

PELATIHAN TAKSONOMI NUMERIK SEBAGAI STRATEGI UNTUK MENINGKATKAN *TECHNOLOGICAL PEDAGOGICAL CONTENT* *KNOWLEDGE* GURU BIOLOGI

A. R. A. Putri¹, T. Hidayat^{2*}, W. Purwianingsih²

¹Program Studi Magister Pendidikan Biologi Sekolah Pascasarjana Universitas Pendidikan Indonesia, Bandung, Indonesia

²Program Studi Pendidikan Biologi Fakultas Pendidikan Matematika dan IPA Universitas Pendidikan Indonesia, Bandung, Indonesia

*Email: topikhidayat@upi.edu

DOI: 10.24815/jpsi.v7i2.14332

Received: 18 Agustus 2019

Revised: 17 September 2019

Accepted: 19 Oktober 2019

Abstrak. TPACK merupakan kemampuan dalam mengintegrasikan pengetahuan konten, pedagogik, dan teknologi yang harus dimiliki guru dalam menghadapi era pendidikan di abad 21. Untuk meningkatkan kemampuan TPACK dapat dilakukan dengan adanya strategi pelatihan, pada penelitian ini dilakukan pelatihan taksonomi numerik yaitu program pelatihan mengenai TPACK, serta konsep, teknologi, dan strategi pembelajaran pada materi klasifikasi makhluk hidup khususnya taksonomi numerik, sebagai strategi untuk meningkatkan kemampuan TPACK guru biologi pada pembelajaran klasifikasi makhluk hidup. Metode penelitian yang digunakan adalah *pre-experimental one group pre-post test design*. Kemampuan TPACK guru biologi diperoleh berdasarkan CoRes dan RPP yang disusun oleh guru, perspektif guru terhadap TPACK terkait pembelajaran klasifikasi makhluk hidup diperoleh melalui jawaban guru terhadap kuesioner. Hasil penelitian menunjukkan bahwa setelah pelatihan, 80% guru berada pada kategori *growing* TPACK, 20% lainnya berada pada kategori Pra TPACK. Persentase *N-gain* kemampuan TPACK guru adalah 60% (0,60) dengan kategori sedang, uji signifikansi yang dilakukan menunjukkan t hitung $>$ t tabel ($16,88 > 2,13$), maka terdapat perbedaan yang signifikan pada kemampuan TPACK guru biologi sebelum dan setelah pelatihan. Perspektif guru terhadap TPACK pada pembelajaran klasifikasi makhluk hidup menunjukkan perubahan positif, sehingga dapat disimpulkan bahwa pelatihan taksonomi numerik dapat meningkatkan kemampuan TPACK guru biologi pada pembelajaran klasifikasi makhluk hidup.

Kata Kunci: TPACK, Taksonomi Numerik, Klasifikasi Makhluk Hidup, Guru Biologi, Program Pelatihan.

Abstract. TPACK is the ability to integrate knowledges of content, pedagogical, and technology that must be possessed by teachers in facing the era of education in the 21st century. To improve TPACK can be done with training strategies, in this study numerical taxonomy training is a training program about TPACK, and concepts, technologies, and learning strategies for classification of living things that discuss about numerical taxonomy, as a strategy to improve biology teachers TPACK in classifying living things learning. The method used was pre-experimental one group pre-post test design. Teachers' TPACK was gained from CoReS and lesson plans, and teachers' perspective on TPACK was gained from questionnaires. The result showed after training that 80% of Biology teachers' is on the Growing TPACK, and 20% is on the Pre TPACK category. The average percentage of *N-gain* TPACK ability of teachers is 60% in the medium category, the result of significant test (t test) indicates t score $>$ t table ($16.88 > 2.13$), it showed a significant difference in TPACK ability of biology teachers before and after training. Teachers' perspective on TPACK in classification of living things learning have a positive changes. It can be concluded that numerical taxonomy training can improve TPACK's ability.

Keywords: TPACK, Numerical Taxonomy, Classification of Living Things, Biology Teachers, Training Program.

PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi digital di era abad 21 pada konteks dunia pendidikan telah sampai pada tahap dimana kurikulum sekolah mulai mengintegrasikan teknologi di kegiatan pembelajaran, tentunya hal ini harus didukung dengan pengetahuan guru terhadap teknologi serta kemampuan guru dalam memadukan teknologi kedalam praktik pembelajarannya, sehingga pentingnya kemampuan *technological pedagogical content knowledge* (TPACK) dimiliki oleh pendidik sebagai bentuk keterampilan abad 21 diantaranya menguasai media teknologi dan informasi (ICT) (Abidin, 2014). Konsep TPACK diusulkan oleh Mishra dan Koehler (2006) merupakan pengembangan dari *pedagogical content knowledge* (PCK). Hal yang mendasari konsep TPACK adalah perlunya seorang guru memahami secara mendalam pengetahuan kontennya (*content knowledge*), menentukan tindakan instruksi yang tepat (*pedagogical knowledge*), memanfaatkan teknologi yang tepat dalam merencanakan pembelajaran yang aktif (*technological knowledge*), serta bagaimana mengintegrasikan ketiga aspek tersebut dalam pembelajaran TPACK (Koseoglu, 2012).

TPACK tidak terlepas dari konten spesifik yang akan diajarkan, karena tema sentral pengembangan TPACK adalah bagaimana jenis pengetahuan ini berada dalam konteks konten khusus daripada dalam konteks konten yang lebih umum (Angeli & Valanides, 2009; Getenet, 2016). Pembelajaran biologi salah satunya memiliki domain konten yang khas, yaitu klasifikasi makhluk hidup. Konsep klasifikasi makhluk hidup memiliki pembahasan yang khas mengenai taksonomi numerik (fenetik dan kladistik). Berdasarkan kurikulum 2013 revisi, kladistik yang merupakan komponen dari taksonomi numerik menjadi salah satu konsep yang terdapat pada materi klasifikasi makhluk hidup, kladistik merupakan sistem pengelompokan makhluk hidup yang didasarkan pada sejarah evolusi dengan identifikasi homolog dan direpresentasikan dalam bentuk kladogram atau pohon filogenetik (Hidayat, 2017). Memahami klasifikasi makhluk hidup dan pohon filogenetik/ kladogram sangat dibutuhkan dalam literasi pendidikan biologi karena dapat meningkatkan critical skill, serta kemampuan argumentasi saintifik siswa (Davenport, 2016). Namun, taksonomi numerik ternyata masih menjadi suatu hal yang dianggap sulit di kalangan siswa maupun mahasiswa bahkan guru biologi (Catley, dkk., 2013; Dess, dkk., 2014). Beberapa guru SMA disekolah juga mengkonfirmasi bahwa kladogram telah menjadi kesalahpahaman yang mendalam dan sulit untuk diperbaiki (Baum, dkk., 2008), hal ini dapat terjadi karena kurangnya pelatihan serta kurang tepatnya instruksi yang diberikan guru, sehingga siswa dan mahasiswa mengalami kesulitan dalam memahaminya (Catley, dkk., 2013; Dess, dkk., 2014; Saadah, dkk., 2015). Fakta ini menunjukkan bahwa guru kesulitan dalam mengintegrasikan pengetahuan konten, pedagogik, bahkan TPACK yang tepat dalam membelajarkan taksonomi numerik terhadap peserta didik.

