

Pengaruh Model Pembelajaran Berbasis Konstruktivistik dan Kemampuan Spatial Visualization Terhadap Kompetensi Menggambar Proyeksi Orthogonal

R. Mursid*

Abstrak: Tujuan penelitian ini untuk mengetahui: (1) apakah terdapat perbedaan kompetensi menggambar proyeksi orthogonal (MPO) mahasiswa antara yang diajar dengan menggunakan problem based learning (PBL) dan yang diajar dengan menggunakan discovery learning (DL); (2) apakah terdapat perbedaan kompetensi MPO mahasiswa antara yang memiliki kemampuan spatial visualization (KSV) tinggi dan yang memiliki KSV rendah; dan (3) apakah terdapat pengaruh interaksi antara model pembelajaran konstruktivistik terhadap kompetensi MPO mahasiswa. Metode penelitian menggunakan quasi eksperimen dengan desain penelitian faktorial 2x2, sedangkan teknik analisis data menggunakan ANAVA dua jalur pada taraf signifikansi $\alpha = 0.05$. Hasil penelitian menunjukkan bahwa: (1) kompetensi MPO mahasiswa yang diajar dengan model PBL lebih unggul daripada kompetensi MPO dengan model DL; (2) kompetensi MPO mahasiswa yang memiliki KSV tinggi lebih unggul daripada kompetensi MPO mahasiswa yang memiliki KSV rendah; dan (3) terdapat pengaruh interaksi antara model pembelajaran konstruktivistik dan KSV terhadap kompetensi MPO mahasiswa.

Kata Kunci: Model Pembelajaran, Berbasis Konstruktivistik, Kemampuan Spatial Visualization, Kompetensi, Menggambar Proyeksi Orthogonal

Abstract: The purpose of this study to find out: (1) whether there are differences in competency draw orthogonal projection (MPO) between the students taught using problem based learning (PBL) and taught using discovery learning (DL); (2) whether there is a difference between the competence of MPO students who have the ability of spatial visualization (KSV) which has KSV high and low; and (3) whether there is an interaction effect between constructivist learning models to competence MPO students. The research method using a quasi-experimental design with a 2x2 factorial study, while data analysis techniques using ANOVA two paths at the significance level $\alpha = 0.05$. The results showed that: (1) the competence of MPO students taught by PBL model of superior competence MPO model DL; (2) competence MPO students who have high KSV superior competence MPO KSV students who have low; and (3) there are significant interaction between constructivist learning models and KSV against MPO competence of students.

Keywords: learning model, based constructivist, spatial visualization abilities, competencies, to draw an orthogonal projection.

PENDAHULUAN

Gambar teknik merupakan alat untuk menyatakan ide atau gagasan ahli teknik. Oleh karena itu gambar teknik sering juga disebut sebagai bahasa teknik atau bahasa bagi kalangan ahli-ahli teknik. Membaca gambar teknik merupakan salah satu kompetensi kejuruan program studi keahlian teknik mesin yang harus dikuasai oleh

mahasiswa. Mahasiswa pendidikan teknik mesin harus mempunyai kompetensi yang diharapkan oleh dunia industri atau dunia usaha dan atau sebagai calon guru vokasional di bidang teknik mesin.

Pada kenyataannya kompetensi mahasiswa dalam memahami mata kuliah menggambar teknik khususnya menggambar proyeksi orthogonal (MPO) tersebut masih sangat kurang. Mahasiswa kurang

* R. Mursid, Pendidikan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Medan mursid.tp@gmail.com, Hp.081361618271

memahami materi kuliah, salah membaca gambar, salah dalam membuat ukuran gambar, proyeksi gambar kerja dan sebagainya. Kesalahan-kesalahan ini sangatlah fatal, karena gambar teknik sebagai bahasa teknik tidak bisa digunakan sebagai alat komunikasi kerja dan hasil produk yang dibuat menjadi tidak sesuai dengan perencanaan.

Proyeksi merupakan cara penggambaran suatu benda, titik, garis, bidang, benda ataupun pandangan suatu benda terhadap suatu bidang gambar. Proyeksi piktorial adalah cara penyajian suatu gambar tiga dimensi terhadap bidang dua dimensi. Sedangkan proyeksi ortogonal merupakan cara pemroyeksian yang bidang proyeksinya mempunyai sudut tegak lurus terhadap proyektornya.

Seorang ahli di bidang teknik menggunakan sumber daya teknis atau media untuk memecahkan berbagai masalah (Bartoline, 2009). Solusinya dimulai dengan ide dalam pikiran ahli teknik. Salah satu cara terbaik untuk mengkomunikasikan ide-ide seseorang adalah melalui beberapa bentuk gambar. Gambar teknik menyediakan sarana untuk berkomunikasi kompleksitas dalam dipahami dan cara efektif berkat abstraksi visual (Goanta, 2009; Harris, Meyers, 2007). Deskripsi ini harus menunjukkan setiap aspek dari bentuk dan ukuran masing-masing bagian dan dari struktur yang lengkap.

Untuk membangun bentuk geometris, seorang ahli teknik harus tahu beberapa prinsip dan prosedur konstruksi geometris. *Multiview ortografi* proyeksi, sarana utama komunikasi grafis yang digunakan dalam pekerjaan ahli teknik, adalah prosedur yang digunakan untuk benar-benar menggambarkan bentuk dan dimensi menggunakan

dua atau lebih pandangan obyek yang biasanya diproyeksikan pada 90° ke sama lain, atau pada sudut tertentu. Untuk sebagian besar dari kurikulum teknik, gambar teknik adalah belajar dasar-dasar gambar teknik (Garmendia, Sierra, 2007; Sutton, Heathcote, Bore, 2007). Salah satu keterampilan bahwa mahasiswa sulit untuk belajar adalah kemampuan untuk menemukan informasi tentang fitur 3D berdasarkan dua dimensi (2D) representasi dan atau sebaliknya.

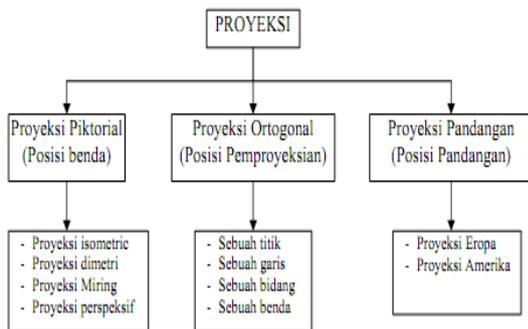
Menggambar teknik secara konvensional dilakukan dalam latihan praktik, meliputi: (1) proyeksi titik, garis dan segitiga, (2) orthogonal gambar model; hubungan proyeksi orthogonal, (3) menggambar pandangan yang hilang, (4) orthogonal gambar; bagian dalam gambar teknik, (5) menggambar tiga dimensi melalui sketsa bagian mekanis, (6) menggambar dan dimensi proyeksi orthogonal dan bagian, (7) contoh soal gambar proyeksi orthogonal, dan (8) menggambar teknik pada proyeksi orthogonal secara utuh ke dalam 3 sampai 6 pandangan.

