

## **IDENTIFIKASI PEDAGOGICAL CONTENT KNOWLEDGE CALON GURU FISIKA MELALUI PEMBELAJARAN BERBASIS MULTIREPRESENTASI**

**Abdurrahman**

Staf Pengajar Pendidikan Fisika FKIP Universitas Lampung  
*e-mail: abdurrahman.1968@fkip.unila.ac.id*

### **Abstract**

***Abstract: Identifying Pedagogical Content Knowledge of Physics Teacher Trainees through Multirepresentation Based Learning.*** This research aimed to identify a set of Pedagogical Content Knowledge (PCK) components which were developed through quantum physics instructions based on multiple representation approach. Participants involved in this research were 37 pre-service physics teachers who were enrolled in a quantum Physics course. During the course, pre-service physics teachers were trained to develop their PCK in every learning sequence indirectly. Data were collected via recordings of observation, quantum physics understanding survey, and indepth-interview related to learning strategies. The results revealed that the pre-service physics teachers's PCK components have been identified and shaped their knowledge and beliefs of pre-servive physicscs students indirectly about how to prepare effective teaching and learning. Moreover, the instruction enhanced quantum Physics conceptual understanding significantly.

**Abstrak: Identifikasi Pedagogical Content Knowledge Calon Guru Fisika Melalui Pembelajaran Berbasis Multirepresentasi.** Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi sejumlah komponen *Pedagogical Content Knowledge* (PCK) yang dikembangkan dari implementasi pembelajaran fisika kuantum berbasis pendekatan multirepresentasi. Selama perkuliahan mahasiswa secara tidak langsung dilatih mengembangkan kemampuan PCK dalam tiap sekuen pembelajaran berbasis multirepresentasi. Mahasiswa calon guru fisika yang terlibat dalam penelitian ini 37 orang. Pengumpulan data dilakukan dengan observasi, survei penguasaan konten fisika kuantum, dan wawancara mendalam terkait dengan strategi pembelajaran. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa telah teridentifikasi sejumlah komponen PCK yang secara tidak langsung membentuk pola pengetahuan dan keyakinan calon guru fisika tentang bagaimana mengembangkan pembelajaran yang lebih efektif. Selain itu terjadi peningkatan penguasaan konten fisika kuantum mahasiswa secara signifikan.

**Kata kunci :** calon guru fisika, multirepresentasi, pedagogical content knowledge.

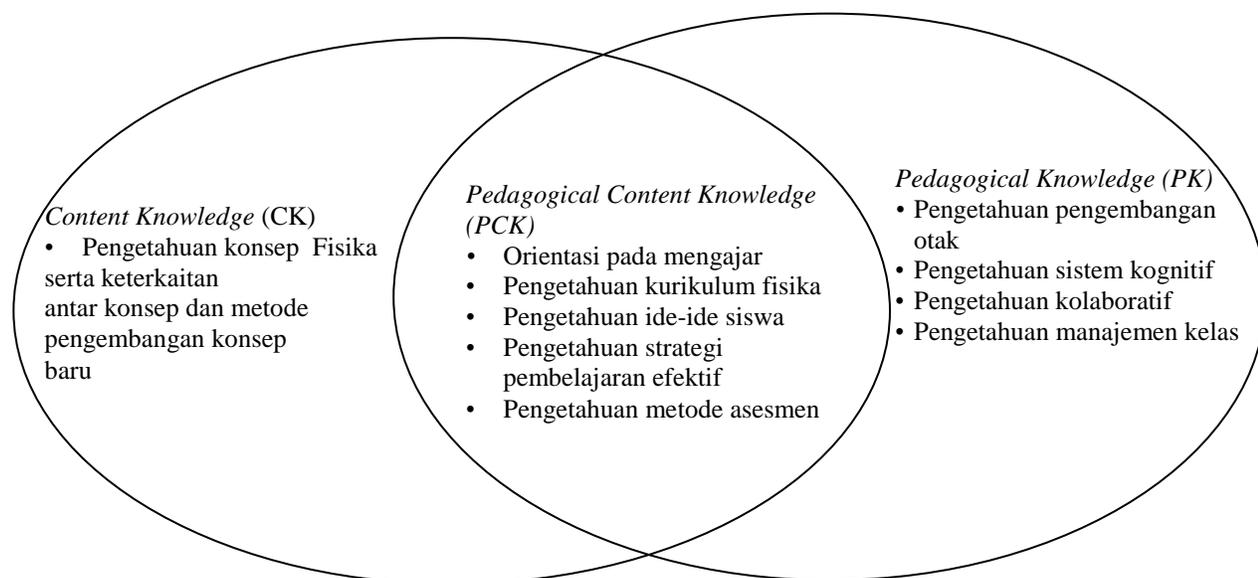
## PENDAHULUAN

Program penyiapan guru sains berkualitas saat ini menjadi tren penelitian di semua negara di dunia (Treagust, 2006; Chang, Chang, dan Tseng, 2010). Hampir semua hasil penelitian mengungkapkan bahwa guru sangat berperan penting bukan saja dalam pembentukan prestasi akademik siswa di sekolah namun juga dalam pengembangan karakter siswa, sehingga program penyiapan guru (calon guru) dan pengembangan guru yang profesional menjadi sangat krusial (Darling-Hammond, 1994; Nuangchalerm, 2012).

