

Inovasi Pengajar Sains pada Industri 4.0 Terhadap Ketrampilan Berpikir Tingkat Tinggi Siswa dalam Bioteknologi

Arista Novihana Pratiwi^{a,*}

^a Pascasarjana Universitas Negeri Semarang, Jl. Kelud Utara III, Semarang 50237, Indonesia

*

Alamat Surel: aristanovi62@gmail.com

Abstrak

Tujuan artikel untuk mengeksplorasi gambaran komprehensif industri 4.0 dari upaya inovasi yang dilakukan pengajar sains terhadap ketrampilan berpikir tingkat tinggi siswa dalam bioteknologi. Metodologi dalam artikel ini telah digunakan literatur sistematis di bidang guru biologi di era industri 4.0, ketrampilan berpikir tingkat tinggi, dan pendidikan bioteknologi. Daftar literasi makalah diunduh dari basis data *Emerald Journal* dan *Scopus Journal*.

Hasil menunjukkan bahwa inovasi pengajar sains dalam mengajarkan bioteknologi yang dapat mengembangkan ketrampilan berpikir tingkat tinggi siswa memiliki karakteristik dan indikator keberhasilan. Karakteristik inovasi pengajar sains meliputi: mengajar bioteknologi unsur utamanya “kebaruan” sehingga siswa aktif berpartisipasi, pengajar sains tidak hanya mengajarkan literasi sains bioteknologi, tetapi melatih ketrampilan riset menggunakan teknologi canggih kepada siswa, dan memfasilitasi kolaborasi antar siswa sehingga mobilitas belajar bioteknologi meningkat. Indikator keberhasilan pengajar sains meliputi: kompetensi dasar biologi materi bioteknologi tercapai dengan optimal, nilai siswa melampaui kriteria ketuntasan minimal ketika dilakukan penilaian menggunakan soal-soal level HOTS, siswa memiliki kemampuan untuk memecahkan masalah, berpikir kritis, dan kreatif.

Teknologi hanyalah salah satu dari banyak aspek inovasi pembelajaran industri 4.0 yang berlaku dalam literatur. Inovasi pengajar sains dalam bioteknologi juga menjadi aspek inovasi pembelajaran industri 4.0 terhadap peningkatan ketrampilan berpikir tingkat tinggi siswa.

Kata kunci:

Inovasi, Pengajar Sains, Industri 4.0, Ketrampilan Berpikir Tingkat Tinggi, dan Bioteknologi. ©

2019 Dipublikasikan oleh Universitas Negeri Semarang

1. Pendahuluan

Bioteknologi merupakan bidang luas yang berkaitan dengan penerapan sistem kehidupan dan proses biologis untuk menciptakan solusi dari masalah dan tantangan industri 4.0. Kegiatan seperti pemuliaan tanaman selektif dan penggunaan ragi untuk fermentasi adalah bentuk awal bioteknologi. Dampak dari bidang bioteknologi ditemukan hampir semua sektor masyarakat mulai dari perawatan kesehatan dan produk makanan hingga masalah lingkungan dan sumber energi. Terlepas dari pentingnya bioteknologi dalam sains, bioteknologi belum menjadi tren yang menonjol dalam pendidikan sains.

Menyajikan paradoks yang menantang: ide-ide, alat dan produk bioteknologi mengubah ilmu pengetahuan dan masyarakat (termasuk produksi makanan, pengobatan dan diagnosis penyakit, manipulasi genom, dll.), tetapi perkembangan ini tetap sangat kurang terwakili dalam kelas. Disebabkan oleh, guru mengajarkan bioteknologi hanya

To cite this article:

Arista Novihana Pratiwi (2019). Inovasi Pengajar Sains pada Industri 4.0 Terhadap Ketrampilan Berpikir Tingkat

Tinggi Siswa dalam Bioteknologi. *Prosiding Seminar Nasional Pascasarjana UNNES*, 910-923

sebagai teori, kurang mengajarkan implementasi pada siswa. Guru memiliki informasi bioteknologi ke dalam pengajaran biologi yang ada untuk mengajarkan keprihatinan nasional, tetapi siswa ingin belajar lebih banyak tentang suatu praktik.

Guru berkualitas tinggi dapat secara positif mempengaruhi prestasi siswa (Hattie, 2012). Guru yang baik memiliki kemampuan dan strategi untuk mengembangkan pengetahuan baru yang diperlukan untuk mengajarkan topik baru apa pun yang ditugaskan, tetapi kemajuan dalam pengetahuan ilmiah dapat mempersulit guru sains. Topik baru sering ditambahkan selama perubahan kurikulum sains sekolah, yang mengharuskan guru sains untuk belajar dan mengajar konten baru. Karir guru di berbagai titik, salah satunya ketika tugas mengajar guru berubah.

Kekhawatiran berbagai perubahan pada tahap mengajar Bioteknologi dapat menjadi hambatan. Hambatan dalam pendidikan di negara berkembang seperti Indonesia adalah pendukung yang memadai masih kurang, alat pendidikan yang tepat masih kurang, struktur organisasi tidak sesuai dengan industri 4.0, siswa sebagai sumber daya kurang memiliki ketrampilan berpikir tingkat tinggi dan guru sebagai pengajar sains yang kurang inovatif dalam menggunakan teknologi.

Teknologi adalah dimensi utama ketika akan mengkategorikan berbagai strategi inovatif. Kompetensi teknologi ditetapkan sebagai salah satu dari empat kompetensi utama yang dibutuhkan dalam pengajaran inovatif, selain kompetensi pembelajaran, kompetensi sosial dan kompetensi pendidikan (Zhu *et al.* 2013). Industri 4.0 merupakan konsep yang lebih maju dan mendorong produktivitas lebih banyak lagi dengan melibatkan fungsi pendukung seperti teknik dan teknologi (Schuh *et al.*, 2013). Pengajar sains yang buruk menurunkan efisiensi dalam belajar bioteknologi, sehingga menyebabkan kerugian finansial yang dikeluarkan untuk pendidikan secara langsung dan tidak langsung.

Pengembangan dan praktik kemampuan kreatif siswa jarang menjadi tujuan pembelajaran eksplisit, dengan pengecualian sejumlah kecil disiplin artistik yang inheren seperti arsitektur dan seni rupa. Kriteria penilaian masih jarang menyebutkan "kreativitas" ide karena disajikan dalam esai. Kurikulum sebagian besar masih peduli dengan memberikan pengetahuan sebagai entitas yang berdiri sendiri, berharap bahwa lulusan akan menemukan cara sendiri untuk beradaptasi dan menerapkan pengetahuan yang diperoleh dalam situasi kerja baru yang tidak terduga.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengeksplorasi gambaran komprehensif industri 4.0 dari upaya inovasi yang dilakukan pengajar sains terhadap ketrampilan berpikir tingkat tinggi siswa dalam bioteknologi. Oleh karena itu, pertanyaan-pertanyaan berikut menjadi penting untuk dipertimbangkan: (1) Apa karakteristik inovasi pengajar sains dalam mengajarkan bioteknologi sehingga dapat mengembangkan ketrampilan berpikir tingkat tinggi siswa?, (2) Apa faktor-faktor keberhasilan pengajar sains terhadap ketrampilan berpikir tingkat tinggi siswa di era industri 4.0?