Kompetensi Menggambar Proyeksi Orthogonal

Gambar proyeksi orthogonal dipergunakan untuk memberikan informasi yang lengkap dan tepat dari suatu benda tiga dimensi. Untuk mendapatkan hasil demikian bendanya diletakkan dengan bidang-bidangnya sejajar dengan bidang proyeksi, terutama sekali bidang yang penting diletakkan sejajar dengan bidang proyeksi vertikal. Proyeksi ortogonal adalah gambar proyeksi yang bidang proyeksinya mempunyai sudut tegak lurus terhadap proyektornya. Garis-garis yang memroyeksikan benda terhadap bidang proyeksi disebut proyektor. Selain proyektor tegak lurus terhadap bidang

proyeksinya juga proyektor-proyektor tersebut sejajar satu sama lain.

Proyeksi orthogonal pada umumnya tidak memberikan gambaran lengkap dari benda hanya dari satu proyeksi saja. Oleh karena itu diambil beberapa bidang proyeksi. Biasanya diambil tiga bidang tegak lurus, dan dapat ditambah dengan bidang bantu dimana diperlukan. Benda diproyeksikan secara orthogonal pada tiap-tiap bidang proyeksi untuk memperlihatkan benda tersebut pada bidang-bidang dua dimensi. Dengan menggabungkan gambar-gambar proyeksi tersebut dapatlah diperoleh gambaran jelas dari benda yang dimaksud. Cara penggambaran demikian disebut proyeksi orthogonal.

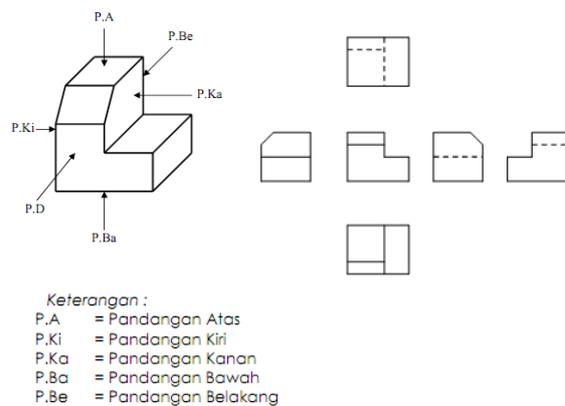


Gambar 1. Kerangka Konsep Gambar Proyeksi

Cara menggambarannya diperlihatkan antara benda dan titik penglihatan di tak terhingga diletakkan pada sebuah bidang tembus pandang sejajar dengan bidang yang akan digambar. Apa yang dilihat pada bidang tembus pandang ini merupakan gambar proyeksi dari benda tersebut. Tiga, empat atau lebih gambar demikian digabungkan dalam satu kertas gambar, dan terdapatlah suatu susunan gambar yang memberikan jelas dari benda yang dimaksud.

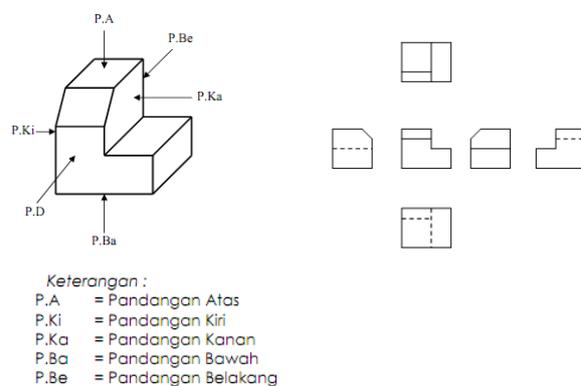
Proyeksi pandangan digunakan dalam proyeksi Eropa dan Amerika. Proyeksi Eropa dan

Amerika merupakan proyeksi yang digunakan untuk memproyeksikan pandangan dari sebuah gambar tiga dimensi terhadap bidang dua dimensi. Proyeksi Eropa disebut juga proyeksi sudut pertama, juga ada yang menyebutkan proyeksi kuadran I, perbedaan sebutan ini tergantung dari masing pengarang buku yang menjadi referensi. Dapat dikatakan bahwa Proyeksi Eropa ini merupakan proyeksi yang letak bidangnya terbalik dengan arah pandangannya.



Gambar 2. Proyeksi Eropa (Sumber: Sato dan Sugiarto, 2003: 66)

Proyeksi Amerika dikatakan juga proyeksi sudut ketiga dan juga ada yang menyebutkan proyeksi kuadran III. Proyeksi Amerika merupakan proyeksi yang letak bidangnya sama dengan arah pandangannya.



Gambar 3. Proyeksi Amerika (Sumber: Sato dan Sugiarto, 2003: 67)

Model Pembelajaran Berbasis Konstruktivistik

Menurut pandangan konstruktivisme tentang belajar, dosen tidak begitu saja memberikan pengetahuan kepada mahasiswa, tetapi mahasiswalah yang harus aktif membangun pengetahuan dalam pikiran mereka sendiri. Belajar menurut teori konstruktivisme adalah membangun pengetahuan sedikit demi sedikit, yang kemudian hasilnya diperluas melalui konteks yang terbatas dan tidak sekonyong-konyong. Pengetahuan bukanlah seperangkat fakta-fakta, konsep-konsep, atau kaidah yang siap untuk diambil atau diingat. Manusia harus mengkonstruksi pengetahuan itu dan memberi makna melalui pengalaman nyata. Melalui proses belajar yang mengalami sendiri, menemukan sendiri, secara berkelompok seperti bermain, maka mahasiswa menjadi senang, sehingga tumbuhlah minat untuk belajar.

Tugas dosen dalam pembelajaran membaca gambar teknik antara lain menyajikan materi ajar gambar teknik sesuai dengan standar bahasa gambar teknik dan akan mampu memfasilitasi perkembangan potensi sikap, berfikir, berperilaku dan keterampilan dasar ilmiah yang terdapat pada diri siswa. Kegiatan belajar merupakan sebuah proses interaksi yang bernilai pendidikan, didalamnya terjadi interaksi edukatif antara guru dan siswa. Keterlibatan aktif siswa dalam proses pembelajaran merupakan hal yang paling utama.

Model pembelajaran adalah suatu rencana atau pola yang dapat digunakan untuk membentuk membimbing pembelajaran di kelas atau yang lain. Model pembelajaran memiliki ciri-ciri sebagai berikut: (1) berdasarkan teori pendidikan dan teori belajar dari para ahli tertentu; (2) mempunyai nilai atau tujuan pendidikan tertentu; (3) dapat dijadikan

pedoman untuk perbaikan kegiatan belajar mengajar di kelas; (4) memiliki bagian-bagian model yang dinamakan: (a) urutan langkah-langkah pembelajaran (*syntax*); (b) adanya prinsip-prinsip reaksi; (c) sistem sosial; dan (d) sistem pendukung; (5) memiliki dampak sebagai akibat terapan model pembelajaran; dan (6) membuat persiapan mengajar (desain instruksional) dengan pedoman model pembelajaran yang dipilihnya.

