Journal of Physics: Conf. Series* 1013 012021, 1-8. doi:10.1088/1742-6596/1013/1/ 012021.
- Safitri, Y. & Priyambodo, E. (2016). Pengembangan Subject Spesific Pedagogy berbasis Science, Technology, Religion, Engineering, and Mathematics (STREAM) pada materi polimer untuk SMK. *Jurnal Pembelajaran Kimia*, 5(6), 1-9. Tersedia Online: <https://http://journal.student.uny.ac.id/ojs/index.php/pkimia/article/view/4616/4280>.
- Sardjoko. (1991). *Bioteknologi Latar Belakang dan Beberapa Penerapannya*. Jakarta: PT Gramedia Pustaka Utama.
- Sarwono, B. & Saragih, Y.P., (2001). *Membuat Aneka Tahu*. Jakarta: Penebar Swadaya.
- Schaefer. (1989). *System Thinking in Biology Education. Science and Technology Education document series 33*. Paris: Unesco.
- Septiani, A. (2016). Penerapan Asesmen Kinerja Dalam Pendekatan STEM Untuk Mengungkap Keterampilan Proses Sains. *Isu-Isu Kontemporer Sains, Lingkungan dan Inovasi Pembelajarannya*, 654-659. Tersedia Online://publikasiilmiah.ums.ac.id.
- Silberman, M. (1996). *Active Learning: 101 Strategi Pembelajaran Aktif*. Yogyakarta: Pustaka Insan Madani.
- Smith, J.E. (1993). *Prinsip Bioteknologi*. Jakarta: PT. Gramedia Utama.
- Subandi, H.M. (2010). *Mikrobiologi, Perkembangan, Kajian, dan Pengamatan dalam Perspektif Islam*. Bandung: PT. Remaja Rosdakarya.
- Sukmadinata, N. S. (2015). *Metode Penelitian Pendidikan*. Bandung: Remaja Rosdakarya.
- Supriadi, D. (2004). Pendidikan Nilai: Sebuah "Megatrend"? Dalam Mulyana, R. *Mengartikulasikan Pendidikan Nilai*. Bandung: C.V. Alfabeta.
- Suwarma, I. R. (2014). *A Research on STEM Education Theory and Practices Method in Japan and Indonesia Using Multiple Intelligence Approach*. (Doctoral Thesis). Shizuoka University.
- The National Research Centre on The Gifted and Talented. (2002). *Assessing Creativity: A Guide for Educators*. Hillside Road: University of Connecticut.
- Thiagarajan, S., Semmel. D.S., & Semmel, M.I. (1974). *Instructional Development for Training Teachers of Exceptional Children: A Sourcebook*. Indiana: Univ. Bloomington. Center for Innovation in Teaching the Handicapped.
- Thieman, W.J. & Palladino, M.A. (2009). *Introduction to Biotechnology*. San Fransisco: Pearson Education, Inc.
- Toharudin, U., Hendrawati, S., & Rustaman, A. (2011). *Membangun Literasi Sains Peserta Didik*. Bandung: Humaniora.
- Tripto, J., Orit, B.Z.A., & Miriam, A. (2013). Mapping What They Know: Concept Maps as an Effective Tool for Assessing Students' System Thinking. *American Journal of Operations Research*, 03(01), 245-258. doi: 10.4236/ajor.2013.31A022.

Agustina, T. W., Rustaman, N. Y., Riandi, Purwianingsih, W.

Vanides, J., Yin Y., Tomita, M., & Ruiz-Primo, M.A. (2005). Teaching Strategies. Using Concep Maps in The Science Classroom. *Science Scope*, 28(8), 27-31.

Verhoeff, R.P. (2003). *Towards Systems Thinking in Cell Biology Education*. Netherland: Omslag.

Wijaya, A. D., Karmila, N, & Amalia, M. R. (2015). Implementasi Pembelajaran Berbasis STEAM (Science, Technology, Engineering, Art, Mathematics) pada Kurikulum Indonesia *Seminar Nasional Fisika dan Aplikasinya*. Universitas Padjadjaran, 21

November 2015, 85-88. Tersedia Online: Portal. Phys. Unpad. ac. id.

WMI Consortium. (2019). Irawan *et al.* (eds.). *Pengantar Wahyu Memandu Ilmu*. Jakarta: PT Rajagrafindo Persada.

Yoruk, N., Morgil, I., & Secken, N. (2010). The effects of Science, Technology, Society, Environment (STSE) Interactions on Teaching Chemistry. *Natural Science*, 2 (12), 1417-1424. doi: 10.4236/ns.2010.212173.

Yudianto, S.A. (2005). *Manajemen Alam (Sains) Sumber Pendidikan Nilai*. Bandung: Mughni Sejahtera.