

KEMAMPUAN PROSES BERPIKIR KAUSALITAS DAN BERPIKIR ANALITIK MAHASISWA CALON GURU FISIKA

Joni Rokhmat

Program Studi Pendidikan Fisika, FKIP
Universitas Mataram

ABSTRAK

Telah berhasil dikembangkan model pembelajaran berbasis proses berpikir kausalitas dan berpikir analitik (PBK-BA) untuk meningkatkan kemampuan *problem-solving* (KPS) mahasiswa calon guru fisika dalam pokok bahasan gerak, hukum Newton tentang gerak, kerja & energi, gravitasi, momentum linear, kesetimbangan benda tegar, dan termodinamika. Penelitian ini bertujuan mendesain model pembelajaran berbasis PBK-BA dan menentukan pola PBK-BA yang perlu dikembangkan untuk meningkatkan KPS secara optimal. Penelitian menggunakan metoda *mixed method* berjenis *embedded design one-phase* dengan penekanan kualitatif. Dalam taraf kepercayaan 95%, berdasarkan hasil uji-*t* Wilcoxon secara umum menunjukkan peningkatan signifikan keenam indikator KPS yang meliputi kemampuan *understanding*, *selecting*, *differentiating*, *determining*, *applying*, dan *identifying* pada mahasiswa kelompok bawah maupun atas dan peningkatan ini pada mahasiswa kelas atas lebih baik daripada mahasiswa kelas bawah. Pencapaian akhir persentase KPS secara umum masih berkategori rendah. Untuk mengoptimalkan pencapaian KPS mahasiswa direkomendasikan untuk mengembangkan dua pola umum PBK-BA, yaitu pola PBK-BA standar dan pola PBK-BA ber-*scaffolding*.

Kata kunci: pembelajaran berbasis PBK-BA, KPS, pola PBK-BA standar, pola PBK-BA ber-*scaffolding*.

ABSTRACT

It has been developed a learning model based on the process of causality and analytic thinking (PCAT) to improve problem-solving skill (PSS) of the pre service students of Physics. The model has been applied to the subject of movement, Newton's law about movement, work and energy, linear momentum, gravity, equilibrium of rigid body, and thermodynamics. The purpose of this research is to design the learning model based on PCAT and determine the pattern needed for improving PSS optimally. The method used is *mixed method of embedded design one-phase* emphasizing qualitative. By means significance of 5%, the result of Wilcoxon test-*t* shows significant increase of PSS including the skills of understanding, selecting, differentiating, determining, applying, dan identifying for both classes of the students and the increase of PSS on the top class better than that of low class. However, the final attainment of the percentage of PSS for the two classes generally has a category counted low. To make an optimal attainment of PSS of the students it is recommended to develop two patterns of PCAT, i.e. the standard and scaffolding patterns.

Key words: learning based on PCAT, PSS, scaffolding pattern of PCAT, standard pattern of PCAT,

PENDAHULUAN

Sejumlah penelitian telah dilakukan untuk memperbaiki kualitas proses dan hasil dari pembelajaran fisika. Penelitian-penelitian tersebut pada umumnya berkenaan dengan implementasi strategi pembelajaran dalam rangka meningkatkan pemahaman mahasiswa terhadap konsep-konsep fisika atau memperbaiki konsepsi-konsepsi yang salah

tentang konsep fisika, serta mengidentifikasi faktor-faktor yang mempengaruhi pemahaman konsep fisika.

Penelitian-penelitian kelompok ini, antara lain dilakukan oleh Baser (2006: 96-108) menggunakan pembelajaran konflik kognitif (CCI) untuk mengubah pemahaman konsep siswa tentang panas dan suhu. Yürük (2007: 305-325) menggunakan proses

metakonseptual, kesadaran, monitoring, dan evaluasi konseptual untuk mengubah konsepsi alternatif siswa tentang gaya dan gerak. Hake, (2007: 24-27), penggunaan strategi *Interactive Engagement* (IE) dapat meningkatkan efektivitas perkuliahan yang secara konseptual sulit. Escudero, Moreira, & Cabalero, (2009: 1-7), menggunakan konsep *theorem-inaction* sebagai alat konseptual untuk memfasilitasi pemahaman resolusi permasalahan berbasis representasi konseptual realita. Dan Dykstra & Sweet (2009: 468-475) dengan menggunakan demonstrasi tiga jenis gerak dipercepat mampu mengubah konsepsi siswa tentang konsep gaya dan gerak satu dimensi.