2. Pembahasan

Revolusi industri mengalami perkembangan. Revolusi industri pertama dimulai di Inggris dengan ditemukannya mesin uap, tenaga manusia dan hewan digantikan dengan tenaga mesin yang digerakkan oleh uap (mesin uap) untuk membantu pekerjaan manusia. Revolusi industri kedua dimulai dengan dimanfaatkannya tenaga listrik untuk penerapan konsep produksi massal. Revolusi industri ketiga dimulai dengan digunakan teknologi otomatisasi dalam kegiatan industri. Revolusi industri keempat (revolusi industri 4.0) dimulai dengan teknologi informasi dan komunikasi dimanfaatkan sepenuhnya bagi sektor industri. Revolusi industri 4.0 di seluruh rantai industri menciptakan model bisnis baru dengan basis digital untuk mencapai efisiensi yang tinggi dan kualitas produk yang lebih baik. Sistem industri 4.0, diantaranya: *Internet of Things (IoT)*, *Cyber technology*, *Big data base analysis*, *Artificial Intelligence*, *Automation and industrial robotics technology*, *Digitalization* dan *Human-Machine Interface*.

Internet of Things (IoT) dalam konteks *Industry 4.0* disebut sebagai *Industrial Internet of Things (IIoT)*. Aplikasi industri IoT atau IIoT tidak hanya mengacu pada jaringan dari benda-benda fisik dalam industri tetapi juga mencakup representasi digital dari produk, proses dan infrastruktur manufaktur seperti model 3D atau fisik model perilaku mesin (Jeschke *et al.*, 2017). IIoT memiliki potensi besar untuk memungkinkan layanan pemeliharaan prediktif, inisiatif ramah lingkungan, efisiensi kualitas produk, optimisasi energi, dan optimisasi desain (Wang & Zhang, 2016).

Cyber terchnology terdiri dari dua kata yaitu *cyber* dan *technology*. *Cyber* berarti komputasi, komunikasi, dan kontrol yang terpisah, berganti, dan logis; dan *technology* berarti teknik. *Cyber terchnology* didefinisikan sebagai teknologi transformatif untuk mengelola sistem yang saling berhubungan

antara kemampuan komputasi dan aset fisik (Lee, 2015). *Cyber terchnology* adalah sistem mengkolaborasikan elemen-elemen TI dan dirancang untuk mengendalikan objek. Komunikasi terjadi melalui infrastruktur data seperti Internet. *Cyber terchnology* umumnya terdiri dari dua komponen fungsional utama: (1) konektivitas lanjutan yang menjamin akuisisi data dan waktu dari dunia nyata dan umpan balik informasi dari ruang siber; (2) manajemen data yang cerdas, kemampuan komputasi dan analitik yang membangun ruang siber (Lee, 2015). Beberapa teknologi yang terhubung erat dengan *Cyber terchnology* adalah IoT, jaringan sensor nirkabel, dan komputasi.

Big data base analysis mengacu pada generasi baru teknologi dan arsitektur yang memungkinkan organisasi secara ekonomis mengekstraksi nilai dengan menemukan, menangkap, dan menganalisis volume yang sangat besar dari berbagai macam data. Analisis data besar memungkinkan organisasi kontemporer untuk mendapatkan nilai lebih baik dari sejumlah besar informasi yang telah mereka miliki, dan mengidentifikasi apa yang mungkin terjadi selanjutnya dan tindakan apa yang harus diambil untuk mencapai hasil yang optimal (LaValle *et al.*, 2011). Bergerak ke arah analitik data besar secara instan mengidentifikasi wawasan dan tren yang akan datang untuk keputusan segera, dan mempertahankan daya saing (Hu *et al.*, 2014). Untuk meningkatkan efisiensi kinerja produsen, meningkatkan kustomisasi produk, mengelola administrasi yang lebih baik, dan mencegah kerusakan aset, serta merampingkan proses produksi dan inisiatif manajemen rantai pasokan secara lebih efektif (Babiceanu & Seker, 2016 dan Wang, Gunasekaran). Layanan pembuatan kognitif IBM adalah contoh aplikasi industri analitik data besar.

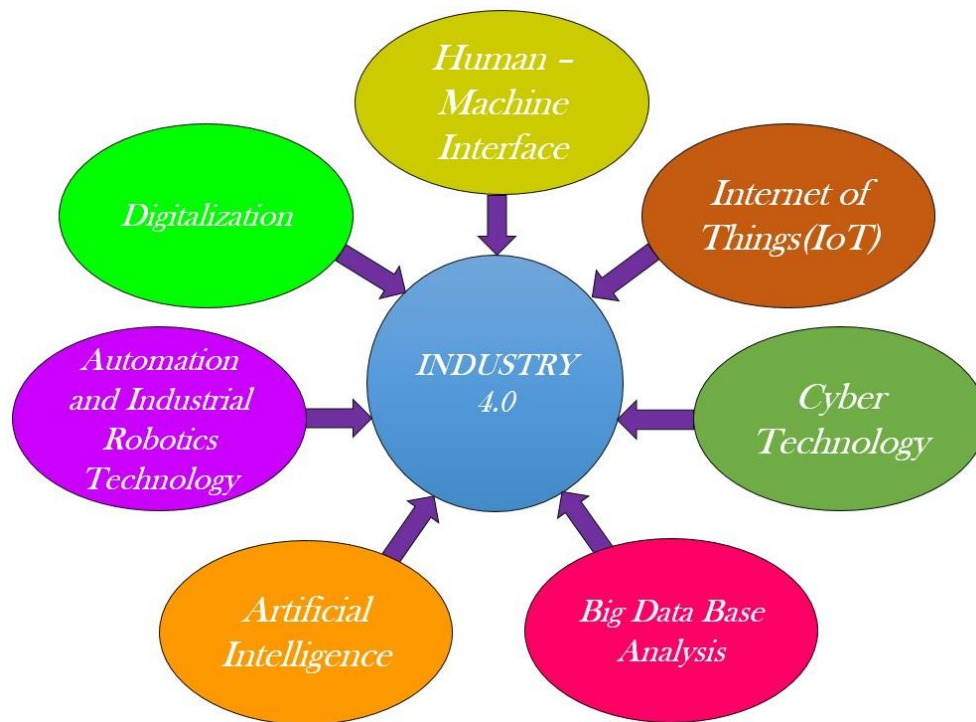
Artificial Intelligence (kecerdasan buatan) yang akan dicapai adalah penciptaan sistem yang dapat memahami lingkungan, akibatnya dapat mengambil tindakan untuk meningkatkan peluang sukses. Kecerdasan buatan dapat menyediakan sarana untuk simulasi di setiap tahap siklus hidup sebuah produk (dari model dan desain, hingga prediksi fungsional). Aplikasi ini dapat terdiri dari pengembangan metode pemodelan dan referensi model yang lebih baru, seperti rekayasa bahan komputasi terintegrasi atau *integrated computational materials engineering* (ICME), di mana kinerja bahan desain dan dimensi dapat diuji sebelum konstruksi elemen (Lasi, 2014).

