

Pembelajaran STEM PLBS untuk meningkatkan keterampilan berfikir kreatif menyongsong era revolusi industri 4.0

Eny Triastuti^{a,1,*}

^aSMA Negeri 1 Yogyakarta, Indonesia

¹teni50@yahoo.co.id *

* corresponding author

ARTICLE INFO

Kata Kunci

STEM

PLBS

Revolusi Industri 4.0

ABSTRAK

Penelitian dan Pengembangan ini bertujuan untuk mendeskripsikan, mengembangkan, dan mengetahui pengaruh Pembelajaran Berbasis STEM materi sel volta pada topik pembangkit listrik berbahan sekitar (PLBS) terhadap keterampilan berfikir dan kreatif. Penelitian ini terdiri dari dua tahap, yaitu *Research dan Development*. Pada tahap *Research* digunakan metode kualitatif untuk menghasilkan rancangan produk. Keabsahan data berdasar validasi dengan acuan kriteria sebesar 0,87 pada kategori sangat baik. Uji kepraktisan model diperoleh dari angket respon siswa dengan jumlah rata-rata 82,75% dinyatakan sangat praktis. Pada tahap *Development* digunakan metode eksperimen *One Group Pre-Posttest Design* untuk menguji rancangan produk. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pembelajaran berbasis STEM pada topik pembangkit listrik berbahan sekitar (PLBS) dideskripsikan dalam lima tahap atau fase pendekatan pembelajaran yaitu *reflection, research, discovery, application, dan communication*. Kegiatan pembelajaran dikembangkan untuk melatih keterampilan berfikir kreatif untuk menyongsong era revolusi industri 4.0. Hasil pengujian produk unit pembelajaran berbasis STEM topik Pembangkit Listrik Berbahan Sekitar (PLBS) pada materi sel volta dapat meningkatkan pemahaman konsep siswa dengan nilai rata-rata pre-test dan post-test sebesar 61,19 menjadi 90 dengan skor N gain sebesar 0,74. Produk dinyatakan efektif karena 100 % siswa telah tuntas secara klasikal. Hasil penelitian menunjukkan adanya pengaruh positif pembelajaran berbasis STEM terhadap keterampilan berfikir kreatif dengan skor 98,7 %.

This is an open access article under the [CC-BY-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/) license.



1. Pendahuluan

Kuriukulum 2013 mengisyaratkan bahwa memberikan ruang bagi pengembangan dan implementasi pendidikan modern seperti pendekatan pendidikan berbasis STEM (*Science, Technology, Engineering, and Mathematics*). Salah satu pendekatan pembelajaran yang dapat mengakomodir karakteristik pembelajaran abad 21 tersebut adalah pendekatan *Science, Technology, Engineering, and Mathematics* atau disingkat dengan STEM. STEM merupakan suatu pendekatan dimana sains, teknologi, *engineering*, dan matematika diintegrasikan dengan fokus pada proses pembelajaran pemecahan masalah dalam kehidupan nyata, pembelajaran STEM melatih kepada peserta didik bagaimana konsep-konsep, prinsip-prinsip sains, teknologi, *engineering*, dan matematika digunakan secara integrasi untuk mengembangkan produk, proses, dan sistem yang memberikan manfaat untuk kehidupan manusia. Pendekatan STEM diyakini sejalan dengan ruh

Kurikulum 2013 yang dapat diimplementasikan melalui penggunaan model pembelajaran berbasis proyek (PJBL) dengan menggunakan *scientific dan engineering practices*.

Banyak topik materi dalam mata pelajaran kimia yang dapat digunakan sebagai titik awal pembelajaran berbasis STEM. Pada penelitian ini mengambil materi pokok sel volta untuk digunakan sebagai tema sentral selama proses KBM terintegrasi dengan mata pelajaran lain seperti fisika dan matematika serta desain *engineering* dan teknologi terapan. Sel volta atau pembangkit listrik dapat dijadikan tema utama di mana siswa diminta untuk mendesain rangkaian sel volta dengan menggunakan bahan-bahan sekitar yang ada dilingkungan sekolah. Melalui pembelajaran dengan pendekatan STEM, peserta didik belajar tentang sains, teknologi, teknik dan matematika untuk menjadi pemecah masalah, inovator, pencipta, dan kolaborator dan terus mengisi jalur kritis insinyur, ilmuwan, dan inovator yang sangat penting bagi masa depan. Tahap-tahap *design process* yang dirancang para pakar STEM di antaranya *Engineering Design Process* (Capraro et al., 2013), *Design Thinking* (White, 2016) dan *Engineering Design Process* (Jolly, 2014). Rumusan masalah penelitian ini adalah bagaimana deskripsi pembelajaran berbasis STEM materi pokok sel volta dengan topik pembangkit listrik berbahan sekitar terhadap peningkatan keterampilan berfikir kreatif dan bagaimana mengembangkan model pembelajaran berbasis STEM materi pokok sel volta dengan topik pembangkit listrik berbahan sekitar terhadap peningkatan keterampilan berfikir kritis dan kreatif serta pengaruh pembelajaran berbasis STEM materi pokok sel volta dengan topik pembangkit listrik berbahan sekitar terhadap keterampilan berfikir dan kreatif.

Tujuan penelitian ini adalah mendeskripsikan pembelajaran berbasis STEM pada materi pokok sel volta terhadap peningkatan keterampilan berfikir kreatif, mengembangkan model pembelajaran berbasis STEM pada materi pokok sel volta terhadap peningkatan keterampilan berfikir kritis dan kreatif, dan mengetahui pengaruh pembelajaran berbasis STEM pada materi pokok sel volta terhadap keterampilan berfikir kreatif siswa. Pembelajaran sains dengan pendekatan STEM melatih peserta didik dalam berpikir kritis, kreatif, berkolaborasi dan berkomunikasi. Pembelajaran Abad 21 merupakan pembelajaran yang mengintegrasikan kemampuan literasi, kecakapan pengetahuan, keterampilan dan sikap, serta penguasaan terhadap teknologi. Kecakapan yang dibutuhkan di Abad 21 juga merupakan keterampilan berpikir tingkat tinggi (*Higher Order Thinking Skills /HOTS*) yang sangat diperlukan dalam mempersiapkan peserta didik dalam menghadapi tantangan global. Pembelajaran sains kimia berbasis STEM dalam kelas dapat didesain untuk memberi peluang bagi peserta didik mengaplikasikan pengetahuan akademik dalam dunia nyata. Pengalaman belajar sains berbasis pendidikan STEM mengembangkan pemahaman peserta didik terhadap konten sains, kemampuan inovasi dan pemecahan masalah, *soft skills* antara lain komunikasi, kerjasama, kepemimpinan (Mu'minah & Aripin, 2019). Pembelajaran sains berbasis STEM menumbuhkan minat dan motivasi peserta didik untuk melanjutkan studi dan berkarir dalam bidang profesi iptek, sebagaimana dibutuhkan negara saat ini dan di masa datang.