Kelompok peneliti lainnya, Dori & Belcher (2004: tanpa halaman) menggunakan *the TEAL-studio format* dengan cara visualisasi fenomena fisika untuk meningkatkan kemampuan transfer konsep dan pemahaman konseptual. Obaidat & Malkawi (2008) dalam Obaidat & Malkawi (2009: 2-16) menyelidiki faktor-faktor yang mempengaruhi pembelajaran konsep fisika. Illene (2007) menggunakan presentasi *PowerPoint* yang dirancang dengan baik, serta Obaidat & Malkawi (2009: 2-16) menggunakan demonstrasi eksperimental selama pembelajaran untuk meningkatkan konprehensif siswa terhadap konsep dasar fisika.

Penelitian yang terkait dengan proses berpikir kausalitas dan berpikir analitik antara lain telah dilakukan oleh Hung & Jonassen (2006: 1618-1619) dan Rasagama (2011). Hung & Jonassen (2006: 1618-1619) menggunakan penalaran kausal sebagai bantuan konseptual untuk memfasilitasi pemahaman konseptual siswa terhadap konsep fisika. Sementara Rasagama (2011) mengembangkan program perkuliahan fisika (PPF) untuk meningkatkan kemampuan menganalisis dan mengkreasi mahasiswa teknik konversi energi di politeknik.

Pengalaman peneliti di salah satu LPTK yang merupakan tempat penelitian ini dilakukan antara lain menunjukkan ketidakmampuan pembelajar dalam menentukan penyebab-penyebab dalam suatu soal yang dapat menghasilkan suatu akibat tertentu. Selain itu, pada umumnya mereka

juga tidak mampu menyelesaikan tugasnya ketika diminta menentukan berbagai akibat yang dapat terjadi dari suatu persoalan dengan multi-peluang-akibat (persoalan yang memiliki lebih dari satu akibat atau solusi) atau ketika diminta menentukan akibat dari suatu persoalan dengan akibat tunggal tetapi kondisi penyebabnya diubah padahal sebelumnya mereka sudah mengetahui akibat yang terjadi. Kesulitan bagi pembelajar tersebut semakin bertambah ketika secara metakognitif mereka diminta menjelaskan bagaimana penyebab-penyebab tersebut dapat menghasilkan suatu akibat tertentu.

Secara umum permasalahan kurang berkembangnya kemampuan tersebut di atas karena model pembelajaran yang ada tidak memfasilitasinya. Untuk mengatasi masalah tersebut, peneliti menduga bahwa dosen perlu memfasilitasi pembelajaran fisika yang mengembangkan kemampuan berpikir kausalitas dan berpikir analitik. Dua proses berpikir ini perlu dikembangkan untuk meningkatkan kemampuan mahasiswa dalam menentukan dan mengidentifikasi penyebab-penyebab dalam suatu persoalan, serta dalam memprediksi akibat yang berpeluang terjadi dalam persoalan tersebut. Selain itu, diperlukan model pembelajaran yang berfungsi untuk meningkatkan kemampuan metakognitif (kemampuan yang setingkat lebih tinggi dari pengetahuan dan pemahaman) sehingga mahasiswa mampu memberi penjelasan bagaimana suatu akibat itu terjadi.

Proses pengembangan berpikir kausalitas dan berpikir analitik yang dikemas secara terpadu dalam kinerja *problem-solving* menjadi sebuah strategi baru dalam perkuliahan fisika yang berpotensi memfasilitasi mahasiswa atau pembelajar untuk mengatasi kurang berkembangnya kemampuan di atas. Proses berpikir kausalitas menghasilkan sebuah atau sejumlah penyebab dan akibat yang merupakan komponen dari suatu persoalan. Sementara itu kontribusi proses berpikir analitik terhadap proses berpikir kausalitas adalah berfokus pada perbedaan dari setiap komponen penyebab dan akibat tersebut sehingga komponen-komponen itu dapat dikarakterisasi dan diidentifikasi. Implementasi dari kedua proses

berpikir tersebut memungkinkan mahasiswa atau pembelajar pada umumnya mampu menganalisis penyebab-penyebab logis dari suatu persoalan atau gejala dan selanjutnya menentukan akibat-akibat hipotetik, serta mampu mengambil keputusan komponen akibat yang harus dipilih terkait dengan suatu atau sejumlah penyebab atau sebaliknya dalam suatu kinerja *problem-solving*.

Permasalahan utama dalam penelitian ini adalah “Bagaimana desain pembelajaran berbasis proses berpikir kausalitas dan berpikir analitik (PBK-BA) yang perlu dikembangkan untuk peningkatan kemampuan *problem-solving* mahasiswa calon guru fisika?”

