

**PROGRAM PEMBEKALAN KETERAMPILAN BERPIKIR SISTEM (KBS)
DAN KREATIVITAS BIOLOGI TERAPAN (BIOCRE) MENGGUNAKAN
PENDEKATAN *SCIENCE-TECHNOLOGY-RELIGION-ENGINEERING-ARTS-
MATHEMATICS* (STREAM)**

DISERTASI

**Diajukan sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh Gelar Doktor
pada Program Studi Pendidikan Ilmu Pengetahuan Alam**



Oleh:

Tri Wahyu Agustina

NIM. 1502264

**PROGRAM STUDI PENDIDIKAN IPA
SEKOLAH PASCASARJANA
UNIVERSITAS PENDIDIKAN INDONESIA
BANDUNG
2019**

TRI WAHYU AGUSTINA
PROGRAM PEMBEKALAN KETERAMPILAN BERPIKIR SISTEM (KBS)
DAN KREATIVITAS BIOLOGI TERAPAN (BIOCRE) MENGGUNAKAN
PENDEKATAN *SCIENCE-TECHNOLOGY-RELIGION-ENGINEERING-*
***ARTS-MATHEMATICS* (STREAM)**

Disetujui dan Disahkan oleh Pembimbing Disertasi



Prof. Dr. Hj. Nuryani Y. Rustaman, M.Pd
Promotor Merangkap Ketua

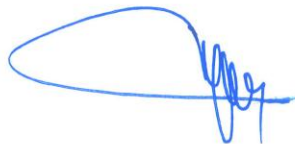


Dr. H. Riandi, M.Si
Ko-Promotor



Dr. Hj. Widi Purwianingsih, M.Si
Anggota merangkap Sekretaris

Mengetahui
Ketua Program Studi Pendidikan Ilmu Pengetahuan Alam



Dr. H. Riandi, M.Si
NIP. 196305011988031002

**Program Pembekalan Keterampilan
Berpikir Sistem (KBS) dan Kreativitas
Biologi Terapan (BIOCRE) Menggunakan
Pendekatan *Science-Technology-Religion-
Engineering-Arts-Mathematics* (STREAM)**

Oleh
Tri Wahyu Agustina

Dr. UPI Bandung, 2019
M.Pd. pada Kosentrasi Pendidikan Biologi Sekolah Lanjut, 2006

Sebuah Disertasi yang diajukan untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar Doktor Pendidikan (Dr.) pada Pendidikan Ilmu Pengetahuan Alam

© Tri Wahyu Agustina 2019
Universitas Pendidikan Indonesia
Agustus 2019

Hak Cipta dilindungi undang-undang.
Disertasi ini tidak boleh diperbanyak seluruhnya atau sebagian,
dengan dicetak ulang, difoto kopi, atau cara lainnya tanpa ijin dari penulis.

LEMBAR PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa disertasi dengan judul “Program Pembekalan Keterampilan Berpikir Sistem (KBS) dan Kreativitas Biologi Terapan (BIOCRE) menggunakan Pendekatan *Science-Technology-Religion-Engineering-Arts-Mathematics* (STREAM)” ini beserta seluruh isinya adalah benar-benar karya saya sendiri, dan saya tidak melakukan penjiplakan atau pengutipan dengan cara-cara yang tidak sesuai dengan etika keilmuan yang berlaku dalam masyarakat keilmuan.

Atas pernyataan ini, saya siap menanggung resiko/sanksi yang dijatuhkan kepada saya apabila kemudian ditemukan adanya pelanggaran terhadap etika keilmuan dalam karya saya ini, atau ada klaim dari pihak lain terhadap keaslian karya saya ini.

Bandung, Agustus 2019

Tri Wahyu Agustina
NIM. 1502264

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT karena atas rahmat dan karunia-Nya, penulis dapat menyelesaikan penelitian dan penyusunan disertasi ini, serta memberikan salam dan shalawat kepada Rasulullah Muhammad SAW sebagai suri tauladan untuk seluruh manusia. Disertasi ini berjudul “Program Pembekalan Keterampilan Berpikir Sistem (KBS) dan Kreativitas Biologi Terapan (BIOCRE) menggunakan Pendekatan *Science-Technology-Religion-Engineering-Arts-Mathematics* (STREAM)”. Tujuan penulisan disertasi adalah untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar Doktor Pendidikan Ilmu Pengetahuan Alam pada Sekolah Pascasarjana Universitas Pendidikan Indonesia.

Disertasi ini disusun didasarkan dengan tujuan pembelajaran *science*, standar pembelajaran *science*, keterampilan abad ke-21, kerangka kualifikasi nasional Indonesia (KKNI), visi universitas, dan profil lulusan Pendidikan Biologi UIN Sunan Gunung Djati Bandung yaitu keterampilan berpikir sistem, kreativitas, asesmen kinerja *skills*-produk, berpikir logis, dan aspek *religion* pada konten Biologi Terapan. Keterampilan berpikir sistem masih jarang dilakukan penelitian dan pembekalan kepada mahasiswa dalam mata-mata kuliah yang terdapat di perguruan tinggi sehingga sebaiknya mahasiswa dapat berpikir menyeluruh yang saling terintegrasi dalam penguasaan konsep-konsep *science* khususnya dalam Biologi Terapan. Pendekatan STREAM yang bersifat kontekstual memiliki *design engineering* dan aspek *arts* ini diharapkan dapat membekalkan kreativitas sebagai salah satu modal dalam dunia kerja dan menyelesaikan permasalahan yang terdapat di lingkungan sekitar. Disamping itu, pendekatan STREAM dengan menyisipkan aspek *religion* yang memadukan *scientific process* dapat sejalan dengan pembangunan moral bangsa. Dengan latar belakang tersebut, maka perlu dilakukan program pembekalan KBS-BIOCRE yang dilakukan pada perkuliahan Mikrobiologi pada pokok bahasan Mikrobiologi Terapan.

Disertasi ini memaparkan hasil penelitian berupa karakteristik program dan hasil penelitian dari mulai studi pendahuluan, tahap uji coba, dan tahap

implementasi program pembekalan KBS-BIOCRE. Paparan hasil penelitian disampaikan dalam lima bab penulisan dari bab I berisi pendahuluan, bab II berisi tinjauan pustaka, bab III berisi metodologi penelitian, bab IV berisi temuan dan pembahasan implementasi program, dan bab V berisi simpulan, implikasi, dan rekomendasi.

Penulis menyadari bahwa tulisan disertasi ini masih banyak kekurangan, jauh dari kesempurnaan dan sangat memungkinkan masih mengandung berbagai kekeliruan oleh karena itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun dari berbagai pihak atas segala kekurangan yang ditemukan dalam disertasi ini. Semoga Allah SWT menjadikan karya ini sebagai amal sholeh dan dapat bermanfaat untuk pengembangan pendidikan ilmu pengetahuan alam khususnya di masa yang akan datang, Aamiin.