Menurut Laboy Rush bahwa *Project Based Learning* atau pembelajaran berbasis proyek adalah model pembelajaran yang melibatkan peserta didik dalam suatu kegiatan (proyek) yang menghasilkan suatu produk (Laboy-Rush, 2011). Keterlibatan siswa mulai dari merencanakan, membuat rancangan, melaksanakan, dan melaporkan hasil kegiatan berupa produk dan laporan pelaksanaannya. Model pembelajaran ini menekankan pada proses pembelajaran jangka panjang, terlibat secara langsung dengan berbagai isu dan persoalan kehidupan sehari-hari, belajar bagaimana memahami dan menyelesaikan persoalan nyata, bersifat interdisipliner, dan melibatkan siswa sebagai pelaku mulai dari merancang, melaksanakan dan melaporkan hasil kegiatan (*student centered*). Model *Project Based Learning* (PJBL) merupakan model yang disarankan dalam implementasi Kurikulum 2013, sedangkan STEM merupakan sebuah strategi pembelajaran. Karakteristik dari STEM yaitu menekankan pada proses mendesain, *enjiniring* atau merekayasa. Menurut Capraro, *design process* adalah pendekatan sistematis dalam mengembangkan solusi dari masalah dengan *well define outcome*, yaitu menentukan solusi/proses terbaik dari ide-ide yang muncul (Capraro et al., 2013).

Deskripsi sintak model PJBL STEM dapat dijelaskan sebagai berikut (Laboy-Rush, 2011); (1) *Reflection*, tujuan dari tahap pertama untuk membawa siswa ke dalam konteks masalah dan memberikan inspirasi kepada siswa agar dapat segera mulai menyelidiki/investigasi (Fortus et al., 2004). Fase ini juga dimaksudkan untuk menghubungkan apa yang diketahui dan apa yang perlu dipelajari (Diaz & King, 2007); (2) *Research*, tahap kedua adalah bentuk penelitian siswa. Guru memberikan pembelajaran sains, memilih bacaan, atau metode lain untuk mengumpulkan sumber informasi yang relevan (Fortus et al., 2004). Proses belajar lebih banyak terjadi selama tahap ini,

kemajuan belajar siswa mengkonkritkan pemahaman abstrak dari masalah (Diaz & King, 2007). Selama fase *research*, guru lebih sering membimbing diskusi untuk menentukan apakah siswa telah mengembangkan pemahaman konseptual dan relevan berdasarkan proyek (Satchwell & Loep, 2002); (3) *Discovery*, tahap penemuan umumnya melibatkan proses menjembatani *research* dan informasi yang diketahui dalam penyusunan proyek. Ketika siswa mulai belajar mandiri dan menentukan apa yang masih belum diketahui (Satchwell & Loep, 2002). Beberapa model dari STEM PJBL membagi siswa menjadi kelompok kecil untuk menyajikan solusi yang mungkin untuk masalah, berkolaborasi, dan membangun kerjasama antar teman dalam kelompok (Fortus et al., 2004). Model lainnya menggunakan langkah ini dalam mengembangkan kemampuan siswa dalam membangun *habit of mind* dari proses merancang untuk mendesain (Diaz & King, 2007); (4) *Application*, tahap aplikasi tujuannya untuk menguji produk/solusi dalam memecahkan masalah. Dalam beberapa kasus, siswa menguji produk yang dibuat dari ketentuan yang ditetapkan sebelumnya, hasil yang diperoleh digunakan untuk memperbaiki langkah sebelumnya (Diaz & King, 2007). Di model lain, pada tahapan ini siswa belajar konteks yang lebih luas di luar STEM atau menghubungkan antara disiplin bidang STEM (Satchwell & Loep, 2002); (5) *Communication*, tahap akhir dalam setiap proyek dalam membuat produk/solusi dengan mengkomunikasikan antar teman maupun lingkup kelas.

Perkembangan teknologi di era industri 4.0 melahirkan peluang dan tantangan baru. Pertama industri 4.0 memungkinkan peningkatan produktivitas, kualitas, dan efisiensi, yang memungkinkan produk industri lebih kompetitif secara global. Peluang lain pada industri 4.0 adalah peningkatan kualitas hidup, kemudahan transportasi dan komunikasi, serta keamanan kerja. Namun demikian, berbagai tantangan baru lahir pula sebagai dampak sosial dan lingkungan dari industri 4.0 seperti melimpahnya informasi (*information overload*), pengangguran sebagai akibat dari ketidakcukupan pengetahuan dan keterampilan, ketimpangan sosial ekonomi akibat teknologi yang padat modal, serta ancaman terhadap kelestarian lingkungan sebagai akibat eksploitasi sumber daya alam. Paradigma pendidikan yang menjadi kerangka acuan pendidikan saat ini tidak sesuai lagi untuk pengembangan kualitas SDM di Era Industri 4.0. Oleh sebab itu paradigma proses pendidikan niscaya akan mengalami perubahan mendasar menyesuaikan dengan tuntutan era Industri 4.0.

