

# TECHNOLOGY PEDAGOGICAL CONTENT KNOWLEDGE (TPCK) PEMBELAJAR DI ERA DIGITAL

Gogot Suharwoto, Ph.D.

PTP Ahli Utama Pusdatin Kemendikbud Republik Indonesia

## PENDAHULUAN

Pendidikan 4.0 harus selaras dengan tuntutan revolusi industri 4.0 dan mampu menyiapkan lulusan yang siap menghadapi era revolusi industri di masa akan datang dimana mereka akan menjalani hidup. Dalam 5 tahun ke depan akan menyebabkan hilangnya 5 juta pekerjaan. Pekerjaan yang paling banyak dibutuhkan saat ini adalah pekerjaan yang 10 tahun yang lalu atau 5 tahun yang lalu belum pernah ada. Diperkirakan 65% anak yang masuk sekolah dasar saat ini akan bekerja pada suatu pekerjaan yang benar-benar baru dan belum ada saat ini (World Economic Forum, 2016).

Kurikulum 2013 bertujuan untuk mempersiapkan manusia Indonesia agar memiliki kemampuan hidup sebagai pribadi dan warga negara yang beriman, produktif, kreatif, inovatif, dan afektif serta mampu berkontribusi pada kehidupan bermasyarakat, berbangsa, bernegara, dan peradaban dunia. Siswa perlu mendapatkan pengalaman belajar yang bervariasi mulai dari yang sederhana sampai pengalaman belajar yang bersifat kompleks.

*Spreadsheet* (lembar sebaran) menawarkan teknologi yang sudah tersedia di antara teknologi ruang kelas untuk mendukung siswa dalam belajar matematika. Namun, penggunaannya terbatas atau bahkan tidak ada di sebagian besar ruang kelas matematika terutama karena guru matematika belum siap menggunakan *spreadsheet* dalam berpikir tentang matematika, juga belum siap untuk mengintegrasikan teknologi *spreadsheet* sebagai alat untuk belajar mengajar matematika. Jika *spreadsheet* akan dimasukkan sebagai alat untuk pembelajaran matematika, maka guru matematika membutuhkan kesempatan untuk mengembangkan pengetahuan dan keterampilan pribadi mereka dalam menggunakan *spreadsheet* sebagai alat untuk mengeksplorasi dan mempelajari matematika. Mereka membutuhkan dukungan dalam mendesain ulang kurikulum matematika untuk menyertakan *spreadsheet* sebagai alat untuk menjelajahi matematika sambil juga memandu perkembangan pengetahuan dan keterampilan dasar siswanya dengan *spreadsheet*. Mereka membutuhkan dukungan dalam membimbing pemikiran siswa tentang matematika dengan alat *spreadsheet*. Guru dalam jabatan membutuhkan persiapan yang mungkin belum mereka alami saat

mereka belajar matematika atau saat mereka belajar untuk mengajar matematika. Dan, sebagai guru jabatan yang secara aktif terlibat dalam pengajaran, mereka memiliki waktu terbatas untuk program pendidikan ekstensif yang memerlukan perubahan signifikan dalam apa dan bagaimana mereka mengajar. Kapan dan bagaimana mereka akan memperoleh keterampilan baru ini untuk mengajar matematika di abad ke-21? Jenis pengembangan profesional apa yang akan memenuhi kebutuhan guru dalam berbagai cara yang memandu mereka dalam mengembangkan pengetahuan konten pedagogis untuk pengajaran matematika dengan spreadsheet - sebuah pengetahuan konten pedagogis teknologi atau TPCK (*technology pedagogical content knowledge*)?

## TUJUAN DAN TANTANGAN

Tantangan nyata untuk semua program pengembangan profesional adalah mempersiapkan guru-guru jabatan dalam cara dan waktu yang sesuai dengan jadwal, lokasi, dan mekanisme pendukung mereka. Berkenaan dengan kemunculan dan penerapan teknologi dalam pendidikan, semakin banyak program pengembangan profesional harus berfokus pada membimbing guru untuk mengajar dari struktur pengetahuan terintegrasi dalam mengajarkan konten mereka dengan teknologi. Guru-guru ini membutuhkan program yang membantu mereka dalam mengembangkan pengetahuan tertentu untuk mengajarkan konten mereka (seperti matematika) dengan teknologi - pengetahuan yang merupakan persimpangan antara pengetahuan matematika dengan pengetahuan mereka tentang teknologi dan pengetahuan mereka tentang pengajaran dan pembelajaran; Para guru ini membutuhkan program yang membantu mereka mengembangkan dan meningkatkan pengetahuan konten pedagogis teknologi (TPCK). Kunci TPCK adalah integrasi beberapa domain pengetahuan dengan cara yang mendukung guru dalam mengajar siswa mereka materi pelajaran dengan teknologi (Margerum-Leys & Marx, 2004; Mishra & Koehler, 2006; Niess, 2005; Pierson, 2001) . Namun apa sebenarnya yang dimaksud dengan TPCK sebagai ilmu yang merupakan interkoneksi dan persinggungan antara konten, pedagogi dan teknologi? Shavelson, Ruiz-Primo, Li dan Ayala (2003) mengusulkan kerangka kerja heuristik yang berguna dalam mengkonseptualisasikan kelengkapan TPCK. Mereka menghipotesiskan struktur pengetahuan yang terdiri dari pengetahuan deklaratif (mengetahui itu), pengetahuan prosedural (mengetahui bagaimana), pengetahuan skematik (mengetahui mengapa dengan memanfaatkan pengetahuan deklaratif dan prosedural), dan pengetahuan strategis (mengetahui kapan, di mana dan bagaimana menggunakan domain. Pengetahuan dan strategi khusus, seperti perencanaan dan pemecahan masalah serta memantau kemajuan menuju suatu tujuan). Satu analisis tentang penggunaan pengetahuan TPCK oleh guru sehubungan dengan masing-