Untuk meningkatkan kemampuan mahasiswa dalam menyelesaikan berbagai persoalan dengan multi-jawaban-benar (persoalan yang memiliki lebih dari satu kemungkinan jawaban benar) atau persoalan dengan kondisi penyebab yang dimanipulasi diperlukan suatu strategi pembelajaran khusus. Salah satu cara mengatasi hal tersebut adalah dengan menggunakan strategi pengembangan proses berpikir kausalitas dan berpikir analitik. Berdasarkan permasalahan tersebut, maka penelitian ini dilakukan untuk menemukan jawaban atas pertanyaan penelitian berikut: 1) Bagaimana desain model pembelajaran fisika berbasis proses berpikir kausalitas dan berpikir analitik? 2) Bagaimana pola berpikir kausalitas dan berpikir analitik yang perlu dikembangkan mahasiswa calon guru fisika dalam pembelajaran tersebut? 3) Bagaimana dampak kemampuan proses berpikir kausalitas dan berpikir analitik terhadap peningkatan kemampuan *problem-solving* mahasiswa calon guru fisika? 4) Bagaimana respon mahasiswa calon guru fisika terhadap penggunaan proses berpikir kausalitas dan berpikir analitik dalam perkuliahan fisika?

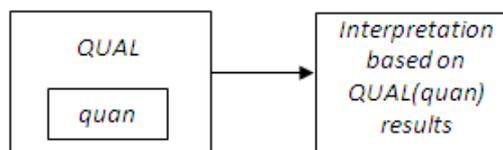
Sesuai dengan pertanyaan penelitian, hasil yang dicapai melalui penelitian ini meliputi: (1) Desain model pembelajaran berbasis proses berpikir kausalitas dan berpikir analitik (pembelajaran berbasis PBK-BA); (2) Memperoleh informasi dampak implementasi pembelajaran berbasis PBK-BA terhadap peningkatan kemampuan *problem-*

solving (KPS) mahasiswa calon guru fisika; (3) Memperoleh informasi tanggapan mahasiswa calon guru fisika dan dosen fisika terhadap pengembangan PBK-BA; Dan (4) mengetahui pola-pola PBK-BA yang perlu dikembangkan dalam pembelajaran fisika untuk meningkatkan kemampuan *problem solving* mahasiswa secara optimal.

METODE

Penelitian dilakukan dengan metoda campuran (*mixed method*) yaitu menggunakan model *Embedded Design*, (Creswell & Clark, 2007: 67-71). Jenis yang dipilih adalah *embedded design one-phase* dengan penekanan kualitatif. Metode ini terdiri atas dua proses pokok yang terdiri atas: 1. Proses Kualitatif disertai dengan proses kuantitatif yang *embedded* di dalamnya; dan 2. Proses interpretasi kualitatif didasarkan pada hasil proses (1).

Gambar 1 merupakan diagram penelitian metode campuran (*mixed method research*) model *embedded design one-phase QUAL(quant)* yang berarti penekanan proses penelitian adalah pada kualitatif.



Gambar 1. Embedded Design One-Phase dengan Penekanan Kualitatif (Creswell & Clark, 2007;68)

Pelaksanaan penelitian ini dibagi kedalam dua tahap, yaitu tahap persiapan dan tahap pelaksanaan. **Tahap Persiapan:** Pada tahap ini, dilakukan pengembangan pola berpikir kausalitas dan berpikir analitik terhadap persoalan-persoalan fisika oleh peneliti dengan validasi ahli. Hasil dari tahap ini, pola-pola proses berpikir kausalitas dan berpikir analitik yang berfungsi sebagai acuan. Selain itu, pada tahap ini dilakukan pengembangan dan penyiapan instrumen penelitian. **Tahap Pelaksanaan:** Tahap pelaksanaan dibagi menjadi dua tahap, yaitu (1) tahap eksplorasi kualitatif dengan proses

kuantitatif *embedded*; dan (2) Tahap interpretasi didasarkan pada hasil (1).

Pada tahap eksplorasi dilakukan kegiatan penyelidikan proses berpikir kausalitas dan berpikir analitik mahasiswa dalam menyelesaikan persoalan-persoalan fisika. Bersamaan dengan kegiatan tersebut, dilakukan pula pengukuran kemampuan *problem-solving* fisika yang terkait dengan soal-soal fisika yang sama dengan kegiatan eksplorasi tersebut di atas, melalui *pre-test* dan *post-test*. Kegiatan eksplorasi dilakukan secara perorangan dan berkelompok. Jadi pada tahap ini dihasilkan informasi-informasi: (1) Pola berpikir kausalitas dan berpikir analitik mahasiswa secara umum; dan (2) Data kemampuan kinerja *problem-solving pre-test* dan *post-test*.