Konsekuensinya, revolusi industri akan menginduksi revolusi dalam bidang pendidikan menjadi Pendidikan 4.0. Bahasan dalam makalah ini menyangkut pemikiran pakar-pakar pendidikan tentang fitur-fitur pendidikan 4.0, termasuk pendidikan kimia 4.0 dan sosok pendekatan pembelajaran berbasis STEM, yang potensial menjadi salah satu wujud nyata implementasi pendidikan kimia 4.0 pada jenjang pendidikan menengah (Harry, 2018). Keterampilan abad 21 yang dikembangkan melalui pembelajaran PLBS dengan pendekatan STEM di antaranya meliputi berpikir kreatif yaitu kemampuan dalam mengembangkan, melaksanakan, dan menyampaikan gagasan-gagasan pada saat merancang prosedur dan set alat sel volta, mengemukakan ide-ide kreatif secara konseptual dan praktikal dalam merancang prosedur dan set alat pembangkit listrik berbahan sekitar (PLBS). Perilaku ilmiah peserta didik yang dikembangkan melalui pembelajaran dengan pendekatan STEM pada topik sel volta ini menunjukkan perilaku rasa ingin tahu, disiplin, teliti, bertanggung jawab, kritis, kreatif, komunikatif dalam merancang dan melakukan percobaan sel volta berbahan sekitar.

2. Metode

Model penelitian ini menggunakan metode penelitian dan pengembangan dengan penjelasan bahwa pada tahap *research* menggunakan metode kualitatif. Hasil kegiatan tahap ini yaitu berupa rancangan produk Prototip Unit Pembelajaran Pembangkit Listrik Berbahan Sekitar (PLBS). Pada tahap *development* berisi kegiatan pembuatan produk PLBS dan pengujian produk. Pengujian produk menggunakan metode eksperimen *One Group Pre-Posttest Design* (Sugiyono, 2013). Penelitian bertempat di SMA Negeri 1 Yogyakarta yang beralamat di Jalan HOS Cokroaminoto No 10 Yogyakarta. Waktu penelitian penelitian ini berlangsung pada semester gasal tahun ajaran 2019/2020 yaitu pada kurun waktu bulan Juli – September 2019. Penelitian ini berfokus pada materi pembelajaran kimia kelas XII semester gasal pada Kompetensi Dasar 3.4 menganalisis proses yang terjadi dan melakukan perhitungan zat atau listrik yang terlibat pada suatu sel volta serta penerapannya dalam kehidupan serta KD 4.4 merancang sel volta dengan menggunakan bahan di sekitar dengan pendekatan STEM dan metode pembelajaran STEM PJBL. Subjek penelitian ini adalah siswa kelas XII program MIPA SMA Negeri 1 Yogyakarta pada tahun ajaran 2019/2020. Teknik Pengumpulan data dalam penelitian ini menggunakan teknik tes yang digunakan untuk melihat efektifitas penggunaan model dan angket untuk melihat respon siswa, dan validasi terhadap penggunaan modul respon siswa

terhadap pelaksanaan pembelajaran model STEM-PJBL. Lembar angket/ kuisioner dengan skala likert dengan 4 pilihan pernyataan tidak setuju, kurang setuju, setuju dan sangat setuju, serta dokumentasi, dan observasi. Validasi pakar atau ahli dilakukan untuk menilai dan mengetahui validitas isi dari instrumen penilaian keterampilan berpikir kreatif, dan instrumen penelitian seperti angket, dan lembar observasi. Instrumen yang digunakan adalah lembar validasi dengan menggunakan lembar skala penilaian. Pakar atau ahli yang dilibatkan dalam validasi ini adalah ahli penilaian, pendidikan dan kimia. Uji keefektifan penggunaan model menggunakan acuan, efektif jika lebih dari 85% siswa sudah tuntas (≥ 75) atau tuntas klasikal. Uji Kepraktisan menggunakan data respon siswa terhadap model. Kriteria Kepraktisan model dapat dilihat pada Tabel 1.

Table 1. Daftar kriteria kepraktisan model pembelajaran

Skor	Keterangan Predikat
3,21 – 4,00	Sangat Praktis
2,41 – 3,20	Praktis
1,61 – 2,40	Cukup Praktis
0,81 -1,60	Kurang Praktis
0,00 - 0,80	Tidak Praktis

Tahap kedua adalah kegiatan pembuatan produk model pembelajaran dan pengujian produk yaitu Unit Pembelajaran Pembangkit Listrik Berbahan Sekitar (PLBS). Pengujian prototipe menggunakan metode eksperimen yaitu metode *One Group Pre-Post Test Design*. Desain model eksperimen ini dapat terlihat pada persamaan di bawah ini.

$$O_1 X O_2 \quad (2)$$

O_1 adalah nilai pretest (sebelum diberi pembelajaran dengan Unit STEM); O_2 merupakan nilai posttest (setelah diberi pembelajaran dengan Unit STEM); dan O_2-O_1 merupakan pengaruh pembelajaran dengan Unit STEM terhadap peningkatan keterampilan berfikir kreatif.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Hasil Penelitian

Penelitian ini untuk mengetahui pengaruh pembelajaran berbasis STEM terhadap peningkatan keterampilan berfikir kritis dan kreatif siswa pada kelas eksperimen yang mendapatkan perlakuan pembelajaran berbasis STEM. Observasi dilakukan untuk mengetahui dan mengukur keterampilan dan sikap siswa selama berlangsungnya pembelajaran. Pengumpulan data dan penilaian dilakukan di SMA Negeri 1 Yogyakarta dilaksanakan pada bulan Agustus hingga September 2019 di kelas XII IPA 1 yang berjumlah 31 peserta didik. Hasil penelitian pengaruh pembelajaran PLBS berbasis STEM (*Science, Technology, Engineering and Mathematic*) terhadap pemahaman konsep dan keterampilan berpikir kreatif pada topik sel volta, diperoleh hasil untuk selanjutnya digunakan sebagai data analisis hasil penelitian. Kegiatan penelitian dilaksanakan selama empat kali pertemuan dengan rincian kegiatan pada pertemuan pertama seluruh siswa diberikan tes awal (*pretest*) untuk mengetahui kemampuan awal pemahaman konsep siswa. Hasil pre test ternyata jauh dari KKM yang ditentukan standar kurikulum sekolah, rata-rata yang diperoleh adalah 61,19. Nilai ini sangat jauh dari kenyataan yang sebenarnya karena nilai input siswa di sekolah ini rata-rata di atas 90. Hal ini mungkin karena kondisi siswa yang masih belum memahami materi ajar dan belum sempat belajar materi PLBS, apalagi *type* soalnya sangat HOTS dan *realwords* yang belum terbiasa diterima siswa.