Integrasi TPACK kedalam pembelajaran merupakan konstruksi unik yang harus didukung pengembangannya (Koehler, dkk., 2014). Namun, kebanyakan guru masih memiliki pemahaman yang kurang untuk mengintegrasikan teknologi ke dalam pembelajaran secara tepat (Dawson, 2012). Penelitian lain menyatakan bahwa integrasi TPACK dinilai mampu meningkatkan kemampuan belajar siswa, namun hal ini tidak selalu tercapai karena kurangnya kemampuan implementasi produktif dari pengetahuan teknologi dalam proses belajar mengajar oleh guru (Tsai, 2015). Beberapa hasil penelitian menunjukkan bahwa sebagian besar pengembangan profesional dalam jabatan guru sering "gagal" mendukung dan mengembangkan identitas pendidik sebagai pengguna teknologi canggih yang baik (Janssen & Lazonder, 2015). Dibutuhkan pengembangan dan peningkatan terhadap pengetahuan guru akan hubungan yang kompleks antara teknologi, pedagogik, konten, karena pemahaman ini dapat digunakan untuk mengembangkan strategi yang sesuai konteks agar mewujudkan kualitas

pengajaran yang baik (Mishra & Koehler, 2006). Penelitian lainya menyatakan bahwa diperlukan upaya untuk mengatasi kesulitan guru dalam mengintegrasikan TPACK pada pembelajaran klasifikasi hidup khususnya taksonomi numerik, peneliti maupun pendidik perlu mengembangkan strategi pembelajaran atau praktik dalam membimbing mahasiswa maupun siswa untuk memahami pohon filogenetik (Saadah, dkk., 2017). Perlu adanya solusi, metode maupun strategi untuk mengatasi permasalahan tersebut dalam memperbaiki, meningkatkan maupun mengembangkan kemampuan integrasi teknologi oleh guru yang tidak terpisah dari pengetahuan konten dan pedagogiknya TPACK (Koehler, dkk., 2014).

Upaya dalam meningkatkan dan mengembangkan TPACK calon guru maupun guru telah menjadi pusat perhatian para peneliti pendidikan, upaya tersebut dapat dilakukan dengan strategi pelatihan, contohnya adalah program pelatihan yang mengajarkan partisipan bagaimana menggunakan teknologi untuk mengajar dalam disiplin ilmu tertentu. Dengan demikian, guru akan mengembangkan PCK dan TPACK mereka secara bersamaan (Koehler, dkk., 2014). Hasil penelitian menunjukan keefektifan pendekatan ini secara signifikan meningkatkan pengetahuan pada tujuh komponen TPACK, dan menunjukkan bentuk pemahaman lebih tinggi mengenai PCK, TPK, TCK, dan TPACK (Koehler & Mishra, 2005b).

Untuk memfasilitasi hal tersebut perlu adanya tindak lanjut untuk memperbaiki dan meningkatkan TPACK guru biologi khususnya pada konten spesifik taksonomi numerik, salah satunya melalui pelatihan taksonomi numerik yang mencakup segala aspek TPACK dan materi taksonomi numerik yang diperlukan guru. Pelatihan taksonomi numerik adalah program pelatihan untuk guru biologi terkait TPACK, materi taksonomi numerik yaitu fenetika dan kladistika, teknologi (program komputer) yang dapat mendukung analisis taksonomi numerik dan strategi pembelajaran terkait fenetik dan kladistik pada materi klasifikasi makhluk hidup, serta bagaimana mengintegrasikan TPACK ke dalam proses pembelajaran. Berdasarkan latar belakang tersebut, peneliti telah melakukan penelitian dan menganalisis bagaimana pelatihan taksonomi numerik dijadikan strategi untuk meningkatkan TPACK guru biologi khususnya pada pembelajaran klasifikasi makhluk hidup yaitu taksonomi numerik.

METODE

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimen yaitu ditujukan untuk mengetahui pengaruh suatu variabel perlakuan terhadap hasilnya (Sugiyono, 2012), dengan menggunakan metode penelitian berupa *pre-experimental*. Desain penelitian yang digunakan adalah *one group pre-post test design*. Rancangan ini digunakan pada satu kelompok subjek yang terlebih dahulu diberi *pretest*, kemudian dilanjutkan dengan perlakuan dan *posttest*.

Penggunaan metode ini bertujuan untuk mencapai sasaran penelitian yaitu untuk melihat peningkatan kemampuan TPACK guru biologi khususnya pada pembelajaran klasifikasi makhluk hidup akibat dari *treatment* yang dilakukan berupa pelatihan taksonomi numerik. Rangkaian penelitian dan pelatihan dilaksanakan pada Bulan Juni-Agustus 2019. Subjek penelitian adalah lima guru SMA mata pelajaran biologi (*in-service teacher*) kelas X. Subjek penelitian dipilih berdasarkan teknik *purposive sampling* dengan kriteria guru biologi SMA kelas X, belum pernah mengikuti pelatihan mengenai taksonomi numerik serta memiliki ketersediaan dan akses teknologi yang baik di sekolah.

Data penelitian diperoleh melalui analisis hasil jawaban guru terhadap *content representations* (CoRes), rencana pelaksanaan pembelajaran (RPP), dan kuesioner yang disusun guru sebelum (*pretest*) dan sesudah pelatihan (*posttest*), serta hasil wawancara. Sebelum pelatihan, guru diminta untuk mengisi CoRes yang selanjutnya diimplementasi-

kan dalam penyusunan RPP terkait konsep klasifikasi makhluk hidup. Dalam hal ini, guru juga diminta untuk mengisi kuesioner terkait TPACK pada pembelajaran taksonomi numerik pada konsep klasifikasi makhluk hidup. Selanjutnya, guru mengikuti serangkaian kegiatan pelatihan, kemudian mereka kembali menyusun CoRes, RPP, dan mengisi kuesioner setelah pelatihan.

Analisis kemampuan TPACK guru pada suatu konten materi dapat dilakukan salah satunya dengan menggunakan CoRes (Anwar, dkk., 2014) yang dikembangkan oleh Loughran (2012) dan sudah diintegrasikan aspek teknologi didalamnya. CoRes dapat merefleksikan kemampuan guru dalam beberapa aspek yang berkaitan dengan TPACK yang merepresentasikan bagaimana guru berpikir tentang topik yang akan diajarkan, strategi pembelajaran dan teknologi yang akan digunakan. Dokumen CoRes (Loughran, dkk., 2012) yang digunakan terdiri dari 11 pertanyaan yaitu (1) Apa yang akan anda ajarkan kepada peserta didik tentang ide atau konsep ini? (2) Mengapa konsep tersebut penting dipelajari peserta didik? (3) Ide atau konsep terkait apa sajakah yang menurut anda belum saatnya diketahui oleh peserta didik? (4) Kesulitan apa sajakah yang anda alami untuk mengajarkan konsep tersebut? (5) Apa saja kesalahan (miskonsepsi) yang mungkin terjadi dalam mengajarkan materi tersebut? (6) Faktor-faktor apa sajakah yang menjadi pertimbangan anda dalam mengajarkan konsep tersebut? (7) Bagaimana prosedur mengajar dalam mengajarkan konsep tersebut? (8) Bagaimana cara anda mengetahui bahwa peserta didik telah paham atau belum? (9) Apa tujuan anda menggunakan teknologi tersebut dalam pembelajaran? (10) Bagaimana cara anda memanfaatkan/menggunakan teknologi tersebut dalam pembelajaran konsep terkait? (11) Bagaimana anda akan menyiasati ketiadaan teknologi di suatu sekolah agar tujuan bapak/ibu tetap tercapai?.