Bandung, Agustus 2019

Penulis

UCAPAN TERIMA KASIH

Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT atas segala karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan disertasi yang berjudul “Program Pembekalan Keterampilan Berpikir Sistem (KBS) dan Kreativitas Biologi Terapan (BIOCRE) dengan Pendekatan *Science-Technology-Religion-Engineering-Arts-Mathematics* (STREAM)”. Proses penyusunan disertasi ini mendapat dukungan pemikiran dan moril dari berbagai pihak. Untuk hal tersebut, penulis mengucapkan terima kasih dan semoga Allah SWT memberikan pahala yang luar biasa kepada:

1. Ibu Prof. Dr. Hj. Nuryani Y. Rustaman, M.Pd. selaku pembimbing akademik sekaligus promotor yang telah memberikan pemikiran, dorongan motivasi, dan mencurahkan waktunya untuk memberikan bimbingan dan arahan dengan penuh kesabaran selama penulis menjadi mahasiswa dan penyusunan disertasi ini.
2. Bapak Dr. H. Riandi, M.Si. selaku co-promotor sekaligus Ketua Program Studi Pendidikan IPA yang dengan sabar memberikan pemikiran, waktu dan tenaga untuk membimbing dan mengarahkan penulis selama penulis menjadi mahasiswa dan penyusunan disertasi.
3. Ibu Dr. Hj. Widi Purwianingsih, M.Si. selaku anggota yang dengan sabar memberikan pemikiran, waktu dan tenaga selama penulis menjadi mahasiswa pada saat kajian mandiri dan penyusunan disertasi.
4. Bapak Prof. Dr. H. Yaya S. Kusumah, M.Sc., Ph.D. sebagai penguji pada tahap II, bapak Dr. Topik Hidayat M.Si. dan bapak Prof. Dr. Ir. Drs. M. Subandi, M.P. sebagai penguji pada tahap I dan II.
5. Ibu Prof. Dr. Sri Redjeki, M.Pd. yang telah memberikan saran dan masukan untuk perbaikan disertasi.
6. Ibu Prof. Dr. Liliyasi, M.Pd. yang telah memberikan arahan mengenai KBS selama penulis mengikuti perkuliahan Analisis Jurnal Internasional.
7. Bapak Dr. rer. nat. Adi Rahmat, M.Si., ibu Dr. Hj. Siti Sriyati, M.Si., ibu Dr. Hj. Peristiwa, M.Kes., bapak Dr. H. Taufik Rahman, M.Pd., bapak Prof. Dr.

- Ir. Drs. M. Subandi, M.P., sebagai validator ahli dan Ibu Dr. Hj. Meilinda, M.Pd. sebagai dosen peneliti KBS yang telah memberikan pemikiran dan bantuan selama penyusunan instrument.
8. Ibu Irma Rahma Suwarma, S.Si., M.Pd., Ph.D. sebagai rekan diskusi yang telah memberikan ide dalam judul penelitian, tempat bertanya, dan berdiskusi mengenai STEM dan perkembangannya.
 9. Ibu Anggita Septiani, M.Pd. dan ibu Citra Roska, M.Pd. sebagai rekan diskusi yang bersedia untuk berbagi pengalaman mengenai penelitian STEM pada jenjang pendidikan menengah.
 10. Direktorat Jendral Pendidikan Tinggi Islam melalui pembiayaan MORA *Scholarship* selama tiga tahun pendidikan (enam semester) (2015-2018), Pimpinan Universitas Islam Negeri Sunan Gunung Djati (UIN SGD), Pimpinan Fakultas Tarbiyah dan Keguruan, Pimpinan Jurusan MIPA, Ketua Program Studi Pendidikan Biologi, Ketua Laboratorium dan Kebun Biologi yang telah memberikan tugas belajar kepada penulis sekaligus memberikan fasilitas selama penelitian dan penyusunan disertasi.
 11. Lembaga Pengelola Dana Pendidikan (LPDP) Kementerian Keuangan yang telah memberikan Beasiswa Penyelesaian Disertasi tahap 2 tahun 2018.
 12. Tim Dosen Mikrobiologi & Bioteknologi UIN Bandung: ibu Dr. Hj. Tuti Kuniati, M.Pd., ibu Milla Listiawati, M.Pd., ibu Ukit, M.Si., dan bapak Iwan Ridwan Yusup, M.Pd. yang memberikan bantuan, pemikiran, dan rekan diskusi selama penyusunan instrument, penelitian uji coba dan implementasi program.
 13. Tim Dosen Fisiologi Tumbuhan UIN Bandung: bapak Hadiansah, M.Pd., ibu Hj. Asrianty Mas'ud, S.Si., M.Pd., dan ibu Mar'atus Sholihah, M.Sc. sebagai rekan sejawat yang turut membantu dalam penyusunan instrument dan pada saat tahap penelitian pendahuluan.
 14. Ibu Yayu Nurhayati Rahayu, S.Si., M.Stat. yang telah memberikan waktu dalam memberikan saran dan konsultasi pada pengujian statistik dalam disertasi ini.

15. Seluruf Staff Dosen Sekolah Pasca Sarjana UPI yang memberikan kesempatan kepada penulis untuk terus belajar sehingga mendorong penulis untuk semakin mencintai dunia pendidikan IPA.
16. Seluruf Staff Dosen, Laboran Laboratorium dan Kebun Biologi, Staff Administrasi Pendidikan Biologi UIN Bandung yang turut membantu penulis selama penelitian dan penyusunan disertasi.
17. Seluruh Staff Administrasi Sekolah Pasca Sarjana UPI yang telah membantu kelancaran penyelesaian studi penulis.
18. Seluruh mahasiswa angkatan 2012, angkatan 2014, angkatan 2015, dan angkatan 2016 Pendidikan Biologi UIN Bandung sebagai partisipan pada saat tahap penelitian pendahuluan, uji coba, dan implementasi program.
19. Tim observer terhadap mahasiswa: Lela Nurlaela, M.Pd., Nana Media, S.Pd., Wiwin Widarti, S.Pd., dan Agung Pratama, S.Pd. yang membantu penulis dalam melakukan observasi selama tahap pendahuluan, uji coba dan implementasi program.
20. Rekan-rekan mahasiswa S3 UPI angkatan 2015 atas bantuan ide, pemikiran, doa, motivasi dan semangat selama penulis menjadi mahasiswa dan penyusunan disertasi.
21. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu yang telah membantu dalam penyusunan disertasi ini.