Harapan guru dengan materi pretest ini akan mendorong siswa untuk mencari tahu dan siap mempelajari sel volta dengan segenap potensinya. Pertemuan pertama dilakukan penilaian pre-test terhadap pemahaman. Pada pertemuan ke dua dan ke tiga (29 Agustus dan 5 September) siswa kelas eksperimen mendapatkan perlakuan berupa pembelajaran berbasis STEM. Pada pertemuan kedua pembelajaran dilangsungkan di ruang kelas, dan pertemuan ketiga pembelajaran dilaksanakan di ruang laboratorium kimia. Sedangkan pada pertemuan terakhir seluruh siswa diberikan tes akhir (*post-test*) untuk dan angket respon untuk mengetahui respon kemampuan akhir berpikir kritis siswa. Rata-rata nilai posttest adalah 90. Sebelum diberikan pembelajaran dengan pendekatan STEM dilaksanakan tes awal atau *pretest*. Hal ini dilakukan untuk melihat sejauh mana pengetahuan awal peserta didik tentang konsep sel volta yang akan diajarkan. Setelah proses pembelajaran untuk melihat tingkat

pemahaman peserta didik diberikan *posttest*. Perolehan hasil *pretest* dan *posttest* disajikan dalam Tabel 2.

Tabel 2. Skor Hasil Pretest dan Posttest

Data	Pretest	Posttest
Skor tertinggi	74	98
Skor terendah	12	84
Rata-rata	61,19	90

Data *pre-test* menunjukkan bahwa pemahaman peserta didik terhadap konsep sel volta masih rendah. Rendahnya hasil belajar peserta didik wajar karena belum dilakukan kegiatan pembelajaran terhadap konsep sel volta. Setelah diberikan perlakuan pembelajaran dengan pendekatan STEM diberikan tes akhir atau *post-test*. Hal ini dilakukan untuk melihat hasil belajar peserta didik setelah diberi perlakuan pembelajaran dengan pendekatan STEM. Data yang diperoleh menunjukkan bahwa, nilai tertinggi pretes sebesar 74 menjadi 98 pada *pos-test*. Ini berarti untuk nilai tertinggi mengalami kenaikan sebesar 24 poin. Nilai terendah pretest sebesar 12 meningkat menjadi 84 pada skor *post-test*. Ini berarti ada peningkatan sebesar 72 poin. Pada nilai rata-rata pada *pre-test* sebesar 61,19 naik menjadi 90 pada *post-test*. Ini berarti terjadi peningkatan sebesar 28,81 poni. Tabel 2 dapat dipahami bahwa hasil akhir penilaian pemahaman konsep dengan *post-test* setelah pembelajaran menunjukkan semua siswa telah mencapai ketuntasan.

Selama 2 (dua) kali kegiatan kelas dengan perlakuan pembelajaran berbasis STEM peneliti dibantu observer melakukan pengamatan mengenai aktivitas siswa dan mencatatnya dengan instrument keterampilan berfikir kreatif. Pertemuan kedua yaitu tanggal 29 Agustus 2019 pembelajaran dengan kegiatan fase *reflection, research, dan discovery*. Pada fase pembelajaran ini siswa terbagi menjadi 6 kelompok dan semua kelompok telah berhasil membuat rancangan rekayasa desain proses dan prosedur PLBS dan dipresentasikan dalam diskusi kelas. Pada akhir kegiatan telah disepakati model desain rekayasa rangkaian alat PLBS. Sedangkan pada tanggal 5 September kegiatan pembelajaran fase *application dan communication*, yaitu tahap siswa melakukan uji coba hasil rancangan proses dan prosedur *electroplating* yang telah disepakati pada pertemuan sebelumnya. Pada kegiatan yang berlangsung di laboratorium ini guru terlebih dahulu memberikan arahan siswa memperhatikan keselamatan dan kesehatan akibat banyaknya bahan kimia yang digunakan sangat berbahaya bagi kulit dan organ tubuh lainnya serta pembuangan limbah yang harus aman bagi lingkungan.

Pada kegiatan ini semua siswa antusias dan berhasil menyelesaikan uji coba rancangan yang merupakan desain *engineering* proses yang menjadi karakteristik pembelajaran berbasis STEM. Pembelajaran diakhiri dengan presentasi kelompok dan review oleh guru bersama semua siswa. Aktivitas siswa dicatat oleh observer untuk memperoleh data nilai keterampilan dengan berpedoman pada instrumen yang telah disusun dan divalidasi oleh pakar *widya iswara PPPPTK IPA*. Pada pertemuan ketiga dilakukan *post-test* dengan menggunakan butir soal yang sama pada *pre-test*, hal ini untuk mengukur peningkatan pemahaman konsep siswa tentang materi pokok elektrolisis terutama *electroplating*. Selanjutnya siswa melakukan *self assessment* dan penilaian antar teman untuk kegiatan dari fase *reflection* hingga *communication*.

Data keterampilan berpikir kreatif dikumpulkan dengan menggunakan instrumen observasi selama pembelajaran dengan pendekatan STEM pada subyek penelitian sesuai dengan fase pendekatan STEM. Tahapan atau fase-fase pendekatan STEM meliputi; (1) *reflection*; (2) *reseach*; (3) *discovery*; (4) *application*; (5) *comunication*. Penilaian sikap juga dilakukan pada pembelajaran berbasis STEM dengan angket untuk mengetahui respon siswa terhadap pelaksanaan pembelajaran. Penilaian sikap meliputi *self assessment*, penilaian antar teman, dan jurnal yang dibuat oleh guru bersama-sama observer. Rancangan modul sebagai produk pada tahap *research* yang telah selesai dibuat disebut *protothype*. *Protothype* tersebut divalidasi oleh 3 (tiga) orang pakar, dengan mengacu pada indikator kevalidan yang ditetapkan sebagaimana acuan dalam Table 3.