Berdasarkan jawaban CoRes dapat dianalisis kategori TPACK setiap guru menggunakan rubrik yang dimodifikasi dari Anwar, dkk. (2014) dan berdasarkan rubrik tersebut kemampuan TPACK guru dapat dikategorikan ke dalam *pra TPACK*, *growing TPACK*, atau *maturing PCK* untuk setiap aspek. Berdasarkan rubrik tersebut, aspek yang dianalisis terkait kemampuan TPACK terdiri dari 5 aspek yaitu (1) aspek tujuan dengan indikator mengidentifikasi dan merumuskan tujuan pembelajaran, (2) aspek konsep dengan indikator menentukan konsep penting, keluasan dan kedalam materi, dan mengidentifikasi miskonsepsi, (3) aspek pedagogi dengan indikator menentukan pertimbangan mengajar, strategi mengajar, dan urutan penyajian materi, (4) aspek teknologi dengan indikator memanfaatkan teknologi dalam pembelajaran, tujuan penggunaan teknologi dalam pembelajaran, menyiasati ketiadaan teknologi, dan yang terakhir (5) aspek evaluasi.

CoRes yang telah disusun selanjutnya diimplementasikan dan dituangkan ke dalam RPP yang dirancang oleh guru. Melalui RPP dapat dilihat kemampuan guru dalam menentukan konten spesifik, strategi pembelajaran serta teknologi yang digunakan dan bagaimana mengintegrasikannya dalam pembelajaran dikelas. Lembar penilaian RPP yang digunakan merupakan lembar penilaian CoRes dalam RPP yang disusun oleh Mardhiyah, dkk. (2017) dan dimodifikasi. Jumlah skor hasil penilaian menggunakan instrumen lembar penilaian RPP ditentukan dengan rumus sebagai berikut:

$$\text{Nilai} = \frac{\text{Skor Total}}{\text{Skor maksimum}} \times 100$$

Adapun hasil penilaian RPP akan dihitung *gain* ternormalisasinya (*N-gain*) untuk melihat peningkatan kemampuan TPACK guru biologi sebagai efek dari pelatihan taksonomi numerik yang telah dilakukan. Untuk penentuannya digunakan perhitungan *N-gain* (Meltzer, 2002) dengan rumus:

$$N-gain = \frac{\text{Skor Posttest} - \text{Skor Pretest}}{\text{Skor maksimum} - \text{Skor Pretest}}$$

Kategori berdasarkan hasil perhitungan *N-gain* mengacu pada Tabel 1.

Tabel 1. Kategori *N-gain*

Rentang Nilai <i>N-gain</i>	Kategori
$g \geq 0,7$	Tinggi
$0,3 < g < 0,7$	Sedang
$g \leq 0,3$	Rendah

Penelitian ini termasuk kategori eksperimen yang dilakukan terhadap satu kelompok dengan tujuan ingin mengetahui efektivitasnya, sehingga subjek dalam penelitian ini merupakan *non independent sampel*, karena yang diuji perbedaannya adalah rerata dari dua nilai yang dimiliki oleh subjek yang sama (Arikunto, 2014). Untuk keperluan itu digunakan uji-t *paired* untuk mengetahui efektivitas suatu perlakuan dengan subjek yang sama (Santoso, 2017). Uji t *paired* dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui ada tidaknya perbedaan secara signifikan untuk sebuah sampel dengan membandingkan keadaan sebelum dan sesudah mendapatkan perlakuan. Instrumen lainnya yang digunakan dalam penelitian ini adalah kuesioner. Kuesioner digunakan untuk mengetahui perspektif guru terhadap TPACK terkait pembelajaran klasifikasi makhluk hidup baik sebelum maupun setelah pelatihan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Analisis kemampuan TPACK guru berdasarkan CoRes dan RPP

CoRes adalah instrumen yang dikembangkan oleh Loughran, dkk. (2012) yang merepresentasikan bagaimana guru berpikir tentang cara mengajarkan suatu topik tertentu. CoRes dapat memberikan gambaran beberapa aspek terkait TPACK karena terdiri dari aspek-aspek yang dapat mencerminkan integrasi pengetahuan konten, pedagogi, dan teknologi. Hasil analisis kemampuan TPACK guru pada setiap indikator pra (sebelum) dan pasca (setelah) pelatihan berdasarkan CoRes yang selanjutnya dikategorikan berdasarkan rubrik (Anwar, dkk., 2014) dapat dilihat pada tabel 2. Hasil menunjukkan bahwa sebelum pelatihan kemampuan setiap guru pada setiap aspek dominan berada pada kategori Pra TPACK, maka secara keseluruhan kelima (100%) guru biologi berada pada kategori Pra TPACK yang menggambarkan bahwa guru masih berada pada tahap awal interaksi antara pedagogi, konten (Anwar, dkk., 2014) dan teknologi. Setelah diberikan pelatihan taksonomi numerik, terdapat peningkatan dan perubahan pada kemampuan setiap guru di beberapa aspek TPACK, empat guru biologi (80%) mengalami peningkatan dari pra TPACK menjadi *growing* TPACK yang menggambarkan bahwa guru mulai dapat mengintegrasikan konten, pedagogi, dan teknologi sehingga sudah mulai terbentuk irisan antara ketiga domain TPACK tersebut (Anwar, dkk., 2014).

Terdapat satu guru (20%) lainnya yang tetap pada kategori pra TPACK, namun terdapat peningkatan pada beberapa indikator diantaranya, indikator konsep penting, identifikasi miskonsepsi, pemanfaatan teknologi dan tujuan penggunaan teknologi (Tabel 2).

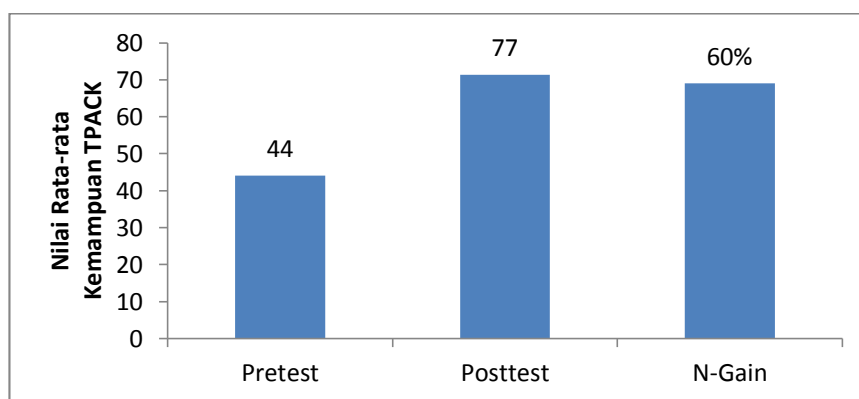
Tabel 2. Kategori perkembangan TPACK Guru Biologi