Seorang calon guru tidak hanya dituntut menguasai konten materi pelajaran dan sejumlah pengetahuan tentang mendidik (pedagogi), namun juga harus memahami bagaimana keduanya dipadukan sehingga menjadikan suatu pembelajaran yang bermakna. Dengan kata lain mengajar bukanlah sekedar menyampaikan pesan materi. Calon guru harus banyak belajar bagaimana mengajar, yaitu tentang bagaimana lebih banyak mendesain sejumlah aktivitas yang digunakan di kelas sehingga proses pembelajaran berlangsung secara efektif. Selain itu juga guru harus memahami bagaimana siswa belajar dan mengingat sejumlah faktor yang mempengaruhi

kualitas belajar siswa serta pemahaman mendasar tentang pemilihan dan penggunaan pendekatan dan strategi pembelajaran untuk meningkatkan kualitas pembelajaran (Loughran, Berry, & Muhhall, 2006).

Paling tidak terdapat tiga pilar pengetahuan dasar seorang calon guru sains yaitu *Content Knowledge* (CK), *Pedagogical Knowledge* (PK), dan *Pedagogical Content Knowledge* (PCK). CK menyangkut kemampuan dasar guru dalam menguasai materi pembelajaran, sedangkan PK merupakan pengetahuan umum tentang bagaimana siswa belajar dan bagaimana sebuah sekolah bekerja, termasuk pengetahuan tentang psikologi kognitif, tentang bagaimana memori siswa bekerja, belajar secara kolaborasi melalui grup, dan lain-lain. Satu lagi komponen pengetahuan yang sangat krusial yang harus dimiliki seorang calon guru adalah *Pedagogical Content Knowledge* (PCK), yaitu pengetahuan tentang bagaimana seorang calon guru mengkombinasikan CK dan PK dalam mengelola pembelajaran sehingga dapat meningkatkan dan mencapai kemampuan akademik siswa secara optimal (Etkina, 2010). Gambar 1. di bawah ini menunjukkan struktur pengetahuan guru fisika yang harus dikuasai oleh calon guru fisika.



Gambar 1. Struktur Pengetahuan Guru Fisika (Etkina, 2010)

Istilah PCK pertama kali diperkenalkan oleh Shulman (1986) sebagai sebuah kemampuan memadukan pengetahuan konten dan pedagogi, yang diterjemahkan ke dalam bentuk ilustrasi, simbol, model, analogi, presentasi, dan lain-lain, sehingga tersaji pembelajaran yang dapat membuat siswa mencapai kemampuan akademik dan perilaku yang diinginkan. Terkait dengan pengadaan guru yang profesional, Shulman (1987) menegaskan bahwa program penyiapan guru harus mampu membekali kemampuan mengkombinasikan CK dan PK, sehingga konten tersaji secara lebih menarik dan lebih mudah dipahami oleh siswa.

Pengembangan PCK seorang guru dapat dilakukan secara terus menerus selama guru melaksanakan tugas mengajarnya. Namun sebenarnya beberapa komponen PCK dapat dikembangkan secara dini selama calon guru menjalani perkuliahan di perguruan tinggi kependidikan (LPTK). Selama pembelajaran di Perguruan Tinggi mahasiswa calon guru dilibatkan dalam berbagai aktivitas (diskusi, kerja kelompok, mengerjakan lembar kerja, merefleksikan hasil belajarnya, observasi, demonstrasi, praktek laboratorium, bermain peran, dan lain-lain), dapat digunakan mereka untuk refleksi dan mengembangkan pengetahuan mereka tentang kurikulum fisika, strategi pembelajaran, dan teknik asesmen, yang mana itu semua adalah komponen PCK (de Jong d.k.k, 1999). Dengan demikian, sebaiknya LPTK mengubah orientasi gaya pembelajarannya di kelas yang selama ini mempersiapkan guru sains secara tradisional, dosen menyiapkan bahan lalu menyampaikannya ke mahasiswa secara klasikal. Dosen harus memberikan sejumlah kemampuan bagaimana membelajarkan sains-fisika secara menarik dan bermakna sehingga secara tidak langsung dapat membekali dan menginspirasi gaya mengajar calon guru (Etkina, 2010). Faikhamta, Coll, dan Roadrangka (2009) telah berhasil mengembangkan metode perkuliahan di kelas kimia yang mengorientasikan mahasiswa calon guru mengembangkan PCK dan meningkatkan pemahaman mereka tentang hakikat sains, serta

menanamkan pentingnya pembelajaran berpusat pada siswa. Beberapa peneliti telah berhasil mengembangkan skill PCK calon guru sains melalui pembelajaran berbasis kolaboratif-inkuiri di perguruan tinggi kependidikan (Sperando-Mineo, Fazio, dan Tarantino, 2005; Nuangchalerm, 2012). Bahkan beberapa peneliti lain mampu mengidentifikasi dan membekali PCK calon guru melalui penerapan teknologi dalam pembelajaran sains (Niess, 2005; Cheng dan Zhan, 2012)