Automation and industrial robotics technology (robotika industri dan otomatisasi) menjanjikan banyak manfaat seperti pengurangan waktu siklus bagian, tingkat cacat yang lebih rendah, kualitas dan keandalan yang lebih tinggi, pengurangan limbah, dan pemanfaatan ruang lantai yang lebih baik, menjadikannya sangat diperlukan bagi produsen kelas dunia (Esmaeilian *et al.*, 2016).

Digitalization merupakan tujuan dari industri 4.0 yang akan ditingkatkan diberbagai bidang, demikian integrasi digitalisasi dalam proses pendidikan baik secara horizontal (yaitu melintasi area fungsional mengajar) dan secara vertikal (yaitu melintasi seluruh rantai nilai, dari pengembangan kurikulum dan pembelajaran melalui guru, siswa dan layanan akademik).

Human-Machine Interface (HMI) memudahkan manusia untuk mengontrol perangkat keras dan mengumpulkan informasi umpan balik. Secara khusus, HMI dapat dipakai untuk menarik perhatian yang luar biasa karena potensinya dalam elektronik bergerak digunakan secara pribadi dan *Internet of Things*. Meskipun kemajuan signifikan telah dibuat dalam pengembangan HMI, yang didasarkan pada elektronik yang kaku memiliki kendala dalam hal daya tahan pakai, kenyamanan, rasio *signal-to-noise* (SNR), dan estetika.

Strategis dan teknologi, transisi *Industry 4.0* memerlukan peta jalan atau *Roadmapping* strategis komprehensif yang memvisualisasikan setiap langkah lebih lanjut pada rute menuju pendidikan yang sepenuhnya digital (Sarvari *et al.*, 2018). Menggunakan *roadmappping* teknologi secara luas sebagai kerangka kerja untuk mendukung penelitian dan pengembangan teknologi masa depan yang dapat mempertahankan keunggulan kompetitif (Lee *et al.*, 2013). *Roadmapping* adalah metode penting yang telah menjadi bagian integral untuk menciptakan dan memberikan strategi dan inovasi di banyak organisasi. Oleh karena itu, jelas bahwa peta jalan teknologi dan strategis yang akurat sangat diperlukan untuk mengamankan keberhasilan dalam proses transformasi digital yang diperlukan oleh *Industry 4.0* (Vogel-Heuser & Hess, 2016). Berdasarkan uraian diatas *Roadmapping Industry 4.0* dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1. Roadmapping Industry 4.0

Revolusi industri menggambarkan suatu perbedaan generasi antara guru dan siswa yang menjadi kesenjangan atau *GAP*. Guru harus mau dan mampu beradaptasi dengan generasi siswa, terutama dalam menggunakan teknologi dan informasi untuk mengajar. Untuk memperoleh serangkaian makalah yang komprehensif dalam memberikan solusi terhadap kesenjangan tersebut, maka pencarian lanjutan melalui kombinasi di antara lima istilah “Inovasi”, “Pengajar sains”, “Industri 4.0”, Ketrampilan berpikir tingkat tinggi”, dan “Bioteknologi”. Pencarian sistematis daftar literasi menggunakan dua database elektronik, yaitu *Emerald Journal* dan *Scopus Journal* untuk mengidentifikasi makalah akademik utama. Selain itu, pencarian sistematis melalui pencarian yang disebutkan di atas dari mesin pencari *Google* untuk identifikasi karakteristik inovasi pengajar sains dan indikator keberhasilan.

Perbedaan generasi antara guru dan siswa perlu menerapkan kunci teori berbasis sumber daya yaitu memahami hubungan antara sumber daya, kemampuan, keunggulan kompetitif, dan profitabilitas. Sumber daya didefinisikan sebagai aset berwujud atau tidak berwujud yang terikat secara semi permanen dengan pendidikan. Sumber daya unik yang terkait dengan guru diantaranya: diferensiasi dalam kualitas, fleksibilitas, kecepatan proses, dan biaya. Sumber daya adalah aset yang dimiliki atau dikendalikan oleh guru. Kemampuan adalah kemampuan mengeksplorasi dan menggabungkan sumber daya, melalui rutinitas mengajar untuk mencapai target. Keunggulan kompetitif adalah suatu target yang akan dicapai, seperti keunggulan kompetitif pada ketrampilan berpikir tingkat tinggi siswa. Profitabilitas adalah proses membandingkan antara ketercapaian setelah pembelajaran. Mengukur profitabilitas dalam pembelajaran dapat dilihat dari penilaian. Nilai yang tinggi melambangkan tingkat ketercapaian pembelajaran efektif dan efisien. Semakin tinggi nilai siswa maka kualitas pengetahuan dan ketrampilan berpikir tingkat tinggi siswa diasumsikan semakin baik.

Pembelajaran abad ke-21 sebagai solusi terhadap revolusi industri 4.0. terutama pada perkembangan teknologi. Teknologi ada empat yang akan berperan dalam kehidupan manusia di abad 21. Keempat teknologi ini adalah mikroelektronika, teknologi energi alternatif, aeronautika, dan bioteknologi (Singer *et al*, 2014). Bioteknologi di awal abad ke-21 sebagai bidang multidisiplin memberikan harapan untuk memecahkan masalah yang dihadapi oleh manusia sebagai salah satu pilar dari kegiatan industri di berbagai negara.

Penerapan dan pengembangan bioteknologi di negara-negara berkembang masih dihadapkan pada banyak masalah, salah satunya adalah rendahnya pemahaman konsep bioteknologi. Untuk memahami konsep bioteknologi, penelitian ini menggunakan konsep *Rainbow Code Biotechnology* (RCB) (Kafarski, 2012). Konsep RCB dibedakan oleh warna yaitu hijau, merah, putih, dan biru. Bioteknologi hijau berfokus pada pertanian dan pangan. Bioteknologi merah berfokus pada sektor kesehatan. Bioteknologi putih berfokus pada industri dan bioteknologi biru mencakup bidang air dan laut. Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan pada pemahaman guru sekolah dasar pra-jabatan yang mengalami kesulitan dalam memahami dan menjelaskan konsep bioteknologi (Ragil, 2018). Karakteristik topik bioteknologi yang ditekankan dalam penelitian ini adalah bioteknologi hijau yang terdiri dari sub-topik tentang prinsip-prinsip

fermentasi, pelestarian makanan dan minuman tradisional dan modern, dan pengenalan bahan tambahan makanan.