masing dimensi pengetahuan saat berencana untuk mengajar tentang fungsi linier dengan spreadsheet. Pada akhirnya, program pengembangan profesional yang berfokus pada TPCK perlu mempersiapkan para guru agar mereka memperoleh pengetahuan strategis untuk mengajar matematika dengan teknologi seperti spreadsheet.

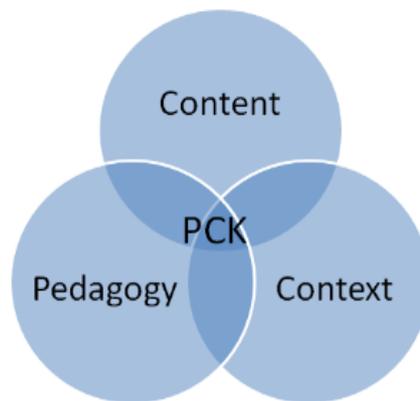
Tantangan Pendidikan di era revolusi Industri 4.0 meliputi (1) Kesenjangan penguasaan jenis teknologi antara siswa, guru, dan orang tua (teknologi gap), (2) Kesenjangan kompetensi TIK guru, baru 40% siap memanfaatkan teknologi (kompetensi gap), (3) Kesenjangan kebutuhan konten pembelajaran di dunia maya dan media bahan ajar guru (konten gap), dan (4) Kesenjangan komunikasi dengan teman sejawat/jaringan yang bisa di akses (jaringan gap).

Peran penting teknologi pasca pandemic COVID-19 adalah (1) Menutup kekurangan pelaksanaan pembelajaran dengan keterbatasan pada masa covid-19, (2) Mendukung pembelajaran inovatif mewujudkan ketrampilan abad 21 – Critical Thinking, Creativity, Collaboration, and Communication (4C) , dan (3) Ketrampilan penting bagi peserta didik dalam menyiapkan mereka menuju society 5.0 adalah digital literacy.

### **Technological Pedagogical Content Knowledge (TPCK)**

Sebelum mengkaji lebih jauh tentang *Technological Pedagogical Content Knowledge* (TPCK), terlebih dahulu penulis akan paparkan mengenai *Pedagogical Content Knowledge* (PCK). Istilah *Pedagogical Content Knowledge* (PCK) pertama kali muncul dalam artikel Shulman pada tahun 1986. Shulman menyatakan perpaduan *Pedagogical Knowledge* dan *Content Knowledge* diperlukan untuk mengajar. Menurut Shulman, *Pedagogical Content Knowledge* (PCK) dari seorang guru sangat penting untuk menciptakan pembelajaran yang bermanfaat bagi siswa.

Berbicara mengenai *Pedagogical Content Knowledge* (PCK), ada dua bagian besar yang membentuk *Pedagogical Content Knowledge* (PCK) yaitu *content knowledge* dan *pedagogical knowledge*. Menurut Shulman (1986), *content knowledge* meliputi pengetahuan konsep, teori, ide, kerangka berpikir, metode pembuktian dan bukti. Sedangkan *pedagogical knowledge* berkaitan dengan cara dan proses mengajar yang meliputi pengetahuan tentang manajemen kelas, tugas, perencanaan pembelajaran dan pembelajaran siswa. Ide epistemologis dari *Pedagogical Content Knowledge* (PCK) bisa dideskripsikan sebagai hubungan antara pengetahuan dasar dari konten dan pedagogi dengan ketiga bidang yang diperlukan dari konteks (Hurrel, 2013). Lebih jauh Hurrel (2013) menggambarkan ide Shulman tersebut sebagai berikut.



Gambar 1. Shulman's (1986) domains of pedagogical content knowledge

### Perspektif Teoritis

Visi program pengembangan profesional untuk menghasilkan pengembangan TPCK guru berevolusi dari studi penelitian *multiple pedagogical content knowledge* (PCK). Niess (2005) memperluas empat komponen utama Grossman dari PCK (Grossman, 1989, 1990) sebagai panduan untuk penggabungan teknologi (yaitu, TPCK) dalam program pengembangan profesional untuk guru dalam mengajar dengan *spreadsheet*; lebih khusus lagi, program tersebut perlu membantu guru mendapatkan: (1) konsepsi menyeluruh tentang pengajaran matematika dengan teknologi; (2) pengetahuan tentang strategi dan representasi instruksional untuk mengajar matematika dengan teknologi; (3) pengetahuan tentang pemahaman, pemikiran, dan pembelajaran siswa dalam matematika dengan teknologi; dan (4) pengetahuan tentang kurikulum dan materi kurikuler yang mengintegrasikan teknologi. Dari perspektif ini, pengembangan profesionalitas guru matematika harus memandu pengembangan pengetahuan dan pemikirannya dengan cara yang mempertimbangkan pengetahuan yang dibutuhkan untuk perancah pembelajaran matematika siswa karena mereka juga belajar tentang teknologi. Pengembangan profesional perlu menantang guru yang berpengalaman untuk mempertimbangkan kembali konten materi pelajaran mereka, dan untuk mengembangkan pengetahuan mereka tentang teknologi beserta dampaknya pada pemahaman mata pelajaran itu sendiri serta pada pengajaran dan pembelajaran mata pelajaran itu. Tapi, perhatian ini juga harus mengakui pentingnya proses belajar mengajar - proses "konstruktif dan berulang" di mana guru harus menafsirkan "peristiwa atas dasar pengetahuan, keyakinan, dan disposisi yang ada" (Borko & Putnam, 1996, hal.674).