Untuk mengatasi kondisi kelas yang demikian, sebenarnya banyak terdapat model pembelajaran yang dapat digunakan. Berdasarkan berbagai uraian di atas salah satu alternatif model pembelajaran yang ingin peneliti terapkan dalam penelitian ini adalah model koopeatif learning tipe *discovery learning* dan model koopeatif tipe *problem based learning* dengan kemampuan *spatial visualization* terhadap kompetensi MPO mahasiswa.

Model Pembelajaran *Problem Based Learning* (PBL)

Salah satu model pembelajaran yang dapat dikembangkan dan diadopsi untuk menempatkan siswa sebagai pusat pembelajaran adalah penerapan model pembelajaran PBL. “PBL adalah suatu pendekatan pembelajaran dengan membuat konfrontasi kepada pembelajar dengan masalah-masalah praktis atau pembelajaran yang dimulai dengan pemberian masalah dan memiliki konteks dengan dunia nyata” (Tan, 2003; Wee & Kek, 2002: 12). Model ini melatih siswa untuk memecahkan masalah dengan pengetahuan yang dimilikinya. Proses tersebut akan membuat terbangunnya pengetahuan baru yang lebih bermakna bagi siswa.

Pengertian PBL menurut Dutch (dalam Amir, 2009: 27) adalah “metode intruksional yang

menantang peserta didik agar belajar untuk belajar bekerjasama dalam kelompok untuk mencari solusi bagi masalah yang nyata". Masalah digunakan untuk mengaitkan rasa keingintahuan, kemampuan analisis, dan inisiatif siswa terhadap materi pelajaran. PBL mempersiapkan peserta didik untuk berpikir kritis dan analitis, dan menggunakan sumber belajar yang sesuai. Berdasarkan uraian di atas, dapat disimpulkan bahwa model PBL merupakan model pembelajaran yang melibatkan siswa dalam memecahkan masalah nyata. Model ini menyebabkan motivasi dan rasa ingin tahu menjadi meningkat. Model PBL juga menjadi wadah bagi siswa untuk dapat mengembangkan cara berpikir kritis dan keterampilan berpikir yang lebih tinggi.

Amir (2009: 24) menyatakan, terdapat 7 langkah pelaksanaan PBL, yaitu sebagai berikut: (1) Mengklarifikasi istilah dan konsep yang belum jelas. Memastikan setiap anggota memahami berbagai istilah dan konsep yang ada dalam masalah; (2) Merumuskan masalah. Fenomena yang ada dalam masalah menuntut penjelasan hubungan-hubungan apa yang terjadi antara fenomena itu; (3) Menganalisis Masalah. Siswa mengeluarkan pengetahuan terkait apa yang sudah dimiliki tentang masalah; (4) Menata gagasan siswa dan secara sistematis menganalisisnya dengan dalam. Bagian yang sudah dianalisis dilihat keterkaitannya satu sama lain, dikelompokkan mana yang saling menunjang, mana yang bertentangan dan sebagainya; (5) Memformulasikan tujuan pembelajaran. Kelompok dapat merumuskan tujuan pembelajaran karena kelompok sudah tahu pengetahuan mana yang masih kurang dan mana yang masih belum jelas; (6) Mencari Informasi tambahan dari sumber yang lain (di luar diskusi

kelompok); dan (7) Mensintesa (Menggabungkan) dan menguji informasi baru, dan membuat laporan untuk kelas. Dari laporan individu/sub kelompok, yang dipresentasikan dihadapan anggota kelompok lain, kelompok mendapatkan informasi-informasi yang baru. Anggota yang mendengarkan laporan harus kritis tentang laporan yang disajikan (laporan diketik, dan dibagikan kepada setiap anggota).

Model Pembelajaran *Discovery Learning* (DL)

Model pembelajaran DL menurut Hosnan (2014: 280), model pembelajaran DL merupakan model pembelajaran berdasarkan model pembelajaran konstruktivisme. Model DL menekankan pentingnya pemahaman struktur atau ide-ide penting terhadap suatu disiplin ilmu melalui keterlibatan mahasiswa secara aktif di dalam pembelajaran. Struktur atau ide-ide penting terhadap suatu disiplin ilmu melalui keterlibatan mahasiswa secara aktif di dalam pembelajaran. Mahasiswa di dorong untuk belajar sebagian besar melalui keterlibatan aktif mereka sendiri dengan konsep-konsep, prinsip-prinsip dan dosen mendorong mahasiswa untuk memiliki pengalaman yang memungkinkan mereka menemukan prinsip untuk diri mereka sendiri.

Belajar penemuan (*DL*) merupakan salah satu model pembelajaran kognitif yang dikembangkan oleh Bruner (1966). Belajar penemuan adalah proses belajar dimana guru harus menciptakan situasi belajar yang problematis, menstimulus siswa dengan pertanyaan-pertanyaan, mendorong siswa mencari jawaban sendiri, dan melakukan eksperimen. Belajar penemuan pada akhirnya dapat meningkatkan penalaran dan kemampuan untuk erpikir secara bebas dan melatih

keterampilan kognitif siswa dengan cara menemukan dan memecahkan masalah yang ditemui dengan pengetahuan yang telah dimiliki dan menghasilkan pengetahuan yang benar-benar bermakna bagi dirinya.

Abdullah (2013: 87) menyatakan bahwa Model Pembelajaran DL Terbimbing merupakan metode yang digunakan untuk membangun konsep di bawah pengawasan guru. Pembelajaran DL merupakan metode pembelajaran kognitif yang menuntut guru untuk lebih kreatif menciptakan situasi yang dapat membantu peserta didik belajar aktif menemukan pengetahuan sendiri. Metode belajar ini sesuai dengan teori Bruner yang menyarankan agar peserta didik belajar secara aktif untuk membangun konsep dan prinsip. Kegiatan DL melalui kegiatan eksperimen dapat menambah pengetahuan dan keterampilan peserta didik secara simultan. Eggen (2012: 68) menambahkan bahwa model pembelajaran DL ini dirancang untuk membantu mahasiswa mengembangkan kemampuan berpikir kritis mereka.

Langkah-langkah model pembelajaran DL adalah sebagai berikut: (1) memberikan pertanyaan yang merangsang berpikir mahasiswa dan mendorongnya untuk membaca buku dan aktivitas belajar lain. (2) memberikan kesempatan kepada mahasiswa untuk mengidentifikasi sebanyak mungkin masalah yang relevan dengan bahan pelajaran dan merumuskannya dalam bentuk hipotesis. (3) memberikan kesempatan kepada mahasiswa mengumpulkan informasi yang relevan untuk membuktikan benar tidaknya hipotesis tersebut. (4) mengolah data yang diperoleh mahasiswa melalui wawancara, observasi dan lain-lain. (5) melakukan pemeriksaan cermat

untuk membuktikan benar tidaknya hipotesis yang ditetapkan dengan hasil dan pengolahan data. (6) menarik kesimpulan untuk dijadikan prinsip umum yang berlaku untuk semua masalah yang sama.