No.	Aspek	Indikator	Kategori TPACK (Pra-Pasca Pelatihan)									
			Guru A		Guru B		Guru C		Guru D		Guru E	
			Pra	Pasca	Pra	Pasca	Pra	Pasca	Pra	Pasca	Pra	Pasca
1	Tujuan	Identifikasi tujuan	<i>Pra</i>	<i>Growi ng</i>	<i>Pra</i>	<i>Growi ng</i>	<i>Growi ng</i>	<i>Growi ng</i>	<i>Pra</i>	<i>Growi ng</i>	<i>Pra</i>	<i>Pra</i>
		Rumusan tujuan	<i>Pra</i>	<i>Growi ng</i>	<i>Pra</i>	<i>Growi ng</i>	<i>Pra</i>	<i>Growi ng</i>	<i>Pra</i>	<i>Pra</i>	<i>Pra</i>	<i>Pra</i>
2	Konsep	Konsep penting	<i>Pra</i>	<i>Growi ng</i>	<i>Gro win g</i>	<i>Matur ing</i>	<i>Pra</i>	<i>Growi ng</i>	<i>Pra</i>	<i>Growi ng</i>	<i>Pra</i>	<i>Growi ng</i>
		Keluasan dan kedalaman materi	<i>Pra</i>	<i>Growi ng</i>	<i>Pra</i>	<i>Growi ng</i>	<i>Pra</i>	<i>Growi ng</i>	<i>Pra</i>	<i>Growi ng</i>	<i>Pra</i>	<i>Pra</i>
		Identifikasi miskonsepsi	<i>Pra</i>	<i>Growi ng</i>	<i>Pra</i>	<i>Growi ng</i>	<i>Pra</i>	<i>Growi ng</i>	<i>Pra</i>	<i>Growi ng</i>	<i>Pra</i>	<i>Growi ng</i>
3	Pedagogi	Pertimbangan mengajar	<i>Gro win g</i>	<i>Matur in</i>	<i>Gro win g</i>	<i>Matur ing</i>	<i>Growi ng</i>	<i>Matur ing</i>	<i>Pra</i>	<i>Growi ng</i>	<i>Gro win g</i>	<i>Growi ng</i>
		Strategi mengajar	<i>Pra</i>	<i>Growi ng</i>	<i>Pra</i>	<i>Growi ng</i>	<i>Pra</i>	<i>Growi ng</i>	<i>Pra</i>	<i>Pra</i>	<i>Pra</i>	<i>Pra</i>
		Urutan penyajian materi	<i>Pra</i>	<i>Growi ng</i>	<i>Pra</i>	<i>Growi ng</i>	<i>Pra</i>	<i>Growi ng</i>	<i>Pra</i>	<i>Growi ng</i>	<i>Pra</i>	<i>Pra</i>
4	Teknologi	Pemanfaatan teknologi	<i>Pra</i>	<i>Growi ng</i>	<i>Pra</i>	<i>Growi ng</i>	<i>Pra</i>	<i>Growi ng</i>	<i>Pra</i>	<i>Growi ng</i>	<i>Pra</i>	<i>Growi ng</i>
		Tujuan Penggunaan Teknologi	<i>Pra</i>	<i>Growi ng</i>	<i>Gro win g</i>	<i>Matur ing</i>	<i>Growi ng</i>	<i>Matur ing</i>	<i>Pra</i>	<i>Growi ng</i>	<i>Pra</i>	<i>Growi ng</i>
		Menyiasati ketiadaan teknologi	<i>Pra</i>	<i>Growi ng</i>	<i>Pra</i>	<i>Growi ng</i>	<i>Pra</i>	<i>Growi ng</i>	<i>Pra</i>	<i>Growi ng</i>	<i>Pra</i>	<i>Pra</i>
5	Evaluasi	Mengukur pemahaman siswa	<i>Pra</i>	<i>Growi ng</i>	<i>Pra</i>	<i>Growi ng</i>	<i>Pra</i>	<i>Growi ng</i>	<i>Pra</i>	<i>Growi ng</i>	<i>Pra</i>	<i>Pra</i>
Kategori TPACK			<i>Pra</i>	<i>Growi ng</i>	<i>Pra</i>	<i>Growi ng</i>	<i>Pra</i>	<i>Growi ng</i>	<i>Pra</i>	<i>Growi ng</i>	<i>Pra</i>	<i>Pra</i>

CoRes yang telah disusun guru selanjutnya diimplementasikan dan dituangkan ke dalam RPP, sehingga pada penelitian ini RPP yang disusun adalah RPP yang terintegrasi CoRes yang didalamnya terdapat aspek TPACK. RPP dapat mendeskripsikan bagaimana guru mengintegrasikan ketiga domain kemampuan TPACK yaitu pengetahuan konten, pedagogik, dan teknologi, yang memungkinkan guru untuk mengembangkan strategi pengajaran yang tepat dan spesifik sesuai konteks (Koehler, dkk., 2014). TPACK yaitu diimplementasikannya teknologi melalui rencana pembelajaran (*lesson plan*) yang merupakan kerangka pelaksanaan pembelajaran dan sangat erat kaitanya dengan aktivitas praktik pembelajaran guru di kelas (Janssen & Lazonder, 2015). Peningkatan Kemampuan TPACK dapat dianalisis dengan membandingkan hasil penilaian RPP sebelum pelatihan (*pretest*) dan RPP setelah pelatihan (*posttest*) dan menghitung *N-gain*, yang dapat dilihat pada tabel 3. Perbandingan pencapaian nilai rata-rata *pretest*, *posttest* dan persentase *N-gain* kemampuan TPACK guru seperti ditunjukkan pada Gambar 1.

Tabel 3. Penilaian RPP terintegrasi CoRes sebelum dan sesudah pelatihan.

No.	Nama	Nilai <i>Pretest</i> RPP	Nilai <i>Posttest</i> RPP	<i>N-gain</i>	Kategori
1.	Guru A	36	77	0,64	Sedang
2.	Guru B	52	85	0,68	Sedang
3.	Guru C	57	86	0,67	Sedang
4.	Guru D	39	71	0,52	Sedang
5.	Guru E	35	68	0,50	Sedang
Rata-rata		44	77	0,60	Sedang



Gambar 1. Nilai Rata-rata *Pretest*, *Posttest*, dan Persentase *N-gain*

Berdasarkan Gambar 1 terlihat bahwa sebelum diberikan *treatment* (pelatihan) kemampuan TPACK guru biologi sebesar 44 dan setelah diberikan *treatment* meningkat menjadi sebesar 77, dengan persentase rata-rata *N-gain* sebesar 60% (0,60), yang menunjukkan bahwa peningkatan yang terjadi berada kategori sedang. Hal ini juga diperkuat dengan hasil uji *t* dimana *t* hitung lebih besar daripada *t* tabel ($16,88 > 2,13$) yang menunjukkan bahwa terdapat perbedaan yang signifikan pada kemampuan TPACK guru biologi sebelum dan setelah pelatihan taksonomi numerik. Selanjutnya, kemampuan guru pada setiap indikator aspek TPACK sebagai berikut:

a. Kemampuan guru dalam mengidentifikasi tujuan pembelajaran

Sebelum pelatihan pemaparan kelima guru dalam mengidentifikasi tujuan pembelajaran termasuk dalam kategori Pra TPACK untuk guru A, B, D, E dikarenakan pertimbangan guru dalam mengidentifikasi tujuan masih terbatas dan belum sesuai dengan standar yang ditetapkan dalam kurikulum, belum dikaitkan dengan makna konsep pada kehidupan sehari-hari, maupun kaitanya sebagai materi dasar atau prasyarat untuk konsep tertentu. Adapun guru C sudah berada pada kategori *growing*. Setelah pelatihan terdapat peningkatan pada guru A, B, dan E yang berada pada kategori *growing*, guru yang berada pada kategori *growing* sudah mempertimbangkan karakteristik materi dan tuntutan kurikulum dalam mengidentifikasi tujuan pembelajaran (Anwar, dkk., 2014), serta mulai mengaitkan pembelajaran dengan makna konsep pada kehidupan sehari-hari, maupun kaitanya sebagai materi dasar atau prasyarat untuk konsep tertentu, hal tersebut dapat menunjukkan guru mulai bisa mengidentifikasi tujuan untuk membentuk pembelajaran yang bermakna (Loughran, dkk., 2012).