Akhirnya, penulis memohon maaf apabila selama penulis menjadi mahasiswa dan penyelesaian studi ada hal-hal yang kurang berkenan kepada semua pihak. Semoga disertasi ini bermanfaat bagi pembaca dan dapat berkontribusi untuk lebih memajukan pendidikan IPA di Indonesia. Aamiin.

Bandung, Agustus 2019

Penulis

**PROGRAM PEMBEKALAN KETERAMPILAN BERPIKIR SISTEM (KBS)
DAN KREATIVITAS BIOLOGI TERAPAN (BIOCRE) MENGGUNAKAN
PENDEKATAN *SCIENCE-TECHNOLOGY-RELIGION-ENGINEERING-ARTS-
MATHEMATICS* (STREAM)**

ABSTRAK

Keterampilan berpikir sistem dan kreativitas merupakan keterampilan abad ke -21 yang sebaiknya dimiliki oleh mahasiswa. Penelitian ini menggunakan metode *research and development* bertujuan untuk menghasilkan program pembekalan KBS dan BIOCRE menggunakan pendekatan STREAM. Konten Biologi Terapan terdiri dari kompos, nata de soya, dan biopestisida. Mahasiswa berjumlah 35 orang yang berada di semester V Pendidikan Biologi sebagai subjek penelitian. Produk program terdiri dari modifikasi pada silabus Mikrobiologi, modifikasi matriks perkuliahan Mikrobiologi, *task* LKM, asesmen tes dan *non-test*, dan skema pendekatan STREAM. Implementasi dilakukan pada perkuliahan Mikrobiologi pokok bahasan Mikrobiologi Terapan. Strategi pembelajaran menggunakan model siklus belajar 3Es, kooperatif tipe Jigsaw, kombinasi metode belajar, dilatih *scientific process* dan desain *engineering*. Karakteristik KBS yang diukur terdiri dari teori general (umum) sistem dan *cybernetics*. Pengukuran kreativitas menggunakan indikator *fluency*, *originality*, *flexibility*, dan *elaboration*. Mahasiswa diukur kemampuan penguasaan materi dan praktikum Mikrobiologi Dasar dengan teknis *entry level test*. Efektifitas program diukur menggunakan tes KBS, peta konsep, kinerja *skills* (pengadukan bahan-bahan dan *technology*), kinerja produk (produk praktikum, kemasan, laporan praktikum), berpikir logis, aktivitas mahasiswa pada tahap-tahap siklus 3ES, kooperatif tipe Jigsaw, dan aspek *religion*. Kendala mahasiswa dengan teknis wawancara kepada perwakilan mahasiswa dan dua rekan sejawat. Hasil penelitian pada *entry level test* menunjukkan 94,29% dapat menjawab 60% dari skor maksimal. Hasil KBS menunjukkan (*n-gain*) sebesar 74,29 % berkriteria sedang. Hasil peta konsep menunjukkan pola kenaikan skor pada setiap konten Biologi Terapan. Hasil BIOCRE berada pada level *emerging* dan *expressing*. Hasil kinerja *skills* pengadukan bahan-bahan memiliki kriteria yang fluktuatif. Hasil kinerja *skills technology* memiliki pola kenaikan kriteria baik. Hasil kinerja produk mengalami pola kenaikan kriteria sangat baik. Hasil kinerja produk kemasan memiliki kriteria yang fluktuatif. Kenaikan berpikir logis sebesar 17,14% pada kategori operasi formal. Hasil aspek *religion* berupa (*n-gain*) sebesar 82,86% berkriteria sedang. Aktivitas mahasiswa mengalami pola peningkatan pada kriteria cukup. Uji statistik menunjukkan tidak terdapat korelasi antara peningkatan KBS, peningkatan aspek *religion*, dan berpikir logis. Kendala mahasiswa pada perancangan praktikum, pengelolaan waktu, manajemen tim, dan pembuatan peta konsep. Implikasi penelitian mampu membekali mahasiswa KBS-BIOCRE, memperkuat *scientific process*, melatih desain *engineering*, membiasakan asesmen kinerja *skills*-produk, dan meningkatkan aspek *religion*.

Kata kunci: program pembekalan KBS-BIOCRE, asesmen kinerja *skills*-produk, aspek *religion*, STREAM, biologi terapan

**SYSTEM THINKING SKILLS (STS) AND APPLIED BIOLOGY CREATIVITY (BIOCRE)
COACHING PROGRAM USING SCIENCE-TECHNOLOGY-RELIGION-
ENGINEERING-ARTS-MATHEMATICS (STREAM) APPROACH**

ABSTRACT

System thinking skills and creativity are 21st-century skills that are very important for students. This study uses Research and Development method to develop an STS and BIOCRE coaching program using the STREAM approach. The contents of applied biology in this study consist of compost, nata de soya, and biopesticides. The research subjects are 35 students in the fifth semester of Biology Education Study Program. The products of the program consist of modifications to the Microbiology syllabus, modifications to the Microbiology lecture matrices, student worksheets' tasks, test and non-test assessments, and STREAM approach schema. The implementation is carried out in Microbiology lectures on the subject of Applied Microbiology. The learning strategies used are the 3Es learning cycle model, Jigsaw-type cooperation, a combination of learning methods, coaching of scientific process, and design engineering. The characteristics of STS measured consist of general systems theory and cybernetics theory. The creativity is measured using indicators of fluency, originality, flexibility, and elaboration. The ability of concept mastery and Basic Microbiology practicum of students are measured by an entry-level test technique. The effectiveness of the program is measured using STS tests, concept maps, skills performance (mixing materials and technology), product performance (practicum products, packaging, practicum reports), logical thinking, students' activities at the stages of the 3ES cycle, Jigsaw-type cooperation, and aspects of religion. Challenges faced by students were gathered through interviews with student representatives and two colleagues. The results of the study at the entry-level test showed that 94.29% of research subjects could answer 60% of the maximum score. STS results show an n-gain of 74.29% with moderate criteria. The results of the concept maps show the upward pattern of scores on each of the Applied Biology content. BIOCRE's results are at the "emerging" and "expressing" levels. The results of the skill of mixing have fluctuating criteria. The results of skills technology performance have an upward pattern of "very good" criteria. The results of the product performance experienced an upward pattern of "excellent" criteria. The performance results of packaging products have fluctuating criteria. There is an increase in logical thinking by 17.14% in the category of formal operations. The results of the aspect of religion in the form of n-gain of 82.86% on the moderate criteria, while student activities experienced an increase in the "good" criteria. Statistical tests showed no correlation between the increase in STS, the increase in aspects of religion, and logical thinking. Students have difficulties in practicum design, time management, team management, and concept map making. The research implications can equip students with STS-BIOCRE, strengthen their scientific processes, practice their engineering design, familiarize skills-product performance assessments, and improve their aspects of religion.