Pada tahap interpretasi dilakukan kegiatan analisis informasi hasil pelaksanaan penelitian. Penekanan analisis adalah secara kualitatif sedangkan analisis kuantitatif bersifat sebagai penunjang. **Analisis kualitatif:** Dilakukan untuk mengidentifikasi pola berpikir kausalitas dan berpikir analitik mahasiswa. **Analisis kuantitatif:** Dilakukan untuk mengidentifikasi kemampuan kinerja *problem-solving* mahasiswa calon guru fisika. Hasil dari tahap ini meliputi: (1) Daftar pola berpikir kausalitas dan berpikir analitik mahasiswa; dan (2) Daftar kemampuan kinerja *problem-solving* mahasiswa calon guru fisika.

Instrumen yang digunakan meliputi: (1) Seperangkat alat tes (Soal Ujian Nasional untuk Mata Pelajaran Fisika tahun 2011); (2) Seperangkat soal kinerja *problem-solving* untuk *pre-test*, *post-test*; (3) Silabi Fisika Dasar 1; (4) Rencana Pelaksanaan Pembelajaran (RPP); (5) Model PBK-BA; (6) Lembar Kerja Mahasiswa (LKM); (7) Lembar Observasi Pembelajaran Berbasis PBK-BA; (8) Rubrik Penilaian Kemampuan *Problem-Solving* (KPS) dan PBK-BA; (9) Angket untuk mahasiswa; (10) Angket untuk dosen; (11) Pedoman Wawancara (*open-ended question*) untuk mahasiswa; dan (12) Alat perekam wawancara.

Sebelum digunakan instrumen dianalisis melalui proses validasi ahli. Validasi ahli ini dilakukan untuk pola PBK-BA dan soal

kinerja *problem-solving* beserta rubrik penilaiannya, serta untuk angket, pedoman observasi, dan pedoman wawancara.

Terdapat dua jenis data dalam penelitian ini yaitu data kualitatif dan data kuantitatif. Data kualitatif bersumber dari hasil eksplorasi, pengembangan, observasi, angket, dan wawancara tentang PBK-BA, sedangkan data kuantitatif diperoleh dari pengembangan PBK-BA dan hasil kinerja *problem-solving*. Data kualitatif diolah secara deskriptif sedangkan data kuantitatif diolah menggunakan skor *gain* ternormalisasi untuk hasil *pre-test* dan *post-test* serta menggunakan statistik uji-t Wilcoxon untuk melihat pengaruh kemampuan PBK-BA terhadap peningkatan kemampuan *problem-solving* fisika dan perbedaan *gain* kemampuan *problem-solving* antara kelompok bawah dan kelompok atas. Untuk memperoleh skor *gain* tersebut digunakan rumus yang dikembangkan oleh Davis & McGowen dalam McDougall & Ross (2004: 331-334). Data angket dianalisis menggunakan skala Likert yang dikembangkan oleh Riduan & Kuncoro E. A. (2011: 20-22), serta Suharaputra U. (2012: 82-84).

Untuk menghindari penulisan yang terlalu panjang, pada artikel ini pembahasan akan dibatasi pada kemampuan mahasiswa calon guru fisika dalam berpikir kausalitas dan berpikir analitik (kemampuan PBK-BA). Sementara, pembahasan diluar kemampuan PBK-BA dilakukan apabila dipandang sangat diperlukan untuk menunjang kedalaman dari pembahasan kemampuan PBK-BA tersebut.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Temuan hasil pengembangan proses berpikir kausalitas dan berpikir analitik (PBK-BA) berasal dari tujuh pokok bahasan, yaitu: gerak, hukum Newton, kerja dan energi, momentum linear, gravitasi, kesetimbangan benda tegar, dan termodinamika. Proses berpikir kausalitas dan berpikir analitik (PBK-BA) memiliki tiga indikator, yaitu kemampuan mahasiswa dalam: (1) Menentukan komponen penyebab, tetap maupun terkondisi, dalam setiap persoalan (kemampuan perkiraan penyebab atau *cause*

predicting); (2) Memprediksi secara deduktif akibat-akibat yang berpeluang terjadi didasarkan pada penyebab tersebut (kemampuan penentuan akibat atau *effect determining*); dan (3) Mengidentifikasi kondisi penyebab-penyebab tersebut, baik yang bersifat tetap maupun yang terkondisi, dalam setiap persoalan sehingga dapat

menghasilkan suatu akibat tertentu (kemampuan pengidentifikasian penyebab atau *cause identifying*). Selanjutnya penulisan ketiga indikator tersebut disingkat dengan CP, ED, serta CI. Rata-rata persentase ketiga indikator kemampuan PBK-BA mahasiswa kelompok bawah dan atas pada ketujuh pokok bahasan di atas diperlihatkan dalam tabel 1.