Table 3. Acuan Indikator Kevalidan Protothype

Nilai	Keterangan
$0,00 \leq x \leq 0,60$	Tidak Baik
$0,61 \leq x \leq 0,75$	Cukup Baik

$$0,76 \leq \bar{x} \leq 0,85$$

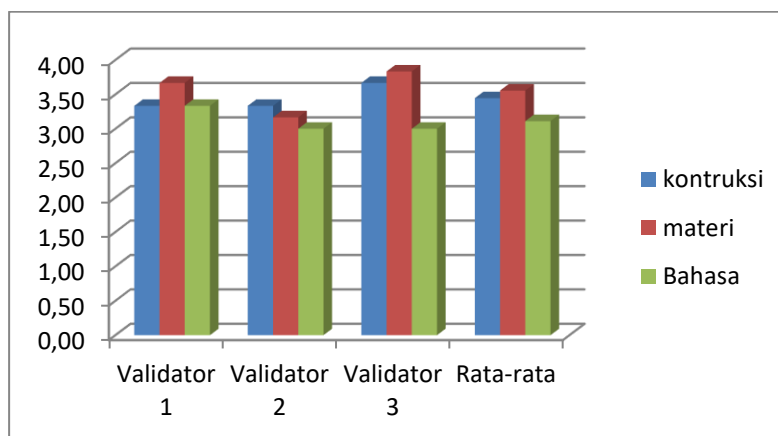
Baik

$$0,86 \leq \bar{x} \leq 1,00$$

Sangat Baik

Hasil dari validasi menunjukkan bahwa Model Pembelajaran STEM PJBL untuk materi PLBS dinyatakan Sangat Baik dan dapat digunakan. Namun berdasarkan saran dari para pakar validator perlu ada beberapa revisi yaitu pada aspek keterbacaan atau bahasa agar penggunaan bahasa lebih efektif dan efisien. Hal ini mungkin belum dipahami oleh mereka, STEM PJBL untuk materi PLBS dalam konteks pengembangan di paparan ini adalah merupakan model pembelajaran dengan pendekatan STEM. Dengan demikian prototip bisa digunakan untuk langkah berikutnya. Hasil rata-rata dari nilai Validasi para pakar (P1, P2, dan P3) adalah 0,87 maka dapat disimpulkan bahwa perangkat dalam kondisi sangat baik dan dapat digunakan dengan dengan sedikit revisi.

Meskipun Tabel 3 menunjukkan bahwa hasil validasi berkategori sangat baik, tetapi pada aspek kebahasaan mempunyai skor yang paling rendah di banding aspek yang lain. Berdasarkan hasil diskusi dengan validator ditemukan adanya penggunaan unit pembelajaran dalam bahasa Inggris akan menyulitkan siswa. Demikian juga dengan ada beberapa masukan terkait dengan desain model yang lebih baik menggunakan kertas warna sehingga menarik, dan langkah dalam perumusan konsep harus lebih jelas dan menggambarkan aktifitas siswa. Berdasarkan penelitian pada tahap *research* prosedur pada tahap-tahap pengembangan model pembelajaran berbasis STEM telah dilakukan dan menghasilkan rancangan produk model yang valid, praktis dan efektif dalam pembelajaran berbasis STEM. Hasil validasi oleh ketiga validator dapat terlihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram hasil validasi produk oleh pakar

Berdasarkan hasil validasi dan masukan dari validator *prototipe* diperbaiki sehingga menghasilkan *prototype* baru yang merupakan rancangan produk. Kegiatan pada tahap *development* adalah membuat produk yaitu unit pembelajaran PLBS dan siap digunakan untuk tahap uji coba. Pelaksanaan uji coba produk menggunakan metode *One Group Pre-Posttest Desain*. Pengambilan metode ini karena alasan terbatasnya waktu penelitian dan menyesuaikan situasi sekolah. Hasil uji kepraktisan yang diperoleh dari angket respon siswa menunjukkan bahwa model pembelajaran PJBL melalui uji kelompok kecil, kelompok besar mempunyai kategori praktis. Kepraktisan penggunaan modul dapat dilihat dari respon siswa yang menyatakan siswa setuju dan sangat setuju penerapan model SEM PJBL karena dalam pembelajaran dapat melatih dan meningkatkan kemampuan berfikir kreatif sebagai keterampilan untuk menyongsong era revolusi industry 4.0. Model yang dikembangkan juga mampu membuat siswa kerja keras dalam membangun konsep dan mencari informasi bahan ajar secara mandiri. Selain itu dengan model ini, siswa lebih mudah mengikuti pembelajaran kimia sehingga proses pembelajaran dapat berlangsung secara efektif. Keefektifan model ini dapat dilihat dari hasil belajar siswa setelah menggunakan model.

Pembelajaran dengan menggunakan model ini dapat membuat siswa belajar mandiri, siswa dapat mempelajari terlebih dahulu materi yang mereka anggap mudah, sedangkan materi yang mereka anggap sulit dan abstrak dapat mereka diskusikan kepada teman di kelompoknya dan kepada guru ketika proses pembelajaran dikelas. Hal ini karena dalam model ini dilengkapi dengan lembar kerja yang menuntun siswa untuk melatih keterampilan intelektual dan praktik sains. Kondisi ini membuat siswa lebih siap dalam menghadapi tes. Hal ini terlihat dari lebih dari 85% siswa mempunyai nilai di

atas KKM (≥ 75). Berdasarkan paparan di atas dapat dipahami bahwa model yang dikembangkan dalam penelitian ini valid, praktis dan efektif. Keefektifan ditentukan oleh aktivitas dan kemampuan pengetahuan. Peningkatan kemampuan pemahaman konsep siswa sebelum pembelajaran dan sesudah pembelajaran dilihat dari skor *N-Gain*. Dari perolehan skor *pre-post-test* diperoleh *N-Gain* sebesar 0,87 dengan kategori tinggi. Uji kepraktisan diperoleh dari angket respon siswa terhadap pelaksanaan uji coba model atau produk dengan jumlah rata-rata sebesar 82,75 dan dinyatakan sangat praktis. Hal ini menunjukkan bahwa sebagian besar siswa sangat setuju terhadap model pembelajaran berbasis STEM pada topik materi PLBS untuk meningkatkan keterampilan berfikir kritis dan kreatif.

