

PENINGKATAN KOMPETENSI DASAR PERANCANGAN DESAIN PCB BERBANTUAN SOFTWARE EAGLE DENGAN METODE PROJECT BASED LEARNING

IMPROVED BASIC COMPETENCE OF PCB DESIGN ASSIST BY EAGLE SOFTWARE WITH PROJECT BASED LEARNING METHOD

Oleh: Cristy DewiAry Puspitasary, Program Studi Pendidikan Teknik Mekatronika, Fakultas Teknik UNY, cristie_crist@hotmail.com

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui ada atau tidak nya peningkatan kompetensi ranah kognitif dan psikomotorik pada siswa yang diberikan perlakuan menggunakan metode *Project Based Learning*. Jumlah sample yang digunakan pada penelitian ini sebanyak 64 orang. Penelitian dilakukan di SMK N 3 Yogyakarta dengan subyek penelitian, kelas X TAV 1 dan X TAV 2. Kelas X TAV 1 sebagai kelas eksperimen dan kelas X TAV 2 sebagai kelas kontrol. Penelitian ini merupakan penelitian Quasi Eksperimen menggunakan *Non randomized control group pretest and posttest desain*. Teknik pengumpulan data melalui tes dan observasi. Uji hipotesis yang digunakan adalah *independent sample t test* dan Mann Whitney. Hasil penelitian menunjukkan bahwa : (1) Tidak terdapat peningkatan kognitif yang signifikan pada kelompok eksperimen. Hal tersebut sesuai dengan hasil uji t pada ranah kognitif menggunakan skor *gain* yang menunjukkan bahwa $t_{hitung} 1,045 < t_{tabel} 1,6706$ dan signifikansi hitung (P) $0,300 > \alpha 0,05$. (2) Terdapat peningkatan psikomotorik yang signifikan pada kelas eksperimen. Hal tersebut dibuktikan dengan uji *Mann Whitney* yang menghasilkan $U_{hitung} 301.500 > U_{tabel} 139$ dan nilai signifikansi hitung (P) $0,003 < \alpha 0,05$.

Kata kunci: Kompetensi, *Project Based Learning*, PCB, EAGLE

Abstract

This study aims to determine the increase of cognitive and psychomotor competencies in students who are given treatment with Project Based Learning. The sample used in this study are 64 students. The study was conducted in SMK N 3 Yogyakarta with research subjects are students in X class TAV 1 and X Class TAV 2. X class TAV 1 as an experimental class and X class TAV 2 as the control class. This study is a Quasi-Experimental research used Non-randomized control group pretest and posttest design. Data collection techniques used tests and observation. Hypothesis test used in this research is Independent Sample T Test and Mann Whitney. The results showed that: (1) There is no significant cognitive aspect improvement in the experimental group. This is consistent with the t test results on the cognitive aspect use gain score indicating that $t_{observed} 1,045 < t_{table} 1.6706$ and arithmetic significance (P) $0.300 > \alpha 0.05$. (2) There is a significant increase in psychomotor aspect in the experimental class. This is evidenced by Mann Whitney test that produces $U_{observed} 301.500 > U_{table} 139$ and the arithmetic significant value(P) $0.003 < \alpha 0.05$.

Keywords: *Competence, Project Based Learning, PCB, EAGLE*

PENDAHULUAN

SMKN 3 Yogyakarta, merupakan salah satu sekolah menengah kejuruan yang memiliki beberapa program keahlian. Program keahlian tersebut diantaranya adalah Teknik Kendaraan Ringan, Teknik Mesin, Teknik Komputer dan Jaringan, Teknik Audio Video, Teknik Elektro, dan Teknik Multimedia.

Program keahlian Teknik Audio Video di SMKN 3 Yogyakarta, memiliki 2 kelas paralel di setiap tingkatannya, yaitu kelas TAV1 dan TAV2. Masing-masing kelas tersebut terdiri dari 32 orang siswa.