Shreiter dan Ammon (1989) berpendapat bahwa adaptasi guru terhadap praktik pembelajaran baru adalah proses asimilasi dan akomodasi yang menghasilkan perubahan dalam pemikiran mereka. Perspektif ini menunjukkan bahwa program pengembangan keprofesian TPCK harus memberikan banyak pengalaman untuk melibatkan guru-guru berpengalaman tersebut dalam menyelidiki, berpikir, merencanakan, mempraktikkan dan merenungkan. Sejumlah penelitian telah menghasilkan temuan yang konsisten tentang perbedaan dalam pemikiran dan praktik instruksional dari guru ahli dan pemula (Borko & Livingston, 1989; Leinhardt, 1989; Livingston & Borko, 1990; Westerman, 1992). Namun, sehubungan dengan perkembangan TPCK, guru matematika yang berpengalaman pun adalah pemula. Dari perspektif konstruktivis, tindakan mereka sebagian besar tumbuh dari pemahaman yang didasarkan pada matematika yang diajarkan tanpa menggunakan teknologi; mereka membutuhkan program pengembangan profesional yang memberikan pengalaman dan praktik instruksional untuk mendorong dan memungkinkan keyakinan, pengetahuan, dan pemikiran mereka menjadi dewasa. Pada intinya, pengembangan profesionalitas untuk membimbing guru yang berpengalaman dalam mengembangkan TPCK harus mencakup pembelajaran aktif - tidak hanya tentang teknologi tetapi juga tentang pembelajaran matematika dengan teknologi tersebut. Program harus memberikan dukungan tindak lanjut untuk membantu para guru dalam melaksanakan rencana pembelajaran mereka yang mengadopsi kurikulum baru dan strategi pembelajaran untuk pembelajaran matematika siswa terbimbing dengan teknologi seperti spreadsheet (Feist, 2003).

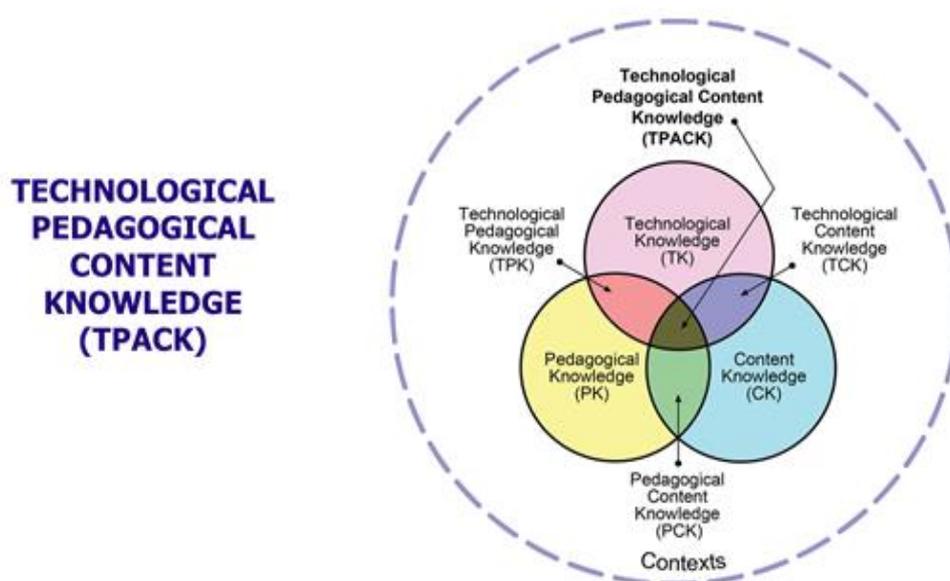
Selain itu, program pengembangan profesional yang berfokus pada pengembangan TPCK harus menetapkan cara berpikir tentang TPCK yang dikembangkan oleh guru. Dalam hal ini, guru dihadapkan pada inovasi - inovasi yang mengintegrasikan alat teknologi baru, strategi belajar mengajar baru, dan revisi materi pelajaran sebagai hasil dari ketersediaan teknologi baru. Everett Rogers (1995) memberikan satu cara untuk melihat kemajuan yang dibuat guru ketika bekerja dengan inovasi. Dia membayangkan proses lima langkah dalam keputusan akhir apakah menerima atau menolak inovasi tertentu seperti mengajar matematika dengan *spreadsheet*.