Nilsson dan Loughran (2011) mengembangkan PCK calon guru melalui perkuliahan metode ilmiah menggunakan media yang dinamakan CoRe (*Content Representations*). Melalui media ini mahasiswa calon guru memperoleh dukungan bagaimana mereka merencanakan dan mengases belajar mereka tentang pembelajaran sains yang berfokus pada pengembangan skill PCK. Hasil ini menunjukkan bahwa mengembangkan kemampuan PCK mahasiswa secara *ongoing* terintegrasi dengan pembelajaran di kelas-kelas calon guru sangat berpengaruh pada pembentukan skill PCK mereka sejak dini. Pendekatan re-representasi konten dalam pembelajaran sains saat ini telah menjadi salah satu tren isu upaya peningkatan penguasaan konsep siswa. Melalui pembelajaran sains berbasis multirepresentasi sangat memberikan peluang dalam penguasaan konten sains. Kemampuan penguasaan konsep fisika sangat berkaitan dengan bagaimana menggunakan berbagai bahasa sains dalam pembelajaran fisika seperti kata (oral dan menulis), visual (gambar, grafik), simbol dan persamaan, gerak-gerak tubuh, bermain peran, dan lain-lain, yang akan memungkinkan mahasiswa mempelajari fisika melalui pengembangan kemampuan mental berpikir dengan baik, inilah yang dinamakan pendekatan multirepresentasi (Lemke, 1998).

Pada suatu kesempatan dalam perkuliahan Nobel, Richard Feynman menyatakan :” Bisa saja sesuatu itu menjadi sangat sederhana jika anda dapat menjelaskan hal tersebut secara utuh dalam berbagai cara tanpa segera menyadari bahwa anda sedang menjelaskan hal yang serupa” (Feynman, 1965). Pernyataan Feynman sangatlah

beralasan, karena kemampuan seseorang merepresentasikan suatu objek atau fenomena dengan berbagai cara akan memudahkan orang tersebut memahami hal tersebut dengan baik. Ide ini konsisten dengan beberapa hasil studi yang dilakukan terhadap efektivitas representasi *multimodal* atau multirepresentasi dalam pembelajaran fisika, yang akan memberikan peluang siswa memahami konsep fisika melalui berbagai cara yang mempengaruhi proses kognitif dalam dirinya, terutama dalam pengembangan konsep baru dan pemecahan masalah fisika (Meltzer, 2005; Kohl, Resengrant, dan Finkelstein, 2007).

Pengaruh mengkonstruksi lingkungan belajar terhadap keterampilan atau skill representasi mahasiswa telah juga diteliti oleh Kohl dan Finkelstein (2006), dimana dosen menjadi model dalam pembelajaran fisika menggunakan multi-representasi, kemudian juga mahasiswa melakukan hal yang sama dalam bentuk perkuliahan, resitasi laboratorium, kuis, dan pekerjaan rumah. Pembelajaran menyajikan lima format representasi, yaitu verbal, matematika, gambar, grafik, dan demonstrasi. Dengan membedakan proporsi pemberian format representasi dengan kelas control, menunjukkan bahwa mahasiswa dengan belajar fisika melalui sajian dan melakukan sendiri belajar dengan format yang lebih kaya, kemampuan atau skill dalam menyelesaikan ujian lebih baik dari mereka yang mendapatkan pengalaman belajar dengan sajian format representasi yang lebih sedikit. Tulisan ini mencoba untuk menganalisis sejauh mana peran model pembelajaran dengan pendekatan multirepresentasi (*multiple representations*) dalam pembentukan PCK mahasiswa calon guru fisika pada perkuliahan Fisika Kuantum.

## METODE

Penelitian ini menggunakan pendekatan gabungan kualitatif dan kuantitatif (*mixed method approach*). Penelitian dengan pendekatan gabungan (*mixed method*) merupakan metode penelitian yang menggabungkan pengumpulan, analisis dan

mengkombinasikan data kualitatif dan kuantitatif dalam suatu penelitian tunggal. Terdapat empat tipe utama disain metode gabungan (*mixed method*) yaitu *explanatory*, *exploratory*, *embedded* dan *triangulation* (Creswell dan Clark, 2007; Tashakkorri dan Teddlie, 2009).

