

MODEL *PROJECT BASED LEARNING*

(Tugas Mata Kuliah Hakikat dan Inovasi Pendidikan)

Disusun oleh:

Eka Candra Kurniawati	(1923025001)
Indah Mayasari	(1923025003)
Dina Kiftatul Kusnia	(1923025015)



**MAGISTER KEGURUAN IPA
FAKULTAS KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2020**

KATA PENGANTAR

Puji syukur kami ucapkan atas kehadiran Alloh atas limpahan rahmat dan karunia-Nya, sehingga kami dapat menyelesaikan makalah tugas yang berjudul “Model *Project based Learning*” ini dengan baik. Penulisan makalah ini bertujuan untuk memenuhi tugas yang diberikan oleh dosen mata kuliah Hakikat dan Inovasi Pendidikan. Kami menyadari bahwa makalah ini jauh dari sempurna. Oleh karena itu, kami sangat mengharapkan kritik dan saran yang membangun demi kesempurnaan makalah ini dan kami berharap semoga makalah ini bermanfaat, khususnya bagi penulis sendiri dan umumnya bagi orang-orang yang membacanya.

Bandar lampung, 22 April 2020

Penulis

DAFTAR ISI

COVER.....	i
KATA PENGANTAR	ii
DAFTAR ISI	iii

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang	4
1.2 Rumusan Masalah	5
1.3 Tujuan.....	5

BAB II. PEMBAHASAN

2.1 Pengertian model <i>Project Based Learning</i> (PjBL)	6
2.2 Sintaks Model <i>Project Based Learning</i>	7
2.3 Karakteristik <i>Project Based Learning</i> (PjBL)	8
2.4 Penerapan Model <i>Project Based Learning</i>	10
2.5 Keunggulan dan Keterbatasan Model <i>Project Based Learning</i>	16

BAB III. PENUTUP

Kesimpulan	22
------------------	----

DAFTAR PUSTAKA

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pembelajaran sains diajarkan dengan menekankan pada proses memberi pengalaman kepada siswa dalam memadukan pengetahuan awal siswa dengan pengetahuan yang sesuai konsep ilmuwan. Pengetahuan awal siswa yang diperoleh dari pengalaman mengamati fenomena-fenomena di lingkungan tempat tinggal memberikan latar belakang dalam membangun pengetahuan awal siswa. Setiap siswa tentu mempunyai tafsiran yang berbeda terhadap pengalaman yang diperoleh dalam kehidupan sehari-hari. Ketika siswa berada dalam proses pembelajaran di kelas, guru memfasilitasi kegiatan pembelajaran agar terbentuk konsep baru yang sesuai dengan konsep ilmuwan.

Guru hendaknya merancang pembelajaran yang efektif dengan memperhatikan karakteristik materi pembelajaran yang diajarkan. Hal-hal yang perlu dipertimbangan guru dalam merancang pembelajaran dengan memilih pendekatan, strategi, metode, dan teknik pembelajaran. Kesatuan yang utuh antara pendekatan, strategi, metode, dan teknik pembelajaran akan terbentuk sebuah model pembelajaran. Model pembelajaran pada dasarnya merupakan bentuk pembelajaran yang tergambar dari awal sampai akhir yang disajikan secara khas oleh guru. Dengan kata lain, model pembelajaran merupakan bingkai dari penerapan pendekatan, metode, dan teknik pembelajaran.

Mencermati upaya reformasi pembelajaran yang dikembangkan di Indonesia, para guru saat ini banyak ditawarkan dengan aneka pilihan model pembelajaran, sebagaimana yang disyaratkan dalam kurikulum nasional. Jika guru telah memahami karakteristik materi ajar dan siswa, pemilihan model pembelajaran diharapkan dapat mewujudkan tujuan pembelajaran yang hendak dicapai. Kurikulum 2013 telah memberikan acuan dalam pemilihan model pembelajaran yang sesuai dengan pendekatan saintifik. Model pembelajaran yang dimaksud meliputi: *project based learning* (PjBL), *problem based learning* (PBL), atau *discovery learning*. Pemilihan model pembelajaran diserahkan kepada guru dengan menyesuaikan dengan karakteristik materi ajar. Pembelajaran berbasis proyek merupakan model pembelajaran yang berpusat pada siswa dan memberikan pengalaman belajar yang bermakna bagi siswa. Pengalaman belajar siswa

maupun konsep dibangun berdasarkan produk yang dihasilkan dalam proses pembelajaran berbasis proyek.

Makalah ini hanya akan membahas pembelajaran berbasis proyek (*project based learning* = PjBL) diantara banyak model pembelajaran yang lain. Penerapan *project based learning* (PjBL) dalam pembelajaran sains dari hasil penelitian dapat meningkatkan hasil belajar kognitif (Baran dan Maskan, 2010), membentuk sikap dan perilaku peduli terhadap lingkungan (Kılınç, 2010; Tseng, et al, 2013), keterampilan proses sains (Özer dan Özkan, 2012), dan pembelajaran yang efektif (Cook et al, 2012; Movahedzadeh et al, 2012). Pembelajaran berbasis proyek lebih cocok untuk pengajaran interdisipliner karena secara alami melibatkan banyak keterampilan akademik yang berbeda, seperti membaca, menulis, matematika dan cocok untuk membangun pemahaman konseptual melalui asimilasi mata pelajaran yang berbeda (Capraro, et al, 2013, hlm. 52).

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah berdasarkan latar belakang yang telah dipaparkan adalah sebagai berikut:

1. Apakah yang dimaksud dengan model pembelajaran *Project Based Learning* (PjBL)?
2. Bagaimanakah karakteristik *Project Based Learning* (PjBL) ?
3. Bagaimanakah penerapan model *Project Based Learning* dalam pembelajaran?
4. Apa sajakah keunggulan dan keterbatasan model *Project Based Learning*

1.3 Tujuan

Adapun tujuan dari penulisan makalah ini ialah sebagai berikut:

1. Mengetahui pengertian model pembelajaran *Project Based Learning* (PjBL)
2. Mengetahui karakteristik *Project Based Learning* (PjBL)
3. Mengetahui penerapan model *Project Based Learning* dalam pembelajaran
4. Mengetahui keunggulan dan keterbatasan model *Project Based Learning*

BAB II

PEMBAHASAN

2.1 Pengertian model *Project Based Learning* (PjBL)

Project based learning adalah model pembelajaran yang mengorganisasi kelas dalam sebuah proyek (Thomas, 2000). Menurut NYC *Departement of Education* (2009), PjBL merupakan strategi pembelajaran dimana siswa harus membangun pengetahuan konten mereka sendiri dan mendemonstrasikan pemahaman baru melalui berbagai bentuk representasi. Sedangkan George Lucas *Educational Foundation* (2005) mendefinisikan pendekatan pembelajaran yang dinamis dimana siswa secara aktif mengeksplorasi masalah di dunia nyata, memberikan tantangan, dan memperoleh pengetahuan yang lebih mendalam.

Berdasarkan beberapa definisi para ahli, dapat ditarik kesimpulan bahwa PjBL adalah model pembelajaran yang terpusat pada siswa untuk membangun dan mengaplikasikan konsep dari proyek yang dihasilkan dengan mengeksplorasi dan memecahkan masalah di dunia nyata secara mandiri. Kemandirian siswa dalam belajar untuk menyelesaikan tugas yang dihadapinya merupakan tujuan dari PjBL. Namun kemandirian dalam belajar perlu dilatih oleh guru kepada siswa agar terbiasa dalam belajar bila menggunakan PjBL. Siswa SD maupun SMP masih perlu dibimbing dalam menyelesaikan tugas proyek bahkan siswa SMA. Bimbingan guru diperlukan untuk mengarahkan siswa agar proses pembelajaran dapat berjalan sesuai dengan alur pembelajaran. Pembelajaran berbasis proyek merupakan model belajar yang menggunakan masalah sebagai langkah awal dalam mengumpulkan dan mengintegrasikan pengetahuan baru berdasarkan pengalamannya dalam beraktifitas secara nyata. Melalui PjBL, proses inkuiri dimulai dengan memunculkan pertanyaan penuntun (*a guiding question*) dan membimbing siswa dalam sebuah proyek kolaboratif yang mengintegrasikan berbagai subjek (materi) dalam kurikulum. PjBL merupakan investigasi mendalam tentang sebuah topik dunia nyata, hal ini akan berharga bagi atensi dan usaha siswa (Kemdikbud, 2014, hlm. 33).

2.2 Sintaks Model *Project Based Learning*

Tahapan PjBL dikembangkan oleh dua ahli, *The George Lucas Education Foundation* dan Dopplet. Sintaks PjBL (Kemdikbud, 2014, hlm. 34) yaitu:

Fase 1: Penentuan pertanyaan mendasar (*start with essential question*)

Pembelajaran dimulai dengan pertanyaan esensial, yaitu pertanyaan yang dapat memberi penugasan siswa dalam melakukan suatu aktivitas. Pertanyaan disusun dengan mengambil topik yang sesuai dengan realitas dunia nyata dan dimulai dengan sebuah investigasi mendalam. Pertanyaan yang disusun hendaknya tidak mudah untuk dijawab dan dapat mengarahkan siswa untuk membuat proyek. Pertanyaan seperti itu pada umumnya bersifat terbuka (*divergen*), provokatif, menantang, membutuhkan keterampilan berpikir tingkat tinggi (*high order thinking*), dan terkait dengan kehidupan siswa. Guru berusaha agar topik yang diangkat relevan untuk para siswa.

Fase 2: Menyusun perencanaan proyek (*design project*)

Perencanaan dilakukan secara kolaboratif antara guru dan siswa. Dengan demikian siswa diharapkan akan merasa “memiliki” atas proyek tersebut. Perencanaan berisi tentang aturan main, pemilihan kegiatan yang dapat mendukung dalam menjawab pertanyaan penting, dengan cara mengintegrasikan berbagai materi yang mungkin, serta mengetahui alat dan bahan yang dapat diakses untuk membantu penyelesaian proyek.

Fase 3: Menyusun jadwal (*create schedule*)

Guru dan siswa secara kolaboratif menyusun jadwal kegiatan dalam menyelesaikan proyek. Aktivitas pada tahap ini antara lain: (1) membuat jadwal untuk menyelesaikan proyek, (2) menentukan waktu akhir penyelesaian proyek, (3) membawa siswa agar merencanakan cara yang baru, (4) membimbing siswa ketika mereka membuat cara yang tidak berhubungan dengan proyek, dan (5) meminta siswa untuk membuat penjelasan (alasan) tentang cara pemilihan waktu. Jadwal yang telah disepakati harus disetujui bersama agar guru dapat melakukan monitoring kemajuan belajar dan pengerjaan proyek di luar kelas.

Fase 4: Memantau siswa dan kemajuan proyek (*monitoring the students and progress of project*)

Guru bertanggung jawab untuk memantau kegiatan siswa selama menyelesaikan proyek.

Pemantauan dilakukan dengan cara memfasilitasi siswa pada setiap proses. Dengan kata lain guru berperan menjadi mentor bagi aktivitas siswa. Agar mempermudah proses pemantauan, dibuat sebuah rubrik yang dapat merekam keseluruhan kegiatan yang penting.

Fase 5: Penilaian hasil (*assess the outcome*)

Penilaian dilakukan untuk membantu guru dalam mengukur ketercapaian standar kompetensi, berperan dalam mengevaluasi kemajuan masing-masing siswa, memberi umpan balik tentang tingkat pemahaman yang sudah dicapai siswa, membantu guru dalam menyusun strategi pembelajaran berikutnya.

Fase 6: Evaluasi Pengalaman (*evaluation the experience*)

Pada akhir proses pembelajaran, guru dan siswa melakukan refleksi terhadap kegiatan dan hasil proyek yang sudah dijalankan. Proses refleksi dilakukan baik secara individu maupun kelompok. Pada tahap ini siswa diminta untuk mengungkapkan perasaan dan pengalamannya selama menyelesaikan proyek. Guru dan siswa mengembangkan diskusi dalam rangka memperbaiki kinerja selama proses pembelajaran, sehingga pada akhirnya ditemukan suatu temuan baru (*new inquiry*) untuk menjawab permasalahan yang diajukan pada tahap pertama pembelajaran.

2.3 Karakteristik *Project Based Learning* (PjBL)

Kegiatan belajar aktif dan melibatkan proyek tidak semuanya disebut sebagai PjBL. Beberapa kriteria harus dimiliki untuk dapat menentukan sebuah pembelajaran sebagai bentuk PjBL. Lima kriteria suatu pembelajaran merupakan PjBL adalah sentralitas, mengarahkan pertanyaan, penyelidikan konstruktivisme, otonomi, dan realistis (Thomas, 2000; Kemdikbud, 2014):

1. *The project are central, not peripheral to the curriculum.* Kriteria ini memiliki dua *corollaries*. Pertama, proyek merupakan kurikulum. Pada PjBL, proyek merupakan inti strategi mengajar, siswa berfokus dan belajar konsep inti materi melalui proyek. Kedua, keterpusatan yang berarti jika siswa belajar sesuatu di luar kurikulum, maka tidaklah dikategorikan sebagai PjBL.
2. Proyek PjBL difokuskan pada pertanyaan atau problem yang mendorong siswa mempelajari konsep-konsep dan prinsip-prinsip inti atau pokok dari mata pelajaran.

Definisi proyek bagi siswa harus dibuat sedemikian rupa agar terjalin hubungan antara aktivitas dan pengetahuan konseptual yang melatarinya. Proyek biasanya dilakukan dengan pengajuan pertanyaan-pertanyaan yang belum bisa dipastikan jawabannya (*ill-defined problem*). Proyek dalam PjBL dapat dirancang secara tematik, atau gabungan topik-topik dari dua atau lebih mata pelajaran.

3. Proyek melibatkan siswa pada penyelidikan konstruktivisme. Sebuah penyelidikan dapat berupa perancangan proses, pengambilan keputusan, penemuan masalah, pemecahan masalah, penemuan, atau proses pengembangan model. Aktivitas inti dari proyek harus melibatkan transformasi dan konstruksi dari pengetahuan (pengetahuan atau keterampilan baru) pada pihak siswa. Jika aktivitas inti dari proyek tidak merepresentasikan “tingkat kesulitan” bagi siswa, atau dapat dilakukan dengan penerapan informasi atau keterampilan yang siap dipelajari, proyek yang dimaksud adalah tak lebih dari sebuah latihan, dan bukan proyek PjBL yang dimaksud.
4. *Project are student-driven to some significant degree*. Inti proyek bukanlah berpusat pada guru, berupa teks aturan atau sudah dalam bentuk paket tugas. Misalkan tugas laboratorium dan booklet pembelajaran bukanlah contoh PjBL. PjBL lebih mengutamakan kemandirian, pilihan, waktu kerja yang tidak bersifat kaku, dan tanggung jawab siswa daripada proyek tradisional dan pembelajaran tradisional.
5. Proyek adalah realistik, tidak *school-like*. Karakteristik proyek memberikan keotentikan pada siswa. Karakteristik ini boleh jadi meliputi topik, tugas, peranan yang dimainkan siswa, konteks di mana kerja proyek dilakukan, produk yang dihasilkan, atau kriteria di mana produk-produk atau unjuk kerja dinilai. PjBL melibatkan tantangan-tantangan kehidupan nyata, berfokus pada pertanyaan atau masalah autentik (bukan simulatif), dan pemecahannya berpotensi untuk diterapkan di lapangan yang sesungguhnya.

Seperti yang sudah di uraikan bahwa model *Project Based Learning* merupakan model pembelajaran yang lebih menekankan pada keterampilan proses sains dan berkaitan dengan kehidupan nyata atau sehari-hari sehingga karakteristik materi yang sesuai dalam penerapan model *Project Based learning* ini yaitu memiliki kompetensi dasar yang lebih menekankan pada aspek keterampilan atau pengetahuan pada tingkat penerapan, analisis, sintesis, dan evaluasi (memodifikasi, mencoba, membuat, menggunakan, mengoperasikan, memproduksi, merekonstruksi, mendemonstrasikan,

menciptakan, merancang, menguji, dapat menghasilkan sebuah produk, serta memiliki keterkaitan dengan permasalahan nyata atau kehidupan sehari-hari.

2.4 Penerapan Model *Project Based Learning*

Model pembelajaran ini dapat digunakan ketika pendidik ingin mengkondisikan pembelajaran aktif yang berpusat pada peserta didik dimana peserta didik memiliki pengalaman belajar yang lebih menarik dan menghasilkan sebuah karya berdasarkan permasalahan nyata (kontekstual) yang terjadi dalam kehidupan sehari-hari. Model pembelajaran ini juga dapat digunakan ketika pendidik ingin lebih menekankan pada keterampilan sains yaitu pada kegiatan mengamati, menggunakan alat dan bahan, menginterpretasi, merencanakan proyek, menerapkan konsep, mengajukan pertanyaan dan berkomunikasi dengan baik. Selain itu pendidik juga dapat menggunakan model PjBL ketika ingin mengembangkan kemampuan berfikir kreatif peserta didik dalam merancang dan membuat sebuah proyek yang dapat dimanfaatkan untuk mengatasi permasalahan secara sistematis. Sehingga model PjBL ini dapat membudayakan berpikir tingkat tinggi (*high order thinking/HOT*) dalam mengimplementasikan pembelajaran saintifik (Mengamati, Mengasosiasi, Mencoba, Mendiskusikan, dan Mengkomunikasikan) serta pembelajaran abad 21 (4C: *Critical thinking, Collaboration, Creative, Communication*).

Pembelajaran *project based learning* dapat dilaksanakan apabila dipenuhi syarat-syarat berikut:

1. Pendidik harus terampil mengidentifikasi kompetensi dasar yang lebih menekankan pada aspek keterampilan atau pengetahuan pada tingkat penerapan, analisis, sintesis, dan evaluasi;
2. Pendidik mampu memilih materi atau topik-topik yang akan dijadikan tema proyek sehingga menjadi menarik;
3. Pendidik harus terampil menumbuhkan motivasi peserta didik dalam mengerjakan proyek; adanya fasilitas dan sumber belajar yang cukup;
4. Pendidik harus melihat kesesuaian waktu proyek dengan kalender akademik sehingga kegiatan proyek memungkinkan akan dilakukan.

2.4.1 Pengalaman Belajar dan Kompetensi Dalam Penerapan Model *Project Based Learning*

Deskripsi pengalaman belajar dan kompetensi yang diperoleh peserta didik dapat diperoleh dengan menghubungkan alur/tahapan pembelajaran (sintaks) dari model pembelajaran *Project Based Learning* dan dihubungkan Kompetensi Abad 21, yaitu **4C**: *creative* (berpikir kreatif), *collaborative* (bekerjasama), *communication* (berkomunikasi), *critical* (berpikir kritis), dan **1 Q** yaitu Taqwa dengan pendekatan saintifik sesuai Kurikulum 2013 (**K13**) terintegrasi TIK, yaitu **5M**: Mengamati, Mengasosiasi, Mencoba, Mendiskusikan, Mengkomunikasikan.