Pembelajaran membuat desain layout PCB di SMKN 3 Yogyakarta ada pada mata pelajaran Teknik Kerja Bengkel. Membuat desain PCB pada mata pelajaran Teknik Kerja Bengkel, merupakan salah satu indikator dari kompetensi dasar yang ada pada silabus mata pelajaran Teknik Kerja Bengkel.

Metode pembelajaran yang digunakan pada mata pelajaran ini adalah metode pembelajaran yang konvensional. Penerapan metode tersebut yaitu, guru membuka pelajaran, melakukan presensi, kemudian menjelaskan mata pelajaran didepan kelas. Proses menggambar skematik manual, dijelaskan oleh guru bidang studi dengan menggambarkan rangkaian skematik dipapan tulis. Guru menggunakan media pembelajaran dalam bentuk alat yang sudah jadi. Hal tersebut diharapkan mampu menarik perhatian siswa untuk belajar. Berdasarkan hasil pengamatan peneliti di lapangan hal tersebut kurang efektif untuk menarik perhatian dan antusiasme siswa dalam pembelajaran, hal ini terbukti dengan masih banyaknya siswa yang melakukan aktivitas yang tidak berhubungan dengan pembelajaran seperti, mengobrol dengan teman sebangku, *browsing* gambar di dunia

maya yang tidak berhubungan dengan proses pembelajaran, tidur di kelas dan lain sebagainya. Aktivitas yang tidak berhubungan dengan pembelajaran yang cukup tinggi ini berakibat pada tidak selesainya project pembelajaran untuk menggambar skematik pada satu kali pertemuan.

Alokasi waktu tatap muka mata pelajaran Teknik Kerja Bengkel satu kali pertemuan selama 3 x 45 menit. Alokasi waktu tersebut seharusnya cukup untuk menyelesaikan *project* pembuatan rangkaian skematik manual, namun yang terjadi di lapangan tidak semua siswa mampu menyelesaikan *project* tersebut dalam sekali pertemuan. Jumlah siswa yang mampu menyelesaikan project tersebut dalam satu kali pertemuan hanya 1/3 dari jumlah siswa di dalam kelas yaitu sekitar 10-11 orang siswa. Berdasarkan uraian tersebut di atas dapat diketahui bahwa keterlibatan siswa dalam proses pembelajaran masih sangat rendah yaitu hanya 1/3 dari jumlah keseluruhan siswa di dalam kelas.

Metode pembelajaran konvensional tersebut masih bersifat *teacher centered* yaitu orientasi pembelajaran yang berpusat pada guru dengan pendekatan *tekstual*. Pembelajaran dengan metode konvensional yang bersifat *teacher centered* didominasi oleh peran guru dan tidak memberikan akses bagi anak didik untuk berkembang dan mandiri. Siswa tidak diajarkan bagaimana belajar, memotivasi diri sendiri (*self motivation*), padahal aspek-aspek tersebut penting bagi keberhasilan dalam suatu pembelajaran (Trianto,2014:7). Pembelajaran konvensional menekankan penguasaan konsep (informasi) belaka, penumpukan informasi pada peserta didik kurang bermanfaat karena proses komunikasi hanya dilakukan satu arah saja

yaitu dari guru ke siswa sehingga siswa bersifat pasif hanya menerima apa yang disampaikan oleh guru tanpa ikut berperan dalam proses pembelajaran melalui proses berpikir dalam pemecahan masalah, mengembangkan ide kreativitas dan gagasannya sendiri yang dapat diaplikasikan dalam penyelesaian tugas-tugas yang autentik. Siswa mengerjakan tugas sesuai apa yang dikehendaki guru, sesuai dengan apa yang sudah ditetapkan dalam penilaian tanpa mengembangkan kreativitas, ide, dan *problem solving* yang mungkin dapat mereka lakukan dengan cara mereka sendiri.