3.2. Pembahasan

Telah dijelaskan di muka bahwa pada penelitian ini tidak menggunakan analisis statistik. Data yang diperoleh merupakan data penelitian eksperimen semu dengan satu variabel terikat yaitu pembelajaran berbasis STEM dan dua variabel bebas yaitu keterampilan berfikir kritis, dan keterampilan berfikir kreatif. Kegiatan uji coba pada kelas eksperimen dilaksanakan dengan 2 (dua) kali tatap muka yaitu pada tanggal 29 Agustus dan 5 September sebelum siswa memasuki penilaian tengah semester. Pada kegiatan pembelajaran ini dilakukan pengamatan oleh observer untuk mengamati kemampuan siswa dalam langkah-langkah pembelajaran. Instrumen yang digunakan adalah instrumen penilaian keterampilan berfikir kritis dan kreatif. Data hasil pengamatan oleh observer ada pada penjelasan hasil penelitian pada Tabel 3. Data utama yang dipakai untuk melihat pengaruh pembelajaran berbasis STEM terhadap peningkatan kemampuan pemahaman konsep adalah data hasil *pre-test* dan *post-test* dari butir soal yang mengukur aspek pengetahuan.

Data tersebut dianalisis untuk melihat skor hasil tes. Selanjutnya hasil tes tersebut dihitung rata-ratanya serta menghitung *N-Gain* antara *pre-test* dan *post-test*. Peningkatan nilai hasil *post-test* pemahaman konsep disebabkan karena peserta didik telah mendapat pembelajaran dengan pendekatan STEM dengan lima fase meliputi; (1) *refleksi*; (2) *research*; (3) *discovery*; (4) *application*; (5) *communication*. Pada masing-masing fase dari pendekatan ini menuntut tingkat pemahaman, keterampilan berpikir kritis tingkat tinggi dan keterampilan kreatif. Pada fase *reflection* peserta didik diminta untuk berpikir kritis masalah Pembangkit Listrik Berbahan Sekitar (PLBS) dan sel volta di level industri, dan kehidupan sehari-hari memotivasi agar ingin menyelidiki bagaimana cara melakukan rekayasa sel volta yang efektif dan efisien.

Pada fase *research* peserta didik diskusi rancangan pembangkit listrik berbahan sekitar dengan menerapkan konsep sel volta menggunakan bahan bacaan dari berbagai sumber dan internet. Pada tahapan *discovery* peserta didik mendisain prosedur pembuatan pembangkit listrik berbahan sekitar dan mendisain alat sel volta dari buah-buahan dan sayuran dengan menerapkan konsep sel volta serta mendisain langkah-langkah proyek. Pada tahapan *application* peserta didik menguji disain dengan melakukan percobaan PLBS, mengolah data yang didapat dari percobaan, memecahkan masalah pada saat pengujian. Hasil yang diperoleh digunakan untuk memperbaiki langkah sebelumnya. Pada kegiatan ini peserta didik juga dilatih mengkalkulasi biaya proyek PLBS serta memecahkan masalah atau memberi solusi atas dampak terhadap lingkungan. Pada tahapan *communication* peserta didik melakukan presentasi proyek PLBS dan mengomunikasikan kegiatan proyek antar teman maupun lingkup kelas.

Dalam pembelajaran ini peserta didik diberikan pengalaman belajar yang mengintegrasikan sains, teknologi, *engineering*, dan matematika. Peserta didik tidak hanya belajar lewat pemahaman konsep saja, tetapi bagaimana mereka mampu menggunakan teknologi dan matematika untuk menciptakan atau mengkreasi suatu produk yang bernilai inovatif dan kreatif serta bermutu tinggi. Sains yang mereka pelajari tidak akan membosankan, karena pada setiap peserta didik dituntut untuk mengembangkan kemampuan dan potensi yang dimiliki. Hal ini berdampak pada pembelajaran yang menyenangkan peserta didik untuk selalu belajar dan berkreasi. Hasil pengolahan data *pre-test* dan *post-test* dengan dengan *N-Gain* diperoleh data *N-Gain* tertinggi 0,92 dan terendah 0,82 dengan rata-rata 0,87. Rata-rata nilai *N-Gain* sebesar 0,87 ini menunjukkan katagori tinggi. Dalam hal ini kategori seluruh peserta didik mengalami peningkatan hasil belajar sebanyak 31 siswa. Atau dengan kata lain semua siswa mengalami peningkatan pemahaman konsep.

Dari data tersebut dapat disimpulkan bahwa peningkatan hasil belajar peserta didik tergolong kategori tinggi. Artinya peserta didik yang diberi pembelajaran dengan pendekatan STEM ada peningkatan penguasaan konsep sel volta. Peningkatan pemahaman peserta didik terhadap konsep PLBS karena pembelajaran dilaksanakan dengan pendekatan STEM yang setiap tahapan menuntut

kemampuan berpikir kritis dan kreatif. Tahap awal sampai tahap akhir guru memfasilitasi peserta didik untuk mengembangkan kemampuan berpikir kritis, keterampilan komunikasi dan kerjasama. Secara keseluruhan nilai rata-rata *pre-test*, *post-test*, dan *N-Gain* yang menunjukkan kemampuan pemahaman konsep pada siswa kelas eksperimen telah mencapai standar. Demikian juga keterampilan berfikir kreatif, keterampilan berfikir kritis telah mencapai standar yaitu dengan rata-rata skor 2,96 atau sama dengan 98,7 %. Hanya ada 1 (satu) dari 31 siswa yang memiliki nilai mendekati standar pada nilai keterampilan berfikir kritis maupun kreatif. Sesuai dengan indikator dalam instrumen yang telah mendapat validasi dari pakar PPPPTK IPA maka secara umum dinyatakan bahwa semua siswa dalam kelas eksperimen telah mencapai standar. Aspek keterampilan berfikir kreatif siswa tidak dilakukan penghitungan skor *N-Gain* karena penilaian hanya dilakukan pada saat pembelajaran berbasis STEM diterapkan di kelas. Hal ini karena dalam penelitian ini tidak dilakukan pengukuran aspek keterampilan tersebut sebelum penerapan pembelajaran berbasis STEM karena keterbatasan waktu. Sehingga data yang digunakan hanya satu data yaitu hasil rekaman dan pengamatan observer saja. Pendekatan pembelajaran yang diberikan pada kelas XII IPA1 merupakan salah satu upaya untuk melihat pengaruh pembelajaran berbasis STEM terhadap pemahaman konsep, mengembangkan kreativitas. Hasil Temuan Terhadap Pemahaman Konsep tersebut adalah;