Proses lima langkah Rogers menyarankan kerangka awal untuk mempertimbangkan pengembangan TPCK oleh guru yang difokuskan pada pengajaran matematika dengan *spreadsheet*: (1). Pengetahuan di mana guru menjadi sadar untuk mengintegrasikan *spreadsheet* dengan pembelajaran matematika dan memiliki beberapa gagasan tentang bagaimana fungsinya; (2). Persuasi di mana guru membentuk sikap yang mendukung atau tidak menyenangkan terhadap pengajaran dan pembelajaran matematika dengan *spreadsheet*; (3). Keputusan di mana guru terlibat dalam aktivitas yang mengarah pada pilihan untuk mengadopsi

atau menolak pengajaran dan pembelajaran matematika dengan spreadsheet; (4). Implementasi dimana guru secara aktif mengintegrasikan proses belajar mengajar matematika dengan spreadsheet; (5). Konfirmasi dimana guru mengevaluasi hasil keputusan untuk mengintegrasikan pembelajaran matematika dengan *spreadsheet*. Pertanyaan untuk penelitian pengembangan profesional ini adalah untuk menentukan tindakan yang mendeskripsikan dan mempengaruhi pertumbuhan guru dalam TPACK mereka untuk mengintegrasikan pengajaran matematika dengan spreadsheet. Penelitian ini dirancang untuk mengusulkan model deskriptif untuk menganalisis proses pertumbuhan TPACK guru.

### Arti penting TPACK

Pentingnya penguasaan TPAC adalah (1) Pendidik belum terbiasa dengan teknologi terbaru atau hanya sedikit menerima, dalam program persiapan guru mereka tentang **integrasi teknologi dalam pembelajaran sesuai mapel** yang akan diampu, (2) Pendidik harus mampu tidak hanya **mengintegrasikan teknologi** dalam pembelajaran, tetapi juga **menganalisa dampak dari teknologi** pada kurikulum dan pembelajaran, dan (3) Saat pendidik berinteraksi dengan teknologi baru dan mempertimbangkan menggunakannya dalam pembelajaran, mereka harus menganalisa dan menyesuaikan **karakteristik materi pelajaran**, makna **kurikulum dan pengajaran**, dan bagaimana **siswa berpikir dan belajar** dengan teknologi (Niess, 2005).



**Gambar 2. Teknologi Pedagogical Content Knowledge**

## Empat Komponen Penting TPACK

1. Pemahaman konsep yang utuh makna mengajar **mata pelajaran dengan teknologi**,
2. Pengetahuan tentang **strategi pembelajaran** dan **pemilihan metode pembelajaran** yang sesuai dengan teknologi,
3. Pengetahuan tentang **pemahaman, pemikiran dan pola belajar siswa** dengan teknologi,
4. Pengetahuan tentang **kurikulum dan materi pembelajaran** yang mengintegrasikan teknologi (Niess, 2005).

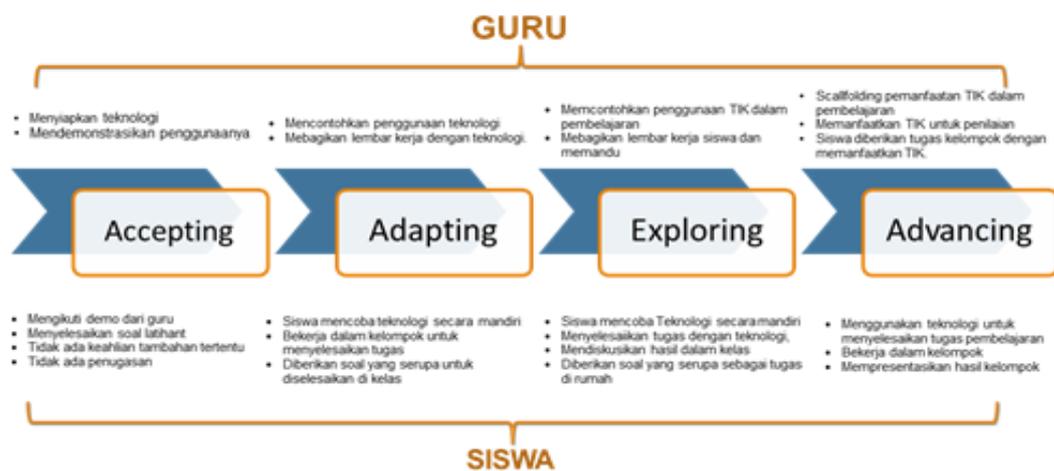
## Level TPACK Kelas Berdasarkan Tujuan

<b>Advancing</b>	Membangun konsep baru dalam pengajaran matematika dengan teknologi
<b>Exploring</b>	Menunjukkan pendekatan baru suatu konsep yang diajarkan dengan teknologi
<b>Adapting</b>	Merancang cara berbeda untuk memecahkan masalah.
<b>Accepting</b>	Menambah kegiatan seperti latihan soal di akhir unit dan bersifat mencoba



**Gambar 3. Level TPACK Berdasar Tahapan RPP**

## LEVEL TPACK BERDASARKAN INTERAKSI GURU DAN SISWA



Gambar 4. Level TPACK Berdasar Interaksi Guru dan Siswa

Pembelajaran pada program Pembelajaran Berbasis TIK (PembaTIK). Dengan semangat mendukung guru dan tenaga pendidik di Pusat Data dan Teknologi Pendidikan dan Kemendikbud menyelenggarakan kegiatan peningkatan kompetensi TIK untuk pembelajaran pada program Pembelajaran Berbasis TIK (PembaTIK) Dilaksanakan dengan 4 level yang mengacu pada literasi TIK guru dari UNESCO, yaitu Literasi, Implementasi, Kreasi, dan Berbagi.