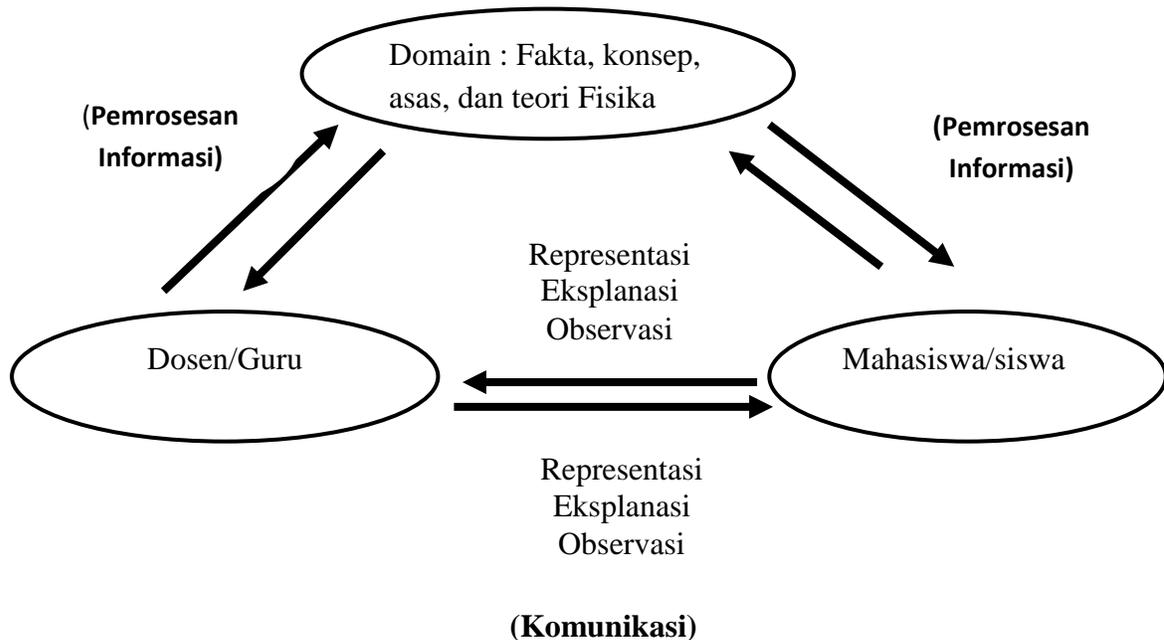
Model gabungan (*mixed model*) yang digunakan dalam penelitian ini adalah model gabungan sekuensial *embedded (sequential embedded mixed)*. Dalam model sekuensial terdapat banyak pendekatan untuk pengumpulan data, analisis, dan inferensi melalui fase sekuensial (Tashakkori dan Teddlie, 2009). Subjek dalam penelitian ini adalah mahasiswa semester 6 Program Studi Pendidikan Fisika sebuah LPTK Negeri di Bandar Lampung yang menempuh matakuliah Fisika Kuantum. Pada tatap awal, penelitian ini menggunakan sekuensial kualitatif-kuantitatif dan untuk kepentingan triangulasi data, sebagai upaya untuk meningkatkan "signifikansi" interpretasi data, maka penelitian akan diakhiri dengan fase kualitatif. Fase kualitatif pertama dilakukan observasi keterlibatan mahasiswa calon guru fisika (interes, partisipasi dalam diskusi dan tanya jawab, performa dalam menyelesaikan lembar kerja, dan menciptakan kelas yang menyenangkan) dalam sejumlah sekuensial pembelajaran berbasis multirepresentasi. Fase kuantitatif dilakukan survei perbandingan CK melalui pengamatan *pre* dan *post* tes dalam penguasaan konsep fisika kuantum dengan menggunakan Inventori Penguasaan Konsep Fisika Kuantum (IPKFK) antara kelas yang menggunakan pembelajaran berbasis multirepresentasi dengan kelas tradisional. Sedangkan fase kualitatif kedua dilakukan wawancara mendalam (*in-depth interview*) kepada 5 responden mahasiswa calon guru terkait dengan pengalaman mereka berinteraksi dengan sekuensial pembelajaran berbasis multirepresentasi.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Strategi pembelajaran berbasis multirepresentasi pada matakuliah fisika kuantum dalam penelitian ini dielaborasi dari

pendekatan *Triadic Pedagogical Model* (lihat gambar 2) (Robert, 1996) yang mengacu pada disain pembelajaran berbasis multirepresentasi *IF-SO Frame Work* (Carolan, Prain, dan Waldrip, 2008). Dalam *Triadic Pedagogical Model* peran dosen sebagai fasilitator pembelajaran sangat menentukan dalam

komunikasi antara domain (fakta, konsep, asas, teori fisika), mahasiswa/siswa, dan dosen itu sendiri. Dalam model ini, dosen dituntut tidak hanya memiliki pengetahuan konten (CK) yang kuat, tetapi skill PCK yang baik, sehingga dapat terjadi interaksi konstruktif dalam menciptakan proses pembelajaran yang efektif.



