

Perilaku Aktivasi *Coordination Class* oleh Subyek Lintas Level Akademik dalam Dekonstruksi *Physics Jeopardy Problem*

Jusman Mansyur

Pendidikan Fisika, Universitas Tadulako

Korespondensi: Perum Dosen UNTAD Blok C9 No. 15, Palu 94117, E-mail: jusmansyurfis@yahoo.com

Agus Setiawan dan Liliarsari

Pendidikan IPA, Sekolah Pascasarjana Universitas Pendidikan Indonesia

Paulus C. Tjiang

Fisika, Fakultas Teknologi Informasi dan Sains, Universitas Katolik Parahyangan

Abstract: *Phenomenographic analysis has been done on activation behavior of coordination class, especially causal net by cross-section ability subjects in deconstruction of information through a Jeopardy Problem. Data were obtained from problem solving activities in individual thinking-aloud format. In the deconstruction of graph to physical situation, respondents used the cognitive element as tool in analyzing or reasoning. Activation behavior of the causal net influenced by their prior experience related to the interpretation of graph function $y(x)$ or vector in the x - y plane. The research results support the coordination class theory and emphasize the prior research findings of mental model and cognitive elements as aspects or features of the mental model.*

Key words: *causal net, category of descriptions, coordination class, physics jeopardy problem, resource*

Abstrak: Telah dilakukan analisis fenomenografi terhadap perilaku penggunaan *coordination class* khususnya *causal net* oleh subyek penelitian dengan lintas level akademik dalam dekonstruksi informasi melalui soal tipe *Jeopardy*. Data diperoleh dari aktivitas *problem solving* dan wawancara dalam format *one-on-one thinking-aloud*. Dalam dekonstruksi dari grafik ke situasi fisis, partisipan menggunakan elemen kognitif *causal net* sebagai perangkat untuk melakukan analisis atau bernalar. Perilaku aktivasi *causal net* dipengaruhi oleh pengalaman mereka sebelumnya yang berkenaan dengan interpretasi grafik fungsi $y(x)$ atau vektor pada bidang x - y . Hasil penelitian ini memperkuat teori *coordination class* dan menegaskan temuan-temuan penelitian sebelumnya tentang model mental dan elemen-elemen kognitif yang menjadi *aspects* atau *features* model mental.

Kata Kunci: *causal net, coordination class, kategori deskripsi, physics jeopardy problem, outcome space*

Soal fisika tipe *Jeopardy* merupakan format soal-soal fisika yang mirip dengan acara televisi *Game Show Jeopardy* pada Tahun 1960-an di Amerika Serikat dimana kontestan diberikan jawaban terhadap sebuah pertanyaan dan diminta untuk menyatakan pertanyaannya. Dalam *Physics Jeopardy*, soal dimulai dengan sebuah persamaan matematis, grafik atau diagram yang menggambarkan suatu proses fisika. *Problem solver* menyusun representasi lain dari soal tersebut dengan melibatkan kata-kata atau deskripsi gambar dan proses yang sesuai dengan persamaan, grafik atau

diagram. Soal tipe *Jeopardy* menuntut *problem solver* bekerja mundur (Van Heuvelen dan Maloney, 1999). Penggunaan kasus-kasus yang kontras seperti tipe *Jeopardy problem* dapat membantu pebelajar mengabaikan ciri-ciri luaran dalam suatu soal dan berfokus pada struktur terdalam. Van Heuvelen dan Maloney menekankan bahwa karena soal *Jeopardy* masih baru, pebelajar perlu berlatih dengan contoh-contoh mudah sebelum bekerja pada tes.