Pengalaman belajar peserta didik selama pelaksanaan model pembelajaran *project based learning* antara lain peserta didik diajak untuk peduli terhadap masalah-masalah di lingkungan sekitar dalam kehidupan mereka sehari-hari, berlatih untuk peka pada lingkungan, belajar mencari pertanyaan esensial, peserta didik berlatih berpikir logis, kritis, dan detil, berfikir tentang detil pekerjaan yang harus dilakukan, berfikir asosiatif yakni menghubungkan satu aspek pekerjaan dengan pekerjaan lainnya, berpikir tentang urutan waktu, belajar membagi tugas sesuai minat dan kemampuan, inisiatif peserta didik untuk mengarahkan sendiri dalam belajar, berusaha mencari sumber informasi dan pengetahuan, peserta didik mencoba cara kerja sesuai pemahaman mereka, saling berdiskusi dan bekerjasama, dan belajar dari kesalahan untuk kemudian memperbaikinya sendiri. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada tabel sebagai berikut:

Tabel 1. Hubungan model PjBL dengan Kompetensi Abad 21

Tahapan dalam PJBL	Pengalaman Belajar	Kompetensi Abad 21 (4C+1Q)	Pendekatan saintifik K13
Langkah 1 . Pengenalannya masalah (Penentuan Pertanyaan Mendasar)	• Menggugah ketertarikan peserta didik terhadap topik yang akan dipelajari (apersepsi) • Mendorong peserta didik untuk berfikir kritis • Membangun kemampuan peserta didik dalam menghubungkan kejadian yang terjadi di sekitarnya dengan topik yang dibahas	• Critical thinking (mendorong berfikir kritis mencari jawaban dari pertanyaan yang diberikan • EQ • IQ • SQ	• Mengamati fenomena sekitar (dunia nyata) yang dihubungkan dengan topik yang dibahas • Mengasosiasi (mengubungkan keterkaitan fenomena alam dengan topik yang dibahas)
Langkah 2 Penyusunan Rancangan Project	• Mengorganisasikan peserta didik dalam kelompok kerja • Membangun kerjasama sesama peserta didik • Membangun komunikasi antar Peserta didik Melibatkan peserta didik dalam proses perencanaan dan • Menentukan dan menemukan rancangan project sendiri	• Critical thinking (mengembangkan kemampuan berfikir (menggali pengetahuan sendiri) untuk menyusun rancangan project) • Creative (mengembangkan kreatifitas dalam membuat rancangan) • Collaboration (bekerjasama dengan kelompoknya dalam membuat rancangan) • Communication (mengkomunikasikan rancangan dengan teman dan pendidiknya)	• Mendiskusikan rancangan project • Mencoba • Mengkomunikasikan dengan teman dan pendidiknya

Langkah 3 Penyusunan Rencana Kerja	• Mengembangkan kemampuan penyelidikan otentik • Mengidentifikasi masalah nyata • Mencari sumber informasi	• Critical thinking • Creative • Collaboration • Communication	• Mengasosiasi • Mendiskusikan • Mengkomunikasikan
Langkah 4 Pelaksanaan dan Monitoring Project	• Memiliki pengalaman untuk melakukan penyelidikan (mencoba) • Menumbuhkan kemampuan menganalisis (menemukan sendiri hubungan antara kondisi nyata dengan permasalahan yang dihadapi) • Membangun sikap berbagi dan bekerjasama • Mengembangkan kemampuan berkomunikasi • Memumuhkan kemampuan membuat keputusan • Memanfaatkan media dan sumber (TIK)	• Critical thinking • Creative • Collaboration • Communication	• Mengamati • Mengasosiasi • Mencoba • Mendiskusikan • Mengkomunikasikan
Langkah 5 Pengujian Hasil (Presentasi)	• Menyusun bahan presentasi • Menyampaikan hasil project (presentasi menggunakan media/TIK) • Menjawab pertanyaan saat diskusi • Mengembangkan kemampuan	• Creative • Communication • Collaboration	• Mendiskusikan • Mengkomunikasikan

	menampilkan hasil karya (menggunakan media/TIK) • Mengemas produk • Mendokumentasi tahapan proyek (memanfaatkan TIK) • Menampilkan produk (menggunakan media/TIK)		
Langkah 6 Evaluasi dan Refleksi	• Mengembangkan kemampuan menganalisis hasil project • Kemampuan mengambil keputusan	• Critical thinking • EQ • IQ • SQ	• Mengasosiasi

2.4.2 Asessmen dalam PjBL

Penilaian pembelajaran berbasis proyek harus dilakukan secara menyeluruh terhadap sikap, pengetahuan dan keterampilan yang diperoleh siswa selama pembelajaran. Penilaian proyek merupakan kegiatan penilaian terhadap suatu tugas yang harus diselesaikan dalam periode/waktu tertentu. Tugas tersebut berupa suatu investigasi sejak dari perencanaan, pengumpulan data, pengorganisasian, pengolahan dan penyajian data. Penilaian proyek dapat digunakan untuk mengetahui pemahaman, kemampuan mengaplikasikan, kemampuan penyelidikan dan kemampuan menginformasikan siswa pada mata pelajaran tertentu secara jelas. Pada penilaian proyek setidaknya ada 3 hal yang perlu dipertimbangkan (Kemdikbud, 2014, hlm. 35) yaitu:

- 1) Kemampuan pengelolaan: kemampuan peserta didik dalam memilih topik, mencari informasi dan mengelola waktu pengumpulan data serta penulisan laporan.
- 2) Relevansi: Kesesuaian dengan mata pelajaran, dengan mempertimbangkan tahap pengetahuan, pemahaman dan keterampilan dalam pembelajaran.
- 3) Keaslian: Proyek yang dilakukan peserta didik harus merupakan hasil karyanya,

dengan mempertimbangkan kontribusi guru berupa petunjuk dan dukungan terhadap proyek peserta didik.

Penilaian proyek dilakukan mulai dari perencanaan, proses pengerjaan, sampai hasil akhir proyek. Untuk itu, guru perlu menetapkan hal-hal atau tahapan yang perlu dinilai, seperti penyusunan disain, pengumpulan data, analisis data, dan menyiapkan laporan tertulis. Laporan tugas atau hasil penelitian juga dapat disajikan dalam bentuk poster. Pelaksanaan penilaian dapat menggunakan alat/ instrumen penilaian berupa daftar cek ataupun skala penilaian. Sumber-sumber data penilaian tersebut meliputi (Kemdikbud, 2014, hlm. 85):

1. *Self-assessment* (penilaian diri) penting dilakukan untuk merefleksikan diri siswa sendiri, tidak hanya menunjukkan apa yang siswa rasakan dan apa yang seharusnya siswa berhak dapatkan. Siswa merefleksikan dirinya seberapa baik mereka bekerja dalam kelompok dan seberapa baik siswa berkontribusi, bernegosiasi, mendengar dan terbuka terhadap ide-ide teman dalam kelompoknya. Siswa pun mengevaluasi hasil proyeknya sendiri, usaha, motivasi, ketertarikan dan tingkat produktivitas.
2. *Peer Assessment* (penilaian antar siswa) merupakan element penting pada penilaian PjBL: guru tidak akan selalu bersama semua siswa di setiap waktu dalam proses pengerjaan proyek, dan peer assessment akan memudahkan untuk menilai siswa secara individu dalam sebuah kelompok. Siswa menjadi kritis terhadap kerja temannya dan berupaya untuk saling memberikan umpan balik.
3. Rubrik penilaian produk, penilaian produk adalah penilaian terhadap proses pembuatan dan kualitas suatu produk. Penilaian produk meliputi penilaian kemampuan peserta didik membuat produk-produk teknologi dan seni, seperti: makanan, pakaian, hasil karya seni (patung, lukisan, gambar), barang-barang terbuat dari kayu, keramik, plastik, dan logam atau alat-alat teknologi tepat guna yang sederhana. Pengembangan produk meliputi 3 (tiga) tahap dan setiap tahap perlu diadakan penilaian yaitu:

-**Tahap persiapan**, meliputi: penilaian kemampuan peserta didik dan merencanakan, menggali, dan mengembangkan gagasan, dan mendesain produk.

- **Tahap pembuatan produk (proses)**, meliputi: penilaian kemampuan peserta didik dalam menyeleksi dan menggunakan bahan, alat, dan teknik.
- **Tahap penilaian produk (appraisal)**, meliputi: penilaian produk yang dihasilkan peserta didik sesuai kriteria yang ditetapkan.

2.5 Keunggulan dan Keterbatasan PjBL

Dibandingkan dengan model lain, PjBL mampu meningkatkan kualitas pembelajaran siswa dalam materi tertentu dan menjadikan siswa mampu mengaplikasikan satu pengetahuan tertentu dalam konteks tertentu (Doppelt, 2005, hlm. 10). Siswa harus terlibat secara kognitif dalam proyek selama waktu tertentu. Keterlibatan dalam tugas yang kompleks adalah salah satu komponen penting pembelajaran karena kita berasumsi bahwa siswa akan termotivasi untuk menguji ide mereka dan kedalaman pemahaman pada saat menghadapi masalah autentik.

PjBL dapat meningkatkan semangat untuk belajar antara siswa dan para pengajar juga memunculkan banyak keterampilan (seperti manajemen waktu, berkolaborasi dan pemecahan masalah). Siswa pun belajar untuk menyesuaikan dengan berbagai macam kemampuan siswa dan kebutuhan belajar. Moursund (1997, dalam Wena, 2013, hlm 147) dan Kemdikbud (2014, hlm. 33) menyebutkan beberapa kelebihan penggunaan PjBL adalah:

1. *Increased motivation*. Meningkatkan motivasi siswa untuk belajar dan mendorong mereka untuk melakukan pekerjaan penting. Siswa tekun bekerja dan berusaha keras untuk belajar lebih mendalam dan mencari jawaban atas keingintahuan dan dalam menyelesaikan proyek.
2. *Increased problem-solving ability*. Lingkungan belajar PjBL membuat siswa menjadi lebih aktif memecahkan masalah-masalah yang kompleks. Siswa mempunyai pilihan untuk menyelidiki topik-topik yang berkaitan dengan masalah dunia nyata, saling bertukar pendapat antara kelompok yang membahas topik yang berbeda, mempresentasikan proyek atau hasil diskusi mereka. Hal tersebut juga mengembangkan keterampilan tingkat tinggi siswa.
3. *Increased collaborative*. Pentingnya kerja kelompok dalam proyek memerlukan siswa mengembangkan dan mempraktikkan keterampilan berkomunikasi.
4. *Improved library research skills*. Karena PjBL mensyaratkan siswa harus

mampu secara cepat memperoleh informasi melalui sumber-sumber informasi, sehingga dapat meningkatkan keterampilan siswa untuk mencari dan mendapatkan informasi.

5. *Increased resource-management skills*. Memberikan pengalaman kepada siswa dalam mengorganisasi proyek, mengalokasikan waktu, dan mengelola sumber daya seperti alat dan bahan menyelesaikan tugas. Ketika siswa bekerja dalam kelompok, mereka belajar untuk mempelajari keterampilan merencanakan, mengorganisasi, negosiasi, dan membuat kesepakatan tentang tugas yang akan dikerjakan, siapa yang akan bertanggungjawab untuk setiap tugas, dan bagaimana informasi akan dikumpulkan dan disajikan.
6. Memberikan kesempatan belajar bagi siswa untuk berkembang sesuai kondisi dunia nyata.
7. Meningkatkan kemampuan berpikir. Laporan PjBL tidak hanya berdasar informasi yang dibaca saja, tetapi melibatkan siswa untuk belajar mengembangkan masalah, mencari jawaban dengan mengumpulkan informasi, berkolaborasi dan menerapkan pengetahuan yang dipahami untuk menyelesaikan permasalahan dunia nyata.
8. Membuat suasana belajar menjadi menyenangkan.

Berdasarkan berbagai bentuk penelitian, PjBL lebih efektif untuk (Thomas, 2000, hlm. 8-18):

1. Peningkatan prestasi belajar siswa
2. Peningkatan kemampuan siswa dalam memecahkan masalah
3. Peningkatan pemahaman siswa dalam materi pelajaran
4. Peningkatan dalam pemahaman yang berhubungan dengan keterampilan khusus dan strategi pengenalan pada proyek.
5. Adanya perubahan dalam kelompok pemecahan masalah, kebiasaan kerja dan proses PjBL lainnya.

Selain keunggulan/keuntungan PjBL yang telah dijelaskan sebelumnya, pelaksanaan PjBL juga memiliki beberapa keterbatasan yaitu (Kemdikbud, 2014, hlm. 35):

1. Memerlukan banyak waktu untuk menyelesaikan masalah.
2. Membutuhkan biaya yang cukup banyak
3. Banyak instruktur yang merasa nyaman dengan kelas tradisional, di mana

instruktur memegang peran utama di kelas.

4. Banyaknya peralatan yang harus disediakan.
5. Peserta didik yang memiliki kelemahan dalam percobaan dan pengumpulan informasi akan mengalami kesulitan.
6. Ada kemungkinan peserta didik yang kurang aktif dalam kerja kelompok.
7. Ketika topik yang diberikan kepada masing-masing kelompok berbeda, dikhawatirkan peserta didik tidak bisa memahami topik secara keseluruhan.

Walaupun demikian, pembelajaran berbasis proyek menjadi salah satu alternatif yang ditawarkan dalam kurikulum 2013. Ada banyak macam proyek yang dapat dilakukan oleh guru dan siswa. Proyek dapat meningkatkan ketertarikan siswa karena keterlibatan siswa dalam memecahkan masalah autentik, bekerja sama dengan kelompok, dan membangun solusi atas masalah yang nyata. Proyek masih dianggap memiliki potensi Untuk meningkatkan pemahaman secara mendalam karena siswa perlu mendapatkan dan menerapkan informasi, konsep, dan prinsip-prinsip selama pembelajaran. Siswa pun memiliki potensi untuk meningkatkan kompetensi dalam berpikir (belajar dan metakognisi) karena siswa ditugaskan untuk memformulasi rencana, kemajuan dan mengevaluasi solusi.

REVIEW JURNAL 1

Judul Jurnal

The Effectiveness Of Project Based Learning (Pjbl) Worksheet To Improve Science Process Skill For Seven Graders Of Junior High School In The Topic Of Environmental Pollution (Efektifitas LKPD berbasis PjBL untuk meningkatkan Keterampilan Proses Sains siswa kelas VII SMP pada topik Pencemaran Lingkungan)

Identitas Jurnal

- Penulis Cindy Paramita Citradevi, Arif Widiyatmoko, and Miranita Khusniati dari program studi Pendidikan IPA Universitas Negeri Semarang

Dalam jurnal dijelaskan terkait Pembelajaran berbasis proyek (PbJL) adalah model pengajaran yang berpusat pada siswa yang menempatkan guru sebagai fasilitator kelas.

Dalam pembelajaran berbasis proyek, guru bertindak tidak-hanya sebagai sumber tetapi juga sebagai pembimbing dan fasilitator. Selama proses pembuatan proyek, guru memiliki tugas untuk memonitor kegiatan siswa. Monitoring dilakukan dengan memfasilitasi siswa dalam setiap proses. Dengan kata lain, guru bertindak sebagai mentor untuk kegiatan siswa. Siswa dilatih untuk melakukan tugas mereka dan bertanggung jawab dalam kelompok mereka, sehingga proses pembelajaran berjalan lebih efektif. Dalam kajian ini juga ingin mengetahui tanggapan siswa dan tanggapan guru terhadap proses pembelajaran menggunakan lembar kerja pembelajaran berbasis proyek. 85% siswa sangat setuju dengan pernyataan tersebut. Sementara tanggapan guru melalui wawancara, hasilnya menunjukkan respon positif terhadap proses pembelajaran menggunakan lembar kerja pembelajaran berbasis proyek dalam topik pencemaran lingkungan. Penggunaan lembar kerja pembelajaran berbasis proyek dalam subjek Sains memiliki beberapa kelemahan. Diantaranya adalah (1) kegiatan dalam proses pembelajaran adalah melakukan proyek, sehingga menghabiskan waktu untuk membuat proyek sementara penjadwalan waktu kadang tidak dapat mencakup semua kegiatan. (2) lingkungan kelas tidak terlalu bagus karena beberapa siswa masih mengobrol dengan teman mereka di sebelahnya. Kelemahan tersebut dapat mempengaruhi keterampilan proses ilmu pengetahuan dan hasil kognitif siswa. Namun, hasil dari hipotesis pengujian menunjukkan bahwa prestasi siswa dalam kelompok eksperimental lebih baik daripada kelompok kontrol. Keberadaan kelemahan tersebut disebabkan oleh model pengajaran yang tidak sempurna. Setiap model atau strategi mengajar memiliki kekuatan dan kelemahannya. Sebuah strategi pengajaran mungkin tepat untuk digunakan dalam bahan lain. Beberapa solusi untuk mengatasi kelemahan tersebut adalah: (1) sebelum proses pembelajaran dimulai, siswa harus diatur dengan baik, sehingga siswa dapat memahami materi dengan baik. Selain itu, proyek yang perlu diatur juga dapat diselesaikan dengan baik. (2) guru harus memperhatikan alokasi waktu. Harus sesuai dengan proyek yang akan disusun di kelas selama proses pembelajaran. Dengan demikian, waktu akan efektif dan siswa dapat mengikuti proses pembelajaran dengan baik.

REVIEW JURNAL 2

Judul Jurnal

Implementasi model *Project-Based Learning*(Pjbl) dalam Pembelajaran Sains untuk Membangun 4CS Skills Peserta Didik sebagai Bekal dalam Menghadapi Tantangan Abad 21

Identitas Jurnal

- Widodo Setiyo Wibowo dari program studi Pendidikan IPA FMIPA Universitas Negeri Yogyakarta

Dalam jurnal dijelaskan terkait PjBL memberikan peluang kepada peserta didik untuk mempelajari konsep sains secara mendalam sekaligus juga 21st Century Skills. Praktik PjBL sangat bergantung pada tingkatan kelas dan mata pelajaran, proyek harus memberikan kesempatan pada aspirasi peserta didik dan harus direncanakan, diatur, dan dinilai dengan hati-hati untuk menghubungkan konten akademik dengan 21st Century Skills (seperti 4Cs) melalui perkembangan kualitas, produk otentik, dan presentasi. Untuk memandu guru dalam perencanaan, pengaturan, dan penilaian proyek yang mengarah pada pencapaian 4Cs, setiap tahap harus mempertimbangkan tiga aspek, yaitu *design*, *develop*, dan *determine*.

REVIEW JURNAL 3

Judul Jurnal

Attitudes towards science, technology, engineering and mathematics (STEM) in a project-based learning (PjBL) environment (Sikap terhadap STEM pada lingkungan PjBL)

Identitas Jurnal

- Penulis : Kuo-Hung Tseng • Chi-Cheng Chang • Shi-Jer Lou • Wen-Ping Che
- Int J Technol Des Educ (2013) 23:87–102
- DOI 10.1007/s10798-011-9160-x

Dalam jurnal dijelaskan terkait strategi PjBL untuk membantu siswa mengintegrasikan

dan menerapkan pengetahuan STEM dalam percobaan praktis. Dalam studi ini, melalui hasil kuesioner dan wawancara, siswa disajikan sikap positif terhadap ilmu pengetahuan. Sedikit perubahan sikap mahasiswa terhadap ilmu pengetahuan ditemukan selama kegiatan PjBL. Mayoritas siswa menunjukkan bahwa ilmu pengetahuan dapat diterapkan untuk memecahkan masalah dunia nyata dan untuk meningkatkan efektivitas dalam kehidupan sehari-hari. Kepemilikan keahlian ilmiah dianggap bermanfaat untuk mengejar karir masa depan dan merupakan alasan utama untuk menginspirasi minat dan niat siswa dalam belajar ilmu pengetahuan. Dalam hal strategi belajar, siswa lebih cenderung memperoleh pengetahuan ilmiah melalui pekerjaan praktis. Strategi PjBL kemudian diterapkan dalam studi ini dalam rangka untuk mempromosikan siswa ' niat dalam belajar ilmu pengetahuan terkait. Siswa lebih bersedia untuk belajar ilmu pengetahuan melalui metode praktis. Mereka berpendapat bahwa otonomi pribadi siswa dan minat dalam belajar ilmu pengetahuan dapat ditingkatkan melalui strategi PjBL.