b. Kemampuan guru dalam merumuskan tujuan pembelajaran

Tujuan pembelajaran harus dirumuskan sesuai dan berpatokan pada kompetensi yang akan dicapai dalam kurikulum. Pada materi klasifikasi makhluk hidup kompetensi yang harus dicapai adalah 3.3 Menjelaskan prinsip-prinsip klasifikasi makhluk hidup dalam lima kingdom dan 4.3 Menyusun kladogram berdasarkan prinsip-prinsip klasifikasi makhluk hidup, sehingga rumusan tujuan harus menggambarkan secara akurat kompetensi yang akan dicapai (Anwar, dkk., 2014). Sebelum pelatihan semua guru berada pada kategori pra TPACK karena belum menggambarkan secara akurat rumusan tujuan pembelajaran sesuai kurikulum, hal ini dikarenakan dalam proses merumuskan tujuan pembelajaran guru kurang menganalisis kompetensi yang harus dicapai pada kurikulum. Setelah pelatihan terjadi peningkatan dimana hampir semua guru (kecuali guru E) pada kategori *growing*, guru sudah mulai secara akurat merumuskan tujuan sesuai kompetensi yang dicapai dan melakukan analisis terhadap karakteristik materi.

c. Kemampuan guru dalam menentukan konsep penting

Sebelum pelatihan, guru B berada pada kategori *growing*, sedangkan empat guru lainnya berada pada kategori pra TPACK. Guru masih belum bisa memunculkan semua konsep penting terkait materi klasifikasi hidup terutama kladogram yang merupakan bagian dari taksonomi numerik, konsep penting yang dimunculkan masih kurang relevan dengan materi yang diajarkan. Selain itu masih terdapat konsep penting yang merupakan atribut dari konsep lain. Hal ini karena guru terbiasa berpatokan pada buku dalam menentukan konsep inti yang akan diajarkan, dibandingkan analisisnya terhadap kurikulum. Setelah Pelatihan terdapat peningkatan yang signifikan untuk semua guru dimana kategori guru meningkat menjadi *growing* dan *maturing TPACK*, hal ini menunjukkan konsep-konsep penting yang dimunculkan untuk diajarkan kepada siswa sudah merujuk/terkait pada konsep-konsep inti dan relevan dengan materi yang hendak diajarkan serta berdasarkan analisis kurikulum, pemilihan konsep penting semestinya memang didasarkan pada analisis tuntutan kurikulum (Ramadhani, dkk., 2016)

d. Kemampuan guru dalam menentukan keluasan dan kedalaman materi

Pengetahuan mengenai konsep yang belum saatnya dipelajari oleh peserta didik dapat menjadi gambaran bagaimana keluasan dan kedalaman materi yang akan disampaikan dan merefleksikan kemampuan guru dalam mengenali nilai inti suatu konten materi berdasarkan kompetensi dasar yang akan dicapai. Sebelum pelatihan, kelima guru berada pada kategori pra TPACK untuk kemampuan ini karena masih mengacu pada konsep yang umum sehingga tidak jelas keluasan dan kedalaman untuk setiap konsep inti. Guru biasanya kesulitan dalam menentukan kedalaman dan batasan suatu materi karena hanya mengacu pada konsep umum yang terdapat pada buku pegangan siswa. Setelah pelatihan, hampir semua guru berada pada kategori *growing*, hal ini menunjukkan guru mulai bisa menentukan batasan yang lebih jelas terhadap keluasan dan kedalaman materi yang diajarkan dan mengacu pada konsep-konsep inti, guru yang memiliki pengetahuan baik dalam mengenali nilai inti tidak akan terlalu menyederhanakan konten tersebut namun tetap mempertahankan kompleksitas dalam rangka meningkatkan pemahaman siswa (Loughran, dkk., 2012).

e. Kemampuan guru dalam mengidentifikasi miskonsepsi

Pada kemampuan ini kelima guru berada pada kategori pra TPACK, sebelum pelatihan. Guru sudah mulai mengidentifikasi miskonsepsi yang dapat terjadi dalam pembelajaran, namun belum mengantisipasi hal tersebut. Setelah pelatihan, guru mulai bisa mengidentifikasi dan mengantisipasi miskonsepsi atau konsepsi siswa yang keliru (kategori *growing*), hal ini diberikannya materi terkait konsep klasifikasi makhluk hidup terutama taksonomi numerik pada saat pelatihan yang menambah pengetahuan guru akan konten materi, Hadiyanti, dkk. (2015) mengemukakan bahwa kemampuan guru

dalam mengidentifikasi miskonsepsi biasanya berkaitan dengan pengetahuan guru akan materi dan pengalaman guru dalam mengajarkan topik tersebut.

f. Kemampuan guru dalam menentukan pertimbangan mengajar

Sebelum pelatihan guru A, B, D, dan E berada pada kategori *growing* TPACK karena pertimbangan mengajarnya tidak hanya didasarkan pada materi saja, namun sudah mulai mempertimbangkan pengetahuan awal siswa, kondisi siswa, dan fasilitas pendukung lainnya. Pertimbangan mengajar guru D hanya didasarkan pada karakteristik materi saja, sehingga berada pada kategori pra TPACK. Pertimbangan mengajar suatu konsep materi dapat didasari beberapa hal seperti karakteristik materi, fasilitas pendukung, kondisi siswa, pengetahuan awal siswa, dan refleksi pemahaman guru (Anwar, dkk., 2014). Setelah pelatihan terdapat peningkatan dimana guru A, B, C, berada pada kategori *maturing* TPACK dan guru D, E berada pada kategori *growing*, semua guru sudah mempertimbangkan kurikulum. Hal ini didukung Hadiyanti (2015) bahwa guru berpengalaman mempertimbangkan kurikulum dalam pembelajarannya. Pertimbangan ini didasari atas pengalaman kontekstualnya mengenai siswa dan pengetahuan pedagogisnya, sehingga ia dapat mengeksplorasi hal tersebut dan memilih pendekatan cara mengajar yang tepat di kelas (Loughran, dkk., 2012).

g. Kemampuan guru dalam menentukan strategi mengajar

Pada kemampuan ini sebelum pelatihan, kelima guru berada pada kategori pra TPACK, guru menggunakan strategi mengajar yang umum untuk semua konsep yang diajarkan sehingga belum disesuaikan dengan karakteristik konsep. Setelah pelatihan guru A, B, C mengalami peningkatan menjadi *growing* TPACK sedangkan guru D dan E masih berada pada kategori pra TPACK. Kemampuan memilih prosedur pembelajaran yang sesuai dengan hasil belajar yang diharapkan (kompetensi yang dicapai), serta mengetahui bagaimana dan mengapa menggunakan suatu prosedur dalam pembelajaran merupakan unsur yang penting (Loughran, dkk., 2012), namun guru masih kesulitan untuk melakukannya. Hal ini dapat terjadi karena terbatasnya ketersediaan teknologi maupun media pembelajaran (Nasution, dkk., 2017) maupun masih kurangnya analisis karakteristik materi yang dilakukan guru untuk menentukan strategi yang tepat sehingga mempengaruhi keterbatasan strategi mengajar guru.

h. Kemampuan guru dalam menentukan urutan penyajian materi

Sebelum pelatihan urutan penyajian materi yang dimunculkan masih terkait pada urutan penyajian materi yang ada di dalam buku dan sesuai konsep yang dimunculkan saja, beberapa sudah mengaitkan dengan metode mengajar namun belum spesifik dan tidak ada keterkaitan antara setiap konsep, sehingga kelima guru berada pada kategori pra TPACK. Setelah pelatihan terdapat peningkatan untuk guru A, B, C, D menjadi *growing* TPACK, hal ini menunjukkan bahwa guru mulai mempertimbangkan metode atau model mengajar dalam urutan penyajian materi (Anwar, dkk., 2014).