2.1. Keterampilan Berpikir Tingkat Tinggi Siswa

Kebutuhan belajar ditekankan pada pemahaman konsep menggunakan model pembelajaran yang memfasilitasi kemampuan berpikir kritis, kreatif, dan berpikir analisis. Keterampilan guru pre-service memahami topik bioteknologi dan memiliki keterampilan dalam menghadapi perkembangan globalisasi (Chalkiadaki, 2018). Kompetensi atau keterampilan yang harus dimiliki di abad ke 21 yaitu berpikir kritis dan keterampilan pemecahan masalah, keterampilan komunikasi dan kolaborasi, kemampuan berpikir kreatif atau *creative-thinking skills* (CTS), keterampilan teknologi informasi dan komunikasi keaksaraan, keterampilan pembelajaran kontekstual, dan keterampilan literasi informasi dan media. Keterampilan tersebut dinamakan keterampilan berpikir tingkat tinggi. Berpikir tingkat tinggi (*higher order thinking*) disebut sebagai gabungan dari berpikir kritis, berpikir kreatif, dan berpikir analisis.

Pemikiran kritis tetap menjadi topik kompleks yang mencakup berbagai definisi konseptual yang diselidiki di berbagai bidang penyelidikan (Abrami *et al.*, 2015). Pemikiran kritis didefinisikan sebagai, "kemampuan kognitif yang mendorong pemecahan masalah dan pengambilan keputusan" (Whitten & Brahmasrene, 2011). Pemikiran kritis merupakan "kemampuan untuk terlibat dalam penilaian, pengaturan diri sendiri yang bertujuan" (Abrami *et al.*, 2008). Pemikiran kritis dibingkai sebagai penerapan nilai-nilai intelektual termasuk relevansi, akurasi, dan alasan yang keras (Carlson, 2013). Pemikiran kritis didefinisikan berdasarkan pada kemampuan pembuat keputusan untuk mengidentifikasi masalah, menentukan tindakan yang relevan, dan menerapkan keputusan untuk berbagai skenario masalah (Baldwin, Pierce, Joines & Farouk, 2011).

Berpikir kritis merupakan perwujudan dari berpikir tingkat tinggi (*higher order thinking*). Kemampuan berpikir tersebut merupakan kompetensi kognitif tertinggi yang perlu dikuasai siswa dalam pembelajaran. Berpikir kritis dapat dipandang sebagai kemampuan berpikir siswa untuk membandingkan dua atau lebih informasi, misalkan informasi yang diterima dari luar dengan informasi yang dimiliki. Bila terdapat perbedaan atau persamaan, maka siswa akan mengajukan pertanyaan atau komentar dengan tujuan untuk mendapatkan penjelasan.

Inovasi pengajar sains dengan tujuan siswa dapat berpikir kritis dilakukan dengan berbagai cara. Pengajar sains dapat mendorong pembelajaran yang lebih dalam dengan melibatkan siswa agar memiliki pengalaman (Young, Caudill, & Murphy, 2008) atau peluang belajar mandiri yang membantu siswa membangun pengetahuan dengan mengintegrasikan pengalaman belajar siswa sendiri dan teman yang sebelumnya melalui refleksi dan diskusi internal (Boyer *et al.*, 2014). Memasukkan pemetaan konsep ke dalam kegiatan pembelajaran (misalnya: diskusi, debat, penjurnalan, dll) dapat menyediakan mekanisme bagi siswa untuk membangun dan mengintegrasikan pengetahuan pada tingkat pembelajaran yang lebih tinggi dan meningkatkan pengembangan keterampilan berpikir kritis siswa.

Kemampuan untuk membangun dan mengevaluasi argumen itu penting, karena argumentasi adalah komponen utama dari pemikiran kritis, aspek fundamental dari upaya ilmiah yang memiliki potensi untuk meningkatkan pemahaman konsep sains siswa dari kedua perspektif teoretis (Duschl & Osborne, 2002) dan perspektif praktis (Zohar & Nemet, 2002). Argumen siswa menemukan cara yang paling signifikan terhadap pemikiran tingkat tinggi dan pemikiran dalam kehidupan kebanyakan orang.

Keterampilan berargumentasi memungkinkan kaum muda untuk membuat keputusan dan menyelesaikan masalah, khususnya masalah-masalah kompleks yang ditemukan dalam (*science socioscientific issues*) SSI (Jonassen & Kim, 2010). Gagasan argumentasi adalah inti dari pemahaman ilmiah dan hipotesis yang bersaing didukung atau dibuktikan berdasarkan bukti empiris (Duschl & Osborne, 2002). Akibatnya, pengajaran eksplisit keterampilan argumentasi di ruang kelas sains telah dianjurkan (Sadler, 2004).

Argumentasi adalah pengembangan pernyataan dengan alasan-alasan yang mendukung. Penggunaan argumentasi dalam konteks SSI sesuai karena argumentasi adalah aktivitas yang dilakukan siswa ketika mendiskusikan tema kontroversial. Argumentasi dapat dilakukan secara individu atau kelompok. Argumen (tertulis, lisan, atau pemikiran) adalah produk dan terdiri dari klaim dengan data atau bukti. Kerangka kerja struktural yang dapat digunakan untuk membantu mengembangkan keterampilan dalam menghasilkan argumen dan untuk menganalisis kualitas argumen (Toulmin, 2003). Bagian-bagian model meliputi berikut ini: klaim (pernyataan), data (bukti yang relevan), surat perintah (menghubungkan klaim dan data), dukungan (mendasari teori atau asumsi data dukungan), kualifikasi (kondisi data didukung) dan bantahan (kondisi data tidak didukung) (Toulmin, 2003).

CTS (*creative-thinking skills*) adalah salah satu cara yang disarankan agar seseorang dapat melihat masalah dari banyak perspektif. Seorang pemikir kreatif menghasilkan lebih banyak alternatif untuk menyelesaikan masalah. Sehingga, keterampilan ini perlu dibiasakan untuk dilatih dalam pembelajaran sehingga menjadi bekal siswa untuk menghadapi masa depan. CTS adalah keterampilan berpikir tingkat tinggi yang mampu membentuk siswa yang mampu berpikir netral, inovatif, obyektif, logis dan jauh di

depan. Oleh karena itu, CTS yang baik akan sangat bermanfaat bagi para siswa dalam jangka pendek di universitas atau dalam jangka panjang di dunia kerja dalam kehidupan mereka di masa depan. CTS juga akan membantu dalam menghadapi tantangan abad ke 21 terutama di era inovasi.