Gambar 2. Peran dosen/guru dalam *Triadic Pedagogical Model* (Robert, 1996)

Dalam terminologi *IF-SO framework*, disain pembelajaran fisika kuantum dalam penelitian ini mengikuti perancangan dan pengembangan berikut:

**I: Identify key concept**, yaitu mengidentifikasi konsep kunci (*key concept*) atau batang tubuh atau ide utama dari topik yang akan dipelajari. Hal ini sebagai landasan dalam menyiapkan atau mengkonstruksi dan mengkreasi mode atau format representasi yang digunakan dosen dan siswa/mahasiswa di ruang kelas. Dalam penelitian ini dikembangkan untuk topik Efek Fotolistrik dan Model Atom Bohr.

**F: Focus on form and functions**, yaitu dosen memfokuskan pada mode atau format dan fungsi representasi yang bervariasi sesuai

dengan ide utama dari topik yang dipelajari. Misalnya representasi grafik untuk menyajikan data dan menginterpretasi hasil analisis data, simulasi lepasnya elektron dari permukaan sebuah logam yang disinari oleh cahaya dengan frekuensi tertentu dalam peristiwa efek fotolistrik, dapat menjelaskan peristiwa mikroskopik yang fenomenanya tidak bisa diamati secara langsung, dan lain-lain, lalu diikuti oleh penugasan kepada mahasiswa untuk mengkonstruksi sendiri format representasi yang bersesuaian.

**S: Sequence**: sejumlah representasi fenomena fisis dapat disajikan atau dikreasi secara sekuensi atau urutan sesuai dengan karakteristik atau ide utama yang menjadi pusat perhatian dan konsepsi awal mahasiswa. Jika konsepnya

abstrak, pembelajaran dimulai dengan visualisasi atau simulasi konsep untuk memacu daya imajinasi dan daya tarik mahasiswa. Hal ini sangat penting dilakukan, karena mahasiswa akan mengalami kesulitan adaptasi psikologis jika dosen langsung menyajikan konsep yang sangat abstrak menggunakan persamaan/format representasi matematika, karena hal ini akan menimbulkan sejumlah sikap retensi siswa berupa sulitnya belajar fisika. Sekuensi yang logis menentukan ketertarikan mahasiswa calon guru mempelajari topik fisika dan meningkatkan persepsi positif pada topik fisika yang dipelajari dan mempermudah penguasaan konsep.

**O: Ongoing assessment:** Sangat penting untuk mereviu pekerjaan mahasiswa yang menggunakan dan mengkreasi sendiri format representasi, dosen dapat melakukan serangkaian asesmen baik formatif, diagnostik, sumatif, maupun sejumlah asesmen alternatif,

termasuk *self-assessment* sangat berguna untuk menggali alasan dan kompetensi mahasiswa dalam merepresentasikan secara bervariasi konsep fisika yang sama.

Hubungan dan komunikasi antara guru, mahasiswa, dan domain (konsep, fenomena, ide fisis, peristiwa fisis, dan lain-lain) diperlihatkan secara visual pada gambar 2. Komponen konsepsi guru dan kemampuan representasi guru dalam menyajikan konsep fisika harus ditopang oleh konsepsi siswa dan kemampuan menggunakan atau mengkreasi mode atau format representasi, serta akses domain yang tepat dan kaya, akan menentukan keberhasilan proses pembelajaran dalam kerangka *IF-SO*.

Hasil observasi komponen PCK dan sintaks pembelajarannya serta keterlibatan mahasiswa calon guru dalam aktivitas pembelajaran fisika berbasis multirepresentasi dapat dilihat pada table 1 berikut:

Tabel 1. Komponen PCK yang teridentifikasi dalam proses pembelajaran berbasis IF-SO

Topik					
Efek Fotolistrik			Model Atom Bohr		
Fokus Observasi Sintaks	Sekuen Representasi	Komponen PCK yang teridentifikasi	Fokus Observasi Sintaks	Sekuen Representasi	Komponen PCK yang teridentifikasi
Apersepsi dan Motivasi	Simulasi elektron foto (pengetahuan faktual)	Orientasi belajar dan pembelajaran pada hakikat cahaya	Apersepsi dan Motivasi	Gambar perkembangan model atom (pengetahuan faktual)	Orientasi belajar dan pembelajaran pada model fisika
Proses inkuiri	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Simulasi</li> <li>• Verbal</li> <li>• Gambar</li> <li>• Grafik</li> <li>• Matematika</li> <li>• Analogi</li> </ul>	Membangun keterampilan mengamati, mengajukan pertanyaan, menalar, mencoba, dan mengkomunikasikan penemuan konsep esensial dengan format representasi yang beragam (multirepresentasi)	Proses inkuiri	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Gambar</li> <li>• Verbal</li> <li>• Model</li> <li>• Simulasi</li> <li>• Diagram</li> <li>• Matematika</li> <li>• Analogi</li> <li>• Bar Chart</li> </ul>	Membangun keterampilan mengamati, mengajukan pertanyaan, menalar, mencoba, dan mengkomunikasikan penemuan konsep esensial dengan format representasi yang beragam (multirepresentasi), terutama model-model atom secara diagramatik
Diskusi Kelompok		Menerapkan teknik diskusi kelompok yang tepat seperti	Diskusi Kelompok		Menerapkan teknik diskusi kelompok yang tepat seperti