### Leveling PembaTIK



Gambar 5. Level PembaTIK

## HASIL

Perkembangan guru dari TPCK terbukti selama sesi musim panas program pengembangan profesional. Seperti yang diharapkan, semua guru mendemonstrasikan PCK yang berkembang dengan baik sebelum program musim panas dimana mereka mempresentasikan konsepsi yang jelas untuk memotivasi dan mendorong siswa untuk berpikir tentang matematika. Namun, TPCK mereka untuk mengajar matematika dengan *spreadsheet* paling baik dijelaskan sebagai pemula atau pemula meskipun setengah dari guru memiliki pengalaman sebelumnya dengan *spreadsheet*; Informasi dari kuesioner demografi menunjukkan bahwa pengetahuan mereka terbatas pada pengoperasian *spreadsheet*, bukan integrasi *spreadsheet* sebagai alat untuk belajar mengajar matematika. Peserta dengan lebih dari 10 tahun pengalaman mengajar (bahkan mereka yang memiliki pengetahuan sebelumnya tentang *spreadsheet*) cenderung merencanakan pelajaran yang berpusat pada guru dan berfokus pada mengarahkan eksplorasi siswa dengan *spreadsheet* daripada membiarkan siswa memiliki lebih banyak kebebasan untuk mengeksplorasi ide dengan *spreadsheet*. Namun, setelah pengalaman mengajar (*peer teaching* dan pengajaran untuk siswa kelas 7-12 musim panas), semua kecuali satu guru menerima gagasan mengintegrasikan *spreadsheet* dalam pengajaran matematika dan mulai menyesuaikan strategi baru untuk mengintegrasikan *spreadsheet* sebagai alat untuk eksplorasi matematika. masalah. Selain itu, gagasan pelajaran matematika "perancah" yang mengembangkan keahlian siswa dengan *spreadsheet* sebagai alat matematika (Niess, 2005b) adalah hal baru bagi para guru ini. Dalam konteks pengajaran matematika dengan teknologi, Niess mendefinisikan *scaffolding* sebagai pelajaran matematika eksploratif yang melibatkan siswa dalam mempelajari aplikasi *spreadsheet* yang spesifik dan terintegrasi. Dengan adanya definisi tersebut, pada awalnya peserta tidak memahami apa yang dimaksud dengan istilah sampai pada model pembelajaran mendemonstrasikan proses *scaffolding* pemahaman matematika siswa dengan *spreadsheet*. Pengenalan model sangat penting dalam mengubah pemikiran para guru tentang mengintegrasikan *spreadsheet* dengan pembelajaran matematika yang pada saat itu mereka mampu untuk mulai berdiskusi dan merencanakan untuk memasukkan aktivitas *scaffolding* dalam rencana urutan instruksional mereka untuk tahun yang akan datang. Di akhir sesi musim panas, para guru dapat mendeskripsikan dan mendiskusikan *scaffolding* sehubungan dengan integrasi teknologi dalam pelajaran matematika. Mereka menyadari keuntungan menggunakan *spreadsheet* untuk memecahkan masalah matematika yang rumit, memotivasi siswa, dan memberikan kesempatan bagi siswa untuk memperluas masalah ketika mempertimbangkan situasi hipotetis.

Namun, rencana guru untuk mengajar matematika dengan *spreadsheet* masih samar di akhir sesi musim panas. Terlepas dari pengalaman dan kekuatan PCK