BAB III

PENUTUP

Adapun kesimpulan yang dapat diambil dari makalah ini ialah sebagai berikut:

1. *Project based learning* (PjBL) adalah model pembelajaran yang terpusat pada siswa untuk membangun dan mengaplikasikan konsep dari proyek yang dihasilkan dengan mengeksplorasi dan memecahkan masalah di dunia nyata secara mandiri.
2. Sintaks dari model PjBL memiliki 6 fase diantaranya penentuan pertanyaan mendasar (*start with essential question*), Menyusun perencanaan proyek (*design project*), Menyusun jadwal (*create schedule*), Memantau siswa dan kemajuan proyek (*monitoring the students and progress of project*), Penilaian hasil (*assess the outcome*), Evaluasi Pengalaman (*evaluation the experience*).
3. Karakteristik PjBL diantaranya adalah sentralitas, mengarahkan pertanyaan, penyelidikan konstruktivisme, otonomi, dan realistis.
4. Model PjBL dapat digunakan ketika ingin mengembangkan kemampuan berfikir kreatif peserta didik dalam merancang dan membuat sebuah proyek yang dapat dimanfaatkan untuk mengatasi permasalahan secara sistematis.
5. Penilaian pembelajaran berbasis proyek (PjBL) harus dilakukan secara menyeluruh terhadap sikap, pengetahuan dan keterampilan yang diperoleh siswa selama pembelajaran.

DAFTAR PUSTAKA

- Baran, M. & Maskan, A. (2010). The Effect of Project-Based Learning On PreService Physics Teachers' Electrostatic Achievements. *Cypriot Journal of Educational Sciences* vol 5 : 243-257
- Capraro, et al. (2013). *STEM Project-Based Learning : An Integrated Science, Technology, Engineering, and Mathematics (STEM) Approach* (second ed). Rotterdam : Sense Publishers
- Cook, et al. (2012). Preparing Biology Teachers to Teach Evolution in a ProjectBased Approach. *Winter* vol. 21 no. 2 : 18-30
- Doppelt, Y. (2005). Assessment of project based learning in a mechatronics context. *Journal of Technology Education*. Vol 16 no.2: 7-24
- George Lucas Educational Foundation. (2005). *Instructional module project based learning*. [Online]. Diakses dari <http://www.edutopia.org/modules/pbl/project-based-learning>
- Kemdikbud. (2014). *Materi pelatihan guru implementasi kurikulum 2013 tahun ajaran 2014/2015: Mata pelajaran IPA SMP/MTs*. Jakarta: Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan
- Kılınç, A. (2010). *Can Project-Based Learning Close the Gap? Turkish Student Teachers and Proenvironmental Behaviours*. *International Journal of Environmental & Science Education* vol 5 : 495-509
- Movahedzadeh, et al. (2012). *Project-Based Learning to Promote Effective Learning in Biotechnology Courses*. *Education Research International* vol 2012: 1-8
- NYC Departement of Education (2009). *Project Based Learning: Inspiring Middle School Student to Engage in Deep and Active Learning*. New York : Division of Teaching and Learning Office
- Özer, D., Z., & Özkan, M. (2012). The Effect of the Project Based Learning on the Science Process Skills of the Prospective Teachers of Science. *Journal of Turkish Science Education* Vol 9 Issue 3 : 131-136
- Thomas, J.W. (2000). *A Review of Research on Project Based Learning*. California : The Autodesk Foundation.
- Wena, M. (2013). *Strategi pembelajaran inovatif kontemporer: suatu tinjauan konseptual operasional*. Jakarta: Bumi Aksara

LAMPIRAN



THE EFFECTIVENESS OF PROJECT BASED LEARNING (PjBL) WORKSHEET TO IMPROVE SCIENCE PROCESS SKILL FOR SEVEN GRADERS OF JUNIOR HIGH SCHOOL IN THE TOPIC OF ENVIRONMENTAL POLLUTION

Cindy Paramita Citradevi✉, Arif Widiyatmoko, and Miranita Khusniati

Science Education Study Program,
Faculty of Mathematics and Natural Sciences,
Universitas Negeri Semarang (UNNES), Indonesia

Article Info

Received April 2017
Accepted August 2017
Published December 2017

Keywords:
Worksheets; Project Based Learning; science process skills; environmental pollution

Abstract

The science learning process is not only learn how to remember the materials, but also capable in science process skill and apply knowledge in scientific work. Through science process skill in learning science, the study is no longer focused on the end result, but also on the process. Project activity is one of learning activities which is appropriate to develop science process skill, through a project students can be actively involved in learning and able to understand the concepts. Project activities can be facilitated by teaching material in the form of worksheets because its more practical in its use. The purpose of this study was to determine the effectiveness of the use of project based learning worksheet on pollution in enhancing science process skills and understanding of the concept of students. This study was an experimental with the type of quasi-experimental research design. The experiment was conducted in Junior High School 7 Magelang with research subjects students of grade VII. The results showed the average percentage of science process skills students experimental class was 91% with good criteria once the fourth meeting, with the average percentage the first meeting was 39% with a sufficient criteria. Class control has an average percentage of science process skills of students is 45% with not good criteria on the fourth meeting, with the average percentage the first meeting is 36%. Understanding the concept of experimental class students have increase in average the value of N-gain of 0.46. As well as the experimental class has an average value of understanding the concept of a higher grade than the control based on the calculation of the t test with $t_{count} \geq t_{table}$ ($4.80 \geq 1.67$). Thus, project based learning worksheet on pollution effectively used to improve the understanding of the concept and science process skills of students.

© 2017 Universitas Negeri Semarang
p-ISSN 2252-6617
e-ISSN 252-6232

✉Corresponding author:
Cindy Paramita Citradevi
Science Education Study Program,
Faculty of Mathematics and Natural Sciences,
Universitas Negeri Semarang (UNNES),
Kampus Sekaran Gunungpati Semarang, Central Java, Indonesia 50229
E-mail: arif.widiyatmoko@mail.unnes.ac.id

INTRODUCTION

According to Pusat Kurikulum Balitbang Depdiknas Indonesia, by science education, hopefully students not only learn the science information about fact, concept, principle, or law in declaratively, but also learn about how to get those information, science method, and technology in procedural skill. It involves a scientific working habit by applying the science method and attitude. Science education not only learn how to remember the materials but also master the science process skills and apply it in scientific work (Jeenthong *et al.*, 2014).

Science process skills in learning science belongs to the important category because by improving students' science process skills, learning process doesn't only focus on the final result but also during the process (Fikriyah *et al.*, 2015). Students can understand the materials that has taught because they are involved actively in the learning process. Thus, the indicators of science process skills are also improved.

According to the observation taken in SMP Negeri 7 Magelang, it shows that teacher still guide students conventionally. The mean of conventional is by using the method of lecturing, discussing and conducting question and answer session. Those conventional method do not improve students' science process skills indicators. One of the indicators that has not improved in science learning process is students' skill of asking where generally only one or two students ask in each class. Students' skill of communication when they are having a presentation also still low because many students have not able to explain the result of their activity. Besides that, students have not been able to explain what will be happen in a condition which has not analysed yet in an experiment activity. This point belongs to the indicator of prediction in science process skills.

Looking at the students' cognitive result in the Mid-term test in odd semester, from 32 students in each class, generally only 12 students that pass the minimum standard score, where the minimum standard score for science subject is 76. In this case, teacher becomes one of factor that has important part in the teaching and learning process. For example, a teacher who infrequently conduct lab work although the tools in the laboratory has already completed.

Suratno (2010) said that the selection of learning strategy in improving the quality of learning process is important to be done in order to make the students understand about what teacher has taught easily. Learning strategy that can improve students' science process skills is a strategy that involve students actively in learning process (Ningsih, 2015).

One of ways that can be used to involve students to be active in class is through lab work, project, or other activities which can assist students to find the concept of the materials (Putra *et al.*, 2015). These activity can be applied in the use of media or teaching materials which can facilitate students to improve science process skills, for example students' worksheet.

According to Prastowo (2012) students' worksheet is one of teaching materials in the form of sheet of papers which consists of materials, summary and instructions of students' work which must to be done by students and refers to the basic competence.

Based the research taken by Prasetyo (2011) stated that there is significant influence among scientific work, scientific attitude, and worksheet to the students' achievement of science subject. In line with the previous point, the research that was taken by Arafah *et al.*, (2012) also stated that worksheet can improve students' achievement.

According to the analysis through worksheet which is used in SMP Negeri 7 Magelang, worksheet only serve materials' summary and exercises, therefore, it can't improve students' worksheet. The worksheet doesn't involve activities that involve students actively in the learning process to experience it directly. So that students' science process skills has not been improved.

One of alternative way which can help learning process and involve students actively is using project based learning worksheet. Project based learning worksheet is worksheet that is arranged based on the project based learning. This worksheet uses a project as the materials to find knowledge that is needed by students.

Worksheet is arranged with project based learning because using the learning method, students can be involved directly in the learning process because there is a project that finished individually or in a group. According to Widiyatmoko & Pamelasari (2012), each student has different learning style, so that project based

learning give chance to students exploring the materials by using any meaningful ways and do the lab work collaboratively. The project can be one of the activities that can help students revise their learning activity. This point has been in line with the argument from Rose & Prasetya (2014), project based learning give chance to students learning and cooperating in solving problem and then present the result of the activity in front of the audience. Many simple projects that can be done by students, so that students are more active in learning process and able to solve problem in daily life which has relation to the materials (Deta et al., 2013).

The previous point also stated by Sumarni (2013), learning activity in the model of project based learning that refers to finding, design and anything that can improve students' activity in minds-on and hands-on so that it raises students' effort to build the complex memory and rich of experience. The process of the project based learning make students easier to understand the materials because students directly apply the knowledge into a project they are arranged (Ong, et al., 2016). The project will make students easier to remember the concept that they got before. Project based learning is one of alternative learning that can be use not only measure cognitive aspect but also to show students' work (Hayati et al., 2013).

The existence of project based learning worksheet in teaching and learning process, students are motivated in learning, so that they are able to improve their science process skills. The purpose of this study is to know the effectiveness of project based learning worksheet to skill of students' science process skill in the topic of environment contamination and to know the effectiveness of project based learning worksheet to students' cognitive achievement in the topic of environmental pollution.

METHODS

This study is an experimental research which use quasi-experimental design-nonequivalent

control group design. In this design, the experimental group and control group are not decided randomly. The design is in the picture below.

O ₁	X	O ₂
O ₃	Y	O ₄

Figure 1. Nonequivalent Control Group Design

Information :

O1: pre-test of experimental group

O2: post-test of experimental group

O3: pre-test of control group

O4: post-test of control group

X : experimental group learn using Project-based learning worksheets

Y : control group learn using verification worksheets

The method that used in this study is observation, test, and questionnaire. Observation sheet is used to know students' science process skill. It uses Linkert scale where each of the aspect has 1-3 score. the test that taken in collecting the data are pre-test and post-test using objective questions. Questions instrument arranged based on the aim and indicators of the learning activity. While questionnaire is used to know teachers' and students opinion to the effectiveness of the use of project based learning worksheet in the topic of environmental pollution.

RESULTS AND DISCUSSION

This study aims to know the effectiveness of project based learning worksheet in the topic of environmental pollution. It means by the improvement of students' science process skill and students cognitive achievement. The experimental group and control group were given the same materials. However the media and the teaching materials are different. Experimental group used project based learning worksheet and control group used verification worksheet.

Project based learning worksheet before it is used in experimental group, it needs validation by the expert. The result of validation analysis can be seen clearly in table 1.

Table 1. Validation Scores Analysis Projects-based Learning Worksheet

Components	Judgments of the Expert		Average Percentage	Criteria
	1	2		
Eligibility Contents	93%	100%	96.5%	Very Good
Presentment	70%	100%	85%	Very Good
Graphical	75%	92%	83.5%	Very Good
Compliance with the syntax-based projects	79%	100%	89.5%	Very Good
Average Overall	79.25%	98%	88.6%	Very Good

Students' science process skills are measured using observation sheet by the observer. The indicators of science process skills which is measured in this study are 6 indicators. It involves observing, interpreting data, asking questions, communicating, using the tools, and doing an experiment. Indicators of science process skills that was measure analysed in each meeting during the learning activity. The result score conversed in the form of diagram. The average of science process skills score that is found for about 4 meetings can be seen in Figure 2.

Figure 2 shows that there is significant different average score between experimental group and control group. This study uses descriptive analysis where the result score of science process skills is conversed in the form of score, the it is tranfered in the form of percentage. In the experimental group, there is an improvement in each meeting. It means that the use of project based learning worksheet is effective in improving students' science process skills. The science process skills score got in each meeting are

elaborated in the form of table. In the first meeting, the average score of science process skills is displayed in Table 2.

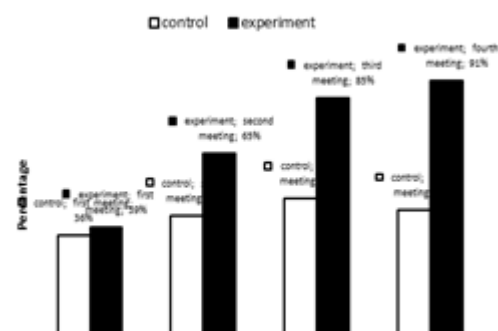


Figure 2. Diagram of science process skills indicators' improvement experimental group and control group in general.

Table 2. Average Score Students Science Process Skills in the First Meeting

Science Process Skills	Control Class (VII D)		Experiment Class (VII C)	
	Average Score	Criteria	Average Score	Criteria
Observing	42%	Not Good	43%	Not Good
Interpreting the data	33%	Not Good	42%	Not Good
Asking questions	38%	Not Good	42%	Not Good
Communicating	33%	Not Good	39%	Not Good
Using Equipment and Materials	33%	Not Good	33%	Not Good
Experimenting	33%	Not Good	33%	Not Good

The average score of students' science process skills both experimental group and control group are in the position of not good category. This problem exists because in the first meeting students only given the materials about environmental pollution, so that the most prominent indicator is observing. Skill of observing is the basic skill, how to observe the object and phenomenon using the five senses (Dimiyati & Mudjiono, 2009).

In experimental group, communicating is higher than control group because each group present the project in form of clipping which would be made in the following meeting. While in

control group students only listen what teacher said to them. According to Sumarni's (2013) argument, project based learning help students improve their communication skill in front of the class, delivering idea and explaining in front of the other students.

In the second meeting, science process skills from the observer in experimental group and control group involve in Table 3.

Table 3. Average Score of Students' Science Process Skills Second Meeting

Science Process Skills	Control Class (VII D)		Experiment Class (VII C)	
	Average Score	Criteria	Average Score	Criteria
Observing	52%	Good Enough	69%	Good
Interpreting the data	39%	Not Good	66%	Good Enough
Asking questions	37%	Not Good	61%	Good Enough
Communicating	60%	Good Enough	61%	Good Enough
Using Equipment and Materials	33%	Not Good	70%	Good
Experimenting	33%	Not Good	61%	Good Enough

The students' science process skills average score is starting to rise in the second meeting because there is project assignment in experimental group and discussion activity in control group. The skill of asking also shows its improvement. Asking is considered as teachers' activity to support, guide, and assess students' thinking ability. Spontaneous questions which delivered, stimulate students to think, discuss, and predict (Khusniati, 2012). In experimental group, the existence of project makes students to be more motivated and enthusiastic in learning.

Score percentage in control group also improved from the previous meeting. However, there is no significant improvement for the indicator of using tools and materials and doing an experiment because in this second meeting, students only discuss about certain phenomenon and then present the result by presentation in front of the class. Therefore, the skills of using tools and materials and doing experiment has not been improved.

In third meeting, the average score of students' science process skills indicator which measured by the observer is presented in Table 4.

Table 4. Average Score of Students Science Process Skills Third Meeting

Science Process Skills	Control Class (VII D)		Experiment Class (VII C)	
	Average Score	Criteria	Average Score	Criteria
Observing	53%	Good Enough	82%	Good
Interpreting the data	44%	Not Good	84%	Good
Asking questions	44%	Not Good	86%	Good
Communicating	66%	Good Enough	86%	Good
Using Equipment and Materials	43%	Not Good	84%	Good
Experimenting	48%	Not Good	88%	Very Good

Students' science process skills score in the fourth meeting in experimental group has significant improvement. It because the existence of simple project, it is the making of simple water filter to reduce environmental pollution, particularly water pollution. In control class, some of indicators also has improvement although it is

not significant. The cause is students only doing simple observation around their school environment about several kind of rubbish and how to manage it well.

In the fourth meeting, the data from each indicator present in Table 5.

Table 5. Average Score Students Science Process Skills Fourth Meeting

Science Process Skills	Control Class (VII D)		Experiment Class (VII C)	
	Average Score	Criteria	Average Score	Criteria
Observing	56%	Good Enough	89%	Very Good
Interpreting the data	44%	Not Good	88%	Very Good
Asking questions	45%	Not Good	89%	Very Good
Communicating	61%	Good Enough	91%	Very Good
Using Equipment and Materials	33%	Not Good	92%	Very Good
Experimenting	33%	Not Good	94%	Very Good

The percentage of students' science process skills score average in the last meeting shows that in experimental group there is significant improvement where the average science process skills' criteria that students got in the very good category. It because the existence of project that activate students in class, so that science process skills' indicators can be improved. While in control group, some indicators has reduction because students feel bored and unenthusiastic because the method in learning is only discussion and presentation.

In a project, students work collaboratively in class, so that it exercise them to cooperate in their group between the group member. The skills that improved by team collaboration makes learning activity to be more active where each individual has various skill. Thus, each of them try to show their skill in the group work. Active learning can guide students to improve scientific work (Kemendikbud, 2014; Warapsari & Saptorini, 2015).

The highest science process skills indicator in experimental group is the indicator of doing an experiment, while in control group is in the indicator of communicating in front of the class. It because in the experimental group students actively do their project assignment, so that there is an activity that activate learning hands-on and minds-on. The active students has good skill of science process because they pay attention and listen to the teacher carefully during the learning process (Winarti & Nurhayati, 2014).

This study not only measures students' science process skills but also look at the project based learning worksheet whether it is effective to improve students' cognitive achievement. The test that used in this study is n-gain test where the used data is pre-test and post-test from experimental group and control group that had already analysed the normality. Normality test aims to know whether the data has normal distribution or not to determine the statistical calculation. The result of the normality test shows that the data has normal distribution, thus the statistics that used is parametric statistics.

N-gain test aims to know the quantities of the students' comprehension improvement before and after receiving the treatment. The result of the improvement of the comprehension average between experimental group and control group can be seen in Table 6.

Table 6. Gain Results Experiment Class and Control Class

Class	Pretest	Posttest	Gain	Criteria
Control	55.12	64.12	0.20	Low
Experiment	55.62	76.00	0.46	Medium

The data according to table 6 shows that gain score for experimental group is 0.46 where it is on the middle category. While in the control group, the score is 0.20 where it is in the low category.

After the quantities of the students' cognitive improvement, then it is analysed the significance. Significance test of cognitive result uses post-test

score of experimental and control group. This test aims to know the difference of students' cognitive result between experimental group and control group. The statistical calculation is shown in Table 7.

Table 7. Results Significance Test Experiment Class and Controls Class

Class	fd	t_{count}	t_{table}	Criteria
Control	62	4.80	1.67	Accept null hypothesis if $t_{count} < t_{table}$
Experiment				

Table 7 shows that the price level of 5% $t_{count} = 4.80$, while the $t_{table} = 1.67$. Null hypothesis to the significance test that there is no significant improvement in cognitive achievement experimental class and control class after using a project-based student worksheets. Because the price $t_{count} > t_{table}$, then null hypothesis is rejected. The conclusion is there is a significant difference in improvement, where the cognitive learning experimental class is higher than the control class after using a project-based student worksheets. It shows that project based learning worksheet is effective in improving students' cognitive result in the topic of environmental pollution.

Students' science process skills in each meeting in this study has improved for the experimental group, it is the same with the research taken by Nurvitasari (2012), it talked about the project based learning implementation with the report product is the result of project work. The topic is vertebrate animal blood circulatory system. It shows that there is an improvement in students' science process skills.