	investigasi kelompok, (Group Investigation) dan <i>Think Pair Share</i> (TPS) dengan berlatih membuat representasi berdasarkan ide sendiri ( <i>generate own representation</i> )		investigasi kelompok, ( <i>Group Investigation</i> ) dan <i>Student Team Achievement Division</i> (STAD) dengan berlatih membuat representasi berdasarkan ide sendiri ( <i>generate own representation</i> )
Latihan Pemecahan Masalah Asesmen Ongoing	Melakukan <i>Scaffolding</i> pada skill <i>problem solving</i> Melakukan refleksi atas kemajuan belajar melalui penerapan <i>assessment as learning</i>	Latihan Pemecahan Masalah Asesmen Ongoing	Melakukan <i>Scaffolding</i> pada skill <i>problem solving</i> Melakukan refleksi atas kemajuan belajar melalui penerapan <i>assessment for learning</i>
Analisis Kurikulum	Pemilihan konsep-konsep esensial yang penting bagi literasi siswa	Analisis Kurikulum	Pemilihan konsep-konsep esensial yang penting bagi literasi siswa

Berdasarkan table 1 di atas nampak bahwa perkuliahan fisika kuantum berbasis multirepresentasi memberikan peluang bagi mahasiswa calon guru untuk menumbuhkan skill PCK mereka. Salah satu yang paling kentara adalah melatih mereka menuangkan ide-ide baru bagaimana mengkreasi sendiri representasi konsep fisika berdasarkan minat dan kapasitas ide masing-masing mahasiswa dan juga menuangkan ide-idenya dalam penyelesaian masalah fisika berbasis multirepresentasi. Hasil wawancara mendalam yang dilakukan terhadap responden berikut ini sejalan dengan hasil identifikasi PCK.

Mahasiswa B: *“Representasi visual dinamik dengan simulasi komputer, membuat saya percaya diri, saya bisa mengkreasi format representasi lain dalam menguasai konsep-konsep fisika kuantum secara lebih baik. Saya bisa memastikan akan kehilangan momen terbaik mempelajari konsep fisika kuantum tanpa kehadiran simulasi yang luar biasa, saya telah mendapat ide dan pelajaran yang baik untuk menjadi guru masa depan dengan memanfaatkan teknologi sebagai media pembelajaran...”*

Mahasiswa E: *“Melalui pembelajaran berbasis multirepresentasi, sebagai calon guru saya disuguhkan suatu contoh konkrit bagaimana mempersiapkan, melaksanakan, dan mengases pembelajaran fisika yang menarik dan efektif, mengaktifkan semua potensi belajar siswa, melibatkan semua sumber dan media pembelajaran, lingkungan belajar yang komunikatif, membangkitkan kreativitas, dan menyenangkan. Saya banyak memperoleh inspirasi konstruktif, bagaimana menjadi guru yang efektif.”*

Hasil ini juga diperkuat oleh hasil penelitian Thomson, Christensen, dan Wittmann (2011) yang mendesain perkuliahan fisika pada topik rangkaian listrik untuk meningkatkan penguasaan konten, juga telah berhasil menanamkan salah satu komponen PCK yaitu pengetahuan tentang ide-ide mahasiswa/siswa yang dituangkan dalam setiap proses belajar, termasuk asesmen dan pemecahan masalah fisika. Selanjutnya yang menarik adalah adanya perbedaan komponen PCK yang diperoleh dari CK yang berbeda, masing-masing CK secara eksplisit menumbuhkan PCK tersendiri. Tabel 1 di atas

menunjukkan sedikit perbedaan komponen PCK secara spesifik antara topik efek fotolistrik dan Model Atom Bohr yang disebabkan oleh format representasi yang spesifik pada kedua konten. Konteks *modelling* dalam konten Model Atom Bohr menjadi menjadi komponen utama dalam mengorientasikan belajar dan pembelajaran topik ini, sedangkan grafik sebagai sebuah tampilan empirik, merupakan salah satu representasi penting dalam menggali lebih mendalam fenomena Efek Fotolistrik. Hasil ini diperkuat oleh temuan Magnusson, Krajcik, dan Borko (1999) yang berhasil mengidentifikasi ketidaklinieran antara pengetahuan konten (CK) dengan komponen PCK yang menyertainya, tetapi bergantung pada bagaimana pengajar mengkonstruksi kembali dalam situasi yang berbeda, apalagi untuk topik/konten yang berbeda. Dengan demikian pendekatan multirepresentasi memberikan peluang besar bahwa semua topik fisika mudah dan menarik untuk dipelajari. Hasil wawancara mendalam dengan seorang responden berikut turut mendukung identifikasi PCK yang dikembangkan melalui program pembelajaran ini.