i. Kemampuan guru dalam memanfaatkan teknologi

Sebelum pelatihan pemilihan teknologi yang digunakan sudah cukup bervariasi namun guru kurang mengaitkannya dengan karakteristik konsep penting yang dimunculkan dan tidak menjelaskan peranan dan cara pemanfaatannya dalam pembelajaran dan belum dikaitkan dengan strategi pembelajaran, sehingga belum spesifik maka kelima guru berada pada kategori pra TPACK. Terdapat faktor yang mempengaruhi implementasi teknologi oleh guru di kelas diantaranya: pedagogik guru, efektivitas pembelajaran, keterbiasaan penggunaan teknologi, kesesuaian integrasi dengan konten materi (Tsai, 2015). Beberapa guru menyatakan bahwa belum bisa menentukan teknologi yang tepat sesuai karakteristik materi. Keterbatasan pemanfaatan teknologi dalam pembelajaran dapat terjadi karena kurangnya pengetahuan guru terhadap ICT. Untuk mengatasi hal tersebut, pada saat pelatihan taksonomi numerik guru diberikan arahan dan materi terkait jenis teknologi yang dapat digunakan dalam

pembelajaran khususnya dalam pembelajaran klasifikasi makhluk hidup terutama dikenalkannya aplikasi yang baru diketahui guru mengenai aplikasi untuk analisis kladistik dan membuat kladogram, karena perkembangan teknologi yang terus berubah maka sifat pengetahuan teknologi juga perlu berkembang. Kemampuan untuk belajar dan beradaptasi dengan teknologi baru terlepas dari apapun jenis teknologinya akan selalu penting untuk dikembangkan. Pelatihan memberikan pengaruh besar terhadap guru dalam menyusun CoRes dan RPP setelah pelatihan dimana guru mulai memanfaatkan teknologi baru dan bervariasi dalam pembelajaran serta mulai mengaitkan dengan karakteristik setiap konsep penting sehingga kelima guru mengalami peningkatan dan berada pada kategori *growing* TPACK. Teknologi mendorong jenis keputusan yang guru buat tentang konten dan pedagogik (Mishra & Koehler, 2006).

j. Kemampuan guru dalam menentukan tujuan penggunaan teknologi

Dalam pembelajaran teknologi digunakan sebagai alat pendukung tercapainya hasil belajar yang diharapkan. Pentingnya seorang guru mengetahui alasan dan peranan penggunaan teknologi tersebut dalam pembelajaran. Sebelum pelatihan guru A, D, E berada pada kategori pra TPACK, karena tujuan penggunaan teknologinya masih belum spesifik dan hanya ditujukan untuk menyajikan konten materi, penggunaan teknologi oleh guru dalam pembelajaran memang masih terbatas hanya untuk mencari dan memperluas pengetahuan kontennya tentang materi biologi daripada mengembangkan metode strategi mengajar dan pengetahuan teknologinya (Tsai, 2015). Guru B dan C menggunakan teknologi untuk menyajikan konten materi menggunakan power point, serta sebagai teknik evaluasi mengidentifikasi pengetahuan siswa menggunakan portal kuis online, sehingga guru B dan C berada pada kategori *growing* karena tidak hanya mempertimbangkan penggunaan untuk menyajikan konten saja namun telah mengembangkannya untuk tujuan lain. Setelah pelatihan terdapat peningkatan untuk semua guru, guru A, D, E berada pada kategori *growing* sedangkan guru B dan C telah sampai pada tahap *maturing*. Setelah pelatihan penggunaan teknologi oleh guru lebih bervariasi mulai dari identifikasi pemahaman, strategi belajar, hingga representasi konten, hal ini dapat terjadi karena berkembangnya pengetahuan mereka sehingga dapat menggunakannya sesuai tujuan untuk mencapai hasil belajar yang diharapkan. Pengalaman penggunaan teknologi akan semakin meningkat seiring dengan bertambahnya pengetahuan tentang penggunaan teknologi (Koseoglu, 2012).

k. Kemampuan guru dalam menyiasati ketiadaan teknologi

Sebelum pelatihan strategi alternatif yang dikemukakan oleh kelima guru dalam menyiasati ketiadaan teknologi yang dikemukakan belum spesifik untuk konsep terkait serta hanya mengemukakan satu jenis strategi saja, maka kelima guru berada pada kategori pra TPACK, setelah pelatihan strategi alternatif yang dikemukakan oleh guru A, B, C, D terdapat lebih dari satu strategi untuk mengatasi ketiadaan salah satu faktor sehingga pembelajaran dapat tercapai maka guru berada pada kategori *growing*. Contoh, untuk mengatasi ketiadaan proyektor di sekolah dengan tujuan untuk memvisualisasikan gambar makhluk hidup, guru dapat mencetak gambar terlebih dahulu ataupun mengajak siswa untuk mengelilingi lingkungan sekolah dan mengidentifikasinya.

l. Kemampuan guru dalam mengukur pemahaman peserta didik

Kemampuan dalam mengukur pemahaman peserta didik berkaitan dengan teknik asesmen. Sebelum pelatihan, kelima guru berada pada kategori pra TPACK untuk kelima kemampuan ini. Guru menggunakan alat evaluasi masih terbatas pada tes tertulis dan belum mempertimbangkan karakteristik konsep penting yang dimunculkan. Setelah pelatihan, guru A, B, C, dan D mengalami peningkatan menjadi *growing* TPACK. Hal ini karena guru tidak hanya menggunakan tes tertulis sebagai instrumen penilaian dan sudah mulai mempertimbangkan konsep dalam instrumennya. Guru juga sudah mulai menggunakan penilaian kinerja, tes lisan dan teknologi dalam teknik evaluasinya. Guru

harus memonitor pemahaman dan kemauan siswa baik secara formal (tertulis) maupun informal (Loughran, dkk., 2012).

Hasil menunjukkan sebelum pelatihan pengetahuan guru akan TPACK dan teknologi yang dapat diintegrasikan pada pembelajaran klasifikasi makhluk hidup masih terbatas, dimana guru masih berada pada tahap awal interaksi antara pedagogi, konten dan teknologi (pra TPACK), hal ini dapat terjadi karena kurangnya pemahaman guru akan konsep klasifikasi makhluk hidup terutama taksonomi numerik, dimana beberapa guru biologi tidak memunculkan subkonsep taksonomi numerik menjadi konsep/ide penting, selain itu konsep penting yang dimunculkan belum sesuai dengan kompetensi yang diharapkan kurikulum. Guru memandang bahwa konsep penting taksonomi numerik yaitu kladistik/kladogram pada pembelajaran klasifikasi makhluk hidup merupakan konten yang sulit untuk dipahami oleh mereka, faktor tersebut juga yang membuat mereka kesulitan dalam menentukan strategi pembelajaran dan teknologi yang tepat, pemahaman guru tentang karakteristik konsep akan mempengaruhi guru dalam menentukan teknologi dan strategi pedagogik yang tepat (Nasution, dkk., 2017). Hal ini pula yang menjadi alasan dan mempengaruhi motivasi mereka untuk menerapkan teknologi dalam pengajaran, selain itu hasil CoRes sebelum pelatihan menunjukkan kurangnya pengetahuan guru akan teknologi yang dapat digunakan dalam pembelajaran membuat guru biasanya cenderung memilih metode konvensional sehingga gagal menciptakan pembelajaran yang bermakna (Berry & Van, 2012).