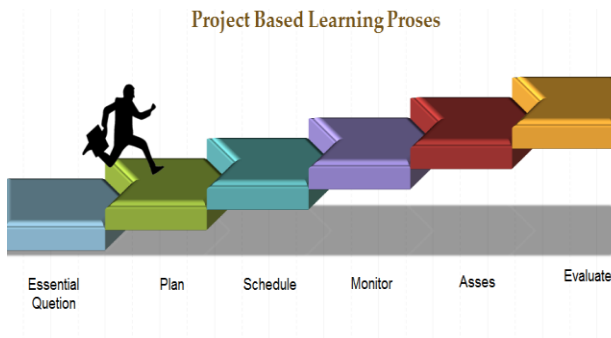
Metode pembelajaran konvensional menekankan penguasaan konsep pada materi pembelajaran namun kurang mampu menggunakan konsep tersebut dalam menyelesaikan masalah dalam dunia nyata. Arends (1997) mengemukakan bahwa, dalam mengajar guru selalu menuntut siswa untuk belajar dan jarang memberikan pelajaran tentang bagaimana siswa belajar, guru juga menuntut siswa menyelesaikan masalah, tetapi jarang mengajarkan bagaimana siswa seharusnya menyelesaikan masalah.

Metode pembelajaran konvensional tersebut bertentangan dengan kurikulum 2013. Kurikulum 2013 menghendaki pembelajaran tidak hanya mempelajari konsep, teori, dan fakta, tetapi juga aplikasi dalam kehidupan sehari-hari. Pembelajaran yang mengadopsi kurikulum 2013 bersifat *student centered* yaitu pembelajaran yang berpusat pada siswa. Pembelajaran yang semula bersifat tekstual berubah menjadi kontekstual. Salah satu metode pembelajaran yang sesuai dengan kebutuhan tersebut adalah metode pembelajaran *Project Based Learning*. Metode pembelajaran *Project Based Learning* adalah pendekatan pembelajaran

inovatif, yang menekankan pembelajaran kontekstual melalui kegiatan yang kompleks (Trianto, 2014:42).

Buck Institute of Education dalam *Introduction to Project Based Learning* (2006:2), mendefinisikan *standard focused Project Based Learning* adalah sebagai Metode pengajaran yang sistematis yang melibatkan siswa dalam pembelajaran pengetahuan dan keterampilan melalui proses penelitian panjang yang terstruktur, kompleks, pertanyaan autentik, tugas dan produk yang dirancang hati-hati. Lebih lanjut Jhon W. Thomas (2000 : 1) mendefinisikan Pembelajaran Berbasis Proyek (*Project Based Learning*) adalah metode pembelajaran yang mengorganisasikan pembelajaran di sekitar proyek. Proyek yang dimaksud adalah tugas-tugas yang kompleks, pertanyaan yang menantang atau masalah yang harus dipecahkan, yang melibatkan siswa dalam proses desain, pemecahan masalah, pengambilan keputusan atau kegiatan investigasi. Pembelajaran berbasis proyek (*Project Based Learning*) memberikan siswa kesempatan untuk bekerja mandiri dalam jangka waktu yang panjang, dan menghasilkan produk yang realistis .

Metode pembelajaran *Project Based Learning* memiliki *steps* yang membedakannya dengan metode konvensional. *Steps* atau langkah dalam pelaksanaan metode pembelajaran tersebut, berdasarkan *Project Based Learning Handbook* (2006) adalah sebagai berikut.



Gambar 2. *Project Based Learning Steps* (proses)

Langkah (*steps*) metode pembelajaran *Project Based Learning* yang diterapkan pada penelitian ini dapat dijelaskan sebagai berikut :

1) *Driving Essential Question*

Pertanyaan mendasar yang diajukan untuk memancing pengetahuan, tanggapan, kritik dan ide peserta didik mengenai tema proyek yang akan diangkat. Pertanyaan mendasar yang dilakukan oleh peneliti pada tahapan ini adalah: a) Bagaimana membuat desain PCB menggunakan software EAGLE. Essential Question tersebut sekaligus menjadi goal pada pembelajaran membuat desain PCB.

2) *Desain a Plan for Project*

Siswa membuat rencana desain *project* yang akan dibuat dengan anggota kelompoknya.

3) *Create a Schedule*

Siswa menyusun jadwal rencana penyelesaian *project* dan disepakati dengan anggota kelompoknya.