mereka dalam mengajar matematika, rencana mereka tampak lebih mirip dengan rencana guru pemula. Meskipun beberapa dari mereka memiliki pengetahuan konten *spreadsheet* yang kuat, pengetahuan mereka tentang pengajaran dan pembelajaran matematika dengan *spreadsheet* berada pada tingkat pengembangan TPCK pemula. Bagian dari masalah ini mungkin adalah ketergantungan mereka pada pelajaran perencanaan mental, daripada mempersiapkan deskripsi tertulis dari rencana tersebut. Berbagai kesempatan mengajar selama program musim panas mendukung para guru ini dalam meningkatkan pengajaran matematika mereka dengan *spreadsheet*. Pengamatan terhadap pengajaran mereka menunjukkan sifat tentatif relatif terhadap TPCK mereka mirip dengan sifat tentatif PCK yang biasanya ditampilkan oleh guru pemula. Mereka mengalami kesulitan menerima ide siswa saat melibatkan siswa dalam eksplorasi *spreadsheet* karena ide tersebut dapat mengarahkan pelajaran ke area di mana guru tidak yakin; mereka lebih suka memberi jawaban daripada membimbing pemikiran siswa. Mereka mendemonstrasikan tingkat pemula dalam bekerja dengan *spreadsheet* karena mereka gagal memperhatikan kemajuan dalam pemikiran siswa. Penyiapan bahan ajar dengan *spreadsheet* mereka terbatas karena mereka khawatir dengan perencanaan yang berlebihan dan membuat pelajaran *scripted* yang membatasi kreativitas siswa. Namun, mereka membatasi eksplorasi siswa yang tidak terarah. Intinya, mereka merasa nyaman dengan matematika dan aktivitas pribadi mereka dengan *spreadsheet*, namun mereka menyesuaikan pelajaran matematika dengan *spreadsheet* agar sesuai dengan tingkat kenyamanan mereka dalam bekerja dengan *spreadsheet*. Seperti yang ditunjukkan oleh seorang guru, "Jika saya membimbing mereka, mereka tidak akan membuat kesalahan sehingga saya tidak dapat memecahkan masalah." Pada intinya, kepedulian mereka untuk mengontrol aktivitas mengakibatkan aktivitas yang berpusat pada guru dan diarahkan pada guru yang tidak memiliki kesempatan bagi siswa untuk mengeksplorasi kemampuan matematika dan *spreadsheet*. Pada saat tahun ajaran dimulai, para guru memiliki cukup waktu untuk merefleksikan pengalaman musim panas mereka secara keseluruhan. Mereka memiliki rencana dan siap secara mental untuk mengintegrasikan *spreadsheet* di setidaknya satu kelas matematika mereka selama semester Musim Gugur. Pengamatan difokuskan untuk mengidentifikasi ide-ide untuk perbaikan dan mendeteksi hambatan yang membatasi guru dalam perancah pengajaran matematika mereka dengan *spreadsheet*. Peneliti mampu mengamati 7 dari 10 guru yang mengajar dengan *spreadsheet*. Dari tiga yang tidak diamati, satu guru tidak dapat menemukan unit yang cocok untuk mengintegrasikan *spreadsheet*, satu menunjukkan bahwa *spreadsheet* akan mengurangi pembelajaran matematika siswanya dan satu lagi tidak dapat menemukan posisi mengajar dan dibatasi untuk menggantikan mengajar. Empat dari tujuh guru yang diamati selama semester Musim Gugur menunjukkan pola yang sama dalam mengurutkan pelajaran mereka. Mereka memulai rangkaian pelajaran mereka dengan terlebih dahulu

meliput konsep matematika pada satu hari dan pada hari yang terpisah dan pada hari berikutnya mereka mengulas topik matematika yang sama menggunakan aplikasi *spreadsheet*. Tiga dari guru yang diamati memulai pelajaran *spreadsheet* mereka dengan masalah dunia nyata. Keempat guru ini menyebutkan kurangnya waktu yang cukup untuk mengajarkan konten baru dan teknologi baru selama kelas yang sama sesi sebagai alasan utama keputusan ini. Selama periode observasi, para guru menunjukkan banyak perbedaan dalam cara mereka mengintegrasikan *spreadsheet* sebagai alat pembelajaran di kelas mereka.

### **Analisis Pengembangan TPCK Guru**

Dari observasi istilah Musim Gugur dan proses lima langkah Rogers (1995), para peneliti mengembangkan model awal untuk mengidentifikasi dan mendiskusikan TPCK yang dikembangkan oleh guru-guru jabatan ini.

1. **Mengenal:** Mengenal kemampuan tetapi jarang berpikir tentang menggabungkan *spreadsheet*, hanya menganggap *spreadsheet* sebagai alat tingkat rendah untuk belajar matematika.

2. **Menerima:** Melengkapi persyaratan program, berlatih dengan kemampuan *spreadsheet* yang berbeda tetapi *spreadsheet* bukanlah pemikiran yang konsisten. • **Menyesuaikan:** Mencoba ide untuk memasukkan *spreadsheet* dalam pengajaran - tetapi dalam mengajar siswa, paling banter siswa menggunakan latihan dan praktik ide dengan *spreadsheet*.

3. **Menjelajahi:** Menyelidiki berbagai cara mengajar konten matematika - bersedia menunjukkan cara berpikir baru tentang konsep dengan *spreadsheet*, mampu mengelola kelas dengan lembar kerja yang secara cermat memandu siswa untuk memperoleh ide matematika dan *spreadsheet*.

4. **Memajukan:** Dengan sengaja mempertimbangkan penggunaan *spreadsheet* dalam berbagai cara dalam membangun konsep - mendorong siswa untuk mengeksplorasi dan bereksperimen secara langsung, menggabungkan *spreadsheet* dalam penilaian siswa.

### **Implikasi dan Signifikansi Studi**

Studi ini menganalisis hasil program pengembangan profesional spesifik yang berfokus pada pengembangan TPCK oleh guru matematika untuk mengintegrasikan pembelajaran matematika siswa sekaligus mempelajari *spreadsheet* sebagai alat teknologi dan sebagai alat yang mendukung pembelajaran matematika. Signifikansi studi ini ada dua: (1) identifikasi atribut kunci potensial dari program