Kreativitas didefinisikan sebagai karakteristik manusia universal. Perspektif kognisi kreatif, yang bertujuan untuk mengidentifikasi proses berpikir dan strategi yang mengarah pada kreativitas dalam kehidupan sehari-hari. Perspektif ini, telah menganjurkan penggunaan pendekatan kognisi kreatif, yang membedakan penggunaan sadar dan kebiasaan kognisi kreatif dalam konteks dari kemampuan kreatif. Bukti awal yang dikumpulkan hingga saat ini menunjukkan bahwa penyebaran kognisi kreatif yang sesuai konteks untuk belajar meningkatkan pengalaman emosional siswa dalam belajar dan kinerja akademik. Konsekuensi positif intrinsik dan ekstrinsiknya, intervensi yang bertujuan untuk meningkatkan penggunaan kognisi kreatif siswa memiliki peluang terbaik untuk meningkatkan kemampuan kreatif siswa dan membuatnya dapat ditransfer ke konteks kerja.

Model CPS mendefinisikan enam tahap proses kreatif: menemukan kekacauan, menemukan fakta, menemukan masalah, menemukan ide, menemukan solusi, dan menemukan penerimaan. Tahap penemuan kekacauan, seseorang mengidentifikasi masalah yang membutuhkan solusi kreatif. Tahap pencarian fakta, orang tersebut menentukan apa yang diketahui tentang masalahnya. Tahap pencarian masalah, masalah akhirnya didefinisikan. Tahap pencarian ide, orang tersebut menghasilkan ide melalui *brainstorming*. Tahap pencarian solusi dari ide-ide yang dihasilkan dievaluasi dan dikontraskan, dan ide terbaik dipilih. Tahap penerimaan akhir, orang tersebut mengimplementasikan ide kemenangan. Keenam tahap ini dapat dikelompokkan ke dalam tiga tahap tingkat yang lebih tinggi: mengidentifikasi masalah (pencarian kekacauan, pencarian fakta dan pencarian masalah), menghasilkan ide (pencarian ide), dan perencanaan tindakan (pencarian solusi dan penerimaan) Temuan) (Rogaten & Moneta, 2015).

Cara berpikir kreatif yang paling banyak diteliti adalah pemikiran divergen dan konvergen, pemikiran metaforis dan analog, pengambilan perspektif, citra, dan inkubasi (Rogaten & Moneta, 2016). Berpikir divergen adalah proses menghasilkan sebanyak mungkin ide alternatif atau solusi untuk suatu masalah, sedangkan berpikir konvergen adalah proses mengevaluasi kecukupan dan kegunaan gagasan, dan mengidentifikasi dan memilih ide terbaik untuk tindakan di masa depan. Pemikiran metaforis dan analogis adalah proses kombinasi ide, transformasi, dan aplikasi, dan melibatkan pengambilan ide yang sudah ada dari satu konteks dan menerapkannya dalam yang baru, atau menggabungkan ide-ide yang sebelumnya tidak terkait untuk menghasilkan ide baru. Pengambilan perspektif adalah proses mengubah perspektif sendiri untuk memungkinkan transformasi persepsi untuk mendapatkan wawasan baru tentang masalah yang dihadapi yang mengarah pada makna baru. Pencitraan adalah proses membangun citra internal, dan dianggap sebagai elemen mendasar dari proses kreatif bersama dengan bentuk modalitas indera lainnya seperti pendengaran dan penciuman. Proses penting lainnya adalah inkubasi, juga dikenal sebagai "wawasan", yang merupakan proses berpikir nonsukarela dan sebagian besar tidak sadar.

Prinsip untuk memandu setiap intervensi kemampuan kreatif siswa terdapat empat: pertama, siswa harus diberikan tugas kreatif, yaitu tugas yang memungkinkan kreativitas dan diinginkan. Perbedaan antara tugas "algoritmik" dan "heuristik", yang dapat membantu mengidentifikasi tugas-tugas kreatif. Suatu tugas bersifat algoritmik jika seseorang sebelumnya diberikan satu set langkah lengkap untuk menyelesaikan tugas, dan menyelesaikan tugas itu hanya masalah melaksanakan langkah-langkah itu. Sebaliknya, jika menemukan langkah-langkah adalah bagian dari tugas itu sendiri, maka tugas itu heuristik. Untuk menjadi kreatif, suatu masalah harus bersifat heuristik, yaitu, siswa seharusnya tidak memiliki jalan yang jelas dan mudah diidentifikasi ke suatu solusi. Dengan demikian, syarat minimalnya adalah bahwa siswa akan diberikan banyak masalah heuristik untuk berlatih bersama. Selain itu, siswa harus dihadapkan dengan masalah heuristik yang keras dan tidak terkondisikan, seperti masalah tanpa jalur yang jelas ke solusi, masalah dengan beberapa jalur ke solusi, masalah tanpa solusi sama sekali, masalah dengan kendala yang tidak disebutkan, dan masalah yang tidak ada aturan umum yang berlaku. Jenis masalah yang dihadapi manusia setiap hari, seperti memprediksi krisis keuangan, mengatasi pemanasan global, atau mencegah perang digitalisasi, dan karena tidak sulit untuk menjelaskan kepada siswa mengapa mereka diminta untuk mengatasi masalah yang sulit.

Kedua, ketika diberi tugas-tugas kreatif, siswa harus diminta untuk mengerjakannya dari awal hingga akhir, menyelesaikan semua fase proses kreatif yang diidentifikasi, misalnya, dalam model komponen proses kreatif: perwakilan tugas, persiapan, pembuatan respons, validasi respons, dan evaluasi hasil. Kebijakan praktis untuk melakukan itu adalah ide-ide yang kreatif tetapi tidak dibentuk dengan baik dan disajikan dengan baik, jarang diakui dan dihargai, dan kadang-kadang dicuri oleh seseorang yang tahu bagaimana mengembangkannya menjadi ide-ide yang lengkap dan menang.

Ketiga, siswa harus diberi umpan balik yang jelas tentang kesesuaian kontekstual dari upaya kreatif mereka. Seperti yang Kaufman dan Beghetto (2013) katakan dengan lucu, padahal penting untuk mengajar siswa untuk menjadi kreatif, sama pentingnya untuk mengajar siswa ketika tidak menjadi kreatif. Sebagai contoh, tidak jarang paragraf dalam esai atau laporan menggunakan beberapa istilah untuk merujuk pada konsep atau variabel yang sama, menciptakan kebingungan yang tidak perlu pada pembaca. Hanya dengan menerima umpan balik kesesuaian siswa dapat mengembangkan metakognisi kreativitas dan kemampuan membaca isyarat kontekstual yang menghambat penyebaran kreativitas.