Mahasiswa C: *“Sebelumnya saya membayangkan akan berhadapan dengan persamaan-persamaan matematika yang rumit dalam belajar fisika kuantum, ternyata melalui penjelasan verbal, gambar, grafik, dan simulasi membuat saya begitu antusias mengeluarkan daya imajinasi saya tentang dunia kuantum yang menakjubkan. Mulai hari ini saya katakan: saya sangat menyukai semua topik fisika kuantum.”*

Selanjutnya berdasarkan survei penguasaan konsep fisika kuantum (*content knowledge*) yang melibatkan kelompok control dan eksperimen, uji *U-Mann Whitney* N-gain kedua kelompok pada topik Efek Fotolistrik menunjukkan perbedaan yang signifikan ( $p=0.000$ ). Hasil ini menunjukkan bahwa pembelajaran berbasis multirepresentasi lebih efektif dalam meningkatkan penguasaan konsep

(CK) efek fotolistrik mahasiswa dibandingkan dengan pembelajaran tradisional. Tidak berbeda dengan topik efek fotolistrik, pembelajaran topik Model Atom Bohr berbasis multirepresentasi mampu meningkatkan penguasaan konsep mahasiswa calon guru fisika pada topik ini secara meyakinkan. Uji *U-Mann Whitney* N-gain antara kelompok control dan eksperimen menunjukkan perbedaan yang sangat signifikan ( $p=0.001$ ). Hasil ini cukup meyakinkan bahwa pembelajaran fisika kuantum berbasis multirepresentasi efektif dalam meningkatkan penguasaan konsep mahasiswa calon guru pada topik model atom Bohr. Hasil senada juga diperlihatkan oleh berbagai peneliti bahwa pembelajaran fisika berbasis multirepresentasi memiliki potensi yang luar biasa dalam meningkatkan CK calon guru fisika (Meltzer, 2005; Gunel, Hand, dan Gunduz, 2006; Podolefsky dan Finkelstein, 2007). Hasil wawancara tentang sejauhmana persepsi mahasiswa calon guru fisika terhadap pembelajaran berbasis multirepresentasi dalam meningkatkan skill problem solving, berikut ini adalah transkrip yang dapat dihimpun:

Mahasiswa A: *“Lingkungan belajar yang menakjubkan. Saya mulai memiliki keberanian untuk menyampaikan argumentasi tentang topik fisika yang awalnya saya merasa tidak yakin dapat menguasainya dengan baik, saya semakin percaya diri dengan kemampuan pemecahan fisika. Melalui format representasi yang beragam telah membuat saya jauh menjelajahi dunia mikroskopik yang luar biasa...”*

Mahasiswa D: *“Saya memang termasuk mahasiswa yang agak sulit beradaptasi dengan hal-hal baru. Sejak mulai belajar fisika, saya hanya berpikir bahwa format representasi yang akrab dengan saya selama ini adalah representasi matematika, saya suka dengan rumus-rumus, namun terkadang sulit menangkap makna dan apa yang ada dibalik rumus-rumus tersebut. Pembelajaran fisika kuantum dengan multirepresentasi membuat saya*

*bertambah meyakini bahwa fisika itu indah dan atraktif."*

## KESIMPULAN

Menyiapkan guru sains-fisika berkualitas dapat dimulai sejak mereka memulai perkuliahan di Perguruan Tinggi, salah satunya dengan memberikan sejumlah pengalaman belajar yang melibatkan mereka dalam sekuen pembelajaran yang bermakna. Pembelajaran dengan pendekatan berbasis multirepresentasi di kelas Fisika Kuantum pada mahasiswa calon guru fisika telah berhasil meningkatkan penguasaan *Content Knowledge* (CK) dan juga berhasil mengidentifikasi pengembangan sejumlah skill *Pedagogical Content Knowledge* (PCK).