Tabel 1. Rata-rata Persentase Kemampuan PBK-BA

Pokok Bahasan	Indikator Kemampuan PBK-BA					
	CP		ED		CI	
	Bawah	Atas	Bawah	Atas	Bawah	Atas
Gerak	41.7	51.4	21.5	34.0	4.5	15.4
Hukum Newton	63.7	78.4	41.3	64.3	4.7	37.8
Kerja dan Energi	72.5	76.3	26.5	65.7	21.3	58.9
Momentum linear	49.2	31.2	14.2	25.6	2.8	11.9
Gravitasi	46	45.2	27.1	61.8	16.0	49.3
Keseimbangan Benda Tegar	60.9	52.3	28.7	37.3	8.8	22.5
Termodinamika	71.6	68.8	38.8	43.0	12.7	29.8
Rata-rata	57.9	57.7	28.3	47.4	10.1	32.2

Keterangan:

CP = Kemampuan perkiraan penyebab atau *cause predicting*,

ED = Kemampuan penentuan akibat atau *effect determining*, dan

CI = Kemampuan pengidentifikasian penyebab atau *cause identifying*.

Pembelajaran berbasis proses berpikir kausalitas dan berpikir analitik (PBK-BA) telah dilakukan bertujuan meningkatkan kemampuan *problem-solving* (KPS) mahasiswa calon guru fisika. Dalam pembelajaran tersebut dosen menyediakan sejumlah persoalan multi-peluang-akibat yang dikemas dalam lembar kerja mahasiswa (LKM) untuk memfasilitasi mahasiswa mengembangkan kemampuan berpikir kausalitas dan berpikir analitik.

Pada awal pembelajaran mahasiswa umumnya mengalami kesulitan untuk menentukan unsur-unsur penyebab dan memilih atau memprediksi akibat yang berpeluang terjadi. Kesulitan ini terjadi karena pada proses pembelajaran fisika sebelumnya mahasiswa selalu dihadapkan dengan persoalan yang bersifat konvergen, yaitu persoalan dengan peluang satu akibat. Proses pembelajaran selanjutnya mahasiswa menjadi terbiasa dan sangat termotivasi, serta merasa tertantang dengan setiap persoalan yang dikemas dengan pola PBK-BA.

Mahasiswa dalam melaksanakan pembelajaran berbasis PBK-BA tanpa disadari meningkatkan kemampuannya dalam berpikir kreatif, berpikir sistem, berpikir kritis, dan berpikir sintesis. Berpikir kreatif dapat meningkat karena dalam proses menentukan akibat yang berpeluang terjadi (kemampuan *effect determining* atau ED) dapat didasari alasan yang rasional hingga alasan yang abstrak sebagai hasil imajinasi. Berpikir sistem juga dapat meningkat karena dalam proses mengidentifikasi penyebab-penyebab sehingga dapat menghasilkan suatu akibat tertentu, serta menjelaskannya (kemampuan *cause identifying* atau CI), mahasiswa dituntut mampu mengetahui hubungan antar komponen penyebab tetap maupun terkondisi dalam suatu persoalan. Kemampuan mengetahui hubungan antara penyebab-penyebab termasuk kemampuan berpikir sistem. Peningkatan kemampuan berpikir kritis juga terjadi karena dalam proses memperkirakan penyebab (kemampuan *cause predicting* atau CP) dan menentukan akibat (kemampuan *effect determining* atau ED)

mahasiswa dituntut memahami persoalan sehingga mampu menentukan persoalan kunci dari suatu persoalan yang dideskripsikan secara verbal. Kemampuan menentukan persoalan kunci tersebut merupakan kemampuan berpikir kritis. Sedangkan peningkatan berpikir sintesis dapat terjadi karena dalam proses menentukan akibat (kemampuan *effect determining* atau ED) dan memberi penjelasan (kemampuan *cause identifying* atau CI) mahasiswa dituntut mampu menganalisis perbedaan karakteristik setiap komponen penyebab dan selanjutnya hasil analisis tersebut digunakan untuk menjelaskan bagaimana suatu akibat terjadi. Mengetahui perbedaan karakteristik penyebab berarti juga mengetahui kesamaan dan mengetahui kesamaan dari berbagai komponen penyebab merupakan kemampuan berpikir sintesis.