Pemilihan model pembelajaran DL dalam proses pembelajaran dimaksudkan untuk: (1) membantu peserta didik untuk belajar menemukan suatu konsep, (2) mendorong peserta didik untuk berpikir, bekerja atas inisiatif sendiri dan mampu merumuskan hipotesis sendiri, (3) meningkatkan rasa percaya diri, (4) meningkatkan keaktifan peserta didik dalam proses kegiatan belajar mengajar baik secara afektif maupun secara kognitif, (5) meningkatkan prestasi belajar. Penerapan model DL diharapkan akan mampu meningkatkan keaktifan dan prestasi belajar mahasiswa dalam proses pembelajaran, khususnya pada mata kuliah menggambar teknik.

Kemampuan *Spatial Visualization* (KSV)

Konsep tentang berpikir spasial cukup menarik untuk dibahas mengingat banyak penelitian sebelumnya yang menemukan bahwa peserta didik menemukan banyak kesulitan untuk memahami objek atau gambar bangun geometri. Berpikir spasial merupakan kumpulan dari keterampilan-keterampilan kognitif, yang terdiri dari gabungan tiga unsur yaitu konsep keruangan, alat representasi, dan proses penalaran (*National Academy of Science*, 2006: 12).

Giaquinto (2007: 15) mengemukakan bahwa persepsi dari suatu objek atau gambar dapat dipengaruhi secara ekstrim oleh orientasi objek tersebut. Untuk dapat mengenali suatu objek/gambar dengan tepat diperlukan kemampuan spasial. Hannafin, Truxaw, Jennifer, dan Yingjie (2008:148),

dalam penelitiannya menemukan bahwa siswa dengan kemampuan spasial yang tinggi secara signifikan lebih mampu dalam matematikanya. Penelitian lainnya telah menunjukkan bahwa kemampuan kognitif seperti kemampuan spasial diprediksi berhasil dalam lingkungan belajar tertentu, khususnya dalam geometri. Kemampuan spasial yang baik akan menjadikan siswa mampu mendeteksi hubungan dan perubahan bentuk bangun geometri.

Demikian pentingnya kemampuan spasial ini sehingga kita semua terutama para dosen dituntut untuk memberikan perhatian yang lebih dari cukup agar kemampuan spasial diajarkan dengan sungguh-sungguh sesuai dengan kurikulum. Dosen dapat menggunakan pendekatan pembelajaran yang cocok dan secara teoretis dapat meningkatkan kompetensi MPO mahasiswa.

Rumusan masalah penelitian ini adalah: (1) apakah terdapat pengaruh model pembelajaran berbasis konstruktivistik terhadap kompetensi menggambar teknik pada mahasiswa?; (2) apakah terdapat pengaruh kemampuan spasial visualization terhadap kemampuan menggambar teknik pada mahasiswa?, dan (3) apakah terdapat interaksi antara model pembelajaran berbasis konstruktivistik dan kemampuan spasial visualization terhadap kemampuan menggambar teknik pada mahasiswa?.

METODE

Penelitian ini dilaksanakan di Program Studi Pendidikan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Medan (Unimed) pada semester I. Sedangkan ujicoba instrumen dilakukan di semester II. Populasi penelitian ini adalah seluruh mahasiswa yang mengambil mata kuliah

menggambar teknik I yang terdiri dari 2 kelas dengan jumlah keseluruhan adalah 49 orang. Teknik pengambilan sampel dalam penelitian ini adalah teknik *cluster random sampling* yakni dari 2 kelas dipilih sebagai sampel dan juga sebagai populasi.

Penelitian ini menggunakan metode quasi eksperimen dengan disain faktorial 2 x 2. Melalui disain ini akan dibandingkan pengaruh model pembelajaran PBL dan DL terhadap kompetensi menggambar teknik I ditinjau dari karakteristik KSV. Model pembelajaran PBL dan DL diperlakukan kepada kelompok eksperimen siswa dengan KSV yang berbeda. Model pembelajaran PBL dan DL sebagai variabel bebas, Perbedaan KSV sebagai variabel moderator dan perolehan kompetensi menggambar teknik I sebagai variabel terikat. Variabel-variabel tersebut selanjutnya akan dimasukkan di dalam disain penelitian sebagaimana terlihat pada tabel 1.

Tabel 1. Rancangan Ekperimen Desain Faktorial 2 x 2

Model Pembelajaran (MP) (A) Kemampuan Spasial Visualization (KSV) (B)		Problem Based Learning (PBL) (A ₁)	Discovery Learning (DL) (A ₂)
Tinggi (B ₁)	Tinggi (B ₁)	A ₁ B ₁	A ₂ B ₁
Rendah (B ₂)	Rendah (B ₂)	A ₁ B ₂	A ₂ B ₂

Keterangan:

A₁B₁ : Kompetensi mahasiswa yang diajar dengan model pembelajaran PBL dengan KSV tinggi

A₁B₂ : Kompetensi mahasiswa yang diajar dengan model pembelajaran PBL dengan KSV rendah

A₂B₁ : Kompetensi mahasiswa yang diajar dengan model pembelajaran DL dengan KSV tinggi

A₂B₂ : Kompetensi mahasiswa yang diajar dengan model pembelajaran DL dengan KSV rendah.

Tes Kemampuan spasial dikembangkan dari teori Gardner (2010: 179) yang terdiri dari tiga subtes yaitu topologi, koordinasi perspektif dan euclidis. Instrument kemampuan spasial visual. Kemampuan spasial visual menggunakan tes yang dikembangkan oleh psikolog, sehingga tes tidak lagi diukur validitas dan realibilitasnya. Intrumen gaya berfikir untuk mengetahui kecenderungan gaya berfikir peserta didik sekuensial konkret adalah original murni, asli dan bermakna. Sehubungan dengan tes gaya berfikir ini, di gunakan tes SPM (*Standard Progressive Matrices*) yang di kembangkan oleh J.C Raven. Tes yang di kembangkan oleh J.C Raven. J.C Raven ini berbentuk analisa gambar dimana tes ini berisi 60 soal dengan enam (6) pilihan jawaban yaitu : 1, 2, 3, 4,5,6.

Tabel 2. Indikator IQ

No.	Materi	Jumlah
1.	Kemampuan untuk belajar dan mengambil manfaat dari pengalaman	60
2.	Kemampuan untuk berfikir atau menalar secara abstrak	
3.	Kemampuan untuk beradaptasi terhadap hal-hal yang timbul dan perubahan-perubahan ketidakpastian lingkungan	
4.	Kemampuan analisa sintesa dimana dapat mengukur aspek generalisasi berfikir	

Tabel 3. Klasifikasi Angka kemampuan IQ

IQ	Golongan	Kategori
140 ke atas	<i>Genius</i>	Luar biasa baik
120 - 139	<i>Superior</i>	Baik sekali
110 -119	<i>Above Average</i>	Baik
90 -109	<i>Normal /Average</i>	Biasa/sedang/cukup
80 - 89	<i>Dull Average</i>	Kurang
70 - 79	<i>Debil</i>	Kurang sekali
69 kebawah	<i>Embecil -Idiot</i>	Luar biasa kurang

Kompetensi menggambar proyeksi orthogonal mahasiswa mencakup: (1) menjelaskan pengertian proyeksi orthogonal dan aturan-aturan serta klasifikasinya; (2) menjelaskan pengertian proyeksi Amerika dan aturan-aturannya; (3) menjelaskan pengertian proyeksi Eropa dan aturan-aturannya; (4) melengkapi gambar proyeksi pada system proyeksi system Amerika; (5) melengkapi gambar proyeksi pada system proyeksi Eropa; (5) menentukan gambar pandangan secara lengkap pada gambar proyeksi dengan enam pandangan pada proyeksi Amerika; dan (6) menentukan gambar pandangan secara lengkap pada gambar proyeksi dengan enam pandangan pada proyeksi Eropa.