Improvement of science process skills cause by the use of project based learning worksheet which invite students to be active in the learning process. This point is in line with Permendiknas (2006). It is said that good learning is learning by directly experience the learning, so that students will not be pasive receiving the information from the teacher but they try to find the concept through experiments. Students are easier to understand the materials because the learning process is the result their finding and experience. Thus, it will give deeper impression to students.

Project-based learning is a student-centered teaching model which place teacher as the class facilitator. It is supported by the argument from

Guo and Yang (2012). They said that in project based learning, teacher acts not-only as a resource but also as a guide and a facilitator. During the process of project making, teacher has duty to monitor students activity. Monitoring is done by facilitate students in each process. In other words, teacher acts as a mentor to students activity. Students are trained to do their duty and responsible in their group, so that the learning process runs more effectively.

In this study also wants to know students' response and teacher's response to the learning process using project based learning worksheet. The data is collected by using Linkert scale. The lowest sclae is 1 and the highest scale is 4. The result of the students questionnaire that has benn completed by experiment class and transfered into precentage form has 85% students are very agree to the statement. While teacher's response by interview, the result shows positive response to the learning process using project based learning worksheet in the topic of environmental pollution. The use of project based learning worksheet in science subject has some weaknesses. They are (1) the activities in the learning process is doing projects, so it spend times to make the project while the time allotment sometimes can not cover all the activities. (2) The class environment is not really good because some students still have chatting with their friends next to them.

Those weaknesses can influence science process skills and the students' cognitive result. However, the result of hypothese testing shows that students' achievement in experimental group is better than the control group. The existence of those weaknesses caused by unperfect teaching model. Each teaching model or strategy has its strenght and weaknesses. A teaching strategy is maybe appropriate to be used in other materials. Some solutions to overcome those weaknesses are: (1) before the learning process begins, students must be properly arranged, so that students can unerstand the materials well. Besides that, the project that needs to be arranged also can be finished well. (2) Teacher should pay attention to the time allocation. It must be appropriate with the projects that will be arranged in class during the learning process. Thus, the time will be effective and students can follow the learning process well.

CONCLUSION

According to the result of the study, it can be conclude that; (1) project based learning worksheet in the topic of environmental pollution can improve students science process skills in each meeting. Students are able to construct their knowledge through project they arranged. It is shown by the result of the study where the percentage of science process skills' average in experimental group is higher than the control group. (2) the use of project based learning worksheet can improve students' cognitive result. It is shown by the average score in experimental group is higher than the control group. The improvement of students achievement also can be seen from gain score in experimental class is higher (0.46) than control group (0.20).

REFERENCES

- Arafah, S. F., Priyono, B. & Ridlo, S. (2012). Pengembangan LKS Berbasis Berpikir Kritis Pada Materi Animalia. *Unnes Journal of Biology Education*, 1(1): 75-81.
- Deta, U.A., Suparmi, & Widha, S. (2013). Pengaruh Metode Inkuiri Terbimbing dan Proyek, Kreativitas, Serta Keterampilan Proses Sains Terhadap Prestasi Belajar Siswa. *Jurnal Pendidikan Fisika Indonesia*, 9(2013): 28-34.
- Dimiyati dan Mudjiono. (2009). *Belajar dan Pembelajaran*. Jakarta: PT Rineka Cipta.
- Fikriyah, M., & Gani, A. A. (2015). Model Pembelajaran Berbasis Proyek (Project Based Learning) Disertai Media Audio-Visual Dalam Pembelajaran Fisika Di Sman 4 Jember. *Jurnal Pembelajaran Fisika*, 4(2).
- Guo, S. & Yang, Y. (2012). Project-Based Learning: An Effective Approach To Link Teacher Professional Development And Students Learning. *Journal of Educational Technology Developoment and Exchange*, 5(2): 41-56.
- Hayati, M. N., Supardi, K. I., & Miswadi, S. S. (2013). Pengembangan pembelajaran ipa smk dengan model kontekstual berbasis proyek. *Innovative Journal of Curriculum and Educational Technology*, 2(1).
- Jeenthong, T., Ruenwongsa, P., & Sriwattanarothai, N. (2014). Promoting integrated science process skills through betta-live science laboratory. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 116, 3292-3296.
- Kementrian Pendidikan dan Kebudayaan. (2014). *Buku Guru Ilmu Pengetahuan Alam SMP/MTs Kelas VIII*. Jakarta: Katalog Dalam Terbitan (KDT).
- Khusniati, M. (2012). Pendidikan Karakter Melalui Pembelajaran IPA. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, 1(2): 204-210.
- Ningsih, E. S. (2015). *Penerapan Model Pembelajaran Project Based Learning Dengan Metode Eksperimen Untuk Meningkatkan Keterampilan Proses Sains Siswa Pokok Bahasan Pemantulan Cahaya*. Skripsi. Semarang: FMIPA Universitas Negeri Semarang.
- Nurvitasari, I. (2012). *Penerapan Model Project Based Learning untuk Meningkatkan Keterampilan Proses Sains Siswa Pada Konsep Sistem Peredaran Darah Hewan Vertebrata*. Skripsi. Bandung: Universitas Pendidikan Indonesia.
- Ong, E. T., Aminah, A. Y. O. B., Ibrahim, M. N., Adnan, M., Shariff, J., & Ishak, N. (2016). The effectiveness of an in-service training of early childhood teachers on STEM integration through Project-Based Inquiry Learning (PIL). *Journal of Turkish Science Education*, 13(3).
- Permendiknas. (2006). *Peraturan Menteri Pendidikan Nasional RI Nomor 22 Tahun 2006 Tentang Standar Isi untuk Satuan Pendidikan Dasar dan Menengah*. Jakarta : Kemendiknas.
- Prasetyo, Z. K., Senam, & Wilujeng, I. (2011). Pengembangan Perangkat Pembelajaran Sains Terpadu Untuk Meningkatkan Kognitif, Keterampilan Proses, Kreativitas Serta Menerapkan Konsep Ilmiah Siswa SMP. *Laporan Penelitian DIPA BLU UNY Tahun Anggaran 2010*. Yogyakarta: Universitas Negeri Yogyakarta.
- Prastowo, A. 2012. *Panduan Kreatif Membuat Bahan Ajar Inovatif*. Yogyakarta: Diva Press.
- Putra, N. A. R., Abdurrahman, A., & Suana, W. (2015). Pengaruh Keterampilan Proses Sains Dan Sikap Ilmiah Terhadap Pemahaman Konsep IPA Siswa SMP. *Jurnal Pembelajaran Fisika Universitas Lampung*, 3(4).
- Rose, R. A., & Prasetya, A. T. (2015). Keefektifan Strategi Project Based Learning Berbantuan Modul Pada Hasil Belajar Kimia Siswa. *Jurnal Inovasi Pendidikan Kimia*, 8(2).
- Sumarni, W. (2013). The Strengths and Weaknesses of the Implementation of Project Based Learning: A Review. *International Journal of Science and Research (IJSR) ISSN (Online): 2319-7064*.
- Suratno, S. (2016). Pemberdayaan Keterampilan Metakognisi Siswa Dengan Strategi Pembelajaran Jigsaw-reciprocal Teaching (Jirat). *Jurnal Ilmu Pendidikan*, 17(2).

- Warapsari, D., & Saptorini, S. (2015). Pengembangan Contextual Puzzle Dalam Pembelajaran Ipa Berbasis Proyek Tema Pencemaran dan Dampaknya Bagi Makhluk Hidup. *Unnes Science Education Journal*, 4(1)
- Widiyatmoko, A., & Pamelasari, S. D. (2012). Pembelajaran berbasis proyek untuk mengembangkan alat peraga IPA dengan memanfaatkan bahan bekas pakai. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, 1(1).
- Winarti, T., & Nurhayati, S. (2015). Pembelajaran Praktikum Berorientasi Proyek untuk Meningkatkan Keterampilan Proses Sains dan Pemahaman Konsep. *Jurnal Inovasi Pendidikan Kimia*, 8(2).

IMPLEMENTASI MODEL *PROJECT-BASED LEARNING* (PjBL) DALAM PEMBELAJARAN SAINS UNTUK MEMBANGUN *4CS SKILLS* PESERTA DIDIK SEBAGAI BEKAL DALAM MENGHADAPI TANTANGAN ABAD 21

Widodo Setiyo Wibowo

Prodi Pendidikan IPA FMIPA UNY

Email: widodo_setiyo@uny.ac.id, wistyo_sains@yahoo.com

ABSTRAK

Ada apa dengan abad 21? Abad ini menjadi spesial karena memiliki, peluang, tantangan, dan masalah yang sangat berbeda dengan masa-masa sebelumnya. Agar peserta didik mampu mengambil peran dalam abad ini maka sangat diperlukan penguasaan *21st century skills* yang dapat dicapai melalui proses pendidikan. Dunia pendidikan dituntut untuk dapat menyiapkan generasi penerus yang mampu mengikuti perkembangan jaman, bahkan menjadi pelaku pada proses perkembangan berikutnya. Ada 18 macam *21st Century Skills* yang perlu dibekalkan pada peserta didik, namun di antara itu, aspek *Learning and Innovation Skills-4Cs*, yaitu *critical thinking* (berpikir kritis), *communication* (komunikasi), *collaboration* (kolaborasi/kerjasama), dan *creativity* (kreatifitas), merupakan aspek keterampilan paling penting yang harus dikuasai peserta didik pada jenjang pendidikan dasar sampai menengah. Agar *4Cs Skills* dapat dikuasai peserta didik, guru harus mengintegrasikannya dalam proses pembelajaran, salah satunya pembelajaran sains. Pada hakikatnya sains merupakan produk dan proses, dengan demikian pembelajaran sains merupakan wahana yang sangat potensial untuk dapat mengembangkan *4Cs Skills*. Model *Problem Based Learning* (PjBL) merupakan salah satu model yang mampu menjembatani tercapainya *4Cs Skills* dalam pembelajaran sains. Pada PjBL, peserta didik melewati proses inkuiri yang lebih luas guna merespon pertanyaan yang kompleks, permasalahan, atau tantangan. Melalui serangkaian aktivitas pembelajaran ini diharapkan peserta didik mampu menguasai berbagai *21st Century Skills*, khususnya pada aspek *4Cs*. Model ini memiliki sintaks: *Start with the essential question, Design a plan for the project, Create a schedule, Monitor the students and the progress of the project, Assess the outcome, dan Evaluate the experience*. Untuk memandu guru dalam perencanaan, pengaturan, dan penilaian proyek yang mengarah pada pencapaian *4Cs Skills*, setiap tahap harus mempertimbangkan tiga aspek, yaitu *desain, develop, dan determine*. Pada tahap awal, guru harus mendesain proyek yang mengarah pada kesempatan munculnya *4Cs Skills*. Setelah itu bangun keterampilan peserta didik untuk sebuah proyek dengan memberikan pemahaman tentang bagaimana karakteristik masing-masing aspek *4Cs Skills* ini dan menyediakan tahap-tahap untuk mencapainya. Pada akhirnya, guru menentukan hasil dari hasil kerja proyek dengan menilai seberapa baik peserta didik telah mempelajari *4Cs Skills* dengan pendekatan yang seimbang.

Kata Kunci: *Pembelajaran Sains, Model PjBL, 4Cs Skills, Abad 21*

PENDAHULUAN

Abad ke-21 merupakan abad yang sangat berbeda dengan masa-masa sebelumnya, abad di mana ilmu pengetahuan dan teknologi berkembang dengan sangat cepat dan canggih. Sebagai contoh, dengan semakin berkembangnya teknologi informasi dan komunikasi, setiap orang dapat memperoleh informasi dan berkomunikasi tanpa ada batasan jarak dan waktu. Selain kemajuannya, secara bersamaan abad ini juga

memberikan berbagai tantangan dan masalah global seperti perubahan iklim, krisis ekonomi global, terorisme, globalisasi, pandemik penyakit, dan berbagai masalah lain yang harus mampu dihadapi dan diselesaikan.

Berbagai peluang, tantangan, dan masalah ini tentunya membawa dampak bagi cara pandang masyarakat terhadap kehidupan, baik yang bersifat keseharian maupun dunia pekerjaan. Jika dicermati, jenis-jenis pekerjaan saat ini menuntut kecakapan

yang berbeda dengan masa sebelumnya. Menurut National Education Association (NEA) (2002), tren pekerjaan yang membutuhkan keterampilan rutin telah mengalami penurunan sementara pekerjaan yang membutuhkan keterampilan nonrutin, analitis, dan komunikasi secara interaktif terus mengalami peningkatan. Ditambah lagi dengan adanya era globalisasi, membuat persaingan antar negara, antar bangsa, dan antar individu menjadi semakin ketat dan bebas. Persaingan ini akan membawa dampak bahwa siapa yang kuat dan siap yang akan bertahan dan yang tidak siap akan tergilas. Negara-negara maju yang telah memiliki sumber daya manusia yang unggul akan semakin “menjajah” negara berkembang yang kualitas sumber dayanya belum begitu baik.

Untuk dapat berperan dalam dunia global, setiap negara mutlak untuk menyiapkan generasi yang memiliki *21st Century skills*. Cara terbaik yang dapat dilakukan untuk mewujudkannya adalah melalui pendidikan. Dunia pendidikan dituntut untuk dapat menyiapkan generasi penerus yang mampu mengikuti perkembangan jaman, bahkan menjadi pelaku pada proses perkembangan berikutnya. Oleh karenanya dunia pendidikan harus membenahi kurikulum, manajemen pendidikan, tenaga kependidikan, strategi dan metode pendidikan, serta sistem evaluasi yang sesuai dengan abad 21. Rotherdam & Willingham (2009) mencatat bahwa kesuksesan seorang peserta didik tergantung pada kecakapan abad 21, sehingga peserta didik harus belajar untuk memilikinya. Menurut NEA (2002), ada 18 macam *21st Century Skills* yang perlu dibekalkan pada peserta didik, namun di antara itu, aspek *Learning and Innovation Skills-4Cs*, yaitu *critical thinking* (berpikir kritis), *communication* (komunikasi), *collaboration* (kolaborasi/kerjasama), dan *creativity* (kreatifitas), merupakan aspek keterampilan paling penting yang harus dikuasai peserta didik pada jenjang pendidikan dasar sampai menengah. Berdasarkan survei *The American Management Association* (AMA) 2010

menyebutkan bahwa *4Cs* akan menjadi sangat penting untuk organisasi di masa depan.

Agar *4Cs Skills* dapat dikuasai peserta didik, guru harus mengintegrasikannya dalam proses pembelajaran. Partnership for 21st Century Skills (2009) menyatakan bahwa keterampilan ini dapat diintegrasikan melalui berbagai mata pelajaran seperti bahasa inggris (bahasa resmi masing-masing negara), bahasa pergaulan dunia, seni, matematika, ekonomi, geografi, sejarah, pemerintahan, kewarganegaraan, dan tak ketinggalan juga sains. Pada hakikatnya sains merupakan produk dan proses, dengan demikian pembelajaran sains merupakan wahana yang sangat potensial untuk dapat mengembangkan *4Cs Skills*. Melalui berbagai pendekatan yang sesuai, pembelajaran sains diharapkan dapat mendorong peserta didik untuk melek sains dan teknologi, mampu berpikir logis dan kritis, berargumentasi secara rasional, serta bertindak secara komprehensif dalam memecahkan berbagai persoalan pada kehidupan nyata.

Namun jika dicermati lebih jauh, ternyata praktik pembelajaran sains di Indonesia selama ini belum sesuai dengan yang diharapkan. Praktik pembelajaran sains secara umum masih cenderung menggunakan metode ceramah dan *drill* soal guna menyelesaikan materi pelajaran dan mengejar target nilai ujian nasional. Peserta didik sekedar menghafal pengetahuan tetapi tidak dilatih untuk melakukan proses ilmiah untuk mengembangkan keterampilan prosesnya yang sangat berkaitan dengan *4Cs Skills*. Pembelajaran lebih didominasi oleh ceramah guru dan sesekali tanya jawab antara guru dengan peserta didik. Minimnya kesempatan peserta didik dalam menyampaikan gagasan dalam pembelajaran tentunya membuat keterampilan komunikasinya kurang terasah dengan baik. Selain itu, konsekuensi lain dari metode ini adalah peserta didik banyak bekerja secara individu sehingga keterampilan kolaborasinya juga kurang berkembang. Guru bertindak sebagai sumber informasi terbesar yang selalu menjejalkan konsep-konsep dan kurang memanfaatkan sumber belajar lain seperti internet dan lingkungan sekitar. Padahal penggunaan berbagai teknologi

informasi sebagai seperti internet sebagai sumber belajar atau media belajar dapat membantu peserta didik menjadi lebih berliterasi terhadap ICT (*information and communication technology*). Penggunaan lingkungan sekitar juga dapat membantu peserta didik untuk berkreasi dan peka terhadap permasalahan sains yang ada dalam kehidupan sehari-hari.

Pemerintah sebagai pemegang kebijakan tertinggi dalam dunia pendidikan terus melakukan perbaikan di antaranya dengan memperbaharui Kurikulum Tingkat Satuan Pendidikan (KTSP) 2006 menjadi Kurikulum 2013. Salah satu dasar perbaruan kurikulum adalah bahwa KTSP belum begitu adaptif dengan tantangan abad 21. Selain itu, yang tidak kalah penting adalah perbaikan dari segi proses pembelajaran. Guru sebagai ujung tombak pembelajaran harus mulai merubah pandangan mereka akan pembelajaran sains yang selama ini dijalakan. Pembelajaran yang selalu menekankan pada hafalan-hafalan fakta IPA harus mulai dikurangi. Tujuan pembelajaran harus diarahkan pada pembentukan *4Cs Skills* melalui serangkaian aktivitas dalam pembelajaran sains. Untuk mewujudkan pembelajaran sains yang mampu meningkatkan *4Cs Skills* tentunya juga diperlukan suatu model pembelajaran yang sesuai. Salah satu model pembelajaran yang biasa digunakan adalah *Project-Based Learning* (PjBL). Pada PjBL, peserta didik melewati proses inkuiri yang lebih luas guna merespon pertanyaan yang kompleks, permasalahan, atau tantangan. Melalui serangkaian aktivitas pembelajaran ini diharapkan peserta didik mampu menguasai berbagai *21st Century Skills*, khususnya pada aspek *4Cs*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Makna Sains dan Pembelajaran Sains

Menurut Chiappetta dan Koballa (2010:105), Sains didefinisikan sebagai sebuah landasan dasar kegiatan manusia yang dapat dilihat dari empat sudut pandang yang berbeda, yaitu:

1. sains sebagai cara untuk berpikir, yaitu aktivitas otak manusia yang dicirikan

dengan pemikiran yang terjadi dalam otak seseorang yang didorong oleh rasa keingintahuan, imajinasi, dan pemikiran yang didukung oleh proses, sikap, kepercayaan, dan nilai-nilai;

2. sains sebagai suatu cara penyelidikan atau penelitian, hal ini mengilustrasikan beberapa pendekatan untuk membangun pengetahuan;
3. sains sebagai bangunan sistematis ilmu pengetahuan (*body of knowledge*) yang terdiri dari fakta, konsep, prinsip, hukum, teori, dan model; serta
4. sains dan interaksinya dengan teknologi dan masyarakat.