4) *Monitor Students and Project Progress*

Tahapan selanjutnya, peneliti melakukan *monitoring* (pemantauan) terhadap progress *project* yang dibuat oleh siswa.

5) *Assess the Outcomes*

Peneliti melakukan penilaian *product* yang dihasilkan menggunakan rubrik observasi.

6) *Evaluate*

Proses akhir dari pembelajaran *Project Based Learning* adalah evaluasi. Proses evaluasi dimaksudkan untuk mengetahui hal apa saja yang sudah berjalan dengan baik dan hal apa yang harus dirubah. Tahapan evaluasi juga memberikan keleluasaan kepada siswa untuk berbagi pengalamannya saat proses pembelajaran berlangsung. Siswa memaparkan hal apa saja yang telah dipelajari, kesulitan apa yang dihadapi dan mempresentasikan hasil *product* yang telah dibuat.

Proses pembuatan desain PCB di SMKN 3 masih menggunakan metode manual belum menggunakan software aplikasi untuk membuat desain PCB. PCB atau *Printed Circuit Board* adalah papan yang dilapisi tembaga untuk menghubungkan komponen elektronik. Pembuatan jalur PCB manual dapat menimbulkan kesalahan pembuatan jalur, kesalahan menentukan diameter kaki komponen, *layouting* yang kurang rapi, dan kesulitan dalam proses pembuatan PCB berulang. Penggunaan *software* dapat meminimalisasi kesalahan karena gambar ukuran kaki komponen yang digunakan pasti sesuai dengan ukuran kaki komponen yang sebenarnya. Proses pembuatan PCB dengan menggunakan *software* memudahkan siswa merencanakan terlebih dahulu rangkaian yang akan dibuat pada fitur skematik rangkaian. Siswa juga dapat menentukan tata letak komponen dengan memanfaatkan fitur *layouting*. Penggunaan *software* juga mendukung pembuatan PCB yang berulang, dan pembuatan PCB dengan skematik yang kompleks. Software untuk membuat desain PCB salah satunya adalah EAGLE. EAGLE adalah satu set *software* menggambar PCB yang lengkap, user interface yang *friendly*, dan tersedia dalam bentuk *freeware*. EAGLE

merupakan sebuah paket perangkat lunak (*software*) untuk mendesain PCB yang terdiri dari *schematic editor*, *PCB editor*, dan *autorouter* Mikkel Olsen (2004). EAGLE memiliki beberapa keuntungan, Matthew (2014) mendefinisikan beberapa keuntungan menggunakan EAGLE diantaranya adalah :

- 1) Komponen *library* yang lengkap
EAGLE memiliki fasilitas *library* yang lengkap. EAGLE juga memiliki fasilitas *custom* pada komponen yang disediakan pada *library* nya. Fasilitas ini digunakan untuk mengganti komponen yang tersedia dan menyesuaikannya dengan komponen yang dibutuhkan. Pengguna juga bisa melakukan *update library* secara gratis melalui internet.
- 2) *Schematic editor*
Schematic editor digunakan untuk mendesain awal *circuit*.
- 3) *Board editor*
Board editor digunakan untuk menentukan tata letak fisik papan *circuit* dan *routing*.
- 4) *Device editor*
Device editor digunakan untuk merancang komponen baru.
- 5) *Autorouter*
Autorouter merupakan tools menu yang dapat digunakan untuk menghubungkan komponen secara otomatis.
- 6) CAM
EAGLE juga merupakan software yang mendukung proses pembuatan PCB dengan fabrikasi. Layout yang sudah selesai di desain di EAGLE dapat di impor ke CAM. Hal ini memudahkan pembuatan PCB dalam jumlah banyak, mengganti proses pelarutan kimia. Layout PCB yang sudah jadi kemudian di import ke CAM, gambar berubah menjadi G-Code kemudian di eksekusi menggunakan CNC router.

Berdasarkan definisi dan keuntungan menggunakan *software* EAGLE di atas dapat disimpulkan bahwa EAGLE dapat digunakan sebagai media pembelajaran membuat desain PCB pada siswa SMK.

METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan di dalam penelitian ini adalah Quasi Eksperimen. Penelitian ini menggunakan desain *Non randomized control group pretest-posttest design*.

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Oktober-November 2015 di Jurusan Teknik Audio Video SMKN 3 Yogyakarta. Subyek penelitian ini adalah seluruh siswa kelas X TAV SMK N 3 Jumlah seluruh siswa kelas X TAV di SM N 3 Yogyakarta terdiri dari 64 orang siswa. Kelas X TAV1 sebagai kelompok eksperimen dan X TAV2 sebagai kelompok kontrol.

Data yang digunakan adalah data kuantitatif yang berasal dari instrumen penilaian ranah kognitif maupun psikomotorik siswa. Metode pengumpulan data yang digunakan pada penelitian ini data tes dan non tes. Teknik pengumpulan data tes, menggunakan *pretest* dan *posttest* sedangkan teknik pengumpulan data non tes menggunakan observasi rubrik.

Prosedur Penelitian

Berikut ini desain penelitian yang digunakan :

Tabel 1. Desain Penelitian

Kelompok	Kelas	Pret est	Treatm ent	Postt est
Eksperimen	XTA V1	T1	X	T1
Kontrol	XTA V2	T2	-	T2

Tabel di atas dijelaskan, bahwa sebelum diberikan perlakuan yang berbeda, masing-masing kelompok diberikan pretest, hal ini bertujuan untuk mengukur kemampuan awal siswa sebelum adanya perlakuan. Setelah diberikan pretest, kelompok eksperimen diberikan perlakuan dengan penerapan metode pembelajaran *Project Based Learning* sedangkan kelompok kontrol menggunakan metode pembelajaran konvensional. Pada tahap akhir, masing-masing kelompok diberikan *posttest* untuk mengukur kemampuan siswa setelah diberi perlakuan (*treatment*). Kemudian rata-rata nilai pretest dan *posttest* dibandingkan untuk mengetahui ada atau tidaknya peningkatan kompetensi siswa.

Teknik Analisis Data

Teknik Analisis data yang digunakan adalah analisa data parametrik dan non parametrik. Penentuan jenis analisa data yang digunakan sesuai dengan hasil uji prasyarat analisis. Uji prasyarat analisa data yang dilakukan adalah uji normalitas dan homogenitas data. Uji prasyarat analisa data dan uji hipotesis penelitian dapat dijelaskan sebagai berikut :

a. Uji Normalitas

Uji normalitas yang digunakan pada penelitian ini adalah uji *Shapiro-Wilk*. Data berdistribusi normal apabila nilai Sig. hitung $> \alpha$. α yang digunakan pada uji normalitas adalah 0,05.

b. Uji Homogenitas

Uji homogenitas data dilakukan menggunakan metode Levene test, dengan taraf signifikansi uji $\alpha = 0,05$ dengan bantuan software IBM SPSS 19.

c. Uji Hipotesis

Uji hipotesis dilakukan untuk membuktikan hipotesis penelitian. Uji hipotesis dilakukan dengan bantuan program IBM SPSS 19, menggunakan taraf

signifikansi (α) 5%. Syarat uji hipotesis pada 2 sampel yang saling bebas dapat dijelaskan sebagai berikut :

- 1) Jika data berdistribusi normal dan homogen, maka dilanjutkan dengan uji t (*independent sample t test*) menggunakan *equal varianced assumed*.
- 2) Jika data berdistribusi normal dan tidak homogen, maka dilanjutkan dengan uji t (*independent sample t test*) menggunakan *equal varianced not assumed*.
- 3) Jika kedua kelompok atau salah satu kelompok tidak berdistribusi normal maka dilanjutkan dengan uji *Mann Whitney*.

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Uji normalitas, homogenitas, dan uji hipotesis pada ranah kognitif dilakukan menggunakan data skor gain. Skor gain diperoleh melalui :

$$\text{Gain ternormalisasi (g)} = \frac{\text{skor posttest} - \text{skor pretest}}{\text{skor ideal} - \text{skor pretest}}$$

Hasil uji normalitas pada ranah kognitif menggunakan skor *gain* dapat dilihat pada Tabel berikut.