Pada penelitian sebelumnya telah dikaji strategi (Mansyur dkk, 2009) dan langkah awal yang mencakup penggunaan sistem representasi eksternal

khususnya diagram (Mansyur *dkk*, 2010a) dalam *physics problem solving*. Dalam kedua penelitian tersebut, aspek *problem solving* diuji menggunakan soal fisika akhir bab dalam kategori tipe tradisional. Penelitian lainnya (Mansyur *dkk*, 2010b) telah dibahas langkah-langkah kategori strategi algoritma dalam dekonstruksi informasi melalui grafik ke situasi fisis dari sebuah soal tipe *Jeopardy*. Proses dekonstruksi grafik tersebut menghasilkan tiga kategori yang cenderung membentuk hirarki berdasarkan kelengkapan algoritma yang ditempuh oleh siswa, mahasiswa dan guru. Penelitian lainnya yang menggunakan soal tipe *Jeopardy* adalah penelitian Cui (2006) dan Cui *dkk* (2006a; 2006b) untuk menguji *transfer of learning* dari kalkulus ke fisika. Penelitian ini menggali aspek pendekatan dan kesulitan mahasiswa dalam proses dekonstruksi informasi dari grafik ke situasi fisis.

Berbeda dengan proses *problem solving* terhadap soal fisika tipe tradisional dimana *problem solver* melibatkan atau menerapkan ide-ide atau gagasan yang telah dipelajari atau dialami sebelumnya ke suatu soal, tipe *Jeopardy* melibatkan pengkonstruksian ide-ide baru untuk memecahkan soal tersebut. Menurut Van Heuvelen dan Maloney (1999), pada tipe *Jeopardy*, *problem solver* tidak dapat menerapkan skema atau representasi internal (model mental) yang telah terkonstruksi sebelumnya. Mereka harus mengkonstruksi atau merekonstruksi model mental untuk memecahkan soal tipe ini.

Menurut sebagian besar ahli kognitif saat ini, model mental adalah representasi model skala-internal terhadap realitas eksternal (Solaz-Portolés dan Lopez, 2007a; 2007b; Vosniadou, 1994; Bodner dan Domin, 2000). Ia dibangun dari pengetahuan terhadap pengalaman sebelumnya, segmen skema, persepsi dan strategi-strategi *problem solving*. Vosniadou (1994) menyatakan bahwa sebuah struktur model mental dibangun dari elemen-elemen kognitif dan pengetahuan lebih fundamental yang ketika tergabung ke dalam sebuah model mental menjadi ciri-ciri (*features*) model mental tersebut. Berdasarkan pengertian ini, ditinjau *resource* sebagai jaringan kognitif dasar yang mewakili sebuah elemen pengetahuan atau seperangkat elemen pengetahuan yang cenderung diaktifkan bersama secara konsisten oleh individu. *Resource* dapat juga dipandang sebagai elemen dasar pengetahuan yang dapat dipanggil oleh individu dalam *problem solving*. Contoh *resource* adalah *phenomenological primitives* atau *p-prims*

seperti *p-prim Ohm, force as a mover, dying away* (diSessa, 1993), bentuk-bentuk matematis (*mathematical forms*) (Sherin, 2001) serta *coordination class* yang mencakup *readout strategy* dan *causal net* (diSessa dan Sherin, 1998). Dalam hal ini, hanya ditinjau *coordination class* khususnya *causal net* dalam konteks *problem solving*.

Coordination class didefinisikan sebagai seperangkat strategi yang terhubung secara sistematis untuk memperoleh informasi dari realitas (diSessa dan Sherin, 1998). *Causal net* yang tercakup dalam teori *coordination class* menurut kerangka kerja diSessa dan Sherin dipandang sebagai gambaran inferensi relevan tentang informasi yang tidak secara langsung atau mudah diamati. *Causal net* adalah seperangkat inferensi yang dapat digunakan untuk menyimpulkan informasi tertentu dari bentuk informasi yang berkaitan (Thaden-Koch *dkk*, 2006).