Sementara itu, Carin (1993: 4-5) mendeskripsikan pengertian Sains secara lebih terstruktur dengan penjelasan-penjelasan yang sangat komprehensif. Sains sebagai “*the activity of questioning and exploring the universe and finding expressing its hidden order*”, SAINS sebagai suatu aktivitas dalam rangka menanyakan dan mengeksplorasi alam semesta dan menemukan sesuatu yang masih belum diketahui.”...*can be directly observed or experienced*”, aktivitas tersebut dapat dilakukan dengan cara observasi dan eksperimen. “...*look for underlying patterns, and propose explanatory schemes to bring coherence to their observations*” kegiatan observasi dan eksperimen dilakukan dalam rangka untuk mengetahui intisari yang diobservasi dan memberikan penjelasan terstruktur berkaitan dengan intisari yang diobservasi tersebut. “...*science offers us ways to interpret nature’s events and methods*...” penjelasan terstruktur yang dihasilkan merupakan suatu interpretasi tentang kejadian alam yang diobservasi dan metode yang digunakan. “...*a process of constructing models of reality*” kemudian membuat suatu model yang dapat digunakan untuk menjelaskan realita alam yang terjadi. Paparan yang dkemukakan oleh Carin terangkum dalam lima point penting untuk menjelaskan “*what is science?*”. Lima point penting tersebut adalah *order and organizing, observation, interpretation, tentativeness, dan*

modeling. Kelima hal itu merupakan hal-hal yang terkandung dalam *science* itu sendiri.

Berdasarkan pendapat di atas, dapat dipahami bahwa Sains mengandung tiga definisi yaitu sebagai sejumlah disiplin ilmu, sebagai sekumpulan pengetahuan, dan sebagai metode-metode. Disamping itu ditegaskan pula bahwa Sains merupakan suatu rangkaian konsep-konsep yang berkaitan dan berkembang dari hasil eksperimen dan observasi. Sains juga merupakan suatu tubuh pengetahuan (*body of knowledge*) dan proses penemuan pengetahuan. Dengan demikian, pada hakekatnya Sains merupakan suatu produk dan proses. Sains sebagai produk meliputi fakta, konsep, prinsip, teori dan hukum. Sains sebagai proses meliputi cara-cara memperoleh, mengembangkan dan menerapkan pengetahuan yang mencakup cara kerja, cara berfikir, cara memecahkan masalah, dan cara bersikap. Sains dirumuskan secara sistematis, terutama didasarkan atas pengamatan eksperimen dan induksi.

Hakikat ini tentunya membawa konsekuensi pada bagaimana cara untuk membelajarkannya. Interaksi antara manusia dengan lingkungan merupakan ciri pokok dalam pembelajaran sains. Pembelajaran Sains bukanlah sekedar proses mempelajari sains sebagai produk, menghafalkan konsep, teori dan hukum semata. Dengan demikian, pembelajaran sains diharapkan dapat menjadi wahana bagi peserta didik untuk mempelajari diri sendiri dan alam sekitar, serta mampu menerapkannya di dalam kehidupan nyata. Proses pembelajarannya menekankan pada pemberian pengalaman langsung untuk mengembangkan kompetensi agar menjelajahi dan memahami alam sekitar secara ilmiah.

Penekanan pembelajaran sains berbeda-beda pada setiap tingkat pendidikan. Pembelajaran sains terpadu merupakan salah satu model implementasi kurikulum yang dianjurkan untuk diaplikasikan pada tingkat ini. Dalam paradigma kurikulum 2013 ini,

pembelajaran IPA di SD dan SMP dilaksanakan dengan pendekatan terpadu. Pembelajaran IPA terpadu merupakan pembelajaran yang menggabungkan bidang kajian (konten) dengan konteks dan keterampilan-keterampilan dalam IPA. Pembelajaran IPA terpadu dapat memberikan pengalaman langsung untuk membekali peserta didik dengan keterampilan, sikap, dan pengetahuan, kreativitas, dan aplikasi.

B. 4Cs Skills dan Urgensinya guna Menghadapai Tantangan Abad 21

21st Century Skills merupakan serangkain kecakapan yang harus dimiliki seseorang agar mampu menghadapi tantangan abad 21. Jenis-jenis kecakapan ini sangat beragam. Kang *et al.*, (2012) memberikan kerangka kecakapan abad 21 dalam domain kognitif, afektif, dan budaya sosial. Domain kognitif terbagi dalam sub domain: kemampuan mengelola informasi, yaitu kemampuan menggunakan alat, sumberdaya dan ketrampilan inkuiri melalui proses penemuan; kemampuan mengkonstruksi pengetahuan dengan memproses informasi, memberikan alasan, dan berpikir kritis; kemampuan menggunakan pengetahuan melalui proses analitis, menilai, mengevaluasi, dan memecahkan masalah; dan kemampuan memecahkan masalah dengan menggunakan kemampuan metakognisi dan berpikir kreatif. Domain afektif mencakup sub domain: identitas diri yakni mampu memahami konsep diri, percaya diri, dan gambaran pribadi; mampu menetapkan nilai-nilai yang menjadi nilai-nilai pribadi dan pandangan terhadap setiap permasalahan. Pengarahan diri ditunjukkan dengan menguasai diri dan mampu mengarahkan untuk mencapai tujuan dalam bingkai kepentingan bersama. Akuntabilitas diri ditunjukkan dengan inisiatif, prakarsa, tanggungjawab, dan sikap menerima dan menyelesaikan tanggungjawabnya. Domain budaya sosial ditunjukkan dengan terlibat aktif dalam keanggotaan organisasi sosial, diterima

dalam lingkungan sosial, dan mampu bersosialisasi dalam lingkungan.

Partnership for 21st Century Skills (P21) (2009) mengidentifikasi kecakapan abad 21 menjadi beberapa aspek, yaitu *life and career skills, learning and innovation skills-4Cs, information, media, and technology skills*. Di antara ketiga aspek tersebut, aspek *learning and innovation skills* merupakan aspek yang penting untuk dikuasai oleh peserta didik. Aspek ini meliputi *critical thinking* (berpikir kritis), *communication* (komunikasi), *collaboration* (kolaborasi), dan *creativity* (kreativitas) yang kemudian disingkat dan dikenal dengan *4Cs*. Berpikir kritis berarti peserta didik mampu mensikapi ilmu dan pengetahuan dengan kritis, mampu memanfaatkan untuk kemanusiaan. Terampil memecahkan masalah berarti mampu mengatasi permasalahan yang dihadapinya dalam proses kegiatan belajar sebagai wahana berlatih menghadapi permasalahan yang lebih besar dalam kehidupannya. Keterampilan komunikasi merujuk pada kemampuan mengidentifikasi, mengakses, memanfaatkan dan mengoptimalkan perangkat dan teknik komunikasi untuk menerima dan menyampaikan informasi kepada pihak lain. Terampil kolaborasi berarti mampu menjalin kerjasama dengan pihak lain untuk meningkatkan sinergi. Senada dengan P21, NEA (2002) memperkuat bahwa untuk mencapai sukses dan mampu bersaing di masyarakat global, peserta didik harus ahli dan memiliki kecakapan sebagai komunikator, kreator, pemikir kritis, dan kolaborator.

Agar *4Cs* dapat mudah untuk dicapai, berikut diberikan definisi dan kriteria dari setiap aspek:

1. *Critical Thinking* (berpikir kritis)

Berpikir kritis dan penyelesaian masalah dapat didefinisikan dalam banyak cara, P 21 mendefinisikan berpikir kritis sebagai berikut:

- a. Beralasan dengan efektif: menggunakan berbagai macam tipe *reasoning* (induktif, deduktif, dan

sebagainya) yang sesuai dengan situasi.

- b. Menggunakan sistem berfikir: menganalisis bagaimana bagian dari keseluruhan berinteraksi dengan yang lain untuk menghasilkan semua *outcome* dalam sistem kompleks.
- c. Membuat penilaian dan keputusan: (1) menganalisis dan mengevaluasi bukti, pendapat, tuntutan, dan kepercayaan dengan efektif; (2) menganalisis dan mengevaluasi sudut pandang alternatif utama; (3) mensintesis dan membuat keterhubungan di antara informasi dan pendapat; (4) menginterpretasikan informasi dan menggambarkan keputusan berdasarkan hasil analisis; dan (5) merefleksi secara kritis pada pengalaman belajar dan proses.
- d. Menyelesaikan masalah: (1) menyelesaikan berbagai macam masalah yang tidak umum dalam cara yang konvensional dan inovatif; dan (2) mengidentifikasi dan bertanya pertanyaan signifikan yang mengklarifikasi berbagai macam sudut pandang dan menghasilkan solusi yang lebih baik.

2. *Communication* (komunikasi)

Komunikasi dapat didefinisikan dalam berbagai cara, tetapi P 21 mendefinisikan keterampilan komunikasi sebagai berkomunikasi dengan jelas, yang meliputi kriteria:

- a. Pandai mengeluarkan ide dan pemikiran dengan efektif baik secara oral, tertulis, dan nonverbal dalam berbagai bentuk dan konteks.
- b. Mendengarkan dengan efektif untuk menguraikan arti, pengetahuan, nilai, sikap, dan kepentingan.
- c. Menggunakan komunikasi untuk rentang tujuan (seperti untuk menginformasikan, menginstruksikan, memotivasi, dan membujuk).
- d. Menggunakan berbagai tingkatan media dan teknologi, dan tahu

bagaimana untuk mengukur dampak dan keefektifannya.

- e. Komunikasi dengan efektif dalam berbagai lingkungan (termasuk multibahasa dan multicultural).

3. *Collaboration* (kolaborasi)

Kolaborasi dapat didefinisikan dalam berbagai cara, tetapi P21 mendefinisikan keterampilan komunikasi sebagai berkolaborasi dengan orang lain yang meliputi:

- a. Menunjukkan kemampuan untuk bekerja dengan efektif dan bertanggung jawab dengan tim yang beragam.
- b. Berlatih secara fleksibel dan kemauan untuk membantu dalam membuat keputusan penting untuk menyelesaikan tujuan umum.
- c. Mengambil tanggung jawab bersama untuk kerja kolaboratif, dan nilai kontribusi individu oleh masing-masing anggota tim.

4. *Creativity* (kreativitas)

Kreativitas dapat didefinisikan dalam berbagai cara, tetapi P 21 mendefinisikan keterampilan kreativitas sebagai berikut:

- a. Berfikir dengan kreatif: (1) menggunakan jangkauan yang lebar dalam teknik pembuatan ide (seperti curah ide); (2) mengkreasikan ide yang baru dan bermanfaat (baik konsep tambahan maupun dasar); dan (3) menguraikan, menyuling, menganalisis, dan mengevaluasi ide asli untuk memperbaiki dan memperbesar usaha kreatif.
- b. Bekerja secara kreatif dengan orang lain: (1) mengembangkan, mengimplementasikan, dan mengkomunikasikan ide baru kepada yang lain dengan efektif; (2) terbuka dan mau mendengarkan ide dan perspektif yang berbeda; melibatkan masukan kelompok dan umpan balik kedalam pekerjaan; (3) menunjukkan keaslian dan daya temu dalam bekerja dan memahami keterbatasan dunia nyata untuk mengangkat ide baru; dan (4)

memandang kegagalan sebagai kesempatan belajar; memahami bahwa kreativitas dan inovasi adalah bagian dari jangka panjang, proses siklus kesuksesan kecil dan acapkali kesalahan.

- c. Mengimplementasikan inovasi: berperilaku dengan ide kreatif untuk membuat kontribusi yang nyata dan bermanfaat kepada area dimana inovasi akan terjadi.

Agar peserta didik mampu menguasai *21st century skills* ini, maka komponen-komponen keterampilan ini harus diintegrasikan dalam pembelajaran. Beers (2012) mengemukakan prinsip kunci dalam mengintegrasikan *21st century skills* dalam pembelajaran sebagai berikut:

1. Menghubungkan materi kedalam aplikasi dan situasi masalah dunia nyata agar peserta didik menyadari bahwa apa yang mereka pelajari berhubungan dengan kehidupan sehari-hari.
2. Penekanan pada pemahaman yang mendalam dalam pembelajaran dengan memfokuskan pada proyek dan masalah yang meminta peserta didik untuk menggunakan materi yang telah dipelajari dalam cara baru dan menyebarluaskan pemahamannya kepada peserta didik lain melalui kolaborasi.
3. Bantu pemahaman peserta didik dan monitor proses berfikir yang mereka gunakan dengan memasukkan aktivitas metakognitif yang meminta peserta didik untuk merefleksikan struktur berfikir dan keefektifan strategi berfikir yang digunakan.
4. Penggunaan teknologi untuk membantu peserta didik mengakses, menganalisis, mengorganisasi, dan membagi apa yang mereka pelajari dan mengizinkan peserta didik meletakkan alat yang sesuai dengan tugas secara mandiri.
5. Menyediakan kesempatan peserta didik untuk menjadi “kreator sebaik konsumen informasi yang terpublikasi” Apple dalam Beers (2012) dengan menyediakan kesempatan untuk

mengkreasikan dan memferivikasi masukan dalam tepat kolaborasi dan mengevaluasi kontribusi yang lain.

6. Mengaitkan peserta didik dalam menyelesaikan masalah kompleks yang membutuhkan *high order thinking* (HOT) dan aplikasi materi dan hasilnya dalam perspektif baru dan solusi dari masalah.
7. Penyediaan kesempatan peserta didik untuk bekerja secara kolaboratif sepanjang mereka mengumpulkan informasi, menyelesaikan maslah, berbagi ide, dan menggeneralisasikan ide baru.
8. Pengembangan keterampilan hidup dan kerja dengan membuat kesempatan peserta didik untuk menjadi pembelajar mandiri yang bertanggung jawab terhadap pembelajarannya dan yang belajar bagaimana bekerja secara efektif dengan yang lain.
9. Membantu peserta didik membuat keterhubungan di antara mata pelajaran, konsep dan ide dan yang lain, termasuk apa yang ada diluar kelas.
Jadi kunci dalam pengintegrasian *21st century skills* kedalam kelas adalah aplikasi, koneksi, dan partisipasi.

C. Makna Model PjBL dan Implementasinya Guna Membangun *4Cs Skills* Peserta Didik

Pembelajaran berbasis proyek merupakan model pembelajaran yang sudah banyak dikembangkan di negara-negara maju seperti Amerika Serikat. Menurut *The George Lucas Educational Foundation* (2004), definisi komprehensif tentang pembelajaran berbasis proyek adalah sebagai berikut:

1. *Project-based learning is curriculum fueled and standards based.* Pembelajaran berbasis proyek merupakan pendekatan pembelajaran yang menghendaki adanya standar isi dalam kurikulumnya. Melalui pendekatan tersebut, proses inkuiri dimulai dengan memunculkan pertanyaan penuntun (*a guiding question*) dan membimbing peserta didik dalam sebuah proyek kolaboratif

yang mengintegrasikan berbagai subyek materi dalam kurikulum. Ketika pertanyaan terjawab, peserta didik dapat melihat berbagai elemen mayor sekaligus berbagai prinsip dalam sebuah disiplin yang sedang dikajinya.

2. *Project-based Learning asks a question or poses a problem that each student can answer.* Pembelajaran berbasis proyek merupakan model pembelajaran yang menuntut guru dan atau peserta didik mengembangkan pertanyaan penuntun (*a guiding question*). Model tersebut memberikan kesempatan kepada peserta didik sesuai dengan gaya belajarnya masing-masing untuk menggali konten (materi) dengan menggunakan berbagai cara yang bermakna bagi dirinya, dan melakukan eksperimen secara kolaboratif. Hal ini memungkinkan setiap peserta didik pada akhirnya mampu menjawab pertanyaan penuntun. Kamdi (2010) dari hasil penelitiannya mengatakan, bahwa ada tiga cara yang biasa dilakukan untuk memandu peserta didik menemukan dan menentukan masalah proyeknya, yaitu peserta didik melakukan observasi, peserta didik dibimbing mengkaji obyek tertentu dan peserta didik dibimbing mengidentifikasi masalah.
3. *Project-based learning asks student to investigate issues and topics addressing real-world problem while integrating subjects across the curriculum.* Pembelajaran berbasis proyek merupakan investigasi mendalam tentang sebuah topik dari dunia nyata, merupakan hal yang berharga bagi atensi dan usaha peserta didik. Pendekatan ini menuntut peserta didik membuat “jembatan” yang menghubungkan antara berbagai subyek materi. Hal senada dinyatakan oleh Thomas, Buck Institute for Education (Kamdi, 2010) dan *National Academy Foundation*, “Well-designed projects ask students to: Tackle real problems and issues that have importance to people beyond the

classroom”, bahwa proyek yang dirancang dengan baik meminta peserta didik untuk mengatasi masalah nyata dan isu-isu penting masyarakat yang terjadi di luar kelas. Sehingga proyek yang dibangun oleh peserta didik berdasarkan pengamatan terhadap permasalahan dunia nyata di sekitar mereka akan memberikan kebermaknaan bagi mereka.

4. *Project-based learning is a method that fosters abstract, intellectual tasks to explore complex issues.* Pembelajaran berbasis proyek merupakan pendekatan pembelajaran yang memperhatikan pemahaman. Peserta didik melakukan eksplorasi, penilaian, interpretasi dan mensintesis informasi melalui cara yang bermakna.

Pembelajaran berbasis proyek merupakan salah satu pendekatan dengan lingkungan belajar yang mendorong peserta didik membangun pengetahuan dan kecakapan secara personal. Ketika pembelajaran ini berlangsung secara kolaboratif dalam kelompok, hal ini memungkinkan pengembangan kognitif melalui interaksi antarpersonal. Pengalaman pemberdayaan individu terbentuk dalam proses penyampaian ide, mendengarkan ide orang lain, dan merefleksikan ide sendiri pada ide-ide orang lain.

Menurut Altun *et al.*, (2009) pembelajaran berbasis proyek adalah suatu pendekatan pembelajaran yang menganggap proyek sebagai bagian dari infrastruktur. Proyek berupa pemikiran, pencitraan dan fungsi. Dengan didasarkan pada pemikiran, pencitraan dan fungsi, hal itu untuk melatih kreatifitas individu yang bertanggung jawab pada hasil belajar mereka sendiri. Pembelajaran ini mementingkan kualitas perilaku individu dan memerlukan proses belajar yang berbeda. Proyek adalah tugas yang kompleks, berdasarkan pertanyaan-pertanyaan atau masalah yang menantang, yang melibatkan peserta didik dalam desain, pemecahan masalah, pengambilan keputusan, atau kegiatan investigasi,

memberikan peserta didik kesempatan untuk bekerja secara otonom dalam satu kurun waktu, dan berujung pada produk nyata atau presentasi. Dalam hal ini bisa diartikan bahwa peserta didik diberikan kebebasan untuk merencanakan aktivitas belajar, melaksanakan proyek secara kolaboratif dan akhirnya menghasilkan produk yang dapat dipresentasikan.

Langkah-langkah dalam pembelajaran berbasis proyek seperti yang telah dikembangkan oleh *The George Lucas Educational Foundation* (2004) terdiri dari:

1. *Start With the Essential Question.*
Pembelajaran dimulai dengan pertanyaan esensial yang dapat memberi penugasan peserta didik dalam melakukan suatu aktivitas. Mengambil topik yang sesuai dengan dunia riil dan dimulai dengan sebuah investigasi yang mendalam. Guru berusaha agar topik yang diangkat relevan untuk peserta didik.
2. *Design a Plan for the Project*
Agar peserta didik merasa “memiliki” proyek tersebut, maka perencanaan proyek dilakukan secara kolaboratif antara guru dengan peserta didik. Perencanaan berisi tentang aturan main, pemilihan aktivitas untuk menjawab pertanyaan esensial, dengan cara mengintegrasikan berbagai subyek yang mungkin, serta mengetahui alat dan bahan untuk membantu penyelesaian proyek.
3. *Create a Schedule*
Jadwal penyelesaian proyek disusun secara kolaboratif oleh guru dan peserta didik yang berisi aktivitas: (a) membuat *timeline* untuk menyelesaikan proyek, (b) membuat *deadline* penyelesaian proyek, (c) mengajak peserta didik agar merencanakan cara yang baru, (d) membimbing peserta didik ketika membuat cara yang tidak berhubungan dengan proyek, dan (e) meminta peserta didik untuk membuat alasan tentang pemilihan suatu cara.
4. *Monitor the Students and the Progress of the Project*

Guru bertanggung jawab memonitor aktivitas peserta didik selama menyelesaikan proyek dengan cara memfasilitasi menjadi mentor merekam dalam aktivitas peserta didik. Untuk mempermudah proses monitoring, dibuat rubrik yang dapat merekam seluruh aktivitas yang penting.