pengembangan profesional yang ditujukan untuk pengembangan TPCK dan (2) identifikasi model untuk mendeskripsikan dan mendiskusikan pengembangan TPCK guru. Program pengembangan profesional sehubungan dengan mempersiapkan guru berpengalaman untuk mengajar dengan teknologi sangat bervariasi dan seringkali terbatas. Sementara banyak yang fokus pada mengajar guru untuk menggunakan teknologi, beberapa memperluas pekerjaan itu untuk memberikan guru pengalaman penting dalam mempersiapkan untuk mengajarkan materi pelajaran mereka. Program untuk penelitian ini didasarkan pada pengakuan bahwa guru membutuhkan pengalaman dalam mempelajari mata pelajaran mereka dengan teknologi, mereka membutuhkan pengalaman yang mencontohkan mata pelajaran mereka dengan teknologi, mereka membutuhkan pengalaman dalam praktik mengajar dan merefleksikan pengalaman instruksional, dan mereka membutuhkan dukungan saat mereka mulai menerapkan ide di ruang kelas mereka sendiri. Tak kalah pentingnya, program ini difokuskan pada lebih dari sekedar pengembangan aspek pengetahuan deklaratif dan prosedural; aspek pengetahuan skematis dan strategis ditekankan melalui perancah pelajaran yang diarahkan ke solusi masalah dunia nyata dengan *spreadsheet*. Guru dibimbing dalam mengembangkan basis pengetahuan TPCK yang luas. Untuk alasan ini, program ini memasukkan lebih dari empat minggu sesi musim panas yang berfokus pada pengembangan TPCK guru, bukan hanya pada pengetahuan mereka tentang teknologi *spreadsheet*. Para guru diharapkan untuk mendemonstrasikan masalah matematika kehidupan nyata spesifik yang membutuhkan penggunaan ide-ide matematika. Dan, seperti yang direkomendasikan oleh Feist (2003), program tersebut mengikuti para guru ke lokasi sekolah mereka, untuk melanjutkan pekerjaan mereka setelah sesi musim panas. Seperti yang diindikasikan oleh para guru selama periode pengamatan Musim Gugur, banyak hambatan ditemui saat mereka berencana untuk mengajar di lokasi sekolah mereka. Tanpa persyaratan untuk observasi, hambatan mungkin akan mengakibatkan pembatalan rencana mengajar dengan teknologi. Kewajiban kursus memberikan insentif penting untuk menindaklanjuti rencana.

Program sesi musim panas mencakup beberapa atribut yang diidentifikasi sebagai pendukung upaya guru selama periode pengamatan musim gugur. Pemodelan adalah strategi pembelajaran penting dalam program yang melibatkan guru dalam mengajar matematika dengan *spreadsheet* sebagai alat dan mendemonstrasikan ide pembelajaran *scaffolding* tentang *spreadsheet* ketika difokuskan pada pembelajaran matematika. Beberapa guru mencatat nilai model ini saat mereka merancang pekerjaan mereka sendiri. Kesempatan untuk mempraktikkan mengajar juga memberi para guru kesempatan penting untuk menguji rencana mereka, pengalaman menanggapi pertanyaan siswa, dan merefleksikan cara untuk meningkatkan pengajaran. Sementara pengalaman ini

kurang kaku sehubungan dengan harapan manajemen kelas, para guru mencatat pentingnya fokus pada integrasi *spreadsheet* dengan pembelajaran matematika dan praktik dalam pengembangan siswa perancah. Dengan demikian, para guru dapat memfokuskan refleksi mereka pada aspek pengajaran tersebut, daripada perhatian manajemen kelas yang lebih global. Harapan dari sesi musim panas mengarahkan para guru dalam berpikir tentang konten matematika dengan kemampuan *spreadsheet* sebagai alat untuk eksplorasi dan difokuskan pada persiapan untuk mengajar siswa selama sesi musim panas. Para guru memiliki sedikit jika ada pemahaman tentang bagaimana memasukkan *spreadsheet* dalam kurikulum dan pengajaran mereka. Buku teks matematika mereka memberikan beberapa ide untuk mengajar matematika dengan *spreadsheet*; akan tetapi, ide-ide ini lebih banyak ditempatkan pada sidebar sebagai aplikasi konsep daripada menggunakan *spreadsheet* sebagai alat untuk mempelajari konsep matematika. Para guru diharapkan mengumpulkan sumber daya yang dapat memberikan beberapa arahan untuk mengidentifikasi keterampilan *spreadsheet* yang diperlukan untuk aplikasi atau bagaimana membimbing siswa dalam mempelajari keterampilan tersebut. Sementara model-model itu berguna bersama dengan pengumpulan sumber daya, karena para guru mempersiapkan kelas mereka sendiri, mereka berjuang untuk menemukan konten yang "benar" untuk mengajar tentang berbagai kemampuan *spreadsheet*. Akibatnya, setidaknya dalam satu kasus, Ms. Anderson menyiapkan pelajaran yang lebih umum tentang sel *spreadsheet*, daripada membungkus pelajaran dalam masalah matematika. Jelas, guru membutuhkan bantuan dalam pembelajaran untuk mengintegrasikan *spreadsheet* dengan pembelajaran matematika. Hasil ini menunjukkan bahwa dukungan tindak lanjut selama tahun ajaran mungkin lebih efektif jika guru dapat berbagi ide satu sama lain, mungkin melalui penggabungan papan buletin *online*.