Ide *coordination class* sebagai basis dalam proses penalaran telah banyak digunakan oleh peneliti-peneliti dalam bidang sains kognitif untuk memahami proses-proses berpikir individu. Misalnya, Thaden-Koch (2003) dan Thaden-Koch *dkk* (2006) menggunakan *coordination class* sebagai dasar untuk menganalisis pandangan mahasiswa tentang deskripsi animasi gerak benda. Penelitian Wittmann (1998; 2002) menggunakan ide *coordination class* tersebut dalam analisis terhadap penalaran mahasiswa tentang gelombang. Levirini dan diSessa (2008) menggunakan teori *coordination class* untuk menganalisis kesulitan-kesulitan yang dihadapi siswa SLTA berkenaan dengan konsep 'waktu sebenarnya' (*proper time*) dalam relativitas khusus.

Makalah ini berfokus pada isu penting untuk memahami pikiran individu, yaitu bagaimana elemen kognitif seperti *resource* khususnya *coordination class: causal net* diaktifkan dalam *problem solving* terhadap soal tipe *Jeopardy* dengan menghubungkannya dengan aspek model mental partisipan.

METODE

Analisis terhadap elemen kognitif, didahului dengan kajian tentang model mental atau aspek model mental partisipan dalam proses dekonstruksi informasi melalui grafik ke situasi fisis. Kajian model mental ini menggunakan pendekatan fenomenografi

(*phenomenography*). Fenomenografi adalah pendekatan dalam kategori kualitatif yang *established* dalam penelitian pendidikan yang berusaha untuk memahami berbagai pengalaman, perasaan, atau pemahaman orang berbeda terhadap fenomena yang sama (Walsh, *et.al*, 2007a; 2007b; Stamouli and Huggard, 2007).

Tujuan umum kajian fenomenografi adalah mengembangkan secara kualitatif sebuah pemahaman terhadap cara-cara berbeda dalam berpikir dan mengkonseptualisasikan fenomena (Marton, 1986; Uljens, 1996). Cara-cara berbeda dalam berpikir tentang fenomena sering disebut sebagai kategori deskripsi (*category of descriptions*). Kategori deskripsi adalah interpretasi peneliti terhadap konsepsi-konsepsi individu. *Outcome space* dari pendekatan ini adalah seperangkat kategori-kategori yang menggambarkan variasi kualitatif cara partisipan dalam mengalami, menginterpretasikan, memahami, merasakan atau mengkonseptualisasikan obyek kajian, fenomena, konsep atau aktivitas.

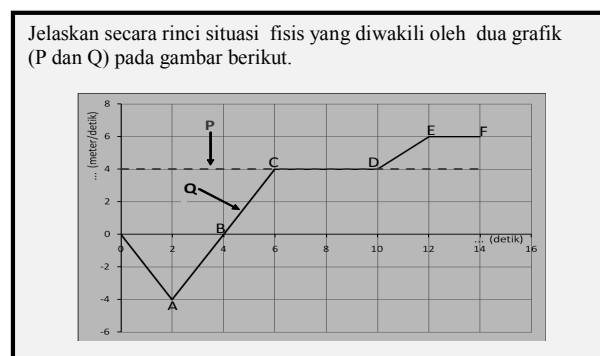
Subyek penelitian ini adalah siswa, mahasiswa dan guru. Subyek siswa berasal dari 3 kluster sekolah di Kota P, yakni kluster Unggul, Sedang dan Rendah. Sekolah kategori unggul diwakili oleh siswa yang memperoleh skor tertinggi, sekolah kategori sedang diwakili oleh siswa yang memperoleh skor sedang dan sekolah kategori rendah diwakili oleh siswa dengan skor terendah pada Tes Seleksi Partisipan (TSR) di kelas masing-masing. Mahasiswa S1 berasal dari sebuah LPTK di Kota P dengan tiga kategori kemampuan, yaitu tinggi, sedang dan rendah di kelasnya. Mahasiswa S2 berasal dari sebuah perguruan tinggi di Kota B juga dalam tiga kategori kemampuan. Penentuan partisipan mahasiswa juga berdasarkan hasil TSR. Sementara partisipan guru tidak berdasarkan TSR, namun dikaitkan dengan posisi mereka sebagai pengajar bagi siswa tersebut pada kelas sebelumnya. TSR mencakup konsep-konsep dasar Mekanika. Dari seleksi partisipan, diperoleh kelompok partisipan dengan lintas kemampuan berbeda (*cross section abilities*). Partisipan yang terlibat dalam aktivitas *problem solving* sebanyak 33 orang. Namun yang terlibat dalam *problem solving* soal tipe *Jeopardy* sebanyak 20 orang dengan rincian: siswa kelas XII sebanyak 4 orang, guru fisika sebanyak 4 orang, Mahasiswa S1 peserta Matakuliah Fisika Dasar I sebanyak 3