Keywords: STS-BIOCRE coaching program, skills-products performance assessment, aspects of religion, STREAM, applied biology

DAFTAR ISI

	Halaman
COVER	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
LEMBAR HAK CIPTA	iii
LEMBAR PERNYATAAN	iv
KATA PENGANTAR	v
UCAPAN TERIMA KASIH	vii
ABSTRAK	x
ABSTRACT	xi
DAFTAR ISI	xii
DAFTAR TABEL	xvii
DAFTAR GAMBAR	xxi
DAFTAR LAMPIRAN	xxiii
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang Penelitian	1
1.2 Rumusan Masalah Penelitian	10
1.3 Pembatasan Masalah	10
1.4 Ruang Lingkup Penelitian	12
1.5 Tujuan Penelitian	14
1.6 Manfaat Penelitian	15
1.7 Struktur Penulisan Disertasi	16
BAB 2 KAJIAN PUSTAKA	18
2.1 Keterampilan Berpikir Sistem (KBS)	18
2.1.1 Kajian Teori KBS	18
2.1.2 Perkembangan Berbagai Penelitian KBS dalam Bidang Biologi	20
2.1.3 Penggunaan Peta Konsep untuk Asesmen KBS	24
2.2 Berpikir Kreatif dan Kreativitas	28
2.2.1 Berpikir Kreatif	28

2.2.2 Kreativitas	30
	Halaman
2.3 Pembelajaran <i>Science</i> Bermuatan Nilai <i>Religion</i>	33
2.4 Pendekatan STEM (<i>Science-Technology-Engineering-Mathematics</i>) dan STREAM (<i>Science-Technology-Religion-Engineering-Arts-Mathematics</i>)	36
2.3.1 Perkembangan STEM (<i>Science-Technology-Engineering-Arts-Mathematics</i>) menjadi STREAM (<i>Science-Technology-Religion-Engineering-Arts-Mathematics</i>)	36
2.3.2 Framework Tiga Dimensi: <i>Scientific</i> dan <i>Engineering</i> , <i>Crosscutting Concept</i> , dan Ide Utama pada Pendekatan STREAM	43
2.5 Asesmen Kinerja pada Pendekatan STREAM	48
2.6 Penelitian mengenai Pembelajaran dengan Pendekatan STEM, STEAM, dan Studi Pendahuluan mengenai STREAM	51
2.7 Kemampuan Berpikir Logis	54
2.8 Model Siklus belajar (<i>Learning Cycle</i>) 3Es	56
2.9 Model Pembelajaran Kooperatif tipe Jigsaw	59
2.10 Ruang Lingkup Konten Biologi Terapan berkaitan Gerakan <i>Urban Farming</i> dan Potensi Lokal Bandung	60
2.10.1 Kompos dan Kemasan	61
2.10.2 Nata de Soya dan Kemasan	65
2.10.3 Biopestisida dan Kemasan	67
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN	69
3.1 Paradigma Penelitian	69
3.2 Desain Penelitian	72
3.3 Prosedur Penelitian	72
3.4 Definisi Operasional	76

	Halaman
3.5 Lokasi dan Waktu Penelitian	81
3.6 Partisipan dalam Penelitian	81
3.7 Silabus Perkuliahan dan Instrumen Penelitian	82
3.8 Proses Pengembangan Silabus, Matriks Perkuliahan, <i>Task</i> LKM, Rubrik Instrumen	89
3.9 Analisis Data	105
BAB 4 TEMUAN DAN PEMBAHASAN	113
4.1 Temuan Penelitian	113
4.1.1 Program Pembekalan KBS-BIOCRE Pendekatan STREAM	113
4.1.1.1 Silabus Modifikasi pada Perkuliahan	114
4.1.1.2 Matriks Modifikasi pada Perkuliahan Mikrobiologi (Kelas Teori dan Praktikum)	114
4.1.1.3 <i>Task</i> LKM	117
4.1.1.4 Asesmen Tes dan <i>Non-Tes</i>	119
4.1.1.5 Skema Pendekatan STREAM	119
4.1.1.6 Hasil Uji Coba Program Program Pembekalan KBS-BIORE	121
4.1.1.7 Revisi Program Pembekalan KBS -BIORE	132
4.1.2 Temuan Tes Prasyarat (<i>Entry Level Test</i>)	133
4.1.3 Temuan Efektivitas Program Pembekalan KBS-BIOCRE	136
4.1.3.1 Temuan Keterampilan Berpikir Sistem (KBS) ...	136
4.1.3.1.1 Temuan Tes KBS	136
4.1.3.1.2 Temuan KBS dengan Penugasan Peta Konsep	144

	Halaman
4.1.3.2 Temuan Level BIOCRE	146
4.1.3.3 Temuan Asesmen Kinerja (<i>Skills</i> -Produk)	151
4.1.3.3.1 Temuan Asesmen Kinerja (<i>Skills</i>) Pengadukan bahan-bahan	151
4.1.3.3.2 Temuan Asesmen Kinerja (<i>Skills</i>) Bagian <i>Technology</i>	153
4.1.3.3.3 Temuan Asesmen Kinerja Produk	154
4.1.3.3.4 Temuan Asesmen Kinerja Produk Kemasan	156
4.1.3.3.5 Temuan Asesmen Kinerja Produk Laporan Praktikum setiap aspek STREAM	158
4.1.3.4 Temuan Aktivitas Mahasiswa Siklus Belajar 3Es dan Kooperatif Tipe Jigsaw	161
4.1.3.5 Temuan Kemampuan Berpikir Logis	163
4.1.3.6 Temuan Aspek <i>Religion</i>	167
4.1.3.7 Uji korelasi KBS, Berpikir Logis, dan Aspek <i>Religion</i>	169
4.1.4 Kendala-kendala Mahasiswa	170
4.2 Pembahasan	178
4.2.1 Karakteristik Program Pembekalan KBS-BIOCRE	178
4.2.2 Tes Prasyarat	180
4.2.3 Efektivitas Program Pembekalan KBS-BIOCRE	182
4.2.3.1 Keterampilan Berpikir Sistem (KBS)	182
4.2.3.1.1 Tes KBS	182
4.2.3.1.2 KBS dengan Penugasan Peta Konsep	183