Kemampuan integrasi antara pengetahuan konten, pedagogi, dan teknologi guru meningkat setelah pelatihan karena adanya masukan, pemberian materi terkait teknologi dalam pembelajaran dan bagaimana integrasinya, arahan dalam merencanakan dan melaksanakan pembelajaran berdasarkan *framework* TPACK yang sangat berguna untuk menunjukkan bagaimana pengetahuan guru dalam mengintegrasikan teknologi dalam pembelajaran dan bagaimana guru mengembangkan pengetahuannya, pemberian materi terkait konten taksonomi numerik pada pembelajaran klasifikasi makhluk hidup beserta strategi pembelajarannya, serta *feedback* yang diterima guru pada saat pelatihan taksonomi terhadap kondisi pengetahuan awal mereka sebelum pelatihan, sehingga hal ini memberi pengaruh besar terhadap keputusan guru dalam merencanakan, dan merekonstruksi pembelajaran selanjutnya. Hal ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan Anwar, dkk. (2016) yang menyatakan bahwa kemampuan calon guru dalam mengintegrasikan konten dan pedagogik berkembang ketika mereka menerima *feedback* dalam praktik mengajarnya yang memberikan pengaruh terhadap perkembangan guru dalam merencanakan dan melaksanakan pembelajaran selanjutnya. Pelatihan ini menciptakan pengalaman baru bagi guru dan menarik perhatian guru untuk menerapkannya teknologi di kelas. Hal ini dapat dilihat pada RPP dan hasil CoRes guru setelah pelatihan dimana konsep taksonomi numerik mulai dimunculkan sebagai hal penting serta semua guru mulai menggunakan teknologi dalam analisis konsep tersebut, sehingga dari aspek teknologi mereka dominan berada pada kategori *growing* TPACK.

2. Prespektif guru biologi terkait TPACK pada pembelajaran klasifikasi makhluk hidup

Pandangan guru terhadap TPACK pada pembelajaran klasifikasi makhluk hidup dianalisis secara deskriptif berdasarkan kuesioner yang diisi oleh guru sebelum dan setelah pelatihan. Hasil analisis menunjukkan bahwa sebelum pelatihan secara umum guru mengemukakan bahwa selama pengalaman mengajarnya, mereka pernah mengintegrasikan teknologi dalam mengajarkan suatu konten pembelajaran biologi. Hal ini menunjukkan bahwa setiap guru pernah menerapkan TPACK dalam proses pembelajaran. Guru setuju bahwa dengan menerapkan TPACK dapat menciptakan suasana belajar yang aktif dan respon yang positif dari siswa, serta memudahkan siswa memahami materi dengan baik (Rolando, dkk., 2013) prespektif guru akan hal ini tidak berubah bahkan setelah pelatihan dilakukan hal ini menunjukkan bahwa guru memiliki

kesadaran akan pentingnya TPACK. Sebelum pelatihan, guru menyatakan bahwa terdapat beberapa kesulitan yang dihadapi guru diantaranya Guru sulit menentukan teknologi yang tepat untuk mengajarkan konten materi tertentu, hal ini dikarenakan pengetahuan akan teknologi yang menurutnya masih kurang. Walaupun integrasi TPACK dinilai mampu meningkatkan kemampuan belajar siswa, namun hal ini tidak selalu tercapai karena kurangnya kemampuan implementasi produktif dari pengetahuan teknologi dalam proses belajar mengajar oleh guru (Rolando, dkk., 2013). Setelah pelatihan dilakukan, beberapa guru menyatakan bahwa setelah mengetahui beberapa teknologi yang dijelaskan pada saat pelatihan, mereka tertarik dan terinspirasi untuk mulai mengimplementasikannya dalam pembelajaran hal ini sejalan dengan penelitian Koseoglu (2012). Hal ini dapat dilihat dari perubahan jawaban guru terhadap kuesioner dimana mereka yang tidak mengetahui mengenai aplikasi portal kuis online (Guru A, E, D), dan *software* untuk analisis taksonomi numerik (semua guru) menjadi tahu. Kebanyakan guru menggunakan teknologi dengan tujuan untuk representasi konten, strategi pembelajaran, dan media komunikasi dengan siswa, sedangkan masih sedikit guru yang menggunakan teknologi sebagai alat untuk evaluasi yaitu identifikasi pemahaman siswa, pada kasus ini hanya Guru B dan C yang menerapkan teknologi untuk evaluasi. Namun setelah pelatihan, semua guru mulai menggunakan teknologi di dalam kelas untuk identifikasi pemahaman siswa dan strategi pembelajaran, hal ini menunjukkan bahwa wawasan penggunaan teknologi oleh guru berubah, namun perlu adanya penelitian lebih lanjut mengenai bagaimana teknologi mendukung guru dalam mengidentifikasi pemahaman siswa (Koehler, dkk., 2014).

Secara keseluruhan, kelima guru telah mengintegrasikan teknologi dalam mengajarkan materi klasifikasi makhluk hidup secara umum, sebelum pelatihan guru menyatakan mengalami kesulitan dalam mengajarkan konsep penting taksonomi numerik yaitu kladistik (kladogram). Guru A, Guru B, Guru D, dan Guru E menyebutkan bahwa selama pengalaman mengajarnya, mereka belum pernah mengajarkan taksonomi numerik kepada siswa, karena belum memahaminya, bahkan guru A belum pernah mengetahui konsep kladistik, kebanyakan dari mereka hanya mengetahuinya saja namun belum pernah mempelajarinya, dan kelima guru tidak mengikuti perkembangan ilmu terkait taksonomi numerik. Guru biologi memandang bahwa konsep penting taksonomi numerik yaitu kladistik/kladogram pada pembelajaran klasifikasi makhluk hidup merupakan konten yang sulit untuk dipahami oleh mereka, faktor tersebut juga yang membuat mereka kesulitan dalam menentukan strategi pembelajaran yang tepat, guru yang tidak memiliki pemahaman terhadap konten akan mengalami kesulitan dan salah dalam merepresentasikan materi kepada siswa (Mirsha, dkk., 2006). Selain itu, guru mengemukakan bahwa mereka kesulitan dalam menentukan teknologi apa yang tepat terkait pembelajaran klasifikasi makhluk hidup pada konsep penting kladistik/kladogram. Kasus berbeda ditemukan pada guru C yang menyatakan bahwa ia pernah mengajarkan taksonomi numerik pada siswa namun masih mengalami kesulitan dalam menentukan strategi pembelajaran yang tepat, serta tidak mengetahui jenis teknologi apa yang dapat digunakan untuk mengajarkan konsep tersebut. Penjelasan tersebut menunjukkan bahwa kelima guru biologi mengalami kesulitan dalam mengintegrasikan pengetahuan konten, pedagogik, dan teknologi yang tepat dalam membelajarkan klasifikasi makhluk hidup terutama pada konsep penting kladogram, dan hal ini mempengaruhi cara mengajar mereka kepada siswa (Srisawasdi, 2012), dimana mereka memutuskan untuk belum mengajarkan konsep tersebut pada siswa.

Prespektif ini berubah setelah pelatihan, guru menyatakan bahwa konsep taksonomi numerik penting untuk dipahami siswa, dimana konsep ini merupakan tuntutan yang ada di kurikulum, sehingga perlu untuk mereka mengajarkannya kepada siswa. Setelah pemberian materi terkait taksonomi numerik diberikan, guru menyatakan mereka cukup bisa dan paham serta memiliki kepercayaan diri untuk mulai

menyampaikannya dikelas. Mereka yang sebelumnya menyatakan belum memahami taksonomi numerik, menyatakan cukup paham setelah pelatihan dilakukan. Mereka juga sudah bisa menentukan teknologi apa yang dapat mereka gunakan dalam pembelajaran klasifikasi makhluk hidup dan analisis taksonomi numerik, karena mereka sudah mengetahui dan dapat menggunakannya untuk pembelajaran di kelas, teknologi baru dapat menghasilkan representasi yang lebih bervariasi serta fleksibel. Guru perlu mengetahui tidak hanya materi pelajaran yang mereka ajarkan tetapi juga bagaimana materi dapat direpresentasikan secara berbeda dengan penerapan teknologi (Koehler, dkk., 2014). Guru juga menyatakan bahwa setelah memahami konsep dan teknologi yang dapat digunakan dalam pembelajaran klasifikasi makhluk hidup mereka bisa menentukan strategi pembelajaran untuk mengajarkan hal tersebut, Untuk menjadi seorang guru yang efektif, perlu menguasai konten, mampu menciptakan lingkungan belajar yang menstimulus siswa dan menerapkan strategi pedagogik yang tepat, termasuk teknologi sehingga strategi tersebut dapat membantu siswa mencapai kompetensinya secara maksimal (Srisawasdi, 2014).