orang, Mahasiswa S1 peserta matakuliah Mekanika sebanyak 6 orang dan Mahasiswa S2 peserta matakuliah Mekanika sebanyak 3 orang. Dua orang partisipan mahasiswa S2 terlibat dalam kegiatan *problem solving* sebanyak dua kali, yaitu sebelum dan setelah perkuliahan Mekanika sedangkan kegiatan interviu bagi keduanya hanya dilakukan satu kali, yaitu setelah perkuliahan.

Pengumpulan data dilakukan melalui *problem solving* dalam format *one-on-one thinking-aloud* yang diikuti dengan *semi-structured interview*. Dalam prakteknya, partisipan diberikan soal fisika dan selama kegiatan tersebut partisipan mengungkapkan secara lisan dan/atau tertulis apa yang ada dalam pikirannya (*thinking-aloud*). Kegiatan *problem solving* direkam dengan menggunakan *video camera*. Kegiatan *thinking-aloud* untuk setiap partisipan dimulai dengan sesi latihan dengan menggunakan soal tipe *Jeopardy* yang sederhana, misalnya partisipan diminta untuk menjelaskan situasi fisis yang diwakili oleh pernyataan: $5 \text{ kg} \times 9,8 \text{ m/s}^2$.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Skenario kontekstual soal tipe *Jeopardy* yang digunakan untuk menggali aspek-aspek model mental dalam dekonstruksi informasi dari grafik dilukiskan dalam Gambar 1.



Gambar 1. Soal Tipe *Jeopardy*: Grafik-Situasi Fisis

Setelah pengumpulan data melalui *thinking-aloud*, pemutaran berulang kali video rekaman serta mencermati transkrip rekaman dan jawaban tertulis, dapat dilakukan ekstraksi terhadap konsepsi yang dianut oleh partisipan. Melalui analisis yang cermat terhadap data yang ada, teridentifikasi model mental atau aspek yang menjadi basis rujukan partisipan

ketika melakukan dekonstruksi informasi yang tercantum dalam representasi grafik ke situasi fisis.

Tanda atau simbol yang tercantum dalam kutipan transkrip dapat dipahami dengan merujuk pada keterangan berikut: Tanda [kata/kalimat] menyatakan komentar tambahan oleh peneliti tentang kegiatan *thinking-aloud* dan interviu setelah ada fakta dan berdasarkan observasi, {-} berhenti sejenak, dan {...} menyatakan kata-kata atau kalimat tidak penting yang dihilangkan dari transkrip untuk memudahkan pembacaan. Penyajian kutipan transkrip terbatas pada satu atau dua contoh partisipan. Partisipan lain yang berada pada kategori yang sama dengan contoh, dicantumkan pada tabel *outcome space*.

Fokus perhatian terhadap soal di atas berada pada titik A, garis OA, garis AB, titik B, garis BC dan garis CD. Dalam hal ini, garis dan titik tersebut dibagi ke dalam dua kelompok, yaitu garis OA-AB-BC (termasuk titik O, A, B dan C) dan garis CD.