	Halaman
4.2.3.2 Level Kreativitas Biologi Terapan (BIOCRE)	185
4.2.3.3 Asesmen Kinerja <i>Skills</i> -Produk	186
4.2.3.4 Aktivitas Mahasiswa pada Siklus Belajar 3 Es dan Kooperatif Tipe Jigsaw	188
4.2.3.5 Berpikir Logis	188
4.2.3.6 Aspek <i>Religion</i>	189
4.2.3.7 Tidak Terdapat Korelasi antara KBS-Berpikir- Logis-Aspek <i>Religion</i>	190
4.2.4 Kendala-kendala Mahasiswa	191
4.3 Keunggulan dan Keterbatasan Program Pembekalan KBS dan BIOCRE	192
BAB 5 SIMPULAN, IMPLIKASI, DAN REKOMENDASI	194
5.1 Simpulan	194
5.2 Implikasi	195
5.3 Rekomendasi	196
DAFTAR PUSTAKA	xvii

DAFTAR PUSTAKA

- Acquaah, G. (2004). *Understanding Biotechnology, an Integrated and Cyber Based Approach*. New Jersey: Pearson Prentice Hall.
- Afianti, E., Rustaman, N. & Suwarma, I.R. (2017). Performance assessment implementation in STEM-based learning to investigate student's creativity on the cell topic. *Local Proceeding International Conference on Mathematics and Science Education*. 857-863. Tersedia Online: science.conference.upi.edu.
- Agustina, T.W., Rustaman, N.Y., Riandi, & Purwianingsih W. (2017a). 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/proceedings2017>.
- Agustina, T.W., Rustaman, N.Y., Riandi, & Purwianingsih W. (2017b). Peranan Fisiologi Tumbuhan dalam Pengembangan Kemampuan Berpikir Sistem (KBS). *Prosiding Seminar Nasional Biologi 2*. Bandung, 13 April 2017, 830-836.
- 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. (2018a). The Learning of Aquaponics Practice in University. *Journal of Physics: Conf. Series* 1013 01201, 1-7. DOI:10.1088/1742-6596/895/1/012128.
- Agustina, T.W., Rustaman, N.Y., Riandi, & Purwianingsih W. (2018b). Plant Physiology with Mathematic and Art Religion Engineering Science and Technology Approach. *Advances in Social Science, Education and Humanities Research* 261: 43-47. DOI: 10.2991/icie-18. 2018.8.
- Agustina, T.W., Rustaman, N.Y., Riandi, & Purwianingsih W. (2018c). 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.
- Alagoz, B. (2014). Developing a Prospective-Teachers Oriented Attitude Scale on Genetically Modified Organisms and Psychometric Qualities of the Scale.

- Educational Research International*, 3(6), 96-114. Tersedia Online: [http://www.erint.savap.org.pk/PDF/Vol 3/ERInt.2014\(3.6-11\)](http://www.erint.savap.org.pk/PDF/Vol 3/ERInt.2014(3.6-11)).
- Al-Asyqar, M.S. (2019). *Tafsir Surat-thaha-ayat-6*. Tersedia Online: <https://tafsirweb.com>
- 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.
- Arnold, R.D. & Wade, J.P. (2015). A Definition of System Thinking: A Systems Approach. *Procedia Computer Science*, 44, 669-678. DOI: 10.1016/j.procs.2015.03.050.
- Artola, T. (2013). Boys and Girls Creativity: Qualitative Differences in Divergent Thinking. Tersedia Online://researchgate.net.
- Assaraf, O.B.Z., Jeff D., & Jaklin T. (2013). High School Students' Understanding of The Human Body System. *Journal Res Sci Edu* 43, 33-56. DOI:10.1007/s11165-011-9245-2.
- Azhari, M. (2014). *Pemanfaatan Limbah Cair Tahu Menjadi Nata De Soya dengan Menggunakan Air Rebusan Kecambah Kacang Tanah dan Bakteri Acetobacter Xylinum*. Tesis Pada Universitas Sebelas Maret Surakarta.
- Badan Pusat Statistik (2015). Februari 2015, Tingkat Pengangguran Terbuka (TPT) sebesar 5,81 Persen. (Online) Tersedia di <https://www.bps.go.id/Brs/view/id/1139>.
- Bahri, N.M., Suryawati, E., & Osman, K. (2014). Students Biotechnology Literacy: The Pillars of STEM Education in Malaysia. *International Society of Educational Research*, 10(3), 195-207. DOI: 10.12973/eurasia.2014.1074a.
- Balai Pengkajian Teknologi Pertanian Jambi (2009). *Pemanfaatan Biopestisida Nabati pada Tanaman Sayuran*. Jambi: Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian Departemen Pertani.
- Bao, L., Cai, T., Koenig, K., Fang, K., Han, J., Wang, J. Liu, Q. Ding, L., Cui, L., Luo, Y., Wang, Y., Li, L., & Wu, N. (2009). Learning and Scientific Reasoning. *Education Forum Science*, 323, 1-2. AAAS.

- 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.
- Betz, F. (2011). Origin of Scientific Method. *Managing Science: Innovation, Technology, and Knowledge Management*. 9, 21-41. DOI: 10.1007/978-1-4419-7488-4.
- Bicer, A., Capraro, R.M., & Capraro, M.M. (2017). Integrated STEM Assessment Model. *Eurasia Journal of Mathematics Science and Technology Education*, 13 (7), 3959-3968. DOI: 10.12973/eurasia.2017.00766a.
- Boersma, K.Th. & Warrlo, A.J. (2003). System Thinking as a Metacognitive Tool For Students, Teachers and Curriculum Developers. *Papers Presented at The ESERA 2003 Conference "Research and Quality in Science Education Noordwijkerhout Netherland: August 19th -23th*.
- 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.
- BPTP. (2011). *Pembuatan Pupuk Organik Menggunakan MOL*. Palangkaraya: BPTP.
- Brandstadter, K., Harms, U., & GroBschedl, J. (2012). Assessing System Thinking Through Different Concept-Mapping Practices. *International Journal Science Education*, 34 (14). DOI:10.1080/09500693.2012.716549.
- Boy, G.A. (2013). From STEM to STEAM: Toward a Human-Centered Education. Tersedia Online: <https://ntrs.nasa.gov/search.jsp?R=20130011666>.
- Butler, S. M. & McMunn, N.D. (2006). *A Teachers Guide to Classroom Assessment*. North Carolina: Jossey-Bass A Wiley Imprint.
- 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*.
- Campbell, N.A.; Reece, J.B dan Mitchell, L.G. (1999). *Biologi*. Jakarta: Erlangga.