Teknik analisis data yang digunakan adalah teknik statistik deskriptif dan inferensial. Teknik statistik deskriptif digunakan untuk mendeskripsikan data, antara lain: nilai rata-rata (mean), median, modus, varians dan simpangan baku. Teknik statistik inferensial digunakan untuk menguji hipotesis penelitian, dimana teknik Inferensial yang akan digunakan adalah teknik Analisis Varians dua jalur (disain faktorial 2x2) dengan taraf signifikan 0,05. Sebelum Anava dua jalur dilakukan, terlebih dahulu ditentukan persyaratan analisis yakni persyaratan normalitas menggunakan Uji Liliefors, sedangkan untuk uji persyaratan homogenitas menggunakan Uji Fisher dan Uji Bartlett. Setelah melakukan pengujian persyaratan analisis, dilakukan pengujian Anava 2 jalur, selanjutnya dilakukan uji lanjut dengan menggunakan Scheffe karena N pada setiap kelompok sel berbeda. Untuk keperluan pengujian hipotesis, dirumuskan hipotesis statistik sebagai berikut:

$$H_0 : \mu MP_{PBL} = \mu MP_{DL}$$

$$H_a : \mu MP_{PBL} > \mu MP_{DL}$$

$$H_o : \mu KSV_T = \mu KSV_R$$

$$H_a : \mu KSV_R > \mu KSV_T$$

$$H_o : MP \gg KSV = 0$$

$$H_a : MP \gg KSV \neq 0$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

Deskripsi data yang disajikan dalam penelitian terdiri dari skor kompetensi menggambar proyeksi orthogonal dengan menggunakan model pembelajaran PBL dan skor kompetensi menggambar proyeksi orthogonal dengan menggunakan model DL yang dikelompokkan atas KSV tinggi dan KSV rendah. Deskripsi data yang ditampilkan menginformasikan rata-rata (mean), modus, median, varians, simpangan baku, skor maksimum dan skor minimum dilengkapi juga dengan tabel distribusi frekuensinya dan grafik histogram. Pengujian hipotesis penelitian pertama, kedua dan ketiga dilakukan dengan menggunakan analisis varians. Berikut data hasil statistik deskriptif pada table 4.

Tabel 4. Hasil Statistik Deskriptif

KSV		Model Pembelajaran		Total
		Problem Based Learning (PBL)	Discovery Learning	
Kemampuan Spasial Visualization	Tinggi	N = 11	N = 12	N = 23
		\bar{X} = 30,64	\bar{X} = 24,83	\bar{X} = 27,61
	SD = 3,14	SD = 4,06	SD = 4,66	
	Rendah	N = 13	N = 13	N = 26
\bar{X} = 23,31		\bar{X} = 23,69	\bar{X} = 23,50	
SD = 3,79	SD = 3,47	SD = 3,65		
Total		N = 24	N = 25	N = 49
		\bar{X} = 26,67	\bar{X} = 24,24	\bar{X} = 25,42
		SD = 5,06	SD = 3,81	SD = 4,62

Tabel 5. Rangkuman Anava Faktorial 2 x 2

Sumber variasi	dk	JK	RJK	F _{hitung}	F _{tabel(1,45)} ($\alpha = 0,05$)
Model Pembelajaran Berbasis Konstruktivistik	1	206,02	206,02	14,27	4,05
Kemampuan Spasial Visualization	1	72,12	72,12	4,99	
Interaksi	1	122,11	122,11	8,46	
Galat	45	649,75	14,44		
Total	48	1050			

Perbedaan Kompetensi MPO antara Mahasiswa yang Diajar dengan Model pembelajaran PBL dan Model Pembelajaran DL.

Adapun hipotesis statistik yang diuji adalah:

$$H_o : \mu A1 = \mu A2$$

$$H_a : \mu A1 > \mu A2$$

Dari hasil analisis data diperoleh rata-rata nilai model pembelajaran PBL adalah 26,67 dan rata-rata nilai model pembelajaran DL adalah 24,24. Berdasarkan hasil pengujian hipotesis pada tabel 2 di atas, maka diperoleh hasil perhitungan data strategi pembelajaran, dimana $F_{hitung} = 14,27$ sementara nilai kritik F_{tabel} dengan $dk = (1,45)$ dan $\alpha = 0,05$ adalah sebesar 4,05. Hasil ini menunjukkan bahwa $F_{hitung} = 14,27 > F_{tabel} = 4,05$ sehingga hipotesis H_o ditolak dan H_a diterima, dengan demikian hipotesis penelitian yang menyatakan bahwa kompetensi menggambar teknik mahasiswa yang dibelajarkan dengan model pembelajaran PBL lebih tinggi dari pada mahasiswa yang diajarkan dengan model pembelajaran DL teruji kebenarannya.

Perbedaan Kompetensi MPO antara Mahasiswa yang memiliki KSV tinggi dan KSV rendah.

Adapun hipotesis statistik yang diuji adalah

:

$$H_o : \mu B1 = \mu B2$$

$$H_a : \mu B1 > \mu B2$$

Dari hasil analisis data diperoleh rata-rata nilai KSV tinggi adalah 27,61 dan rata-rata nilai KSV rendah adalah 23,5. Berdasarkan hasil pengujian hipotesis pada tabel 2 di atas, maka diperoleh hasil perhitungan data strategi pembelajaran, dimana $F_{hitung} = 4,99$ sementara nilai kritik F_{tabel} dengan $dk = (1,45)$ dan $\alpha = 0,05$ adalah sebesar 4,05. Hasil ini menunjukkan bahwa $F_{hitung} =$

$4,99 > F_{tabel} = 4,05$ sehingga hipotesis H_0 ditolak dan H_a diterima, dengan demikian hipotesis penelitian yang menyatakan bahwa mahasiswa yang memiliki KSV tinggi memperoleh kompetensi MPO lebih tinggi dari pada mahasiswa yang memiliki KSV rendah teruji kebenarannya.