5. *Assess the Outcome*

Penilaian dilakukan untuk membantu guru dalam mengukur ketercapaian standar, berperan dalam mengevaluasi kemajuan masing-masing peserta didik, memberi umpan balik dari tingkat ketercapaian pemahaman peserta didik, membantu guru dalam menyusun strategi pembelajaran berikutnya.

6. *Evaluate the experience*

Pada akhir pembelajaran, guru dan peserta didik melakukan refleksi terhadap aktivitas dan hasil proyek yang sudah dilakukan. Refleksi dilakukan baik secara individu maupun kelompok. Pada tahap ini peserta didik diminta untuk mengungkapkan perasaan dan pengalamannya selama menyelesaikan proyek. Guru dan peserta didik mengembangkan diskusi untuk memperbaiki kinerja selama proses pembelajaran, sehingga ditemukan suatu temuan baru (*new inquiry*) untuk menjawab permasalahan yang diajukan di tahap pertama.

PjBL memberikan peluang kepada peserta didik untuk mempelajari konsep sains secara mendalam sekaligus juga *21st Century Skills*. Praktik PjBL sangat bergantung pada tingkatan kelas dan mata pelajaran, proyek harus memberikan kesempatan pada aspirasi peserta didik dan harus direncanakan, diatur, dan dinilai dengan hati-hati untuk menghubungkan konten akademik dengan *21st Century Skills* (seperti 4Cs) melalui perkembangan kualitas, produk otentik, dan presentasi (e.g., Mergendoller, Markham, Ravitz & Larmer, 2006). Untuk memandu guru dalam perencanaan, pengaturan, dan penilaian proyek yang mengarah pada pencapaian 4Cs, setiap tahap harus

mempertimbangkan tiga aspek, yaitu *design*, *develop*, dan *determine* (John Larmer, 2013).

Pada tahap *design*, guru harus mendesain proyek yang mengarah pada kesempatan munculnya 4Cs. Hal ini dapat dilakukan dengan cara: (1) Ciptakan pertanyaan pengarah proyek yang mendukung berpikir kritis dengan menggunakan kata seperti “paling efektif” atau “terbaik”, yang menuntut peserta didik untuk menggunakan kriteria untuk sampai pada sebuah jawaban; (2) Desain proyek yang menekankan pada berpikir kritis, misalnya penyelidikan ilmiah; (3) Pertimbangkan alasan sebenarnya mengapa peserta didik harus bekerja secara kolaboratif dalam proyek tertentu dari pada mereka bekerja dalam tim yang sudah otomatis; (4) Temukan cara agar peserta didik dapat berinteraksi dengan ahli dan berkomunikasi kepada audien yang sesungguhnya dalam sebuah proyek; serta (5) Gugahlah kreativitas dan inovasi pada proyek yang menyertakan desain dan tantangan untuk menemukan, dan tugas pemecahan masalah.

Pada tahap *develop*, guru harus membangun keterampilan peserta didik untuk sebuah proyek dengan memberikan pemahaman tentang bagaimana karakteristik masing-masing aspek 4Cs ini dan menyediakan tahap-tahap untuk mencapainya. Hal ini dapat dilakukan dengan cara: (1) Mintalah peserta didik untuk berpikir tentang contoh nyata dalam kehidupan tentang bagaimana orang berpikir secara kritis, bekerja dalam tim, berkomunikasi dengan audien, dan menggunakan kreativitas untuk menghasilkan produk atau memecahkan masalah; (2) Ajari peserta didik bagaimana mengikuti proses pemecahan masalah dan mengevaluasi sumber informasi dan kemungkinan jawaban untuk membuat pertanyaan pengarah; (3) Bentuk tim proyek dengan strategi, tekankan pembagian kepemimpinan, jalankan aktivitas pembangunan tim, sediakan aturan untuk kolaborasi, dan ajari bagaimana cara mengambil keputusan

dalam sebuah tim; (4) Kuatkan kemampuan berbicara dan mendengar secara aktif, ajari bagaimana cara berkomunikasi dengan ahli yang lebih tua, gunakan teknologi komunikasi, dan rencanakan dan lakukan presentasi; serta (5) Kembangkan budaya kelas yang membangun kreativitas dengan menguatkan “ide gila” dan tidak mempermasalahkan kegagalan, ajari bagaimana cara curah pendapat untuk memperbaiki draf kasar dan *prototype*.

Pada tahap *determine*, guru menentukan hasil dari hasil kerja proyek dengan manila seberapa baik peserta didik telah mempelajari 4Cs dengan pendekatan yang seimbang. Hal ini dapat dilakukan dengan cara: (1) Sediakan rubrik yang menggambarkan masing-masing 4Cs *Skills* untuk memandu peserta didik dari awal hingga akhir proyek; (2) Mintalah peserta didik menjaga jurnal proyek untuk merekam dan merefleksikan penggunaan 4Cs *Skill* mereka selama proyek; (3) Bantu peserta didik merefleksikan bagaimana mereka telah menunjukkan peningkatan kompetensi pada 4Cs *Skills* pada setiap akhir dari proyek; (4) Sertakan aspek 4Cs *Skills* pada sistem penilaian.

Selain beberapa tahap yang dapat membantu guru dalam mencapai 4Cs Skill melalui pembelajaran sains dengan Model PjBL, ada beberapa tips khusus bagaimana cara mencapai tiap-tiap aspek 4Cs *Skills*. **Berpikir kritis:** Ada beragam cara untuk mengembangkan ketampilan berpikir kritis, dan seorang guru memiliki sejumlah cara untuk mengintegrasikannya kedalam kelas. Sebuah pertanyaan pengarah yang bagus adalah yang open-ended, dengan tanpa satu jawaban mutlak, yang meminta peserta didik untuk menunjukkan pengetahuannya yang diperoleh secara terbimbing bukan sekedar “disuapi”. Setting ini merupakan warna dari proses berpikir kritis pada sebuah proyek. Peserta didik dengan segera sadar dia tidak akan bisa mendapatkan jawaban hanya dengan melihat halaman tertentu dari suatu buku tetapi mereka harus berpikir secara mendalam untuk mengeliminasi

kemungkinan, membandingkan dan mempertentangkan ide, dan akhirnya mendapat solusi.

Komunikasi: Dapatkah peserta didik menunjukkan secara efektif kepada teman lain apa yang mereka tau dan mengkomunikasikan ide mereka dengan cara yang jelas? Cara berkomunikasi adalah apa yang dipikirkan dan ditaksir, bukan hanya kemampuannya dalam berbincang dengan tetangganya. Presentasi oral adalah cara yang baik untuk mengukur keterampilan berkomunikasi, tetapi ada hal lain yang dapat dilakukan untuk menunjukkan perkembangan keterampilan komunikasi. Ketika peserta didik mendesain sebuah model atom, hasil proyeknya ini mengkomunikasikan pengetahuannya kepada yang lain, dan jika terlaksana dengan efektif, hal ini dapat menggantikan presentasi oral atau paling tidak memperkuat presentasi. Ketika peserta didik diminta untuk menyelesaikan soal aplikasi sains di depan kelas, langkah-langkahnya mengkomunikasikan bagaimana cara dia mendapatkan jawaban.

Kreativitas: Ketika peserta didik memiliki kemampuan untuk menghasilkan pendekatan yang berbeda pada suatu masalah, yaitu tidak diatur secara kaku, tapi terbimbing, kreativitasnya teruji dan pemikiran dengan level yang lebih tinggi terjadi. Dalam sebuah proyek, kreativitas dapat ditunjukkan dalam berbagai cara. Pendekatan yang berbeda untuk suatu pertanyaan atau topik bahasan akan membantu mengarahkan kreativitas. Desain fisik pada sebuah proyek, sering kali menjadi cara yang baik untuk mengukur kreativitas. Jika hasil akhir dari suatu proyek adalah untuk membuat produk tertentu (misal model kapal selam), peserta didik akan bertanya berkali-kali tentang bagaimana detail dari model tersebut, meminta contoh agar mereka tahu apa yang harus dilakukan. Ketika guru menunjukkan contohnya, maka peserta didik akan mengarahkan segenap usaha untuk meniru dan tidak menggunakan kreativitasnya. Di sisi lain, jika guru hanya

memberikan petunjuk seperti "Kalian membutuhkan bahan yang terbuat dari plastik, alat untuk menyalurkan udara, dan sebagainya", peserta didik diberikan ide untuk berhasil, tapi tidak memberikan jawaban untuk mereplikasi. Sebagai hasil, peserta didik akan membuat proyek yang berbeda dan unik antara satu dengan yang lain.

Kolaborasi: Ada sebuah pepatah Jepang mengatakan bahwa "tidak satupun dari kita yang sepandai kita semua." Kebanyakan orang merasa bahwa mereka dapat mencapai hasil yang lebih baik jika mereka dapat berbagi dan menerima gagasan dari orang lain, tetapi pendekatan instruksi langsung bertentangan itu dan peserta didik berkali-kali dipaksa untuk mencari hal-hal secara individu. Terlalu banyak guru mengambil pendekatan "my way or the highway" untuk mengajar dan bingung ketika peserta didik tertinggal di jalan raya itu. Mereka menikmati ketenangan dan ketertiban kelas dimana peserta didik dilarang berbicara karena sebagai guru, ia memiliki semua jawaban serta pertanyaan yang tepat. Sebuah kelas PBL pasti memiliki itu saat di mana guru perlu untuk mengatasi kelas, tetapi ada juga kesempatan yang cukup bagi peserta didik untuk berbicara dengan rekan-rekan mereka dan bekerja di luar skenario dan ide-ide mereka sendiri. Pikirkan, pasangan, berbagi, dan jigsaw adalah hal yang umum, cara formal untuk mengajar kolaborasi, tapi percakapan informal antara dua peserta didik juga berharga. Ketika peserta didik diberi masalah, kolaborasi membantu untuk mencapai hasil terbaik berkali-kali, lebih kreatif dan pada tingkat berpikir yang lebih tinggi daripada ketika peserta didik mencoba untuk melakukannya sendiri. Orang-orang secara alami adalah kolaborator dan diajarkan untuk belajar seperti itu sejak awal ketika mereka duduk berkelompok di sekolah dasar. Ketika mereka masuk sekolah menengah, mereka dipaksa untuk duduk dalam baris-baris dan diminta untuk tetap tenang sehingga mereka dapat mencatat apa yang ada di *powerpoint*, dalam persiapan untuk

sekolah dan perguruan tinggi, namun kemudian diminta untuk berkolaborasi dengan orang lain dalam lingkungan kerja. Oleh karenanya, banyak peserta didik memasuki dunia kerja dengan keterampilan kolaborasi tingkat sekolah dasar.

PENUTUP

4Cs Skills dapat diintegrasikan kedalam pembelajaran sains, sehingga pembelajaran sains dapat menjadi sarana potensial untuk membentuk generasi yang mampu menghadapi tantangan abad 21. Model PjBL merupakan salah satu model yang mampu menjembatani tercapainya *4Cs Skills* dalam pembelajaran sains. Pada PjBL, peserta didik melewati proses inkuiri yang lebih luas guna merespon pertanyaan yang kompleks, permasalahan, atau tantangan. Model ini memiliki sintaks: *Start with the essential question, Design a plan for the project, Create a schedule, Monitor the students and the progress of the project, Assess the outcome, dan Evaluate the experience*. Untuk memandu guru dalam perencanaan, pengaturan, dan penilaian proyek yang mengarah pada pencapaian *4Cs Skills*, setiap tahap harus mempertimbangkan tiga aspek, yaitu *desain, develop, dan determine*. Pada tahap awal, guru harus mendesain proyek yang mengarah pada kesempatan munculnya *4Cs Skills*. Setelah itu bangun keterampilan peserta didik untuk sebuah proyek dengan memberikan pemahaman tentang bagaimana karakteristik masing-masing aspek *4Cs Skills* ini dan menyediakan tahap-tahap untuk mencapainya. Pada akhirnya, guru menentukan hasil dari hasil kerja proyek dengan menilai seberapa baik peserta didik telah mempelajari *4Cs Skills* dengan pendekatan yang seimbang.

DAFTAR PUSTAKA

Altun, Y.S., Turgut Umit, Buyukkasap Erdogan, (2009). The Effect of Project Based Learning on Science Undergraduate Learning of Electricity, Attitude towards Physics and Scientific Process

- Skills. *International Online Journal of Educational Sciences*, 1 (1), 81-10.
- AMA. (2010). Critical Skills Survey: Executive Summary. *P21.org*. American Management Association, 15 Apr. 2010. Web. 16 May 2011. <http://www.p21.org/documents/Critical%20Skills%20Survey%20Executive%20Summary.pdf>.
- Beers, S. Z. (2012). 21st Century Skills: Preparing Students for THEIR Future. From https://www.mheonline.com/mhmymath/pdf/21st_century_skills.pdf
- Carin, A. A. (1993). *Teaching science through discovery* (7th ed). New York: Macmillan.
- Chiappeta, Eugene & Koballa, Thomas (2010). *Science instruction in the middle and secondary school*. New York: Macmillan Publishing Company.
- George Lucas Educational Foundation. (2004). Project Based Learning Research. August 20, 2004, from <http://www.glef.org/PBL/research.html>.
- Kamdi, Waras. (2010). Implementasi Project-based Learning di Sekolah Menengah Kejuruan. *Jurnal Pendidikan dan Pembelajaran*, Volume 17, Nomor 1. Hal 98-110.
- Kang, M., Kim, M., Kim, B., & You, H. (2012). Developing an Instrumen to Measure 21st Century Skills for Elementary Student. From http://icome.bnu.edu.cn/sites/default/files/Full_Paper.docx
- Larmer, John (2013). Is There a Best Way to Develop the 4Cs in All Students?. July 10, 2013, from <http://www.p21.org/news-events/p21blog/1249-is-there-a-best-way-to-develop-the-4cs-in-all-students>.
- Mergendoller, J.R., Markham, T., Ravitz, J, & Larmer, J. (2006). Pervasive management of project based learning: Teachers as guides and facilitators. In C.M. Evertson & C.S. Weinstein (Eds.), *Handbook of Classroom Management: Research, Practice, and Contemporary Issues*, Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum, Inc.
- National Education Association (2002). Preparing 21st Century Students for a Global Society : An Educator's Guide to the "Four Cs". From <https://www.nea.org/assets/docs/A-Guide-to-Four-Cs.pdf>.
- Rotherham, A. J., & Willingham, D. (2009). 21st Century Skills: the challenges ahead. *Educational Leadership* Volume 67 Number 1 , 16 - 21.
- Partnership for 21st Century Skills. (2009). Learning for the 21st century skills. From www.21stcenturyskills.org.

Attitudes towards science, technology, engineering and mathematics (STEM) in a project-based learning (PjBL) environment

Kuo-Hung Tseng · Chi-Cheng Chang · Shi-Jer Lou · Wen-Ping Chen

Published online: 3 March 2011
© Springer Science+Business Media B.V. 2011

Abstract Many scholars claimed the integration of science, technology, engineering and mathematics (STEM) education is beneficial to the national economy and teachers and institutes have been working to develop integrated education programs. This study examined a project-based learning (PjBL) activity that integrated STEM using survey and interview methods. The participants were 30 freshmen with engineering related backgrounds from five institutes of technology in Taiwan. Questionnaires and semi-structured interviews were used to examine student attitudes towards STEM before and after the PjBL activity. The results of the survey showed that students' attitudes to the subject of engineering changed significantly. Most of the students recognized the importance of STEM in the science and engineering disciplines; they mentioned in interview that the possession of professional science knowledge is useful to their future career and that technology may improve our lives and society, making the world a more convenient and efficient place. In conclusion, combining PjBL with STEM can increase effectiveness, generate meaningful learning and influence student attitudes in future career pursuit. Students are positive towards combining PjBL with STEM.

Keywords Project-based learning (PjBL) · STEM (science, technology, engineering, and mathematics) · Learning attitude · Multi-function electronic vehicle

K.-H. Tseng (✉) · W.-P. Chen
Graduate Institute of Business and Management, Meiho University, No. 23, Pingguang Road,
Meiho Village, Nei-Pu Township, Pingtung County, Pingtung 91202, Taiwan
e-mail: gohome8515@gmail.com

C.-C. Chang
Department of Technology Application and Human Resource Development,
National Taiwan Normal University, No. 162, He-Ping East Road, Sec. 1, Taipei 10610, Taiwan
e-mail: samchang@ntnu.edu.tw

S.-J. Lou
Graduate Institute of Vocational and Technical Education, National Pingtung University of Science
and Technology, No. 1, Xue Fu Road, Lao Bei Village, Nei-Pu Township, Pingtung County, Taiwan
e-mail: lousj@ms22.hinet.net

Introduction

On the basis that the integration of science, technology, engineering and mathematics (STEM) education is argued to be beneficial to the national economy, teachers and institutes have been working to provide the best package of integrated education (David and Sharon 2006). The study by Dewaters (2006) showed that students welcomed integrated STEM courses and perceived that such courses helped to resolve problems in daily lives. The students also indicated that these STEM course could improve their learning abilities. The results suggest that students need to learn advanced mathematics and many kinds of scientific knowledge in order to meet the requirement of engineering and technology in the future. Having this kind of understanding, more countries now pay attention to students' learning situations and hope that they can be improved through designing appropriate environments for STEM teaching.

The pedagogic concept of project-based learning is different from traditional learning in that it tries to develop students into active learners who actively acquire necessary knowledge to resolve problems that appear in the project, not as passive learners who always receive second hand knowledge (Thomas 2000). The project-based learning (PjBL) approach is one that focuses on organizing self-learning in an empirical project. Through practical activities, interactive discussions, independent operation and/or team cooperation, students reach the planned target and establish their own know-how. In this system, teachers play the role of facilitator. In this highly competitive era, there is no doubt that what the youth possess today will have a certain impact on what societies will look like in the future. How to assist students in establishing appropriate and effective learning attitudes has become an important task. In this study, students were encouraged to resolve problems with scientific and mathematical methods towards the purpose of structuring their knowledge base. Students could also combine technological tools with engineering concepts to accomplish the project. Through integrating science, technology, engineering and mathematics into a project-based learning pedagogy, this study aims to understand students' learning attitudes and motivations, to enhance their abilities to reuse knowledge and to strengthen their learning abilities.

Literature review

Project-based learning (PjBL)

Project-based learning mainly involves areas of constructivism (Hmelo-Silver 2004), situated learning Theory (Zastavker et al. 2006), cognitive psychology (Hmelo-Silver 2004) and the concept of course integration (Laughlin et al. 2007). This is an approach for students to construct knowledge through teamwork and problem-solving with scientific methods (Krajcik et al. 1999). Project-based learning has been a category of pedagogical practice for years, and involves a wide range of scientific areas where learners usually concentrate on group learning and presenting various outcomes. In the studies by ChanLin (2008) and Karaman and Celik (2008), results indicated that learners in project-based learning performed better in skill development, general ability and knowledge compilation than those who did not use project-based learning. In addition, it is argued that project-based learning helps to increase students' positive learning attitudes towards technology (Mioduser and Betzer 2007) and science (Catherine and Barry 2008). To ensure the positive effect of project-based learning is achieved, attention must be paid to factors such

as materials for project-based learning, the extent to which the project is relevant to the level of the learners, the complexity of the project, provision of appropriate support, the learners' prior knowledge and teamwork skills (Thomas 2000).