- Ceylan, S., & Ozdilek, Z. (2015). Improving a Sample Lesson Plan for Secondary Science Courses within the STEM Education. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 177, 223 -228. DOI: 10.1016/j.sbspro.2015.02.395.
- Chabalengula, V.M., Martie, S., & Frackson, M. (2012). Diagnosing Students' Understanding of Energy and Its Related Concepts in Biological Context. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 10, 241-266. Tersedia Online: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10763-011-9291-2>.
- Cheng, V.M.Y. (2010). Teaching creative thinking in regular science lessons: Potentials and obstacles of three different approaches in an Asian context. *Asia Pacific Forum on Science Learning and Teaching*, 11(1), 1-21.
- Cheng, V.M.Y. (2011). Infusing creativity into Eastern classroom: Evaluations from students perspectives. *Journal of Thinking Skills and Creativity*, 6 , 67-87. DOI:10.1016/j.tsc. 2010.05.001.
- 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.
- Creswell, J.W. (2012). *Educational Research: Planning, Conducting, and Evaluating Quantitative and Qualitative Research*. Boston: Pearson.
- Dahar, R.W. (1989). *Teori-teori Belajar*. Bandung: Erlangga.
- Damanhuri, E. & Padmi, 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.
- Dawidowicz, P. (2012). The Person on The Streets Understanding of Systems Thinking. *Journal Systems Research and Behavioral Science*, 29, 2-13. DOI: 10.1002/sres.1094.
- 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.

- De Sa freire, A., Xavier, M.C.F., & Moraes, M.O. (2013). High School Student's Attitudes Associated with Biotechnology and Molecular Genetics Concepts in Brazil. *Creative Education*, 4(2), 149-153. DOI: 10.4236/ce.2013.42021.
- 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 Kementerian Pendidikan Tinggi.
- Diyanni, R. (2016). *Critical and Creative Thinking. A Brief Guide for Teachers*. West Sussex: John Wiley & Sons, Inc.
- Djunaedy, A. (2009). Biopestisida sebagai Pengendali Organisme Pengganggu Tanaman (OPT) yang Ramah Lingkungan. *Embryo*, 6 (1), 88-95.
- Earl, L.M. (2006) Webcast on "Rethinking classroom assessment with purpose in mind" Curriculum Services Canada. Tersedia Online: <http://www.curriculum.org/secretariat/april27>
- Eilam, B. (2012). System Thinking and Feeding Relations: Learning with a Live Ecosystem Model. *Journal Instr Sci*, 40, 213–239. DOI: 10.1007/s11251-011-9175-4.
- Erdogan, M., Ozel, M., Usak, M. & Prokop, P. (2009). Development and Validation of an Instrument to Measure University Students' Biotechnology Attitude. *J. Sci Educ Technol.*, 18, 255-264. Tersedia Online: <https://www.researchgate.net/publication/226016157>.
- Fatmawati, B. (2016). The Analysis of Students' Creative Thinking Ability using Mind Map in Biotechnology Course. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, 5 (2): 216-221. Tersedia Online: <https://journal.unnes.ac.id/nju/index.php/jpii>.
- Firman, H. (2015). Pendidikan Sains Berbasis STEM: Konsep, Pengembangan, dan Peran Riset Pascasarjana. *Seminar Nasional Pendidikan IPA dan PKLH*. Bogor: 22 Agustus 2015, 1-9.
- Gall, M.D., Gall, J.P., & Borg, W.R. (2003). *Educational Reserch: An Imtroduction* 7th ed. Boston : Pearson Education, Inc.
- Griffin, P., McGaw, B., & Care, E. (Eds.). (2012) *Assessment and Teaching of 21st Skills*. New York: Springer Publishing Company.
- Habibi, L. (2008). *Pembuatan Pupuk Kompos dari Limbah Rumah Tangga*. Bandung: Titian Ilmu.

- 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.
- Haik, Y. & Shahin, T. (2011). *Engineering Design Process*. Stamford: Cengage Learning.
- Hanover Research (2011). *K-12 STEM Education Overview*. Tersedia Online:<http://www.hanoverresearch.com>
- Hartley, L.M., Jennifer, M., April M., & Charlene, D.A. (2012). Energy and Matter: Differences in Discourse in Physical and Biological Sciences Can Be Confusing For Introductory Biology Students. *BioScience*, 62, 488-496. DOI: 10.1525/bio2012.62.5.10.
- Henderson, J. & Knutton, S. (1990). *Biotechnology in Schools*. Philadelphia: Open University Press.
- Henriksen, D. (2014) Full STEAM Ahead: Creativity in Excellent STEM Teaching Practices. *The STEAM Journal*, 1 (2), 1-7. DOI: 10.5642/steam.20140102.15.
- Herudiyanto, M.S. (2008). *Pengemasan Pangan*. Bandung: Widya Padjadjaran
- Hidayatno, A. (2013). *Berpikir Sistem: Pola Berpikir untuk Pemahaman Masalah yang lebih baik*. Tersedia Online: <https://www.researchgate.net/publication/302412744>.
- Hsu. (2014). *Perspective of STEM*. Tersedia: <http://perspectivestemeducation.comservices.html>.
- Humaid, S.A. (2019). Tafsir Q.S. Al-Muminum. Tersedia Online: <https://tafsirweb.com>.
- Irawati, I., Salahudin, & Selvianti (2009). Konsep Industri Sampah (KIS) sebagai Konsep Pengelolaan Sampah Perkotaan di Kota Bandung. Dalam *Prosiding Seminar Nasional Pendidikan Lingkungan Hidup*. Malang: Universitas Negeri Malang.
- Ismail, M. (1993). *Bunga Rampai Pemikiran Islam*. Jakarta: Gema Insani Press.

- 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.
- Jacobsen, D.A., Eggen, P., & Kauchak, D. (2009). *Methods for Teaching: Promoting Student Learning in K-12 Classrooms*. New Jersey: Pearson Education, Inc, publishing.
- 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.
- Jordan, R.C., Silver, C.H., Liu, L., & Gray, S.A. (2013). Fostering Reasoning About Complex Systems: Using the Aquarium to Teach Systems Thinking. *Applied Environmental Education & Communication*, 12, 55–64., DOI: 10.1080/1533015X.2013.797860.
- Joyce, B., Weil, M., & Calhoun, E. (2009). *Model-model Pengajaran*. Yogyakarta: Pustaka Pelajar.
- Junge, R., Wilhelm, S., & Hofstetter, U. (2014). Aquaponic in Classrooms as A Tool to Promote System Thinking. *3rd Conference with International Participation Conference VIVUS on Agriculture, Environmentalism, Horticulture and Floristics, Food Production and Processing and Nutrition Proceedings*. Naklo, November 14th - 15th , 2014. Tersedia Online: <https://pd.zhaw.ch/publikation/upload/207533.pdf>.
- Karaman, A.C. (2014). Community Service Learning and the Emergence of Systems Thinking: A Teacher Education Project in an Urban Setting in Turkey. *Syst Pract Action Res*, 27, 485-497. DOI: 10.1007/s11213-013-9309-5.
- Katanski, D. (2013). Bridging The Creativity and STEM Crisis. ASQ Advancing The STEM Agenda Conference Session 4-2. Michigan, June 3rd-4th , 2013, 1-4.
- Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan (2013a). *Kurikulum 2013 Kompetensi Dasar Sekolah Menengah Pertama (SMP)/ Madrasah Tsanawiyah (MTS)*. Jakarta: Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan.
- Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan (2013b). *Kurikulum 2013 Kompetensi Dasar Sekolah Menengah Atas (SMA)/ Madrasah Aliyah (MA)*. Jakarta: Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan.
- Kim, Y. & Park, N. (2012). The Effect of STEAM Education on Elementary School Student's Creativity Improvement. *CCIS 339*: 115–121.