Tabel 2. Uji normalitas ranah kognitif

Uji Normalitas Shapiro Wilk		
Kelompok	Signifikansi (Sig.)	Keterangan
Eksperimen	0,22	Normal
Kontrol	0,91	Normal

Berdasarkan hasil uji normalitas tersebut dapat disimpulkan bahwa, data kognitif pada kelompok kontrol dan kelompok eksperimen berdistribusi normal. Besarnya nilai hasil signifikansi hitung (P) $> \alpha$ 0,05.

Uji normalitas data juga dilakukan pada hasil belajar ranah psikomotorik. Hasil uji normalitas ranah psikomotorik dapat dilihat pada Tabel berikut.

Tabel 3. Uji normalitas ranah psikomotorik

Uji Normalitas Shapiro Wilk		
Kelompok	Signifikansi (Sig.)	Keterangan
Eksperimen	0,00	Tidak Normal
Kontrol	0,00	Tidak Normal

Hasil uji normalitas data nilai psikomotorik siswa pada kelompok eksperimen dan kelompok kontrol adalah $(P) 0 < \alpha 0,05$ sehingga dapat disimpulkan bahwa distribusi (sebaran) data tidak normal.

Hasil uji homogenitas data pada ranah kognitif dapat dijelaskan pada tabel berikut.

Tabel 4. Uji homogenitas skor *gain*

Levene Statistic	Signifikansi	Keterangan
.015	.903	Homogen

Hasil uji homogenitas ranah kognitif menggunakan skor *gain* menghasilkan Signifikansi hitung $(P) 0,903 > \alpha 0,05$ sehingga dapat disimpulkan bahwa varians data homogen. Uji homogenitas juga dilakukan pada ranah psikomotorik menggunakan nilai psikomotorik siswa kelompok eksperimen dan kelompok kontrol. Hasil uji homogenitas pada kedua kelompok tersebut dapat dijelaskan pada Tabel berikut.

Tabel 5. Uji homogenitas ranah psikomotorik

Levene Statistic	Signifikansi	Keterangan
.392	.533	Homogen

Berdasarkan Tabel di atas dapat diketahui bahwa uji homogenitas menghasilkan nilai signifikansi hitung $(P) 0,533 > \alpha 0,05$, sehingga dapat diambil kesimpulan bahwa varians data homogen. Setelah dilakukan uji normalitas dan homogenitas kemudian langkah selanjutnya adalah melakukan uji hipotesis. Hasil uji hipotesis pada ranah kognitif dapat dijelaskan pada tabel berikut.

Tabel 6. Hasil uji t ranah kognitif

<i>t</i> hitung	<i>t</i> tabel	Sig.(2 tailed)	Keterangan
1,045	1,6706	0,300	Tidak terdapat peningkatan kompetensi kognitif yang signifikan

Berdasarkan hasil uji hipotesis yang dijabarkan pada tabel tersebut dapat diketahui bahwa, $t_{hitung} 1,045 < t_{tabel} 1,6706$ dan signifikansi hitung $(P) 0,300 > \alpha 0,05$ sehingga H_0 diterima dan dapat disimpulkan bahwa tidak terdapat perbedaan kompetensi kognitif yang signifikan pada kelas eksperimen yang menggunakan metode pembelajaran *Project Based Learning*.

Hasil uji hipotesis pada ranah psikomotorik menggunakan metode *Mann Whitney* dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 7. Uji hipotesis ranah psikomotorik

<i>U_{hitung}</i>	<i>U_{tabel}</i>	<i>Sig.(2-tailed)</i>	Keterangan
301.500	139	0,003	Terdapat peningkatan kompetensi psikomotorik yang signifikan

Berdasarkan hasil uji hipotesis di atas dapat diketahui bahwa signifikansi hitung (P) $0,003 < \alpha 0,05$ dan $U_{hitung} 301.500 > U_{tabel} 139$ sehingga dapat disimpulkan bahwa terdapat peningkatan kompetensi psikomotorik yang signifikan pada siswa kelas eksperimen.