In recent years, research (Laughlin et al. 2007) at universities has concentrated on working out a pedagogy that integrates the courses of science, technology, engineering and mathematics. The rationale behind this concentration is to enhance the sense of achievement in learning, to improve learning attitudes and to increase learning continuity (Springer et al. 1999). In the study by Porter et al. (2006), an innovative system of STEM education for universities is proposed. They argued that through a system of multidisciplinary teaching, students may learn faster. Relevant research in Taiwan is only at the infant stage. More research is needed to investigate the impact of the integration of these subjects on the learning attitudes of students, and to provide reference to subsequent course design.

Student attitude towards science, technology, engineering and mathematics

Attitude is made up of emotion, cognition and intention (Myers 1993). It can also be viewed as individual beliefs about the attributes of a particular object (Fishbein and Ajzen 1975), and may be influenced by various other attributes (Ajzen 2001; Crano and Prislin 2006). In the point of view of Osborne et al. (2003), student attitude towards enrolling in a course is a strong determinate of a student's choice in pursuing future careers. As a result, a better understanding of student attitude and the relationship between course choice and future career choice would lead to instructional and curricular changes that may support and enhance students' learning of difficult subjects such as science, technology, engineering and mathematics.

Science

This study focused on exploring student attitudes towards science in order to understand student interest and self-concept in learning science. Various factors, such as teachers, parents and peers, were considered to examine the influence on student attitudes towards science. In particular, teachers' instructional pedagogy and learning environment were the most widely discussed. Piburin and Baker (1993) mentioned that one of the reasons for students' negative attitudes towards science was due to the abstract nature and complexity of science. Also, Mamlok-Naaman et al. (2005) found that student attitudes towards science were mainly influenced by interest and emotion. They concluded that students are not willing to take a science class seriously when they found it to be boring. These arguments may imply that teaching instruction is the major reason for low interest and negative attitudes towards school science learning in current curricula worldwide. This may be due to the fact that science teachers focus mainly on theoretical understanding rather than practical work, which reduces the opportunities for students to implement their science experience. Nolen (2003) argued that if instructors emphasize memorization in science learning, it may lead students to view science as a boring and impractical subject. In the viewpoint of Osborne and Collins (2000), students are willing to learn science in a practical way, which may enhance personal autonomy. Similar results were also found in George's (2006) study, which argued that when students are able to practice the science knowledge that they have learned in school and understand the utility of science in their daily lives, their interest in science may rise. As mentioned above, the development of positive attitudes towards science can motivate students' interest in science education and science-related careers (Crawley and Coe 1990;

Norwich and Duncan (1990). Thus, it is important to develop appropriate instructional strategies that enhance students' interest and attitudes towards science.

Technology

Students' attitude towards technology is a popular subject. In the study by Hendley et al. (1995), technology was recognized as the most popular subject. Rees and Noyes (2007) mentioned that students (especially male students) present positive attitudes towards technology. In the study by Boser et al. (1998), student attitudes towards the instructional approach to technology were measured. The results suggest that instructional approaches and curricular content may influence student attitudes and their future career decisions. Also, Jenkins (2006) indicated that students prefer to work with new technologies. The students mentioned that working with new technologies is interesting, and technology is beneficial and important to society, medical treatment, and living, although some environmental issues caused by technological development were a concern.

Engineering

Studies that discuss student attitudes towards engineering present controversial results as below. Seymour and Hewitt (2000) argued that the major reason that students quit engineering classes is due to the decrease of interests in science, which is the fundamental motivation for learning engineering. Another major reason is that subjects in other disciplines attract students. However, other studies revealed that students consider engineering to be an interesting and useful subject. In the study by Hilpert et al. (2008), on attitudes of first-year students towards engineering, the results indicated that students were enjoying the study of science and mathematics that are fundamental to engineering. They had positive attitudes to engineering due to its contribution to society, and they were willing to engage in engineering-related careers. From the abovementioned discussion, students' interest may have a direct influence on student attitudes towards engineering. Student attitudes and perceptions may also further influence their choice to continue learning in an engineering curriculum.

In considering the enhancement of student interest to learn engineering and to further increase their positive attitude, influential factors ought to be considered in engineering curricula. Besterfield-Sacre et al. (1999) examined student attitudes towards engineering according to their gender and ethnic background. They concluded that student gender and ethnic background influence attitudes.

Current engineering courses usually focus on theoretical understanding rather than practical application in Taiwan. However, engineering in a social perspective requires practical application skills in terms of communication and interpersonal skills (Felder et al. 2002). This issue may require that the teaching instrument in the engineering curriculum be altered in Taiwan.

Mathematics

Regarding attitudes to mathematics, students presented similar viewpoints as attitudes towards science. Mathematics is usually found to be a less popular subject (Bragg 2007), and students' negative attitude towards mathematics can grow with age (Utsumi and

Mendes 2000). However, students mentioned that mathematics is still advantageous in some ways. First, students in the study by Hillel and Perrett (2006) determined the concept of mathematics from a micro perspective to be an emphasis on calculating numbers, and from a macro perspective to be a system for daily life and a way of thinking. Moreover, some students mentioned that “mathematics is the language of science” (Goldin 2003, p.180), and others recognized mathematics as a primary tool for the application of engineering (Bingolbali et al. 2007). On the other hand, mathematics, in terms of learning, is a difficult subject. When learning support is insufficient in a mathematics curriculum, students’ learning interest may easily decrease, and further causes an increase of negative attitudes (Stone et al. 2008). Likewise, Walsh (2008) pointed out that students’ achievement in mathematics is determined by the extent to which they are anxious about mathematics.

STEM

From the previous discussion, study results (ex: Goldin 2003; Seymour and Hewitt 2000; Singh et al. 2002) revealed that the subjects of science, technology, engineering and mathematics are closely related to each other. STEM courses and programs are developed to generate meaningful learning through integrating knowledge, concepts and skills systematically. Also, because STEM courses and programs are able to enhance student competence in STEM professions, and to provide better understanding of scientific and engineering work (Springer et al. 1999), research at universities in recent years has concentrated on working out a pedagogy that integrates the courses of science, technology, engineering and mathematics. The rationale behind this concentration is to enhance the sense of achievement in learning, to improve learning attitudes and to increase continuity in learning (Springer et al. 1999). In the study by Porter et al. (2006), an innovative system of STEM education for the university level was proposed. Through the idea of multidisciplinary teaching, they argued that students might learn faster. Relevant research in Taiwan is only at the infant stage. More research should be done to investigate the impact of the integration of these subjects on the learning attitude of students and to provide reference to subsequent course designs. Thus, the present study applied an integrated STEM activity in PjBL in order to provide students an opportunity to utilize and integrate the knowledge of the four subjects, and furthermore enhance their learning interest in STEM. Through integrating science, technology, engineering and mathematics into a project-based learning pedagogy, the students’ reflection on their knowledge of STEM could help learners understand the relationship between their learning and problem-solving goals and could improve learning interest (Hmelo-Silver 2004; Salomon & Perkins 1989).

Methods

The main purpose of this study was to understand students’ learning attitudes towards science, technology, engineering and mathematics through the pedagogy of project-based learning (PjBL). Conventional wisdom concerning the PjBL principle was employed by emphasizing artifact creation, based on authentic and real life experiences with multiple perspectives, as part of the learning outcome. This study experimented with a short term PjBL design that required more learned knowledge to complete its project. Specifically, this experiment was designed using the currently popular combination of PjBL with STEM, which is also new. The five-week cross-school competition entitled “multi-function electric

vehicle” in order to integrate STEM, was held during the 2008 winter break. The design of the project of electric vehicle included multi-disciplinary components of electrical engineering, mechanical engineering, machine dynamics, electronics, robotic kinematics, automation, application and practice of mechatronics, energy, motors, etc., which were related to the curricula that students had learned in their vocational senior high school courses. The goal for the PjBL activity- of producing the vehicle in this study provided an opportunity for the participating students to learn through group effort, group discussion and continuous examination. It also facilitated application and integration of STEM knowledge in the students to enhance their abilities of problem solving and knowledge integration.

In total, thirty-first-year-students (five groups) with engineering backgrounds from five institutes of technology in Taiwan were recruited. To finish the electric vehicle, students had to actively apply their STEM knowledge and to be collaborative using team work. The students were organized into five teams of six members each. In order to enhance student interaction, a web-based platform was established. After the activity, a questionnaire and semi-structured interviews were adopted to investigate student attitudes.

Derived from other attitude questionnaires, this STEM attitude questionnaire was examined by three experts. The reliability of the questionnaire was first tested and confirmed in a pilot study with more than 100 students from six different engineering disciplines. A five-point Likert-type scale was used, ranging from 1 (strongly disagree) to 3 (neutral) to 5 (strongly agree). Three items with low Cronbach’s alphas were deleted, and thirty-eight items remained in the questionnaire. The overall reliability of the questionnaire is high (Cronbach’s $\alpha = 0.94$), and the reliabilities of the dimensions of science (S), technology (T), engineering (E) and mathematics (M) are 0.72, 0.81, 0.79 and 0.89, respectively. The questionnaire was analyzed by One-Sample *t*-test to examine the direction (positive vs. negative) of the student attitudes towards the four subjects of STEM. Furthermore, a Paired-Sample *t* test was used to understand the change of student attitudes to STEM before and after the PjBL activity. In order to gain a deeper understanding of student attitudes, a semi-structured interview was conducted after the project. Two interviewees were selected from each group; they were the students who had the highest discussion frequency on the web-based platform. All the interviews were tape recorded and then transcribed. A uniform set of rules were applied to transcript coding. For instance, F5: 046–049 meant that the data was from Line 46 to Line 49 in the transcript of Group 5. Afterwards, transcripts were conceptualized through open coding, connected with each other through axial coding and then integrated through selective coding. Finally, categories and contents that resulted from the process of coding were elaborated upon in the next section.

Results

The present study investigated student attitudes and the change of student attitudes towards the four subjects of STEM in a PjBL activity. The results of the questionnaire analysis are as following:

Students had a positive attitude towards STEM. Technology is the most popular subject at the pre-learning stage, while engineering was recognized as the most popular subject after learning

The questionnaire results indicated that students had positive attitudes towards STEM. According to Table 1, descriptive statistics (mean, standard deviation) and one sample

Table 1 Analysis of one-sample *t* test regarding students' learning attitudes towards STEM

Participant	Number	Subject	Pre-test			Post-test		
			Mean	<i>SD</i>	<i>t</i>	Mean	<i>SD</i>	<i>t</i>
Students	30	Science	3.857	0.422	11.130***	4.020	0.418	13.364***
		Technology	3.926	0.338	14.996***	3.978	0.517	10.368***
		Engineering	3.804	0.482	9.136***	4.078	0.459	12.869***
		Mathematics	3.647	0.468	7.566***	3.753	0.666	6.197***
		4 subjects	3.808	0.379	11.668***	3.957	0.454	11.551***

* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, *** $p < 0.001$

t test were adopted to investigate students' learning attitudes after participating in the STEM project activity. One sample *t* test analysis was used to compare the learning attitudes of students with an answer of "3", the "neutral" point on the five-point Likert scale, towards Science, Technology, Engineering and Mathematics. In general, the results showed that student attitudes towards the four subjects of STEM were positive and significant ($M = 3.957$, $SD = 0.454$, $t = 11.551$, $p < 0.001$). Student attitudes towards science, technology, engineering and mathematics were positive and significant. In particular, students had the most positive attitude to technology at the pre-test stage ($M = 3.926$). The results have changed by the post-test stage in that engineering became the most popular subject ($M = 4.078$). It is noteworthy that mathematics was the least popular subject at both pre- and post-test stages.

Students had the most significant changes in attitude towards engineering before and after the PjBL activity

In the present study, a Paired-Samples *t*-test was adapted to measure the change of students' attitude towards STEM. The results indicated that student had significant change only in the attitude to learning engineering ($t = -2.619$, $p < 0.05$). In regard to science, technology and mathematics, students' positive attitudes increased slightly although the changes were not significant. The results suggest that PjBL can facilitate the enhancement of learners' positive attitudes towards STEM, particularly in the subject of engineering (Table 2).

Table 2 The difference between the student pre-test and post-test attitudes ($n = 30$; $df = 29$)

Subject	Pre-test/post-test	Paired Differences <i>M</i> (<i>SD</i>)	<i>t</i>
Science	Pair 1 <i>S-pS</i>	-0.163 (0.483)	-1.852
Technology	Pair 2 <i>T-pT</i>	-0.052 (0.517)	-0.550
Engineering	Pair 3 <i>E-pE</i>	-0.274 (0.573)	-2.619*
Mathematics	Pair 4 <i>M-pM</i>	-0.107 (0.645)	-0.906
4 subjects	Pair 5 <i>Overall-pOverall</i>	-0.145 (0.463)	-1.719

* $p < 0.05$

Asterisk denotes the statistical significance of results when testing hypotheses, and the *p*-value is less than the specified significance level of 0.05

At the 5% significance level, the data provides sufficient evidence to conclude that the mean of post-test is higher than the mean of pre-test

Analysis of interview transcripts was used to investigate both student attitudes towards science, technology, engineering and mathematics, and how the students applied STEM knowledge in the PjBL activity. The results are as follows:

Students had positive attitudes towards STEM, and they recognized the importance of STEM in the science and engineering disciplines

In regard to student attitudes towards science, the quantitative data revealed that student attitudes at both pre-test ($M = 3.857$, $SD = 0.422$, $t = 11.130$, $p < 0.001$) and post-test ($M = 4.020$, $SD = 0.418$, $t = 13.364$, $p < 0.001$) stages were positive and significant. Similar results can be found in the interview, showing that students are positive about learning science. Students indicated that *“they are willing to learn science initiatively (F5:249)”*. They also indicated *“they preferred to learn and obtain science related knowledge from practical experiments (F4:011, F3:036), and previous experience (F4:011, F5:030)”*. They also mentioned *“Science is beneficial and can be generally applied in daily life (F2:088, F3:036)”*. They further suggested *“the possession of professional science knowledge is beneficial to one’s future career (F2:114, F3:044, F5:263)”*. As a result, students have strong interests in learning science, and they prefer to learn practically rather than theoretically.

The quantitative data showed that student attitudes towards technology at both pre-test ($M = 3.926$, $SD = 0.338$, $t = 14.996$, $p < 0.001$) and post-test ($M = 3.978$, $SD = 0.517$, $t = 10.368$, $p < 0.001$) stages were positive and significant. The analysis of interviews demonstrated that student attitudes towards technology were basically positive.

Students indicated *“they are learning technology related knowledge mainly from formal courses at university (F5:061), and they are interesting in learning technology, particularly when learning is processed through doing practical work (F1:068, F3:092, F4:444)”*. Students also mentioned *“they are very much willing to be engaged in technology related industries in the future (F5:061, F1:083-094, F3:086, F4:437)”*.

However, some negative opinions about technology were found. The reason for the findings may be due to student thinking such as, *“technology may improve our society and lives making the world more convenient and efficient, and humans can not live without technology (F3:058, F4:249, F5:053, F1:040, F2:157)”*, combined with, students also mentioning that *“technology is somehow harmful to human life, health and environment (F2:169, F3:062), such as the hacker intrusion and the effect of electromagnetic waves on the human body (F1:034, F4:254, 274)”*. Such consequences may cause *“the loss of social harmony and nuclear war (F2:179)”*. As a conclusion, students recognized that although technology is important for human life, *“decreasing pollution is an important issue for current technological development (F5:087), such as the invention of hybrid-electric vehicles (HEVs) which can reduce pollution and save energy resources (F5:085)”*.

Regarding quantitative data, the results revealed that student attitudes towards engineering were positive and significant at both pre-test ($M = 3.804$, $SD = 0.482$, $t = 9.136$, $p < 0.001$) and post-test ($M = 4.078$, $SD = 0.459$, $t = 12.869$, $p < 0.001$) stages. The difference between student attitudes was also significant ($M = -0.274$, $SD = 0.573$, $t = -2.619$, $p < 0.05$). From the interview, similar results were shown that students were positive in their attitudes towards engineering. They mentioned *“engineering is the application of the scientific principle and the skill to solve realistic problems.”* The application has *“great benefits to our daily lives in terms of convenience, urban beautification and economic improvement (F3:100), such as bridges that cross oceans (F3:096), undersea tunnels (F3:098) and earthquake shock absorber systems for buildings (F4:*

558)". On the other hand, students suggested that *"engineering knowledge is complex and difficult to learn (F4: 600) since it requires certain competence in science and mathematically logical concepts (F5:117, F4: 602)"*. Also, *"engineering is a subject that emphasizes more practical experiences (F5: 107)"*. For future career pursuit, the majority of students indicated that *"they are willing to work in engineering related industries (F3: 120, F2: 264) due to its professionalism and difficulty for replacement (F5:141)"*.

In regard to student attitudes towards mathematics, quantitative results indicated that students had positive and significant attitudes towards mathematics at both pre-test ($M = 3.647$, $SD = 0.468$, $t = 7.566$, $p < 0.001$) and post-test ($M = 3.753$, $SD = 0.666$, $t = 6.197$, $p < 0.001$) stages. From the analysis of interviews, the majority of students had *"positive attitudes and showed least interest in mathematics. (F1:152, F5:201, F4:126,F3:159)"*. They indicated in the interviews *"the current engineering and technology courses require logic and mathematics (F1:176–180, F5:235)"*. Due to this, *"mathematics is the foundation and essential competence of the science and engineering disciplines (F3:173, F2:402)*. Some students also mentioned that *"they dislike mathematics due to its difficulty to be comprehended, but they will still learn mathematics because it is an important subject (F2:402, F4:672)"*.

During the PjBL activity, students applied the conceptual knowledge of STEM, particularly in engineering knowledge

In the process of producing electronic multi-functional vehicles in the PjBL context, students applied knowledge in the four subjects of science, technology, engineering and mathematics. From the interviews, students suggested that *"the four subjects of science, technology, engineering and mathematics were highly interrelated to each other (F3:230, F4:546)"*. Also, *"the priority for the participant in the multi-functional vehicle activity was to possess sufficient prior knowledge of STEM (F3:228), and then to integrate the knowledge in goal orientation."* Others also mentioned that *"through the activity, we were able to implement our prior knowledge of science into practice (F3:046), and improve our ability of analysis in engineering(F3:104)." More specifically, the interview results indicated that students more frequently applied engineering knowledge than the three other subjects during the activity. Some students stated "engineering knowledge was fully applied during the production process of the multi-functional electric vehicles (F5:111, F1:112), as others mentioned that "they used more engineering related knowledge in the activity (F2:013–020,F5:105)"*.