Keempat, berdasarkan poin-poin sebelumnya, perlu untuk menilai kemampuan kreatif siswa dan perkembangan mereka dalam studi mereka menggunakan metode yang berorientasi pada kinerja di samping tes standar pemikiran divergen dan konvergen. Hubungan ini, asumsi kunci yang mendasari definisi konsensus dan teknik penilaian kreativitas adalah bahwa proses berpikir tertentu yang dapat diukur menggunakan tes kreativitas terstandarisasi dan karakteristik kepribadian yang dapat diukur dengan menggunakan kepribadian terstandarisasi (kuesioner) terkait dengan kreativitas. Akhirnya, proses berpikir dan dinamika kepribadian dalam karya aktual yang dihasilkan oleh individu, kreativitas memanifestasikan dirinya. Dari perspektif ini, ukuran kemampuan kreatif siswa yang paling tepat adalah tingkat kreativitas yang diperlihatkan dalam pekerjaan mereka - baik itu ujian, tugas, atau presentasi. Kemampuan kreatif dan perkembangannya juga harus diukur menggunakan teknik penilaian konsensual pada sampel berulang dari karya siswa yang dihasilkan selama masa studi.

Kreativitas semakin diakui sebagai keterampilan yang diperlukan di abad ke-21, karena kekhawatiran tentang revitalisasi ekonomi dan aplikasi beragam kemampuan mendapatkan minat publik (Tepper & Kuh, 2011). Untuk mengembangkan tenaga kerja yang kreatif, lebih banyak perhatian harus diberikan pada kreativitas di lingkungan pendidikan, karena siswa banyak pengalaman awal tenaga kerja masa depan.

Berpikir analisis merupakan bagian dari berpikir tingkat tinggi (Ramos *et al.*, 2013) sehingga ketika peserta didik menjawab soal kognitif tipe C4 (menganalisis), peserta didik dapat mengaplikasikan pengetahuannya untuk memecahkan masalah. Kemampuan berpikir analisis merupakan kemampuan peserta didik dalam menjabarkan konsep menjadi bagian yang lebih rinci dan menjelaskan hubungan antar bagian tersebut. Kemampuan berpikir analisis terdiri atas kemampuan membedakan, mengorganisasikan, dan menghubungkan.

Berpikir analisis didefinisikan sebagai proses memecahkan masalah atau gagasan menjadi bagian-bagian, menguji setiap bagian untuk melihat bagaimana bagian tersebut saling cocok satu sama lain, atau terkait satu sama lain, bagaimana komponen-komponen itu berhubungan dan terorganisasikan, membedakan fakta dari hayalan, dan mengeksplorasi bagaimana bagian-bagian ini dapat dikombinasikan kembali dengan cara-cara baru (Mike, 2002). *Analytical thinking is an ability to think logically, break things down and recognise cause and effect* (Montague, 2012). Kemampuan berpikir analisis sebagai jalan mengembangkan kapasitas untuk berpikir secara bijaksana, cerdas, memecahkan masalah, menganalisis data dan mengingat serta menggunakan informasi.

Berpikir secara analisis diperlukan terutama dalam memecahkan suatu masalah. Namun, diperlukan teknik dan kerangka kerja yang sistematis untuk mempercepat penemuan solusi terhadap masalah tersebut. Dari pendapat ahli diatas, dapat didefinisikan bahwa kemampuan berpikir analisis merupakan kemampuan siswa yang dapat mengguraikan masalah menjadi bagian-bagian lebih kecil untuk mengetahui hubungan dan keterikatan antara satu bagian dengan bagian lain.

Indikator untuk mengukur kemampuan analisis adalah sebagai berikut (Kratwohl & Anderson, 2002): (1) menganalisis informasi yang masuk dan membagi-bagi atau menstrukturkan informasi ke dalam bagian yang lebih kecil untuk mengenali pola atau hubungannya, (2) membedakan dan mengenali faktor penyebab dan akibat dari sebuah skenario yang rumit, (3) mengidentifikasi/merumuskan pertanyaan.

Indikator untuk mengukur kemampuan analisis dijelaskan lebih rinci sebagai berikut (Anderson & Krathwohl (2002): (1) membedakan: melibatkan proses memilah-milah bagian yang relevan atau penting dari sebuah struktur. Secara lebih khusus, membedakan berbeda dengan proses-proses kognitif dalam kategori memahami karena membedakan melibatkan proses secara struktural dan menentukan bagian-bagian sesuai dengan struktur keseluruhannya. Membedakan juga berbeda dengan membandingkan dalam hal penggunaan konteks yang lebih luas untuk menentukan informasi yang lebih relevan atau tidak, (2) mengorganisasi: melibatkan proses mengidentifikasi elemen-elemen komunikasi atau situasi dan proses mengenali bagaimana elemen-elemen tersebut membentuk struktur yang koheren, (3) mengatribusi: terjadi ketika siswa dapat menentukan sudut pandang, pendapat, nilai atau tujuan dibalik komunikasi. Berbeda dengan menafsirkan, yang didalamnya siswa mencoba untuk memahami, mengatribusikan melampaui pemahaman dasar untuk menarik kesimpulan tentang tujuan atau sudut pandang.

Menganalisis melibatkan proses pemecahan masalah menjadi bagian-bagian yang sederhana dan menentukan hubungan antara bagian dan antara setiap bagian dan struktur keseluruhannya. Kategori proses menganalisis meliputi proses-proses kognitif membedakan, mengorganisasi, dan mengatribusikan. Tujuan-tujuan pendidikan yang diklasifikasikan dalam menganalisis mencakup belajar menentukan potongan-potongan informasi yang relevan dan penting (membedakan), menentukan cara-cara menata potongan-potongan informasi tersebut (mengorganisasikan) dan menentukan tujuan di balik informasi tersebut (mengatribusikan).

2.2. Karakteristik Inovasi Pengajar Sains

Karakteristik inovasi pengajar sains meliputi: mengajar bioteknologi unsur utamanya “kebaruan” sehingga siswa aktif berpartisipasi, pengajar sains tidak hanya mengajarkan literasi sains bioteknologi, tetapi melatih ketrampilan riset menggunakan teknologi canggih kepada siswa, dan memfasilitasi kolaborasi antar siswa sehingga mobilitas belajar bioteknologi meningkat. Mengajar bioteknologi dengan unsur utamanya “keterbaruan” sehingga siswa aktif berpartisipasi berdasarkan standar *Roadmapping Industry 4.0* yaitu

Internet of Things (IoT), Cyber technology, Big data base analysis, Artificial Intelligence, Automation and industrial robotics technology, Digitalization dan Human–Machine Interface.