- Kind, P.M., & Kind, V. (2007). Creativity in Science Education: Perspectives and Challenges for Developing School Science. *Studies in Science Education*, 43 (1), 1-37. DOI: 10.1080/03057260708560225.
- Larsen, Y.C, Jorge, G., & Franz, X.B. (2015). Does "Thinking in System" Foster A Crossdisciplinary Understanding Of Energy?. *European Scientific Journal*, 2, 285-295. Tersedia Online: <https://ejournal.org/index.php/esj/article/download/.../5707>.
- 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.
- Madigan, M.T., Martinko J.M., Bender, K.S., & Stahl, D.A. (2009). *Brock Biology Microorganisms Fourteen Edition*. Boston: Pearson Education, Inc.
- 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 : 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), 475-492.
- 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.
- Michel, Jr., F.C., Marsh, T.J., & Reddy, C.A. (2002). Bacterial Community Structure During Yard Trimming Composting. In Insam, H., Riddech, N., & Klammer, S. (Eds). *Microbiology of Composting*. New York: Springer-Verlag.
- Misgiyarta (2017). *Produksi Nata de Soya dengan Substrat Limbah Cair Industri Tahu*. Jakarta: Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian.
- Movahedzadeh, F., Patwell, R., Rieker, J.E., & Gonzalez, T. (2012). Project-Based Learning to Promote Effective Learning in Biotechnology Courses. *Education Research International*, 1-8. DOI:10.1155/2012/536024.
- Mulyana, R. (2004). *Mengartikulasi Pendidikan Nilai*. Bandung : Alfabeta.
- Munandar, U. (2009). *Pengembangan Kreativitas Anak Berbakat*. Jakarta: Rineka Cipta.

- 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.
- National Research Council (NRC) (2011). *A Framework for K-12 Science Education: Practices, Crosscutting Concepts, and Core Ideas*. 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/mengenal_tokoh/nanat-fatah-natsir.
- Natsir, M. (2018). *Prodi STEM masih jadi Tumpuan Pemerintah Tingkatkan SDM Indonesia*. Tersedia Online: <http://www.pikiranrakyat.com>.
- Nisa, F.C. (2002). “Penurunan Tingkat Pencemaran Limbah Cair (Whey) Tahu Pada Produksi Nata De Soya (Kajian Waktu Inkubasi)”. Dalam *Jurnal Teknologi Pertanian*, 3(2): 93-102.
- Nisa, K. (2016). *Memproduksi Kompos dan Mikroorganisme Lokal (MOL)*. Jakarta: Bibit Publisher.
- Novak, J.D. (1990). Concept Mapping: A Useful Tool for Science Education. *Journal of Reserch in Science Teaching*, 27 (10), 937-949.
- Novak, J.D. & Gowin, D.B. (1984). *Learning How to Learn*. Cambridge: University Press.
- Nurhasani, Z. (2014). *Analisis Argumentasi dan Penguasaan Konsep dalam Menggambarkan Keterampilan Berpikir Sistem pada Pembelajaran Fisiologi Manusia* [Thesis]. Bandung: Universitas Pendidikan Indonesia.
- 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.
- Pambayun, R. (2002). *Teknologi Pengolahan Nata de Coco*. Yogyakarta: PT. Kanisius.
- Pendidikan Biologi UIN Bandung (2015). *Kerangka Kualifikasi Nasional Indonesia dan Profil Lulusan Pendidikan Biologi*. Bandung: Fakultas Tarbiyah dan Keguruan. Tidak diterbitkan.

- Pendidikan Biologi UIN Bandung (2016). *Kurikulum Program Studi Pendidikan Biologi*. Bandung: Fakultas Tarbiyah dan Keguruan. Tidak diterbitkan.
- Perkins, D.N. (1985). What Creative Thinking Is. In Costa (Ed.). *Developing Minds. A Resource Book For Teaching Thinking*. Virginia: Association for Supervision and Curriculum Development.
- Poedjiadi, A. (2001). *Pengantar Filsafat bagi Pendidik*. Bandung : Yayasan Cendrawasih.
- Poedjiadi, A. (2005a). *Pendidikan Sains dan Moral Bangsa*. Bandung: Yayasan Cendrawasih.
- Poedjiadi, A. (2005b). *Sains Teknologi Masyarakat Model Pembelajaran Kontekstual Bermuatan Nilai*. Bandung: PT. Remaja Rosdakarya dan Program Pascasarjana Universitas Pendidikan Indonesia.
- Presiden Republik Indonesia. *Undang-undang Republik Indonesia no 12 tahun 2012 tentang Pendidikan Tinggi*.
- Purwanto, N. (2003). *Prinsip-prinsip dan Teknik Evaluasi Pengajaran*. Bandung : Remaja Rosdakarya
- 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*. Tersedia Online: <https://www.neliti.com>.
- Purwoko, T. (2007). *Fisiologi Mikroba*. Jakarta : Bumi Aksara
- 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.
- Ruiu, L. (2018). Microbial Pesticides in Agroecosystems. *Agronomy*, 8, 1-12. DOI: 10.3390/agronomy8110235.

- Ruseffendi. (1998). *Statistika Dasar untuk Penelitian Pendidikan*. Bandung: Universitas Pendidikan Indonesia Press.
- Rustaman, N.Y. (2011). Pendidikan dan Penelitian Sains dalam Mengembangkan Keterampilan Berpikir Tingkat Tinggi untuk Pembangunan Karakter. *Makalah Utama Seminar Nasional VIII Pendidikan Biologi FKIP UNS*. Tersedia Online:<https://www.jurnal.fkip.uns.ac.id>.
- Rustaman, N.Y., Dirjosoemarto, S., Ahmad, Y., Yudianto, S.A. , Rochintaniawati, D., Nuryani, K.M., & Subekti, R. (2003). *Strategi Belajar Mengajar Biologi*. Bandung: Jurusan Biologi FPMIPA Universitas Pendidikan Indonesia.
- 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*. (Tersedia Online: <https://uny.ac.id>.)
- Saifudin, A. (2002). *Senyawa Alam Metabolit Sekunder. Teori, Konsep, dan Teknik Pemurnian*. Sleman: Deepublish.
- 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.
- Sciencebuddies (2014). *Comparing The Scientific Metode to The Engineering Design Method*. Tersedia Online:<https://www.sciencebuddies.org>.
- 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](https://publikasiilmiah.ums.ac.id).
- Shihab, Q. (2017). *Tafsir Al-Misbah*. Bandung: Mizan
- Silberman, M. (1996). *Active Learning: 101 Strategi Pembelajaran Aktif*. Yogyakarta: Pustaka Insan Madani.