In another part of the interview, students demonstrated how they applied STEM knowledge during production of the multi-function electric vehicle (see Table 3). First, they indicated that *"science knowledge was mainly applied to produce sound while the vehicle is moving, such as: using single chip to produce sound through frequency*

(F5: 037)". Also, *"concepts of science were also used to design the electric solar vehicle (F5:042)"*. Regarding the use of technology knowledge, students *"applied knowledge related to technology to write a program in order to modify the functions of the vehicle (F5:042)." They also "used the knowledge of technology to design a solar panel and to link up to a stepping motor (F2:219–221, F5:064)". Furthermore, the engineering related knowledge "was fully employed in producing the electric vehicle by combining the photo resistors, the movement of the stepping motor and the battery (F5:108, F1:112)". Finally, Students also mentioned that they "applied mathematic knowledge in engineering and technology to figure out designs and solve problems in a logical manner (F1:176–*

Table 3 The description of student producing multi-function electronic vehicle through applying STEM knowledge

Group	Science/mathematics	Technology	Engineering
Group 1	 1. Use Lever Principle to make reduction bevel gear system 2. Use Solar Concentrator Module to decompose the water of Hydrogen–oxygen fuel cell into hydrogen and oxygen 3. Use Archimedes' Principle to calculate volume and test buoyancy for floatation in order to move in water	1. Use the Wireless Remote Controller at frequency of AM627.255 to send out single, and then transfer to Voltage Pulse for controlling the servomotor 2. The servomotor controls the revolutions and the angle of direction change based on the quantity of Pulse Voltage 3. After testing, the 7.2v direct current (DC) motor is used 4. Use a 16 gear reduction bevel gear system to change direction, reduce speed and increase torque 5. The Solar Concentrator Module is used as the main power of Hydrogen–oxygen fuel cell 6. The circuits of the LED indicator lights are installed on the motor. The series and parallel circuits are connected with the LED lights. The LED lights thus turn green when the vehicle goes forward, and turn red when it goes back	1. A cross-country vehicle chassis is used as the body to increase the height of the vehicle 2. Larger tires are used to move on rough terrain 3. Integrate the solar panel and Hydrogen–oxygen fuel cell 4. Design the circuits of the LED indicator lights for going forward and back 5. Spread silicone around the tire for moving in water 6. Use Styrofoam sheets, boards and buoys to produce floatation 7. Use a “small fan” for heat sinking

Table 3 continued

Group	Science/mathematics	Technology	Engineering
Group 2 	1. Use solar panel to store electricity in the battery 2. By using Graph Theory, the greatest sunshine angle can be determined through Photoresistance in order to produce the best power 3. Use different frequency of square-wave signal to design electronic sound program of the horn	1. Use Microchip dsPIC-16bit to adjust two-phase stepper motor via the feedback of Photoresistance to rotate the solar panel to the best sunshine angle 2. Use single chip to drive the horn for electronic music 3. The motor-driving circuit board is produced by welding the electronic component and IC on the circuit board	1. The vehicle is designed with a tracking system for solar energy and with electronic music of Hakka folk songs 2. The solar energy photoelectric template was designed to absorb electricity for reducing cost and saving energy 3. Wood is the major material. A light paper umbrella is also used as a support to make the motor turn smoothly and to keep the vehicle body's balanced 4. The motor-driving circuit board is designed
Group 3 	1. Remote control, self-propulsion started by whistling and automatic lighting device are included with regard to controlling the vehicle body. 2. Use voltage law and basic scientific markers to calculate color code resistance and capacitance	1. Use sound sensors, light sensors and infrared sensors to strengthen the functions of the self-propelled vehicle 2. Planning the disposition of the motor and calculating the length, width and height in advance, then use iron plate to produce the vehicle body	1. Self-propulsion: The vehicle can move forward, reverse, right turn and left turn by using photoelectric sensors to sense the black track 2. The function of infrared remote controller 3. Light source tracking function and sound controlling function 4. Use LED lighting module to design automatic lighting for energy saving
Group 4 	1. Concepts of energy saving and transfer for solar to generate electronic power 2. Use ultrasound to examine distance	1. Produce the ultrasonic obstacle avoidance system to reinforce the function of self-propulsion 2. Apply Solar Generator to recharge a self-propelling vehicle 3. Produce a self-propelling vehicle with a single chip as the controlling core 4. Use DC motor to drive the leather belt forward for driving the generator gear	1. Design a self-propelling vehicle with a single chip as the controlling core, and assisted by using ultrasonic sensor and solar generator 2. The material of the vehicle body includes vehicle body structure, solar panel, driving controller, generator, and ultrasonic sensor. The goals of the vehicle body are simple, practical and convenient

Table 3 continued

Group	Science/mathematics	Technology	Engineering
Group 5 	1. The multi-functional vehicle is designed and produced based on principles of a stacker combining the characteristics of stacker and crane 2. The jig is constructed by robot arms. Before that, the bearing weight of the jig was figured out 3. The material of vehicle structure is aluminum alloy. The bearing weight was also calculated in order to carry each part of the vehicle	1. Use aluminum strip and aluminum sheet to produce vehicle body and the moving platform that keep the balance of the vehicle body 2. The 12 V DC motor was used as the major power for vehicle to be driven and the platform to be moved 3. The four-axis robot arms were driven by four motors, and was controlled by a single 8051 chip 4. The remote controller was produced by the combination of relay, remote control module and the wiring	1. Design the function of remote controller for operating the vehicle, machines, tools and robot arms 2. The major concepts of design include the vehicle structure, drive, clip and remote controller 3. The vehicle moves through front wheel drive 4. Design the four-axis robot arms 5. Regarding the circuit, eight relays are used to control the vehicle

180)". Figure 1 shows the design and production of the electric vehicle of group A through integrating STEM related knowledge.

Discussions and conclusions

The present study adopted a PjBL strategy to help students integrate and apply STEM knowledge in a practical experiment. The purpose of the study was to enhance students' learning attitudes towards STEM, and to inspire students' learning interest and learning autonomy.

In this present study, through the results of both questionnaire and interview, students presented positive attitudes towards science. A slight change of student attitudes towards science was found during the PjBL activity. The majority of students indicated that science could be applied to solve real world problems and to increase effectiveness in daily lives. The possession of scientific expertise was thought to be beneficial for pursuing future careers and was the major reason to inspire student interest and intention in learning science. In terms of learning strategies, students were more likely to acquire scientific knowledge through practical work. The PjBL strategy was thus applied in the present study in order to promote students' intention in learning science related knowledge. Osborne and Collins (2000) and George (2006), argued that students were more willing to learn science knowledge via practical methods. They argued that students' personal autonomy and interest in learning science may be enhanced through PjBL strategy.

Considering technology, students revealed positive attitudes in their questionnaire results. However, from the interviews, students presented contradictory arguments. While some students thought technology was beneficial for real life, others mentioned some

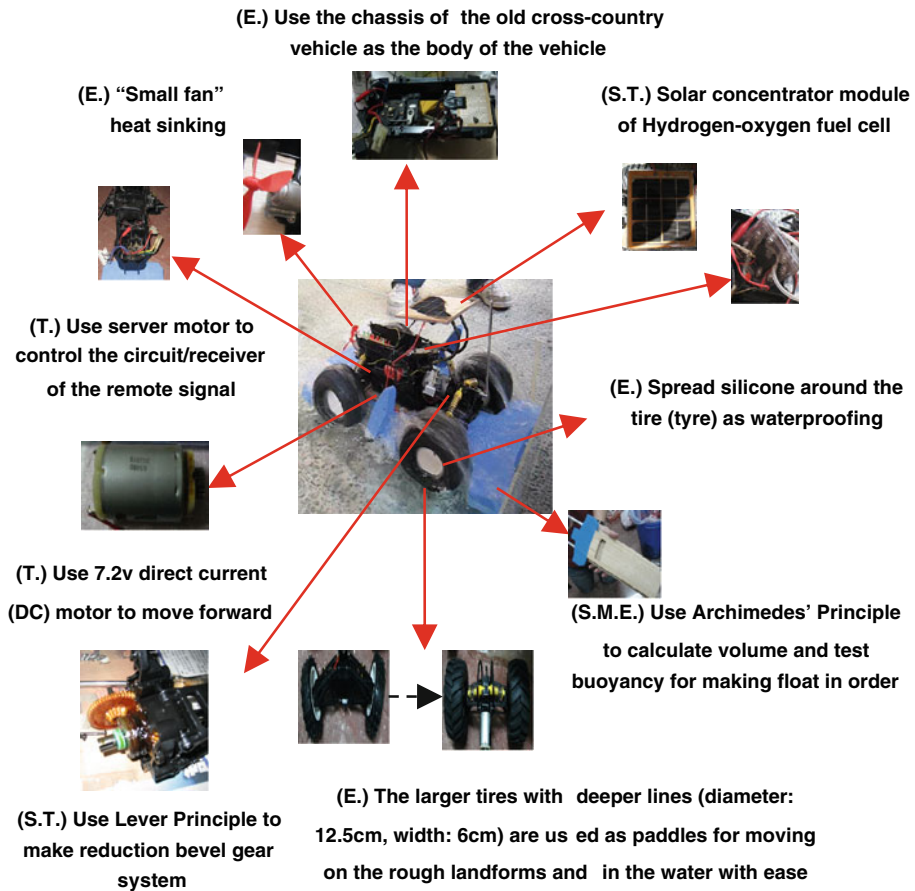


Fig. 1 The environmental protection electronic amphibian vehicle that produced by students

negative effects that technology brought to society and the environment. As a result, students suggested that one of the major issues in the current technology field is to develop technological techniques for environmental protection. The finding is consistent with the findings of Jenkins (2006) who argued that students identified that science and technology were important to society, health and life, although they raised environmental and social issues. Regarding career pursuits, students greatly recognized the positive effect of technology, and were willing to engage in related industries since it is one of the most popular current issues (Hendley et al. 1995). Furthermore, students had the most positive attitudes towards technology before having participated in the PjBL activity. However, students' positive attitudes had only a slight increase and were overtaken by engineering and science after the PjBL activity. The difference may be due to the fact that although students acquired more technology-related knowledge at school, they had no chance to understand the interrelationship and importance of STEM or to put theory into practice. Through the PjBL activity in this present study, students were not only able to apply the knowledge of STEM practically, but also to actually engage in a particular project that required them to understand and integrate the concept of STEM comprehensively.

Regarding student attitudes towards engineering, students also presented positive consequences. After participating in the PjBL activity, students' attitudes to engineering were higher than to the subjects of technology and science, and it became the most popular subject. Also, consistent results can be found from the interview that students had a positive impression of engineering. They suggested that engineering related knowledge and skills were the most widely and practically used of the four disciplines in the PjBL activity. This result suggested that PjBL strategy enhances student attitudes towards engineering and causes a significant change during the PjBL activity. The results is in accordance with the study by Bingolbali et al. (2007) which concluded that the PjBL activity was the major cause of raising student learning interest and motivation towards engineering. The interview results that indicate students were highly interested in engaging in the engineering industry may imply that PjBL had significant influence in student attitudes to future career pursuit.

For mathematics, students also had positive attitudes according to the results of the questionnaire. Comparing students' attitudes on STEM subjects with each other it was seen that students have similar interests in science, technology, and engineering. However, mathematics was the least popular subject within STEM both before and after PjBL activity. The results of the interview raise the issue that the majority of students found difficulties during mathematics education, even though they revealed positive attitudes to mathematics. Similar results can be seen in Stone et al.'s (2008) study. They argued that students' low interest in learning mathematics was due to the perceived difficulty of the subject. Moreover, Bingolbali et al. (2007) further suggested that the major reason for students' low interests in learning mathematics was because its principles are difficult and time consuming to understand. Furthermore, interview results suggested that interest in learning mathematics rose with increasing age. This is because students actually realized the importance of mathematics. They recognized that mathematics is a fundamental subject that is essential to learning, so they have to learn it even if it is difficult. Bingolbali et al. (2007) argued that the major reason for students wanting to learn mathematics was that it is strongly related to their further career and real world lives. Students who are planning to become mechanical engineers especially see mathematics as an important foundation of expertise. As a result, they tended to have positive attitudes towards mathematics. Even though the increase of students' interest towards mathematics is not significant, the results of the interviews show a different picture; students strongly feel the importance of mathematics after the PjBL activity. *The reason PjBL doesn't work well for mathematics might be because mathematics is time consuming and difficult to learn.* This might cause students to have insufficient competence to work well in mathematics compared to the other subjects. Educational authorities need to increase the effectiveness of instruction in mathematics in the future and further encourage an increase in learning interest.

Additionally, comparing the effectiveness of PjBL on STEM subjects after students implemented PjBL, the most effective subject is engineering, the second is science, the third is technology, and the least is mathematics. A curriculum combining PjBL with STEM could be applied to solve real world problems and to increase effectiveness in daily lives. Through this system of multidisciplinary teaching, students were more willing to learn STEM via PjBL's practical methods. Students were able to apply the knowledge of STEM practically and generated meaningful learning via the PjBL activity. Combining PjBL with STEM had influence in student attitudes towards future career pursuits. As a result, the students have a more positive attitude towards the important learning style of combining PjBL with STEM.

The application of this PjBL activity that integrated STEM had significant influence on students in terms of their positive attitudes towards STEM, and choices for future career pursuit. As a result, the study suggested that educators might be able to design appropriate PjBL's teaching strategy to raise students' learning interest, and further facilitate development and improvement in students essential to their future expertise.

Acknowledgments The authors greatly appreciate the financial support provided by Taiwan's National Science Council, the Republic of China, and also the kind assistance of Miss Chao-I Chu and Miss Hui-Chuan Sun who made this paper possible.

References

- Ajzen, I. (2001). Nature and operation of attitudes. *Annual Review of Psychology*, 52, 27–58.
- Besterfield-Sacre M., Moreno M., Shuman L. J., & Atman C. J. (1999). Comparing entering freshman engineers: Institutional differences in student attitudes. ASEE Annual Conference Proceedings, Charlotte, NC.
- Bingolbali, E., Monaghan, J., & Roper, T. (2007). Engineering students' conceptions of the derivative and some implications for their mathematical education. *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*, 38(6), 763–777.
- Boser, R. A., Palmer, J. D., & Daugherty, M. K. (1998). Students attitudes towards technology in selected technology education programs. *Journal of Technology Education*, 10(1), 4–19.
- Bragg, L. (2007). Students' conflicting attitudes towards games as a vehicle for learning mathematics: A methodological dilemma. *Mathematics Education Research Journal*, 19(1), 29–44.
- Catherine, M., & Barry, J. F. (2008). Learning environment and attitudes associated with an innovative science course designed for prospective elementary teachers. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 6(1), 163–190.
- ChanLin, L. J. (2008). Technology integration applied to project-based learning in science. *Innovations in Education and Teaching International*, 45(1), 55–65.
- Crano, W. D., & Prislin, R. (2006). Attitudes and persuasion. *Annual Review of Psychology*, 57, 345–374.
- Crawley, F. E., & Coe, A. S. (1990). Determinants of middle school students' intention to enroll in a high school science course: An application of the theory of reasoned action. *Journal of Research in Science Teaching*, 27, 461–476.
- David, G. H., & Sharon, K. S. (2006). *Proceedings of the conference on K-12 outreach from university science departments*. Retrieved August 10, 2010, from <http://www.science-house.org/conf/f02/proceedings.pdf>.
- Dewaters, J., S. E. Powers. (2006). *Improving science and energy literacy through project-based K-12 outreach efforts that use energy and environmental themes*. Proceedings of the 113th Annual ASEE Conference & Exposition, Chicago, IL.
- Felder, R. M., Felder, G. N., & Dietz, E. J. (2002). The effects of personality type on engineering student performance and attitudes. *Journal of Engineering Education*, 91(1), 3–17.
- Fishbein, M., & Ajzen, I. (1975). *Belief, attitude, intention and behaviour: An introduction to theory and research Reading*. MA: Addison-Wesley.
- George, R. (2006). A cross-domain analysis of change in students' attitudes towards science and attitudes about the utility of science. *International Journal of Science Education*, 28(6), 571–589.
- Goldin, G. A. (2003). Developing complex understandings: On the relationship of mathematics education research in mathematics. *Educational Studies in Mathematics*, 54, 171–202.
- Hendley, D., Parkinson, J., Stables, A., & Tanner, H. (1995). Gender differences in pupil attitudes to the national curriculum foundation subjects of English, mathematics, science, and technology in key stage 3 in South Wales. *Educational Studies*, 21, 85–97.
- Hillel, J., & Perrett, G. (2006). Undergraduate students' conceptions of mathematics: An international study. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 5, 439–459.
- Hilpert, J., Stump, G., Husman, J., & Kim, W. (2008). *An exploratory factor analysis of the Pittsburgh freshman engineering attitudes survey*. The 386th ASEE/IEEE Frontiers in education conference, New York.
- Hmelo-Silver, C. E. (2004). Problem-based learning: What and how do students learn? *Educational Psychology Review*, 16(3), 235–266.

- Jenkins, E. W. (2006). Student opinion in England about science and technology. *Research in Science & Technological Education*, 24(1), 59–68.
- Karaman, S., & Celik, S. (2008). An exploratory study on the perspectives of prospective computer teachers following project-based learning. *International Journal of Technology and Design Education*, 18(2), 203–215.
- Krajcik, J. S., Czeniak, C., & Berger, C. (1999). *Teaching children science: A project-based approach*. Boston: McGraw-Hill College.
- Laughlin, C. D., Zastavker, Y. V., & Ong, M. (2007). *Is integration really there? students' perceptions of integration in their project-based curriculum*. The 37th ASEE/IEEE Frontiers in Education Conference. Milwaukee, WI.
- Mamluk-Naaman, R., Ben-Zvi, R., Hofstein, A., Menis, J., & Erduran, S. (2005). Learning science through a historical approach: Does it affect the attitudes of non-science-oriented students towards science? *International Journal of Science and Mathematics Education*, 3(3), 485–507.
- Mioduser, D., & Betzer, N. (2007). The contribution of project-based-learning to high-achievers' acquisition of technological knowledge and skills. *International Journal of Technology and Design Education*, 18, 59–77.
- Myers, D. G. (1993). *Social Psychology* (4th ed.). New York: McGraw-Hill.
- Nolen, S. B. (2003). Learning environment, motivation, and achievement in high school science. *Journal of Research in Science Teaching*, 40(4), 347–368.
- Norwich, B., & Duncan, J. (1990). Attitudes, subjective norm, and perceived preventive factors, intention and learning science: Testing a modified theory of reasoned action. *British Journal of Educational Psychology*, 60, 312–321.
- Osborne, J. F., & Collins, S. (2000). *Pupils' and parents' views of the school science curriculum*. London: King's College London.
- Osborne, J., Simon, S., & Collins, S. (2003). Attitudes towards science: A review of the literature and its implications. *International Journal of Science Education*, 25(9), 1049–1079.
- Piburin, M. D., & Baker, D. R. (1993). If I were the teacher: qualitative study of attitude towards science. *Science Education*, 77(4), 393–406.
- Porter, A. L., Roessner, J. D., Oliver, S., & Johnson, D. (2006). A systems model of innovation processes in university STEM education. *Journal of Engineering Education*, 95(1), 13–24.
- Rees, H., & Noyes, J. M. (2007). Mobile telephones, computers, and the internet: Sex differences in adolescents' use and attitudes. *CyberPsychology & Behavior*, 10(3), 482–484.
- Salomon, G., & Perkins, D. N. (1989). Rocky roads to transfer: Rethinking mechanisms of a neglected phenomenon. *Educational Psychologist*, 24(2), 113–142.
- Seymour, E., & Hewitt, N. M. (2000). *Talking about leaving: Why undergraduates leave the science*. Boulder, CO: Westview Press.
- Singh, K., Granville, M., & Dika, S. (2002). Mathematics and science achievement: Effects of motivation, interest, and academic engagement. *The Journal of Education Research*, 95(6), 323–332.
- Springer, L., Stanne, M. E., & Donovan, S. S. (1999). Effects of small-group learning on undergraduates in science, mathematics, engineering and technology: A meta-analysis. *Review of Educational Research*, 69(1), 21–51.
- Stone, J. R., I. I. I., Alfeld, C., & Pearson, D. (2008). Rigor and relevance: Enhancing high school students' math skills through career and technical education. *American Educational Research Journal*, 45(3), 767–795.
- Thomas, J. W. (2000). *A review of research on project-based learning*. San Rafael, California: Autodesk.
- Utsumi, M. C., & Mendes, C. R. (2000). Researching the attitudes towards mathematics in basic education. *Educational Psychology*, 20(2), 237–243.
- Walsh, K. A. (2008). The relationship among mathematics anxiety, beliefs about mathematics, mathematics self-efficacy, and mathematics performance in associate degree nursing students. *Nursing Education Perspectives*, 29(4), 226–229.
- Zastavker, Y. V., Ong, M., & Page, L. (2006). *Women in engineering: Exploring the effects of project-based learning in a first-year undergraduate engineering program*. The 36th ASEE/IEEE Frontiers in Education Conference, San Diego, CA.