Tanggapan mahasiswa melalui angket dan wawancara menunjukkan dukungan positif terhadap pembelajaran berbasis PBK-BA ini. Hal ini juga ditunjang oleh hasil observasi bahwa mahasiswa sangat termotivasi dan bersungguh-sungguh dalam melakukan pembelajaran tersebut. Namun demikian, dengan pembelajaran ini pencapaian kemampuan PBK-BA dan KPS masih sangat rendah. Hal ini dimungkinkan karena *setting instrument* pembelajaran berbasis PBK-BA ini belum optimal. Pembahasan tersebut, dapat diinterpretasikan bahwa agar pembelajaran berbasis PBK-BA optimal, khususnya dalam meningkatkan KPS perlu bimbingan secara bertahap. Karenanya, perlu dikembangkan pola PBK-BA berbantuan tahapan (PBK-BA ber-*scaffolding*) secara berjenjang, dari pola PBK-BA ber-*scaffolding* dengan porsi tahapan bantuan cukup besar hingga porsi tahapan bantuan yang minimal.

Kemampuan berproses berpikir kausalitas dan berpikir analitik (PBK-BA) memiliki tiga indikator, yaitu kemampuan: 1) Perkiraan penyebab (*cause predicting*), memperkirakan komponen penyebab, tetap maupun terkondisi, dalam setiap persoalan; 2) Penentuan akibat (*effect determining*), menentukan secara deduktif akibat-akibat yang berpeluang terjadi didasarkan pada penyebab tersebut; dan 3) Kemampuan

pengidentifikasi penyebab (*cause identifying*), mengidentifikasi kondisi penyebab-penyebab tersebut, baik yang bersifat tetap maupun yang terkondisi, dalam setiap persoalan sehingga dapat menghasilkan suatu akibat tertentu. Selanjutnya penulisan ketiga indikator tersebut disingkat dengan kemampuan *cause predicting* (CP), *effect determining* (ED), serta kemampuan *cause identifying* (CI).

Dari data hasil analisis kemampuan berpikir kausalitas dan berpikir analitik (PBK-BA) pada pokok bahasan gerak, hukum Newton, kerja dan energi, momentum linear, gravitasi, kesetimbangan benda tegar, dan termodinamika diperoleh informasi bahwa rata-rata kemampuan *cause predicting* (CP) pada mahasiswa kelas bawah dan kelas atas relatif sama. Namun demikian, rata-rata kemampuan *effect determining* (ED) dan *cause identifying* (CI) mahasiswa kelas atas lebih tinggi daripada mahasiswa kelas bawah. Jika ditinjau dari kualitasnya, kemampuan PBK-BA yang ditunjukkan oleh ketiga indikatornya, yaitu CP, ED, dan CI, maka baik mahasiswa kelas bawah maupun kelas atas masih berkategori rendah, yaitu di bawah 60%. Perbandingan rata-rata persentase CP, ED, dan CI secara berturut-turut semakin kecil. Hal di atas secara jelas terlihat dalam diagram rata-rata kemampuan proses berpikir kausalitas dan berpikir analitik (PBK-BA) yaitu bahwa kemampuan *cause predicting* (CP) lebih besar daripada kemampuan *effect determining* (ED) dan kemampuan *cause identifying* (CI), serta kemampuan *effect determining* (ED) lebih besar daripada kemampuan *analytic* (KA) (tabel 1).

Pada kedua kelompok mahasiswa, rata-rata kemampuan *cause predicting* berpersentase terbesar dibandingkan rata-rata kemampuan *effect determining* dan *cause identifying* adalah dimungkinkan karena dalam menentukan komponen penyebab mahasiswa dapat mengacu pada informasi yang termuat dalam persoalan. Selain itu, dalam memilih komponen penyebab ini, terkait dengan kemampuan *cause predicting*, dapat dilakukan tanpa didahului pemahaman konsep, prinsip, teori, dan atau hukum-hukum fisika yang terkait, serta dapat bersifat tebakan. Sementara itu, terkait dengan

kemampuan *effect determining*, dalam menentukan atau memprediksi akibat yang berpeluang terjadi dari suatu persoalan fisika diperlukan pemahaman konsep, prinsip, teori, dan atau hukum fisika yang terkait dengan persoalan tersebut. Pemahaman ini menjadi lebih mendalam, terkait dengan kemampuan *cause identifying*, ketika mahasiswa berusaha untuk menjelaskan bagaimana komponen-komponen penyebab tersebut dapat menghasilkan suatu akibat tertentu.