Guru mengajar bioteknologi berinovasi *Internet of Things (IoT)*, mencakup pengembangan modul 3D, pengembangan *e-learning, blended learning*, dan penilaian akhir berupa produk hasil karya siswa. Siswa belajar bioteknologi secara aktif berpartisipasi dengan cara menganalisis modul 3D, mengemukakan pendapat melalui *elearning*, dan menciptakan karya melalui *blended learning*. Inisiatif ini menjadi inovasi yang ramah lingkungan karena modul tidak dicetak menggunakan kertas.

Guru mengajar bioteknologi berinovasi *Cyber technology*, mencakup komunitas *cyber* dengan beberapa hal yang termasuk keberaksaraan digital antara lain kemampuan berbagai hasil pembelajaran dengan kelompok, serta membangun dan mempertahankan komunitas *cyber*. Keberaksaraan digital adalah syarat mutlak dalam pengembangan dunia digital dan vitalisasi kehidupan digital, serta juga merupakan salah satu kemampuan mendasar untuk membantu generasi muda masa depan dalam berinteraksi di ruang *cyber*.

Guru dengan keberaksaraan digital memegang peran yang sangat penting sebagai konsultan pembelajaran untuk membantu siswa dalam pemerolehan informasi, navigasi informasi dan berbagi informasi.

Artificial Intelligence atau kecerdasan buatan salah satu karakteristik unik dari industri 4.0 yang diaplikasikan oleh guru (Tjandrawinata, 2016). Pengaplikasian tersebut salah satu bentuknya menggunakan robot untuk menggantikan tenaga manusia sehingga lebih mudah, efektif, dan efisien. Jika dalam mengajar, kemajuan teknologi terjadi otomatisasi hampir di semua bidang yaitu menggabungkan dunia fisik, digital, dan biologi secara fundamental.

Digitalisasi pendidikan merupakan transisi mendasar yang terjadi mengenai apa artinya menjadi melek huruf, tetapi juga apa artinya mendidik dan menjadi berpendidikan. Melihat penggunaan teknologi instruksional konkret, dan disiplin ilmu yang terlibat. Membuat perbandingan ganda yaitu membandingkan cara-cara 'membaca' yang ada secara tradisional untuk belajar membaca dan menulis seperti sebelum abad ke19, di satu sisi, dan dengan inisiasi ke dalam keaksaraan dengan cara pelatihan literasi menggunakan Bahasa Indonesia dan Inggris.

Pembelajaran berbasis riset merupakan pembelajaran yang menggunakan *authentic learning* (harus ada contoh nyata), *problem-solving* (menjawab kasus dan kontekstual), *cooperative learning* (bersama), *contextual (hands on and minds on)*, dan *inquiry discovery approach* (menemukan) yang didasarkan pada filosofi konstruktivisme yaitu pengembangan diri peserta didik yang berkesinambungan dan berkelanjutan (Usmeldi, 2016).

Desain pengajaran sains pada karakter inovasi dengan prinsip 4.0 dapat dilihat dari tabel berikut:

Tabel 1. Desain pengajaran sains pada karakter inovasi dengan prinsip 4.0

No. Karakter Inovasi		Desain Pengajaran Sains
1	Interkoneksi (sambungan)	Kemampuan mesin, perangkat, sensor, dan siswa saling terhubung dan berkomunikasi satu sama lain melalui <i>Internet of Things (IoT)</i> atau <i>Internet of People (IoP)</i> . Prinsip ini membutuhkan kolaborasi, keamanan (<i>cyber</i>), dan standar.
2	Transparansi informasi	Kemampuan sistem informasi untuk menciptakan salinan virtual dunia fisik dengan memperkaya model digital dengan data sensor termasuk analisis data dan penyediaan informasi.
3	Bantuan teknis	Kemampuan sistem bantuan untuk mendukung siswa dengan menggabungkan dan mengevaluasi informasi secara sadar dalam membuat keputusan yang tepat dan memecahkan masalah mendesak pada waktu singkat dan kemampuan sistem untuk mendukung siswa dengan melakukan berbagai tugas yang tidak menyenangkan, terlalu melelahkan atau tidak aman, dan kemampuan sistem bantuan visual.
4	Keputusan terdesentralisasi	Kemampuan sistem fisik maya untuk membuat keputusan sendiri dan menjalankan tugas seefektif mungkin terhadap implementasi tugas.

Indikator keberhasilan pengajar sains meliputi: kompetensi dasar biologi materi bioteknologi tercapai dengan optimal, nilai siswa melampaui kriteria ketuntasan minimal ketika dilakukan penilaian

menggunakan soal-soal level HOTS, siswa memiliki kemampuan untuk memecahkan masalah, berpikir kritis, dan kreatif.

3. Simpulan

Karakteristik inovasi pengajar sains dalam mengajarkan bioteknologi sehingga dapat mengembangkan ketrampilan berpikir tingkat tinggi siswa yaitu Mengajar bioteknologi dengan unsur utamanya “keterbaruan” sehingga siswa aktif berpartisipasi berdasarkan standar *Roadmapping Industry 4.0* yaitu *Internet of Things (IoT)*, *Cyber technology*, *Big data base analysis*, *Artificial Intelligence*, *Automation and industrial robotics technology*, *Digitalization* dan *Human–Machine Interface*.

Faktor-faktor keberhasilan pengajar sains terhadap ketrampilan berpikir tingkat tinggi siswa di era industri 4.0 adalah inovasi pembelajaran berbasis argumentasi berdasarkan data, pembelajaran berbasis riset, dan pembelajaran dengan ketrampilan berpikir tingkat tinggi.

Teknologi hanyalah salah satu dari banyak aspek inovasi pembelajaran industri 4.0 yang berlaku dalam literatur. Inovasi pengajar sains dalam bioteknologi juga menjadi aspek inovasi pembelajaran industri 4.0 terhadap peningkatan ketrampilan berpikir tingkat tinggi siswa.