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa pelatihan taksonomi numerik dapat meningkatkan TPACK guru biologi khususnya pada pembelajaran klasifikasi makhluk hidup, sehingga pelatihan taksonomi numerik dapat dijadikan strategi untuk meningkatkan TPACK guru biologi. Penelitian selanjutnya diharapkan dapat mengkaji peningkatan TPACK guru biologi pada pembelajaran klasifikasi makhluk hidup melalui pelatihan taksonomi numerik dimulai dari tahap perencanaan pembelajaran sampai pelaksanaan/implementasinya di kelas.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Sekolah Pascasarjana Universitas Pendidikan Indonesia atas dukungan finansialnya pada penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Abidin, Y. (2014). *Desain Sistem Pembelajaran dalam Konteks Kurikulum 2013*. Bandung: PT Refika Aditama.
- Angeli, C. & Valanides, N. (2009). Epistemological and methodological issues for the conceptualization, development, and assessment of ICT-TPCK: Advances in technological pedagogical content knowledge (TPCK). *Journal Computer and Education*, 52(1): 154–168.
- Anwar, Y., Rustaman, N., Widodo, A., & Redjeki, S. (2014). Kemampuan pedagogical content knowledge guru yang berpengalaman dan belum berpengalaman. *Jurnal Pengajaran Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam*, 19(1): 69-73.
- Anwar, Y., Rustaman, N., & Widodo, A. (2016). Perkembangan kemampuan *pedagogical content knowledge* calon guru biologi pada pendekatan konkuren. *Jurnal Cakrawala Pendidikan*, XXXV(3): 349-356.

- Arikunto, S. (2014). *Prosedur Penelitian Suatu Pendekatan Praktik*. Jakarta: Rineka Cipta
- Baum, D.A. & Offner, S. (2008). Phylogenies & Tree-Thinking. *The American Biology Teacher*, 70(4): 222-229.
- Berry, A. & Van, D.J. (2012). Teacher profesional development focusing on pedagogical content knowledge. *Journal of Educational Researcher*, 41(1): 26-28.
- Catley, Kefyn, K., Philips, B.C., & Novick, L.R. (2013). Snakes and eels and dogs! oh, my! evaluating high school students' tree-thinking skills: An entry point to understanding evolution. *Res Sci Educ*, 43: 2327-2348.
- Davenport, K.D. (2016). Tree-Thinking: A Response. *The American Biology Teacher*, 78(5): 385-388.
- Dawson, K. (2012). Using action research projects to examine teacher technology integration practices. *J of Digital Learnin in Teacher Education*, 28(3): 117-124.
- Dees, J., Momsen, J.L., Niemi, J., & Montplaisir, L. (2014). Student interpretations of phylogenetic trees in an introductory biology course. *Life Sci Edu*, 13: 666-676.
- Getenet, S.T. (2016). Adapting Technological Pedagogical Content Knowledge Framework To Teach Mathematics. *Educ Inf Technol*, 22(5): 2629-2644.
- Hadiyanti, L.N, Widodo, A., & Rochintaniawati, D. (2015). Biology teachers content representations (CoRes) in concept of human and the environment. *International Confrence on Mathematics, Science, and Education*, Universitas Negeri Semarang, Semarang, 5- 6 September 2015, 2(1): 7-13. ISSN 977-2477-3050-1.
- Hidayat, T. (2017). *Klasifikasi Numerik*. Bandung: FMIPA UPI.
- Janssen, N. & Lazonder, A.W. (2015). Implementing innovative technologies through lesson plans: what kind of support do teachers prefer?. *Journal Science Education Technology*, 24(6): 910-920.
- Koehler, M.J. & Mishra, P. (2005). What happens when teachers design educational technology? The development of technological pedagogical content knowledge. *Journal of Educational Computing Research*, 32(2): 131-152.
- Koehler, M.J., Mishra, P., Kereluik, K., Shin, T.S., & Graham, C.R. (2014). The technological pedagogical content knowledge framework. *Handbook of Research on Educational Communications & Technology 4th Edition*. New York: Springer.
- Koseoglu, P. (2012). Hacettepe University Prospective Biology Teachers's Self-Confidence In Terms of Technological Pedagogical Content. *Procedia- Social and Behavioral Sciences*, 46:931-934.
- Loughran, J., Berry, A., Gunstone, R., & Mulhall, P. (2012). *Understanding and Developing Science Teachers Pedagogical Content Knowledge 2 Ed*. The Netherland: Sense Publishers.

- Mardhiyah, A. & Purwianingsih, W. (2017). Analisis Pedagogical Content Knowledge (PCK) Guru Pada Materi Pencemaran Lingkungan Melalui CoRes dan PaP-eRs. Unpublished Magister Thesis, Universitas Pendidikan Indonesia.
- Meltzer, D.E. (2002). The Relationship Between Mathematics Preparation and Conceptual Learning Gain in Physics: A Possible "Hidden Variable" in Diagnostic Pretest Scores. *American Journal Physics*, 70(12): 1259-1268 .
- Mirsha, P. & Koehler, M.J. (2006). Technological pedagogical content knowledge: A framework for teacher knowledge. *Teachers College Record*, 108(6): 1017-1054.
- Nasution, W.R., Sriyati, S., Riandi, R., & Safitri, M. (2017). Mastery of content representation (CoRes) related TPACK High School Biology Teacher. *J. Phys: Conf. Ser.*, 895: 1-6.
- Rahmadhani, Y., Rahmat, A., & Purwianingsih, W. (2016). Pedagogical content knowledge (pck) guru dalam pembelajaran biologi sma di Kota Cimahi. *Prosiding Seminar Nasional Sains dan Pendidikan Sains*. 6: 17-24. ISSN : 2087-0922.
- Rolando, L.G.R., Salvador, D.F., & Luz, M.R.M.P. (2013). The Use Of Internet Tools For Teaching and Learning By In-Service Biology Teachers: A Survey In Brazil. *Teaching and Teacher Education*, 34: 46-55.
- Saadah, S., Hidayat, T., & Sudargo, F. (2015). Identifikasi miskonsepsi mahasiswa pendidikan biologi dalam memahami pohon filogenetika. *Prosiding Seminar Nasional Sains dan Teknologi*, UIN Sunan Gunung Djati, Bandung, Indonesia, 22-23 April 2015, hal. 337-342. ISBN: 978-602-14960-1-5.
- Saadah, S., Hidayat, T., & Sudargo, F. (2017). Undergraduate students' initial ability in understanding phylogenetic tree. *J. Phys: Conf. Ser.*, 1-5.
- Santoso, S. (2017). *Menguasai Statistik dengan SPSS24*. Jakarta: Elex Media Komputindo.
- Srisawasdi, N. (2012). Students teacher's perceptions of computerized laboratory practiced for science teaching: a comparative analysis. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 46: 4031-4038.
- Srisawasdi, N. (2014). Developing Technological Pedagogical Content Knowledge In Using Computerized Science Laboratory Environment: An Arrangement For Science Teacher Education Program. *Research and Practice in Technology Enhanced Learning*, 9(1): 123-143.
- Sugiyono. (2012). *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif dan R&D*. Bandung: Alfabeta.
- Tsai, H.C. (2015). A senior teacher's implementation of technology integration. *International Education Studies*, 8(6): 151-161.