Tabel 1 memperlihatkan kejanggalan data rata-rata kemampuan *cause predicting* pada pokok bahasan momentum linear, gravitasi, kesetimbangan benda tegar, dan termodinamika, serta pada data persentase rata-rata ketujuh pokok bahasan yang menjadi materi dalam penelitian ini. Pada data ini, pencapaian rata-rata kemampuan *cause predicting* mahasiswa kelas atas lebih rendah daripada mahasiswa kelas bawah, dengan selisih 0,8% hingga 8,6% pada keempat sub pokok bahasan tersebut dan selisih 0,2% pada rata-rata persentase ketujuh pokok bahasan tersebut.

Berdasarkan analisis hasil pengembangan PBK-BA oleh mahasiswa, kejanggalan di atas terjadi terkait dengan karakter kemampuan *cause predicting* dan perbedaan karakter mahasiswa kelas atas dan bawah. Dalam memperkirakan komponen penyebab ini, terkait dengan kemampuan *cause predicting*, dapat dilakukan tanpa didahului pemahaman konsep, prinsip, teori, dan atau hukum-hukum fisika yang terkait, sehingga dapat bersifat tebakan. Selain itu, hasil pengamatan saat proses pengembangan PBK-BA dalam pembelajaran menunjukkan bahwa mahasiswa kelas atas cenderung sangat berhati-hati dalam menuliskan komponen penyebab dalam tabel kausalitas. Mereka akan menuliskan komponen penyebab tersebut dalam tabel kausalitas ketika sudah yakin akan kebenarannya. Hal sebaliknya terjadi pada mahasiswa kelas bawah. Mahasiswa kelompok ini lebih berani menuliskan komponen-komponen penyebab yang diambil dari deskripsi verbal dalam persoalan yang disajikan, tanpa didukung oleh keyakinan yang kuat akan kebenarannya sebagai hasil analisa konsep, prinsip, teori, dan atau hukum-

hukum fisika yang berkaitan dengan persoalan tersebut.

Jadi pencapaian rata-rata persentase indikator kemampuan *cause predicting* pada mahasiswa kelas bawah yang lebih tinggi daripada mahasiswa kelas atas dapat diinterpretasikan bahwa sebagian adalah sebagai hasil tebakan, tanpa didukung kemampuan berpikir kritis yang kuat. Hal ini juga dapat diartikan bahwa pencapaian persentase rata-rata kemampuan *cause predicting* pada mahasiswa kelas bawah sebagian tidak didukung oleh pemahaman terhadap persoalan yang terkait. Seharusnya, jika interpretasi di atas salah, pencapaian persentase indikator kemampuan *cause predicting* adalah linear dengan pencapaian persentase dua indikator PBK-BA lainnya, yaitu kemampuan *effect determining* dan *cause identifying*. Interpretasi ini didukung oleh fakta bahwa persentase pencapaian dua indikator PBK-BA lainnya bagi mahasiswa kelas bawah yang selalu lebih rendah daripada mahasiswa kelas atas.

Pada umumnya persoalan fisika memiliki model tabel kausalitas gabungan antara model kausalitas divergen (MKD) dan konvergen (MKK) dan tabel umum yang disediakan dalam setiap persoalan dalam lembar kerja mahasiswa (LKM) juga sesuai dengan model tabel kausalitas gabungan MKD dan MKK tersebut. Hasil analisis pengembangan PBK-BA memperlihatkan bahwa seluruh mahasiswa menggunakan model gabungan tersebut. Pada persoalan dengan tabel kausalitas berpola berantai (misalnya persoalan nomor 1 pada LKM-3 dan LKM-8) tidak ada satu pun mahasiswa yang mengembangkan PBK-BA sesuai dengan pola tersebut. Kasus serupa juga terjadi pada persoalan dengan jumlah akibat yang berpeluang terjadi hingga mencapai delapan atau lebih. Misalnya pada LKM-7 persoalan nomor 1 memiliki 9 peluang akibat dan LKM-10 persoalan nomor 4 memiliki 8 peluang akibat, persentase tertinggi prediksi benar akibat yang berpeluang terjadi masing-masing hanya mencapai 11,1 (oleh 50,0% mahasiswa kelas atas dan bawah) dan 25,0% (oleh 44,4% mahasiswa kelas atas dan bawah). Pada kondisi ini, tidak terpikirkan oleh mahasiswa bahwa masih tersisa 88,9% pada persoalan

pertama dan 75,0% pada persoalan kedua akibat lainnya yang berpeluang terjadi.