- Dari hasil data yang diperoleh, penelitian ini menunjukkan bahwa pembelajaran kimia berbasis STEM pada topik PLBS menghasilkan rerata *N-Gain* skor yang diperoleh dengan menggunakan *effect size* adalah sebesar 0.87 disimpulkan bahwa pembelajaran berbasis STEM memberikan pengaruh kategori tinggi terhadap rerata skor pemahaman konsep sebesar 87%. Hal ini disebabkan oleh beberapa kondisi kegiatan pembelajaran yang dapat mendukung pencapaian pemahaman konsep elektroplating dengan kategori tinggi. Adapun kondisi-kondisi yang teridentifikasi dalam kegiatan pembelajaran yang memberikan peningkatan hasil skor pemahaman konsep peserta didik sebagai akibat dari penggunaan pendekatan pembelajaran berbasis STEM pada topik PLBS adalah sebagai berikut; (1) Kegiatan pembelajaran berbasis STEM mampu mendorong peserta didik untuk menggunakan penalaran dalam berpikir, hal ini terlihat dari aktifitas peserta didik menjadi sering bertanya untuk membangun penjelasan masalah terkait topik sel volta yang harus diselesaikan sekaligus memperoleh ide atau solusi dari masalah yang ditemukan; (2) Semangat belajar dari peserta didik juga menjadi meningkat hal ini terlihat dari sebagian besar peserta didik muncul rasa ingin tahu mereka, yang mendorong peserta didik melakukan pengembangan pertanyaan dan penjelasan, serta bersemangat untuk memperoleh data yang dapat digunakan untuk membuat prediksi dari fenomena yang ada; (3) Peserta didik terlihat aktif dalam kegiatan pembelajaran yang mendorong untuk selalu berdiskusi, tanya jawab, mencari dan membaca referensi, mengamati langsung, dan melakukan percobaan dalam memecahkan masalahnya. Penelitian ini juga didukung dengan respon yang positif dari peserta didik terhadap hal-hal yang berkaitan dengan kegiatan pembelajaran. Testimoni yang disampaikan bahwa sebagian besar peserta didik menyatakan lebih mudah memahami konsep sel volta karena pembelajaran sangat menyenangkan dan menantang karena didasarkan pada belajar kimia yang berkaitan dalam masalah nyata kehidupan sehari-hari. Pendapat peserta didik tersebut berdampak positif dan sesuai dengan temuan penelitian yang menunjukkan peningkatan secara signifikan terhadap pemahaman konsep dengan kategori tinggi melalui pendekatan berbasis STEM pada topik elektroplating. Dapat dimengerti dari Kesimpulan penelitian ini adalah bahwa pembelajaran kimia dengan menggunakan pendekatan pembelajaran berbasis STEM berpengaruh tinggi terhadap pemahaman konsep pada topik PLBS.
- Hasil Temuan Terhadap Keterampilan Berpikir Kreatif. Hasil data penelitian ini menunjukkan bahwa pembelajaran kimia berbasis STEM pada topik sel volta menghasilkan rerata skor penilaian keterampilan berpikir kreatif pembelajaran berbasis STEM pada topik elektroplating adalah sebesar 2,96. Berdasarkan perhitungan yang diperoleh menggunakan kriteria penilaian prosentase adalah sebesar 98,7%. Temuan ini dapat dijelaskan dari beberapa kondisi kegiatan pembelajaran yang dapat mendukung keterampilan berpikir kreatif peserta didik memperoleh kriteria tinggi. Adapun kondisi-kondisi yang teridentifikasi dalam kegiatan pembelajaran yang memberikan dampak positif terhadap hasil skor penilaian keterampilan berpikir kreatif, sebagai akibat dari penggunaan pendekatan pembelajaran berbasis STEM pada materi PLBS adalah sebagai berikut; (1) Kegiatan pembelajaran berbasis STEM memberi kesempatan peserta didik untuk membuat perencanaan, menginvestigasi variabel dan melakukan investigasi dalam pemecahan masalah pada topik sel volta dengan materi PLBS; (2) Dalam pemecahan masalah