Interaksi Antara Model Pembelajaran dan KSV terhadap Kompetensi MPO Mahasiswa

Adapun hipotesis statistik yang diuji adalah:

$H_0 : A \times B = 0$

$H_a : A \times B \neq 0$

Dari hasil analisis data rata-rata nilai model pembelajaran PBL yang memiliki KSV tinggi adalah 90,70 . Rata-rata kompetensi pada model pembelajaran PBL yang memiliki KSV rendah adalah 8.46. Rata-rata nilai model pembelajaran DL yang memiliki KSV tinggi adalah 27,61. Rata-rata nilai model pembelajaran DL yang memiliki KSV rendah adalah 23,65. Berdasarkan hasil pengujian hipotesis di atas diperoleh perhitungan interaksi model pembelajaran dengan KSV mahasiswa, dimana $F_{hitung} = 8,46$ dan nilai kritik F_{tabel} dengan $dk = (1,45)$ dan $\alpha = 0.05 \%$ adalah 4.05. Hasil ini menunjukkan bahwa $F_{hitung} = 8,46 > F_{tabel} = 4.05$ sehingga Hipotesis H_0 ditolak, dengan demikian hipotesis penelitian yang menyatakan bahwa terdapat interaksi antara model pembelajaran berbasis konstruktivistik dan KSV mahasiswa dalam memberikan pengaruh terhadap kompetensi MPO teruji kebenarannya.

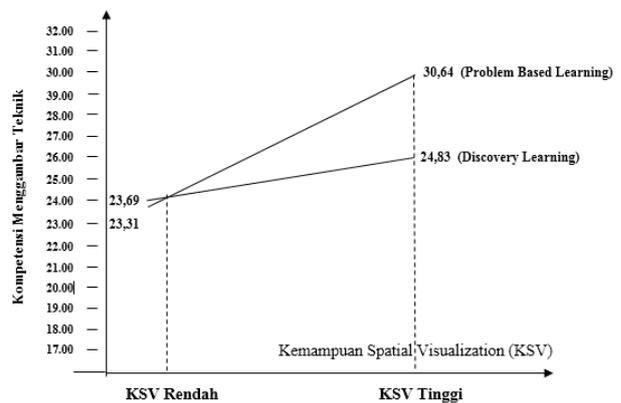
Karena ada interaksi antara model pembelajaran dan KSV dalam mempengaruhi kompetensi menggambar proyeksi orthogonal, maka perlu dilakukan uji lanjutan (*post hoc test*), untuk mengetahui rata-rata kompetensi sampel mana yang

berbeda. Untuk melihat bentuk interaksi antara model pembelajaran berbasis konstruktivistik dan KSV dalam mempengaruhi kompetensi menggambar proyeksi orthogonal, dilakukan uji lanjut dengan menggunakan uji Scheffe. Ringkasan hasil uji Scheffe dapat dilihat pada Tabel 6 berikut:

Tabel 6. Ringkasan Hasil Perhitungan Uji Scheffe'

Hipotesis Statistik	F hitung	F tabel $\alpha = 5 \%$	Keterangan
$H_0 : \mu A_1 B_1 = \mu A_2 B_1$ $H_a : \mu A_1 B_1 > \mu A_2 B_1$	3.66	2.81	Signifikan
$H_0 : \mu A_1 B_2 = \mu A_2 B_2$ $H_a : \mu A_1 B_2 > \mu A_2 B_2$	0.26		Tidak Signifikan
$H_0 : \mu A_1 B_1 = \mu A_1 B_2$ $H_a : \mu A_1 B_1 > \mu A_1 B_2$	4.71		Signifikan
$H_0 : \mu A_2 B_1 = \mu A_2 B_2$ $H_a : \mu A_2 B_1 > \mu A_2 B_2$	0.75		Tidak Signifikan
$H_0 : \mu A_1 B_1 = \mu A_2 B_2$ $H_a : \mu A_1 B_1 > \mu A_2 B_2$	4.46		Signifikan
$H_0 : \mu A_2 B_1 = \mu A_1 B_2$ $H_a : \mu A_2 B_1 > \mu A_1 B_2$	0.99		Tidak Signifikan

Selanjutnya adanya interaksi antara variabel model pembelajaran berbasis konstruktivistik dan KSV terhadap kompetensi menggambar proyeksi orthogonal, maka perlu diberikan gambaran grafik estimasi yang menunjukkan adanya interaksi tersebut, seperti pada gambar 1 berikut :



Gambar 2. Model Interaksi Model Pembelajaran Berbasis Konstruktivistik dan Kemampuan Spatial Visualization Terhadap Kompetensi Menggambar Proyeksi Orthogonal

Pembahasan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan, terhadap semua variable yang terkait pada model pembelajaran berbasis konstruktivistik dan kemampuan spatial visualization, terhadap kompetensi menggambar proyeksi orthogonal, maka dapat ditarik simpulan bahwa terjadi peningkatan kemampuan mahasiswa dalam memahami gambar proyeksi pada proyeksi sistem Amerika dan gambar proyeksi sistem Eropa. Peningkatan tersebut menjelaskan bahwa gambar proyeksi dengan sistem Amerika mengalami peningkatan yang lebih tinggi dibandingkan gambar proyeksi sistem Eropa. Sehingga dari simpulan tersebut dapat diambil pengertian bahwa gambar proyeksi sistem Amerika lebih mudah dipahami dibandingkan dengan gambar proyeksi sistem Eropa. Hal ini berlaku dalam penerapan baik pada model pembelajaran PBL maupun model pembelajaran DL.

Model pembelajaran PBL dapat meningkatkan motivasi dan prestasi belajar mahasiswa, hal ini sesuai dengan teori yang dikemukakan Suprihatiningrum (2013: 221-222) bahwa model pembelajaran PBL dapat mengembangkan basis pengetahuan secara integrasi, meningkatkan motivasi belajar, mengembangkan kemampuan pemecahan masalah, berpikir kritis, serta mengembangkan kompetensi . Kompetensi mahasiswa dalam MPO dapat meningkat dan penguasaannya serta berhasil baik bila menggunakan model pembelajaran PBL di bandingkan dengan model pembelajaran DL.

Penguasaan dan pemahaman secara fisik dari bagian dan representasi grafis mereka banyak kelemahan dan kesulitan yang dialami oleh mahasiswa (Garmendia, Guisasola, Sierra 2007:

315-323). Banyak studi penelitian menganalisis konsep yang berbeda, metode dan prosedur praktis untuk implementasi dan verifikasi pengetahuan di bidang pemahaman mahasiswa dari benda-benda fisik (Zuo, Feng, Chen, 2003: 121-128; Meijer, Van Den Broek, Schouten, 2008). Sebagian besar, bahwa keterampilan pemahaman spasial dapat ditingkatkan tidak hanya melalui pengalaman, tetapi juga menggunakan teknologi baru seperti simulasi, animasi dan virtual reality (James, Humphrey, Goodale, 2001: 111-120). Pembelajaran konvensional dalam menggambar teknik memberikan pengalaman praktis sangat sedikit dan mendorong siswa untuk belajar seperangkat aturan, tidak untuk mengembangkan pemahaman yang lebih (Eshach, 2007: 171-190). Hal ini dapat di ketahui bahwa pembelajaran dengan model DL masih kurang memberikan peningkatan kompetensi mahasiswa dalam menggambar proyeksi orthogonal, khususnya dalam menggambar system Amerika dan system Eropa ke dalam enam pandangan.