KESIMPULAN DAN SARAN

Dari pembahasan di atas dapat disimpulkan bahwa: (1) Pola standar pengembangan PBK-BA yang digunakan dalam pembelajaran masih terlalu sulit bagi kedua kelompok mahasiswa tersebut; (2) Dalam mengembangkan PBK-BA mahasiswa cenderung menggunakan model tabel kausalitas yang tersedia dalam LKM meskipun selalu diingatkan di dalam LKM tersebut bahwa model tabel kausalitas yang terkait dengan persoalan yang sedang dihadapi dapat berbeda; (3) Mahasiswa tidak terbiasa berpikir secara divergen, serta kurang kreatif, hal ini terbukti ketika dihadapkan dengan persoalan yang memiliki peluang akibat cukup banyak mereka hanya mampu mencapai persentase 25,0% ke bawah dalam memprediksi akibat yang berpeluang terjadi.

Berdasarkan kesimpulan di atas, peneliti menyarankan agar pada tahap selanjutnya dalam pembelajaran berbasis proses berpikir kausalitas dan berpikir analitik (PBK-BA) perlu dikembangkan pola PBK-BA berbantuan tahapan (*ber-scaffolding*). Dengan pola PBK-BA *ber-scaffolding* ini diharapkan meningkatkan kemampuan mahasiswa secara umum dalam mengembangkan proses berpikir kausalitas dan berpikir analitik.

DAFTAR PUSTAKA

- Baser, M., (2006). "Fostering Conceptual Change by Cognitive Conflict Based Instruction on Students' Understanding of Heat and Temperature Concepts". *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, Vol. 2 Number 2, Juli, 96-108.
- Creswell, J. W. & Clark, V. L. P., (2007). *Mixed Methods Research*. USA: Sage Publications, Inc., 67-71.
- Dori, Y. J. & Belcher, J., (2004). "Improving Students' Understanding of Electromagnetism through Visualizations — A Large Scale Study". NARST: the National Association for Research in Science Teaching Conference, tanpa halaman.
- Dykstra, D. I. & Sweet, D. R., (2009). "Conceptual Development about Motion and Force in Elementary and Middle School Students". *American Association of Physics Teachers*, Am. J. Phys. 77 (5), Mey, 468-476.
- Escudero, C., Moreira, A. M., & Caballero, C., (2009). "A research on undergraduate students' conceptualizations of physics notions related to non-sliding rotational motion". *Lat. Am. J Phys. Educ.* Volum 3(1), Januari, 1-7.
- Hake, R., (2007). "Six Lessons From The Physics Education Reform Effort". *Latin American Journal of Physics Education* 1, (1), September, 24-27.
- Hung, W. & Jonassen, D. H., (2006). "Conceptual Understanding & Causal Reasoning in Physics". *International Journal of Science Education*, 28, (13), Oktober, 1601-1621.
- McDougall, D. E. & Ross, J. A., (2004). *Proceeding of the Twenty-Sixth Annual Meeting: North American Chapter of the International Group for the Psychology of Mathematics Education, volume 1, PME-NA XXVI; Assessment*. Windsor, Ontario: Preney Print and Litho Inc., 331-334.
- Obaidat, I. & Malkawi, E., (2009). "The Grasp of Physics Concepts of Motion: Identifying Particular Patterns in Students' Thinking". Georgia Southern University: *International Journal for the Scholarship of Teaching and Learning*, 3, (1), Januari, 11-12.
- Rasagama, I. G., (2011). *Pengembangan Program Perkuliahan Fisika untuk Meningkatkan Kemampuan Menganalisis dan Mengkreasi Mahasiswa Teknik Konversi Energi Politeknik*. Disertasi Doktor pada Pendidikan IPA. Universitas Pendidikan Indonesia: tidak diterbitkan.

- Riduwan dan Kuncoro E. A. (2011). *Cara Menggunakan dan Memakai Path Analysis*, Bandung: CV Alfabeta, 20-22.
- Suharsaputra, U. (2012). *Metode Penelitian*, Bandung: PT Refika Aditama, 82-84.
- Yürük, N. (2007). "A Case Study of One Student's Metaconceptual Processes and the Changes in Her Alternative Conceptions of Force and Motion". *Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education*, 3, (4), 305-325. Turkey: Gazi Üniversitesi.