peserta didik terlihat menggunakan banyak sumber untuk mendapatkan informasi yang digunakan untuk mengevaluasi kepastian dan validitas klaim, metoda, desain, dan juga menemukan cara atau tempat yang tidak biasa untuk mendapatkan informasi; (3) Peserta didik terlihat menawarkan ide-ide baru selama berdiskusi, memilih satu ide dan mengevaluasi kualitas ide, mengajukan pertanyaan baru atau menguraikan topik yang dipilih; (4) Pada saat membuat rancangan pemangkit listrik berbahan buah atau membuat presentasi hasil kegiatan, peserta didik terlihat memasukan elemen-elemen dalam presentasi yang sangat menyenangkan, hidup, menarik atau kuat untuk khalayak tertentu baru, unik, mengejutkan, dan menunjukkan sentuhan pribadi. Penelitian ini menggambarkan bahwa pembelajaran kimia dengan menggunakan pendekatan pembelajaran berbasis STEM berpengaruh tinggi terhadap keterampilan berpikir kreatif sehingga menciptakan kreativitas peserta didik pada materi pembelajaran PLBS topik sel volta. Adapun kondisi-kondisi yang teridentifikasi dalam kegiatan pembelajaran yang memberikan dampak positif terhadap hasil skor penilaian keterampilan berpikir kreatif sebagai akibat dari penggunaan pendekatan pembelajaran berbasis STEM pada topik sel volta PLBS adalah sebagai berikut; (1) Kegiatan pembelajaran berbasis STEM memberi kesempatan peserta didik untuk membuat perencanaan, menginvestigasi variabel dan melakukan investigasi dalam pemecahan masalah pada topik sel volta PLBS; (2) Dalam pemecahan masalah peserta didik terlihat menggunakan banyak sumber untuk mendapatkan informasi yang digunakan untuk mengevaluasi kepastian dan validitas, metoda, desain, dan juga menemukan cara atau tempat yang tidak biasa untuk mendapatkan informasi; (3) Peserta didik terlihat menawarkan ide-ide baru selama berdiskusi, memilih satu ide dan mengevaluasi kualitas ide, mengajukan pertanyaan baru atau menguraikan topik sel volta; (4) Pada saat membuat rancangan penyepuhan logam atau membuat presentasi hasil kegiatan, peserta didik terlihat memasukan elemen-elemen dalam presentasi yang sangat menyenangkan, hidup, menarik atau kuat untuk khalayak tertentu baru, unik, mengejutkan, dan menunjukkan sentuhan pribadi. Pada penilaian aspek sikap melalui self assessment diperoleh hasil bahwa hampir semua siswa menyatakan telah memahami konsep sel volta secara benar. Hampir semua siswa juga telah melakukan kerjasama dengan teman di kelompoknya maupun dengan kelompok lain dalam berdiskusi dan menyelesaikan tugas proyek. Pada penilaian antar teman sebagian besar siswa dipandang memiliki integritas kedisiplinan, tenggang rasa, kerja sama dan menerima perbedaan pendapat. Sedangkan penilaian sikap di jurnal guru menyatakan bahwa semua siswa memiliki sikap sangat baik dan mampu melakukan pembelajaran sesuai dengan skenario rencana pembelajaran. Berdasarkan pembahasan di atas dimengerti bahwa pembelajaran berbasis STEM telah terbukti mendorong dan melatih keterampilan berfikir tingkat tinggi dalam mengambil peran dalam rangka mencapai tujuan pendidikan nasional dan perkembangan jaman oleh karena itu akan menumbuhkan kreativitas siswa. Siswa dipersiapkan tidak hanya untuk melanjutkan pendidikan ke jenjang yang lebih tinggi, tetapi juga menyelesaikan tantangan dan masalah-masalah yang dihadapinya dalam kehidupan sehari-hari untuk memenuhi kecakapan abad 21 dan menyongsong era revolusi industri 4.0.

4. Kesimpulan

Berdasarkan pembahasan analisis data pada penelitian ini maka dapat diperoleh simpulan yaitu pembelajaran berbasis STEM materi pokok sel volta dengan topik pembangkit listrik berbahan sekitar untuk meningkatkan keterampilan berfikir kritis dan kreatif dideskripsikan melalui 5 tahap atau fase pendekatan pembelajaran yaitu *reflection, research, discovery, application, communication*. Materi pokok sel volta dengan topik pembangkit listrik berbahan sekitar dapat dikembangkan melalui pendekatan dan model pembelajaran berbasis STEM berupa Unit Pembelajaran PLBS yang berorientasi meningkatkan keterampilan berfikir kritis dan kreatif siswa dengan skor kepraktisan 0,87 pada kategori tinggi. Hasil pembelajaran Berbasis STEM dapat meningkatkan pemahaman konsep siswa dengan nilai *pre-post-test* 61,19 menjadi 90 dengan skor *N-Gain* sebesar 0,87 dengan kategori tinggi. Pembelajaran berbasis STEM materi pokok sel volta dengan topik pembangkit listrik berbahan sekitar berpengaruh meningkatkan keterampilan berfikir kritis dan kreatif siswa ditunjukkan oleh perolehan nilai keterampilan rata-rata dari data observer sebesar 98,7 %. Berdasarkan kesimpulan di atas maka diberikan saran kepada pihak-pihak terkait yaitu bahwa pembelajaran berbasis STEM dapat dijadikan alternatif bagi guru untuk melatih dan membekali siswa dalam meningkatkan keterampilan yang dibutuhkan abad 21 yaitu keterampilan berfikir kritis dan kreatif dalam rangka menyongsong era revolusi industri 4.0. Para guru hendaknya mengembangkan pembelajarannya untuk melatih pola pikir

siswa dengan menggunakan model STEM PJBL pada bahasan materi ajar yang sarat hubungannya dalam kehidupan sehari-hari untuk mendorong siswa memecahkan masalah yang ditemui dalam berbagai aspek kehidupan di dalam bidang industri, pangan, teknologi dan lain sebagainya.

Referensi

- Capraro, R. M., Capraro, M. M., & Morgan, J. R. (2013). *STEM project-based learning: An integrated science, technology, engineering, and mathematics (STEM) approach*. Springer Science & Business Media.
- Diaz, D., & King, P. (2007). Adapting A Post Secondary Stem Instructional Model To K 5 Mathematics Instruction. *2007 Annual Conference & Exposition*, 12–175.
- Fortus, D., Dershimer, R. C., Krajcik, J., Marx, R. W., & Mamlok-Naaman, R. (2004). Design-based science and student learning. *Journal of Research in Science Teaching*, 41(10), 1081–1110. <https://doi.org/10.1002/tea.20040>
- Harry, F. (2018). *A standing bronze Buddha in Gupta style from the north-western Himalaya*.
- Jolly, A. (2014). Six characteristics of a great STEM lesson. In *Education Week* (pp. 1–11).
- Laboy-Rush, D. (2011). Integrated STEM education through project-based learning. *Learning. Com*, 12, 12–13.
- Mu'minah, I. H., & Aripin, I. (2019). Implementasi STEM dalam Pembelajaran Abad 21. *Prosiding Seminar Nasional Pendidikan*, 1, 1495–1503.
- Satchwell, R. E., & Loepp, F. L. (2002). Designing and Implementing an Integrated Mathematics, Science, and Technology Curriculum for the Middle School. *Journal of Industrial Teacher Education*, 39(3), 41–66.
- Sugiyono. (2013). *Metode Penelitian Pendidikan: Pendekatan Kuantitatif, Kualitatif, dan R & D*. Alfabeta.
- White, D. M. (2016). Connecting STEM with design thinking. *Interdisciplinary STEM Teaching & Learning Conference*.