Daftar Pustaka

- Abrami, P. C., Bernard, R. M., Borokhovski, E., Wade, A., Surkes, M. A., Tamim, R., & Zhang, D. (2008). Instructional interventions affecting critical thinking skills and dispositions: A stage 1 meta-analysis. *Journal Review of Educational Research*, 78, pp. 1102-1134.
- Abrami, P. C., Bernard, R. M., Borokhovski, E., Waddington, D. I., Wade, C. A., & Persson, T. (2015). Strategies for teaching students to think critically: A metaanalysis. *Journal Review of Educational Research*, 85, pp. 275-314.
- Babiceanu, R.F. and Seker, R. (2016). Big Data and virtualization for manufacturing cyber-physical systems: a survey of the current status and future out look. *The Journal Computers in Industry*, Vol.81No.1, pp. 128-137.
- Baldwin, T. T., Pierce, J. R., Joines, R. C., & Farouk, S. (2011). The elusiveness of applied management knowledge: A critical challenge for management educators. *Academy of Management Learning & Education*, 10, pp. 583-605.
- Boyer, S. L., Edmondson, D. R., Artis, A. B., & Fleming, D. (2014). Self-directed learning: A tool for lifelong learning. *Journal of Marketing Education*, 36, pp. 2032.
- Carlson, S. C. (2013). Instructional methods influence critical thinking: Do students and instructors agree?. *Academy of Educational Leadership Journal*, 17, pp. 27-32.
- Chalkiadaki, A. (2018). A Systematic Literature Review of 21 st Century Skills and Competencies in Primary Education. *Int. J. Instr.* 11(3) 1–16.
- Duschl, R. A., & Osborne, J. (2002). Supporting and promoting argumentation discourse in science education. *Studies in Science Education*, 38(1), 39–72.
- Esmailian, B., Behdad, S. and Wang, B. (2016). The evolution and future of manufacturing: a review. *The Journal of Manufacturing Systems*, Vol. 39 No. 1, pp. 79-100.
- Hattie, J. (2012). *Visible learning for teachers: maximizing impact on learning*. London: Routledge.
- Hu, H., Wen, Y., Chua, T.-S. and Li, X. (2014). Toward scalable systems for big data analytics: a technology tutorial. *IEEE Access*, Vol. 2 No. 1, pp. 652-687.
- Jeschke, S., Brecher, C., Meisen, T., Özdemir, D. and Eschert, T. (2017). Industrial internet of thing sand cyber manufacturing systems in Jeschke, S., Brecher, C., Song, H. and Rawat, D.B. (Eds), *Industrial Internet of Things*. Springer, Heidelberg, pp. 3-19.
- Jonassen, D. H., & Kim, B. (2010). Arguing to learn and learning to argue: design justifications and guidelines. *Educational Technology Research and Development*, 58(4), 439–457.
- Krathwohl, D. R. & Anderson, L. W. (Eds.) (2002). *A taxonomy for learning, teaching, and assessing: A revision of Bloom’s taxonomy of educational objectives*. New York: Longman.
- Lasi, H. and Kamper, H.G. and Fettke, P. and Feld, T. and Hoffmann, M. (2014). Industry 4.0. *Business and Information Systems Engineering*, vol. 6, pp. 239-242.
- LaValle, S., Lesser, E., Shockley, R., Hopkins, M.S. and Kruschwitz, N. (2011). Big data, analytics and the path from insights to value. *MIT Sloan Management Review*, Vol. 52 No. 2, pp. 21-32.
- Lee, J. B., Bagheri, H.-A. Kao (2015). A Cyber-Physical Systems architecture for Industry 4.0-based manufacturing systems. *Manufacturing Letters*, 3, pp. 18–23.
- Lee, J. H., Phaal, R. and Lee, S.-H. (2013). An integrated service-device-technology roadmap for smart city development. *Technological Forecasting and Social Change*, Vol. 80 No. 2, pp. 286-306.

- Mike *et al.*, (2002). *Quantum Learning: Membiasakan Membaca Nyaman dan Menyenangkan*. Bandung: Khaifa.
- P Kafarski. (2012). Rainbow code of biotechnology Chemik. 66(8) 814–816.
- Ragil, I., W Atmojo, W Sunarno, and D Arya. (2018). The Profiles of Pre-Service Elementary Teachers (PETs) in Biotechnology Using RCB in International Conference on Science and Applied Science (ICSAS).
- Ramos, J. L. S., Dolipas, B. B., & Villamor, B. B. (2013). Higher order thinking skills and academic performance in physics of college students: A regression analysis. *International Journal of Innovative Interdisciplinary Research*, 4, 48-60.
- Rogaten, J., & Moneta, G. B. (2015). Use of creative cognition and positive affect in studying: Evidence of a reciprocal relationship. *Creativity Research Journal*, 27(2), 225–231.
- Rogaten, J., & Moneta, G.B. (2016). Creativity In Higher Education: The Use Of Creative Cognition In Studying. *Research publications and other research outputs*, pp 3-20.
- Sadler, T. D. (2004). Informal reasoning regarding socioscientific issues: a critical review of research. *Journal of Research in Science Teaching*, 41(5), 513–536.
- Sarvari, P.A., Ustundag, A., Cevikcan, E., Kaya, I. and Cebi, S. (2018). Technology roadmap for Industry 4.0”, in Ustundag, A. and Cevikcan, E. (Eds), *Industry 4.0: Managing the Digital Transformation*. Springer, Heidelberg, 95-103.
- Shochet, I.M., Dadds, M.R., & Montague, R. (2012). School Connectedness is An Underemphasized Parameter in Adolescent Mental Health: Results of A Community Prediction Study. *Journal of Clinical Child and Adolescent Psychology*, 35(2), 170-179.
- Singer, F.M., F Samihaian, J Holbrook, and A Crisan (2014). Developing a Competencebased Curriculum for the 21st Century: The Case of Kuwait Procedia - Soc. Behav, Sci, 128, 475– 481.
- Tepper, S.J., & Kuh, G.D. (2011). Let’s get serious about cultivating creativity. The Chronicle of Higher Education. (Online). (<http://chronicle.com>.pdf, diakses 8 November 2019).
- Tjandrawinata, R.R. (2016). Industri 4.0: Revolusi industry abad ini dan pengaruhnya pada bidang kesehatan dan bio teknologi. *Jurnal Medicinus*, Vol 29, Nomor 1, Edisi April
- Toulmin, S. (2003). The uses of argument (updated ed.). *Cambridge: Cambridge University Press*.
- Usmeldi. (2016). The development of research-based physics learning model with scientific approach to develop students’ scientific processing skill. *Indonesian Journal of Science Education*, 5(1).134-139.
- Vogel-Heuser, B. and Hess, D. (2016). Guest editorial Industry 4.0–prerequisites and visions. *IEEE Transactions on Automation Science and Engineering*, 13(2), 411-413.
- Wang, G., Gunasekaran, A., Ngai, E.W. and Papadopoulos, T. (2016). Big data analytics in logistics and supply chain management: certain investigations for research and applications. *International Journal of Production Economics*, 176(1), 98-110.
- Whitten, D., & Brahmasrene, T. (2011). Predictors of critical thinking skills of incoming business students. *Academy of Educational Leadership Journal*, 15, 1-13.
- Young, M. R., Caudill, E. M., & Murphy, J. W. (2008). Evaluating experiential learning activities. *Journal for Advancement of Marketing Education*, 13, 28-40.
- Zhang, R.Y., Newman, S.T., Huang, G.Q. and Lan, S. (2016). Big Data for supply chain management in the service and manufacturing sectors: challenges, opportunities, and future perspectives. *Computers & Industrial Engineering*, 101(1), 572-591.
- Zohar, A., & Nemet, F. (2002). Fostering students’ knowledge and argumentation skills through dilemmas in human genetics. *Journal of Research in Science Teaching*, 39(1), 35–62.