## SIMPULAN

Integrasi keterampilan *spreadsheet* pembelajaran dengan matematika yang ditunjukkan dalam penelitian ini secara khusus mencakup pengembangan pengetahuan penting guru untuk mengajar di sekolah-sekolah saat ini - pengetahuan konten pedagogis teknologi. Melalui pengumpulan data dan observasi ekstensif terhadap guru yang mengajar di kelas mereka sendiri, para peneliti mengembangkan model awal untuk mendeskripsikan dan mendiskusikan kemajuan guru dalam menerapkan pengetahuan baru mereka tentang perencanaan dan pengajaran dengan teknologi - TPCCK mereka yang sedang berkembang. Model ini memungkinkan guru yang keyakinannya tentang bagaimana dan apa yang diajarkan bertentangan dengan integrasi teknologi seperti *spreadsheet* untuk mengeksplorasi matematika. Keyakinan Pak Zeer dan pandangan yang sering kali

kontradiktif tentang mengajar dengan teknologi membuatnya tidak dapat menerapkan penggunaan spreadsheet meskipun ia menyadari bahwa *spreadsheet* berguna dalam menampilkan ide matematika. Namun, dia tidak mau mempertimbangkan untuk mengintegrasikan spreadsheet dalam pengajaran matematika di tingkat sekolah menengah karena keyakinannya; dia percaya bahwa mereka harus mampu memecahkan masalah dan menyelesaikan perhitungan dengan menggunakan kertas dan pensil. Para guru yang diidentifikasi pada tingkat penjelajahan telah mengembangkan TPCCK di mana mereka bersedia untuk menjelajahi spreadsheet sebagai alat untuk menyelidiki konten matematika. Tingkat ini mengidentifikasi tahap penerimaan dengan potensi untuk pindah ke tingkat lanjutan, di mana pemikiran guru secara konsisten terbuka untuk teknologi sebagai alat matematika yang dapat diterima. Pada jenjang yang lebih tinggi ini, para guru dengan rela menerima penggunaan spreadsheet sebagai alat untuk mendalami matematika dan menerima pandangan baru tentang apa dan bagaimana matematika perlu diketahui dan dipelajari.

## DAFTAR PUSTAKA

- Borko, H. & Livingston, C. (1989). Cognition and improvisation: Differences in mathematics instruction by expert and novice teachers. *American Educational Research Journal*, 26(4), 473-498.
- Borko, H. & Putnam, T. (1996). Learning to teach. In D. C. Berliner, & R. C. Calfee (Eds.), *Handbook of educational psychology* (pp. 673-708). New York, NY: Simon & Schuster Macmillan.
- Feist, L. (2003, June). Removing barriers to professional development. *T.H.E. Journal Online Technological Horizons in Education*, Retrieved June 6, 2005, from <http://www.thejournal.com/magazine/vault/articleprintversion.cfm?aid=4442>
- Grossman, P. L. (1989). A study in contrast: Sources of pedagogical content knowledge for secondary English. *Journal of Teachers Education*, 40(5), 24-31.
- Grossman, P. L. (1991). Overcoming the apprenticeship of observation in teacher education coursework. *Teaching and Teacher Education*, 7, 245-257.
- Horizon Research, Inc. (2000). *Inside the classroom: Teacher interview protocol*. Retrieved March 14, 2006 from <http://www.horizon-research.com/instruments/clas/interview.pdf>
- Leinhardt, G. (1989). Math lessons: A contrast of novice and expert competence. *Journal for Research in Mathematics Education*, 21, 372-387.
- Livingston, C., & Borko, H. (1990). High school mathematics review lessons: Expert- novice distinction. *Journal for Research in Mathematics Education* 41(3), p. 3-11.
- Margerum-Leys, J. & Marx, R. W. (2004). The nature and sharing of teacher knowledge of technology in a student teachers/mentor teacher pair. *Journal of Teacher Education*, 55(5), 421-437.
- Mishra, P. & Koehler, M.J. (2006). Technological pedagogical content knowledge: A framework for integrating technology in teacher knowledge. *Teachers College*

- Record*, 108(6), 1017-1054.
- National Council of Teachers of Mathematics (2000). *Principles and standards for school mathematics*, Reston, VA: NCTM.
- Niess, M. L. (2005). Preparing teachers to teach science and mathematics with technology: Developing a technology pedagogical content knowledge. *Teaching and Teacher Education*, 21(5), 509-523.
- Niess, M. L. (2005). Scaffolding math learning with spreadsheets, *Learning and Leading with Technology*, 32(5), 24-25, 48.
- Pierson, M. E. (2001). Technology integration practices as function of pedagogical expertise. *Journal of Research on Computing in Education*, 33(4), 413-429.
- Pilburn, M., Swanda, D., Falconer, K. Turley, J. Benford, R., Bloom, I. (2000). *Reformed Teaching Observation Protocol (RTOP)*. Arizona Collaborative for Excellence in Preparation of Teachers (ACEPT) in support from NSF IN-003.
- Rogers, E. (1995). *Diffusion of innovations*. New York, NY: The Free Press of Simon & Schuster Inc.
- Shavelson, R. Ruiz-Primo, A. Li, M, & Ayala, C. (August 2003). Evaluating new approaches to assessing learning (CSE Report 604). Los Angeles, CA: University of California, National Center for Research on Evaluation.
- Shreiter, B & Ammon, P. (1989). *Teachers' thinking and their use of reading contracts*. Paper presented at the Annual Meeting of the American Educational Research Association, San Francisco.
- Shulman, L. (1987). Knowledge and teaching: Foundations of the new reform. *Harvard Educational Review*, 57(1), 1-22.
- Westerman, D. A. (1992). Expert and novice teacher decision making. *Journal of Teacher Education*, 42(4), 292-305.