- Smith, J.E. (1993). *Prinsip Bioteknologi*. Jakarta: PT. Gramedia Utama.
- Sopian, H. (2015). Deskripsi Kemampuan Berpikir Logis dan Pemahaman Konsep Hormon pada Kelas XI SMA. *Prosiding Seminar Nasional XII Pendidikan Biologi FKIP UNS*. Tersedia Online: <https://www.neliti.com>.
- Southern of Colleges and Schools Commission on Colleges (2014). *Higher-order Skills in Critical and Creative Thinking*. NC State University.
- Stiggins, R. J. (1994). *Student-Centered Classroom Assesment*. New York: Macmillan College Publishing Company
- Subali, B. & Ellianawati (2010). "Pengaruh Waktu Pengomposan terhadap Rasio C/N dan Jumlah Kadar Air dalam Kompos". *Prosiding Pertemuan Ilmiah XXIV Jateng & DIY*, 49-53
- Subandi, H.M. (2010). *Mikrobiologi, Perkembangan, Kajian, dan Pengamatan dalam Perspektif Islam*. Bandung: PT. Remaja Rosdakarya.
- Sudarma, M. (2013). *Mengembangkan Keterampilan Berpikir Kreatif*. Depok: PT. Rajagrafindo Persada.
- Suharto (1995). *Bioteknologi dalam Dunia Industri*. Yogyakarta: Andi Offset.
- Sukmadinata, N. S. (2015). *Metode Penelitian Pendidikan*. Bandung: Remaja Rosdakarya.
- Sumarna, A. (1981). "Nilai-nilai dalam IPA", dalam *Mata Kuliah Dasar Umum Ilmu Alamiah Dasar*. Bandung : Institut Keguruan dan Ilmu Pendidikan.
- Suparno, P.J. (1997). *Filsafat Konstruktivisme dalam Pendidikan*. Yogyakarta: Kanisius.
- Supriadi, D. (2004). Pendidikan Nilai: Sebuah "Megatrend"?. Dalam Mulyana, R. *Mengartikulasikan Pendidikan Nilai*. Bandung: C.V. Alfabeta.
- Suprihatin. 2010. *Teknologi Fermentasi*. Surabaya: Unesa University Press.
- 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.
- Sweeney, L.B. & Streman, J.D. (2000). Bathtub dynamics: initial results of a systems thinking inventory. *System Dynamics Review*. 16 (4). 249-286.

- Taiz, L. & Zeiger, L. (2002). *Plant Physiology*. Sunderland: Sinauer Associates, Inc.
- Tarigan, J. (1988). *Pengantar Mikrobiologi*. Jakarta: Departemen Pendidikan dan Kebudayaan
- Tawil, M., & Liliyasi (2013). *Bepikir Kompleks dan Implementasinya dalam Pembelajaran IPA*. Makassar: Badan Penerbit Universitas Negeri Makassar.
- Thalbah, H., Zindani A.M., dkk. (2008). *Ensiklopedia Mukjizat Al Quran dan Hadis*. Jakarta: PT. Sapta Sentosa.
- 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.
- Tobin, K.G. & Capie, W. (1981). The Development and Validation of a Group Test of Logical Thinking. *Educational and Psychological Measurement*, 41, 413-423. DOI: 10.1177/001316448104100220.
- Toharudin, U., Hendrawati, S., & Rustaman, A. (2011). *Membangun Literasi Sains Peserta Didik*. Bandung: Humaniora.
- Toma, R.B. & Greca, I.M. (2018). The Effect of Integrative STEM Instruction on Elementary Students' Attitude toward Science. *Eurasia Journal of Mathematics Science and Technology Education*, 14 (4), 1383-1395. DOI:10.29333/ejmste/83676
- Torrance, E.P. (1977). *Creativity in the Classroom; What Research Says to the Teacher*. Washington D.C.: National Education Association.
- Tripto, J., Orit, B.Z.A., & Miriam, A. (2013). Mapping What They Know: Concept Maps as an Effective Tool for Assesing Students' System Thinking. *American Journal of Operations Research*, 3, 245-258. DOI: 10.4236/ajor.2013.31A022.
- Usak, M., Erdogan, Prokop, P., & Ozel, M. (2009). High School and University Student's Knowledge and Attitudes Regarding Biotechnology. *Biochemistry and Molecular Biology Education*, 37(2), 123-130. DOI: 10.1002/bmb. 20267.

- Valanides, N. (1997). Formal reasoning and school Achievement Studies in Educational Evaluation. *Studies in Educational Evaluation*, 23 (2), 169-185.
- 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
- Wulan, A.R. (2018). *Menggunakan Asesmen Kinerja untuk Pembelajaran Sains dan Penelitian*. Bandung: UPI Press.
- Yenie, E.; Elystia S.; Calvin, A.; dan Irfhan M. (2013). "Pembuatan Biopestisida Organik Menggunakan Metode Ekstraksi dari Daun Pepaya dan Umbi Bawang Putih". Dalam *Jurnal Teknik Lingkungan UNAND*, 10 (1), 46-59.
- 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.
- Yuniwati, M., Iskarima, F, & Padulemba, A (2012). Optimasi Kondisi Proses Pembuatan Kompos dari Sampah Organik dengan Cara Fermentasi Menggunakan EM 4. *Jurnal Teknologi*. 2, (5), 172-181.
- Zainul, A. (2001). *Alternative Assesment*. Universitas Terbuka: Jakarta.
- Zion, M., & Klein, S. (2015). Conceptual Understanding of Homeostasis. *International Journal of Biology Education* 2, 1-27. [DOI: 10.20876/ijobed.12279](https://doi.org/10.20876/ijobed.12279).
- Zollman, A. (2012). Learning for STEM Literacy: STEM Literacy for Learning. *School Science and Mathematics*, 112 (1), 12-19. DOI: 10.1111/j.1949-8594.2012.00101.x.
- Zuhaili, W. (2019). *Tafsir Q.S. Huud ayat 117*. Terseda Online: <https://tafsirweb.com/3609-surat>