SIMPULAN DAN SARAN

Simpulan

Berdasarkan analisis data dan hasil penelitian, maka dapat disimpulkan bahwa :

1. Peningkatan kompetensi ranah kognitif pada kelompok eksperimen sama dengan peningkatan kompetensi ranah kognitif pada kelompok kontrol. Hal tersebut dibuktikan dengan hasil perhitungan skor gain yang menghasilkan skor 0,6 dan termasuk dalam kategori sedang. Uji t pada ranah kognitif menunjukkan *Sig. 2-tailed* (P) $0,300 > \alpha 0,05$ sehingga H_0 diterima dan H_1 ditolak.
2. Peningkatan kompetensi ranah psikomotorik pada kelompok eksperimen lebih tinggi daripada kelompok kontrol. Hal tersebut dibuktikan dengan hasil uji *Mann Whitney* yang menghasilkan nilai sig.

Hitung (P) $0,003 < \alpha 0,05$ sehingga H_0 ditolak dan H_1 diterima.

Berdasarkan data hasil penelitian pada mata pelajaran teknik kerja bengkel pada kelas X TAV SMKN 3 menunjukkan metode pembelajaran *Project Based Learning* lebih efektif diterapkan pada Kompetensi Dasar yang mengandung unsur psikomotorik dalam proses pelaksanaannya. Kesimpulan tersebut didukung oleh data hasil penelitian ranah psikomotorik pada kelompok eksperimen yang diuji menggunakan uji *Mann Whitney* yang menghasilkan nilai signifikansi lebih kecil dari nilai α yang digunakan.

Saran

1. Metode pembelajaran *Project Based Learning* membutuhkan waktu yang lama dalam penerapannya, sehingga penelitian sebaiknya direncanakan secara matang mengikuti kalender pendidikan pada sekolah bersangkutan, agar hasil penelitian lebih efektif dan maksimal.
2. Metode pembelajaran *Project Based Learning* sebaiknya dilaksanakan pada kelas dengan populasi yang sedikit atau kelas yang sudah dibagi pada kelas *praktik* agar peneliti lebih mudah mengendalikan kelas.
3. Peneliti harus menguasai materi dan metode pembelajaran yang dilaksanakan agar lebih mudah melaksanakan proses pembelajaran dan melakukan penilaian sesuai kriteria penilaian pada metode pembelajaran yang diterapkan.

DAFTAR PUSTAKA

- Arends, Richards. (1997). *Classroom Instruction Management*. New York: McGraw Hill Companies, Inc.
- BIE. (2006). Introduction to Project Based Learning . Diakses dari : <http://www.bie.org/imaqes/uploads/general/20fa7d42c216e2ec171a212e97fd4ae.pdf>. Pada tanggal 12 September 2016
- Matthew. (2014). *Designing Circuit Board Editor : Make High Quality PCBs at Low Cost*. Michigan : Prentice Hall
- Mikkel Olsen. (2004). PCB Design Tutorial with EAGLE. Diakses dari http://dmi.uib.es/~iauerrero/labSistemas/eaale_tut.pdf. pada tanggal 12 Sept 2015 jam 16.12 WIB.
- Yusuf , Harun.et.al (2006). Project Based Learning Handbook. Diakses dari : <http://www.moe.edu.my/btp/wp-content/uploads/2011/07/Project%20Based%20Learning%20Handbook/2%20-%20Project%20Based%20Learning%20Handbook.pdf>. pada tanggal 12 sept 2015 18.00 WIB.
- Thomas, J. W. (2000). A review of research on project-based learning. Diakses dari http://www.bobpearlman.org/BestPractices/PBL_Research.pdf. Pada tanggal 19 Mei 2015, Jam 10.41 WIB.
- Trianto. (2014). *Mendesain Metode Pembelajaran Inovatif, Progresif, dan kontekstual : Prenada media Group*.