Persepsi dari suatu objek atau gambar dapat dipengaruhi secara ekstrim oleh orientasi objek tersebut, yang dikemukakan oleh Giaquinto (2007:15). Untuk dapat mengenali suatu objek/gambar dengan tepat diperlukan kemampuan spasial. Hannafin, Truxaw, Jennifer, dan Yingjie (2008:148), dalam penelitiannya menemukan bahwa siswa dengan kemampuan spasial yang tinggi secara signifikan lebih mampu dalam matematikanya. Penelitian lainnya telah menunjukkan bahwa kemampuan kognitif seperti kemampuan spasial diprediksi berhasil dalam lingkungan belajar tertentu, khususnya dalam geometri. Kemampuan spasial yang baik akan menjadikan mahasiswa mampu mendeteksi

hubungan dan perubahan bentuk bangun geometri. Kemampuan spasial yang tinggi akan berkontribusi terhadap penguasaan dalam MPO seperti dalam proyeksi system Amerika dan system proyeksi Eropa. Kemampuan dalam membuat banyak pandangan orthogonal, pada pandangan depan, pandangan atas, pandangan bawah, pandangan samping kanan, pandangan samping kiri dan pandangan belakang sangat membantu terhadap penguasaan mahasiswa di bidang teknik khususnya teknik mesin.

Kemampuan spasial sangat dibutuhkan dalam konteks hubungan dalam kompetensi menggambar proyeksi orthogonal, maka Strong dan Roger (2002:2) mengemukakan bahwa dalam teknologi industri kemampuan spasial sangat bermanfaat dalam penerapan seperti simulasi, multi media dan pemodelan. Diperkuat oleh Alias, Black, dan Gray (2002:1) mengemukakan bahwa dibutuhkan kemampuan spasial yang baik untuk dapat belajar dan memecahkan masalah-masalah teknik, seperti dalam menggambar teknik pada proyeksi orthogonal. Pendapat yang hampir sama juga dikemukakan oleh Rafi dan Samsudin (2007:63) yang menemukan dalam penelitiannya di Malaysia bahwa hampir semua topik dalam “menggambar mesin” sangat membutuhkan kemampuan spasial yang tinggi. Dalam *National Academy of Science* (2006:46) dikatakan bahwa banyak bidang ilmu yang membutuhkan kemampuan spasial dalam penerapan ilmu tersebut antara lain astronomi, pendidikan, geografi, *geosciences*, *technical*, dan *psichologi*.

Pembelajaran yang menyuguhkan berbagai situasi masalah yang autentik dan bermakna kepada mahasiswa menurut Arends (2008: 41), PBL

adalah, yang dapat berfungsi sebagai batu loncatan untuk invetigasi dan penyelidikan. Sedangkan Sanjaya (2009: 214) juga berpendapat bahwa PBL dapat diartikan sebagai rangkaian aktivitas pembelajaran yang menekankan pada proses penyelesaian masalah yang dihadapi secara ilmiah. Dari pendapat di atas dapat disimpulkan bahwa PBL adalah pembelajaran yang memberikan masalah kepada siswa dan siswa diharapkan untuk menyelesaikan masalah tersebut dengan melaksanakan pembelajaran yang aktif. Dalam kompetensi MPO mahasiswa diharapkan secara kooperatif dan konstruktif melalui berbagai permasalahan dan pembuatan gambar proyeksi system Amerika dan Eropa harus secara jelas memberikan, dan hasilnya lebih baik dibandingkan dengan menggunakan model pembelajaran DL.

Didukung dalam penelitian yang dilakukan oleh Meyer (2010) menunjukkan bahwa proses penemuan (*discovery*) dalam pembelajaran akan membantu peserta didik untuk memahami dan menganalisis proses kreativitas dan pengambilan keputusan dalam temuannya. Berdasarkan beberapa pendapat di atas, dapat dipadukan bahwa pembelajaran DL adalah model pembelajaran yang mengharuskan mahasiswa untuk terlibat aktif dalam proses pembelajaran sehingga mahasiswa dapat menemukan konsep dari proyeksi orthogonal dalam menggambar proyeksi system Amerika dan system Eropa yang selalu diberikan secara berulang-ulang untuk menambah penguatan dan pemahaman gambar proyek tersebut pada mahasiswa yang diberikan.

Kemampuan spasial yang dikemukakan Barke dan Engida (2001: 237) merupakan faktor kecerdasan utama yang tidak hanya penting untuk

matematika dan science, tetapi juga perlu untuk keberhasilan dalam banyak profesi. Nemeth (2007: 123) dalam penelitiannya menemukan pentingnya kemampuan spasial yang dengan nyata sangat dibutuhkan pada ilmu-ilmu teknik dan matematika khususnya geometri. Kemampuan ini tidak ditemukan secara genetik tetapi sebagai hasil proses belajar yang panjang. Terkait dalam penelitian ini, juga sangat memberikan penguatan terhadap model pembelajaran yang diterapkan dengan kemampuan spatial visualization mahasiswa sangat menentukan kompetensi dalam MPO mahasiswa.

Mahasiswa yang memiliki KSV yang tinggi cenderung dapat menyelesaikan persoalannya sendiri tanpa mendapat hambatan yang berarti dan cenderung lebih memilih untuk belajar secara mandiri untuk memecahkan persoalannya sendiri sedangkan mahasiswa yang memiliki KSV rendah cenderung untuk menyukai cara belajar dan memecahkan persoalannya dengan bantuan orang lain. Mahasiswa yang memiliki KSV rendah lebih menyukai cara belajar berkelompok untuk memecahkan persoalan secara bersama-sama.

Mahasiswa yang memiliki KSV yang tinggi apabila diberi perlakuan dengan model pembelajaran PBL akan memperoleh kompetensi MPO lebih tinggi dibandingkan dengan menggunakan model pembelajaran DL, sebab mahasiswa yang memiliki KSV tinggi mampu menemukan sendiri pengetahuan dan keterampilan yang dibutuhkan dengan cara mengaitkan antara pengetahuan dan keterampilan dasar yang telah dimiliki dengan pengetahuan dan keterampilan baru yang dibutuhkan. Mahasiswa dengan KSV tinggi jika dibelajarkan dengan model pembelajaran PBL akan mampu berpikir secara logis dan rasional dalam

menyelesaikan soal-soal secara rinci, terurut, dan menggunakan langkah-langkah penyelesaian soal secara sistematis, karena mampu mengaitkan antara materi menggambar proyeksi yang sudah dikuasai dengan materi yang akan dipelajari olehnya.