## DAFTAR PUSTAKA

- Carolan, J., Prain, V., dan Waldrup, B. 2008. Using Representations for Teaching and Learning in Science. *Teaching Science*, 54 (1), 18-23.
- Chang, Y.H., Chang C.Y., dan Tseng Y.H., 2010. Trends of Science Education Research: An Automatic Content Analysis. *Journal of Science Education Technology*, vol. 19:315-331.
- Cheng, H.J., dan Zhan, H. 2012. Examining Pre-Service Teachers' Instructional Strategies for Technological Pedagogical Content Knowledge via Video-Conferencing. *Journal of Educational Technology Development and Exchange*, 5(2), 57-76.
- Creswell, J.W., dan Clark V.P. 2007. *Designing and Conducting Mixed Methods Research*. Thousand Oaks, CA: Sage
- Darling-Hammond, L. 1994. *Professional Development Schools: Schools for Developing A Profession*. New York: Teachers College Press.
- de Jong, O., Ahtee, M., Goodwin A., Hatzinikita, V. & Koulaidis V. 1999. An International Study of Prospective Teachers' Initial Teaching Conceptions and Concerns: the Case of Teaching "Combustion". *European Journal of Teacher Education*, 22(1), 45-59.
- Etkina, E. 2010. Pedagogical Content Knowledge and Preparation of High School Physics Teachers. *Physical Review Special Topics-Physics Education Research* 6.020110.
- Faikhanta, C., Coll RK., dan Roadranga V. 2009. The Development of Thai Pre-Service Chemistry Teachers' Pedagogical Content Knowledge: From a Method Course to Field Experience. *Journal of Science and Mathematics Education in Southeast Asia*. Vol.32 No.1, 18-35.
- Feynman, R. 1965. *The development of the space-time view of quantum electrodynamics: Nobel lecture*. Available online: <http://nobelprize.org/physics/laureates/1965/feynman-lecture.html>, diunduh 20 Februari 2009.
- Gunel, M., Hand, B., & Gunduz, S. 2006. Comparing Student Understanding of Quantum Physics When Embedding Multimodal Representations into Two Different Writing Formats: Presentation Format Versus Summary Report Format, dari [www.interscience.wiley.com](http://www.interscience.wiley.com), diunduh 15 Oktober 2007.
- Kohl, B.P., dan Finkelstein, N.D. 2006. Effect of instructional environment on physics students' representational skills. *Physical Review Special Topics-Physics Education Research*, 2, 010102.
- Kohl, P.B., D. Rosengrant., dan N.D. Finkelstein. 2007. Strongly and weakly directed approaches to teaching multiple representation use in physics. *Physical Review Special Topics-Physics Education Research* 3, 010108-2007.
- Lemke, J. 1998. Multiplying meaning: Visual and verbal semiotics in scientific text. Dalam: J. R. Martin & R. Veel (Eds.). *Reading science* (pp.87-113). London: Routledge.
- Loughran, J.J., Berry, A., & Muhhall, P. 2006. *Understanding and Developing Science*

- Teacher's Pedagogical Content Knowledge*. Rotterdam: Sense Publisher.
- Magnusson, S., Krajcik, J., & Borko, H. 1999. Nature, sources and development of pedagogical content knowledge for science teaching. Dalam J. Gess-Newsome & N. G. Lederman (Eds.), *Examining pedagogical content knowledge: The construct and its implications for science education* (pp. 95-132). Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic.
- Meltzer D. E. 2005. Relation between students' problem-solving performance and representational format. *American Journal of Physics* 73 (5), 463.
- Niess, M.L. 2005. Preparing Teachers to Teach Science and Mathematics with Technology: Developing a Technology Pedagogical Content Knowledge. *Journal of Teaching and Teacher Education*, 21, 509-523
- Nilsson, P., dan Loughran, J. 2011. Exploring the Development of Pre-Service Science Elementary Teachers' Pedagogical Content Knowledge. *Journal of Science Teacher Education*, 23 (7), 699-721
- Nuangchalermsri, P. 2012. Enhancing Pedagogical Content Knowledge in Preservice Science Teachers. *Higher Education Studies*., vol 2, No 2: 66-71.
- Podolefsky, N.D, dan Finkelstein, N.D. 2007. Analogical scaffolding and the learning of abstract ideas in physics: An example from electromagnetic waves. *Physical Review Special Topics-Physics Education Research*, 3, 010109.
- Roberts, D. 1996. Epistemic Authority for Teacher Knowledge: The potential Role of Teacher Communities: A Response to Robert Orton. *Curriculum Inquiry* 26 (4), 417-431.
- Shulman, L.S. 1986. Those Who Understand: Knowledge Growth in Teaching. *Educational Researcher*, 15 (1), 4-14.
- Shulman, L.S. 1987. Knowledge and Teaching: Foundations of the New Reform. *Harvard Educational Review* 57 (1):1-22.
- Sperandio-Mineo R.M., Fazio C., dan Tarantino G,. 2005. Pedagogical Content Knowledge Development and Pre-Service Physics Teacher Education: A Case Study. *Journal of Research in Science Education*.
- Tashakkori, A. dan Teddlie, C. (2009). *Foundations of Mixed Method Research: Integrating Quantitative and Qualitative Approach in the Social and Behavioral Sciences*. Thousand Oaks, CA:Sage.
- Thomson, J.R., Christensen, W.M, dan Wittmann, M.C. 2011. Preparing Future Teachers to Anticipate Students Difficulties in Physics in A Graduate-Level Course in Physics, Pedagogy, and Educational Research. *Physical Review Special Topics-Physics Education Research* 7,010108.
- Treagust, D. 2006. *Trends in Science Education Research*. Dalam: Ramadas J, Chunawala S. (eds). *Research Trends in Science, Technology, and Mathematics Education*. Homi Bhabha Centre for Science Education, Tata Institute of Fundamental Research, Mumbai, India, pp 125-146.