Untuk mahasiswa yang memiliki KSV rendah jika diajar dengan model pembelajaran DL akan memperoleh kompetensi MPO yang lebih tinggi dibandingkan jika diajar model pembelajaran DL. Mahasiswa dengan KSV rendah jika diajar dengan model pembelajaran DL akan mengalami kesulitan untuk membangun atau mengkonstruksi pengetahuan yang dibutuhkan, sebab mahasiswa dengan KSV rendah memiliki tingkat kecepatan yang rendah dalam menyelesaikan soal-soal menggambar proyeksi orthogonal dalam penguasaan proyeksi system Amerika maupun system Eropa. Model pembelajaran problem based learning menuntut kemampuan dalam menyelesaikan soal-soal menggambar proyeksi secara rinci, terurut, dan sistematis

Berdasarkan penjelasan di atas, dapat disimpulkan bahwa terdapat keterkaitan pada proses pembelajaran secara keseluruhan yang dilakukan oleh seorang dosen dalam pencapaian kompetensi MPO yang lebih tinggi. Model pembelajaran yang berbeda memberi pengaruh yang berbeda terhadap kompetensi MPO mahasiswa dikaitkan dengan KSV yang dimilikinya.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian hipotesis dan hasil dan pembahasan seperti yang telah diuraikan, penelitian ini menyimpulkan bahwa:

1. Kompetensi MPO mahasiswa yang diajar dengan model pembelajaran PBL lebih tinggi

dibandingkan kompetensi MPO mahasiswa yang diajar dengan model pembelajaran DL.

2. Kompetensi MPO mahasiswa yang memiliki KSV tinggi lebih tinggi dibandingkan dengan mahasiswa yang memiliki KSV rendah.
3. Terdapat interaksi antara model pembelajaran berbasis konstruktivistik dengan KSV dalam mempengaruhi kompetensi proyeksi orthogonal mahasiswa. Kompetensi MPO mahasiswa yang diajar dengan model pembelajaran PBL dan memiliki KSV tinggi lebih tinggi dibandingkan dengan mahasiswa yang memiliki KSV rendah. Sedangkan kompetensi MPO mahasiswa yang diajar dengan model pembelajaran DL dan memiliki KSV rendah lebih tinggi dibandingkan dengan mahasiswa yang memiliki KSV tinggi. Dengan demikian, mahasiswa yang memiliki KSV tinggi lebih baik diajar dengan model pembelajaran PBL sedangkan mahasiswa yang memiliki KSV rendah lebih baik diajar dengan model pembelajaran DL.

DAFTAR RUJUKAN

- Abdullah, Ridwan, *Inovasi Pembelajaran*, Jakarta: PT. Bumi Aksara, 2013.
- Alias, M.; Black, T. R. dan Gray D., E. "Effect of Instruction on Spatial Visualization Ability in Civil Engineering Students" dalam *International Education Journal*, III (1):1-12, 2002.
- Amir, M. Taufiq. *Inovasi Pendidikan Melalui Problem Based learning*. Jakarta: Kencana Prenada Media, 2009.
- Arends, Richard I. *Learning to Teach*. Yogyakarta: Pustaka Pelajar Group, 2008.
- Bartoline, G.R.. *Introduction to Graphics Communications for Engineers, 4th Ed.*, McGrawHil Publishing Company, 2009.
- Barke, H. D. dan Engida, T. "Structural Chemistry and Spatial Ability in Different Cultures" dalam *Research and Practice in Europe*. Vol. 2, no.3 pp.227-239, 2001.
- Eggen, Paul. *Strategi dan Model Pembelajaran*. PT. Indeks: Jakarta, 2012.
- Eshach, H., "Bridging In-school and Out-of-school Learning: Formal, Non-Formal, and Informal Education", *Journal of Science Education and Technology*, 16 (2) 171-190, 2007.
- Garmendia, M., Guisasola, J., Sierra, E., "First-year engineering students' difficulties in visualization and drawing tasks", *European Journal of Engineering Education*, 32 (3) 315-323, 2007.
- Garner, Howard. (2010). *The Theory of Multiple Intelligence*. New York. Basic Books.
- Goanta, A.M. *Communication Innovative Methods for Graphics Teaching on Technical Directions, 5th International Vilnius Conference EURO Mini Conference "Knowledge-Based Technologies and OR Methodologies for Strategic Decisions of Sustainable Development" (KORS-2009)*, Vilnius, Lithuania, 2009.
- Giaquinto. *Visual Thinking in Mathematics An epistemological study*. New York: Oxford University Press, 2007.
- Hannafin, R. D.; Mary, P. Truxaw; Jennifer, R. V. dan Yingjie, L. *Effects of Spatial Ability and Instructional Program on Geometry Achievement*. Connecticut: University of Connecticut, 2008.
- Hosnan, M. *Pendekatan Saintifik dan Kontekstual dalam Pembelajaran Abad 21*. Bogor: Penerbit Ghalia Indonesia, 2014.
- James, K.H., Humphrey, G.K., Goodale, M.A., "Manipulating and recognising virtual objects: Where the action is", *Canadian Journal of Experimental Psychology*, 55 (2) 111-120, 2011.
- Meijer, F., Van Den Broek, E.L., Schouten, T., The Impact of Interactive Manipulation on the

- Recognition of Objects, *Human Vision and Electronic Imaging XIII Conference* (January 28 - 31), San Jose, California, USA, 2008.
- Meyer, M. A Logical view for Investigating and initiating processes of discovering mathematical coherences. *ZDM Mathematics Education*. Vol. 74. No. 2, 2010.
- National Academy of Science. *Learning to Think Spatially*, Washington DC: The National Academics Press, 2006.
- Nemeth, B. "Measurement of the Development of Spatial Ability by Mental Cutting Test" dalam *Annales Mathematicae et Informaticae*, (34): 123-128, 2007.
- Rafi, A. dan Samsudin, K. Anuar. "The Relationships of Spatial Experience, Previous Mathematics Achievment, and Gender with Perceived Ability in Learning Engineering Drawing" dalam *Journal of Technology Education*. (XVIII) (2): 53-67, 2007.
- Sanjaya, Wina. *Strategi Pembelajaran Berorientasi Standar Proses Pendidikan*. Jakarta: Kencana Prenada Media, 2009.
- Suprihatiningrum, Jamil. *Strategi Pembelajaran Teori & Aplikasi*. Yogyakarta: Ar-Ruzz Media, 2013.
- Strong, S. dan Roger, S. "Spatial Visualization: Fundamentals and Trends in Engineering Graphics" dalam *Journal of Industrial Technology*, XVIII (1): 1-6, 2002.
- Sutton, K., Heathcote, A., Bore, M., "Measuring 3-D understanding on the Web and in the laboratory", *Behavior Research Methods*, 39 (4) 926-939, 2007.
- Sato, G. Takeshi. dan Sugiarto, N. Hartato. (2003). *Menggambar Mesin menurut Standar ISO*. Jakarta: Pradnya Paramita.
- Tan, Oon-seng. *Problem Based Learning Innovation: Using Problem to Power Learning in 21st Century*, thompson Learning, 2003.
- Wee Keng, Megan A. Kek. *Authentic Problem Based learning: Rewriting Business Education*. Prentice Hall, 2002.
- Zuo, Z., Feng, K., Chen, B., "The Modern Education Mode for Engineering Drawing", *Journal for Geometry and Graphics*, 7 (1) 121-128, 2003.