Pertama, untuk garis OA-AB-BC (termasuk titik O, A, B dan C). Dari transkrip rekaman MFUa:

{...} [membaca soal] Pada grafik P mengalami gerak lurus beraturan dengan kecepatan tetap 4 m/s. Akan tetapi {-} Q {-} dari keadaan nol {-} mungkin melakukan gerakan mundur {...}. {...} P pada 0 sampai dengan 2 pada garis A, Q melakukan gerakan mundur {-} gerakan mundur selama 2 detik dengan kecepatan paling akhir 4 m/s. Kemudian dari A-B, dia kemudian bergerak maju lagi selama dalam waktu 2 sekon kembali ke posisi awal. Terus dari B-C, dia mulai bergerak {-} bergerak naik dari B-C dari $v = 0$ ke $v = 4$ dalam waktu 2 detik, berarti dia melakukan percepatan sebesar 2 meter per sekon kuadrat {...}

dan dari transkrip rekaman SUC:

{...} {...} Kalau grafik Q, ada benda, benda {-}. Kenapa begini, m/s kecepatannya nol terus jadi min 4, kalau sudah nol diperlambat bagaimana itu? {-} oh bukan {-} bukan, mungkin dia bergerak dengan {-} oh yaa {-}, ada benda kalau menurut grafik Q ini {-} ada benda tadinya diam terus dia mengalami kecepatan sebesar 4 m/s tapi misalkan arahnya ke kiri terus habis itu dia bergerak lagi ke kanan. Oh, yang Q ini sepertinya grafik yang menggambarkan benda yang bergerak {-} benda bergerak yang mengalami percepatan {-}, oh tapi di sini ada yang konstan berarti gerak lurus berubah beraturan {...}

Beberapa hal yang dapat dinyatakan terkait dengan transkrip di atas, yaitu: partisipan menggunakan konsep vektor untuk menggambarkan

besaran kecepatan yang bernilai negatif, dan sebaliknya untuk yang bernilai positif dan meninjau titik A sebagai titik balik dari keadaan gerak mundur (negatif) ke keadaan gerak maju (positif). Tinjauan pertama benar secara konseptual, namun yang kedua kurang tepat karena titik A pada gambar tersebut adalah titik peralihan dari keadaan benda dipercepat menjadi diperlambat, bukan dari keadaan mundur lalu maju. Untuk selanjutnya, model pertama di atas dikategorikan sebagai model yang Berbasis Vektor yang belum seutuhnya mengarah pada model yang tepat untuk konteks soal tersebut.

Dari kutipan transkrip rekaman MM2Sb:

{...} Sementara untuk grafik yang Q kalau kita analisis grafik Q. Q itu adalah grafik GLBB, terdapat perubahan kecepatan yang signifikan mulai dari O ke A itu berubah kecepatan dari 0 m/s hingga sampai 4 m/s. Kenapa ini mengarah ke bawah berarti di sini geraknya {-} gerak yang diperlambat. Kenapa diperlambat? Ini menuju ke negatif sumbu Y arah negatif yaitu minus 4. Jadi O ke A itu GLBB diperlambat terbukti kalau kita hitung besar percepatannya, a untuk OA : $v_A - v_O / \Delta t$, atau kecepatan dapat kita peroleh sebesar -4 dikurangi 0 dibagi delta t-nya dari 0 ke A itu sebesar 2 s berarti -2 m/s^2 [menulis: $a_{OA} = v_A - v_O / \Delta t$, $a_{OA} = -4 - 0 / 2 = -2 \text{ m/s}^2$]. Itu menunjukkan GLBB diperlambat karena percepatannya negatif. Kemudian kalau kita analisis dari A ke C langsung saja dari A ke C. Grafik untuk yang Q dari A ke C itu nampak jelas terdapat perubahan kecepatan yang lebih besar dari -4 sampai 4. Berarti kecepatan awalnya -4 m/s dan kecepatan akhirnya 4 m/s. Ini menunjukkan grafik ini adalah GLBB dipercepat. Boleh kita tunjukkan juga, yaitu besar percepatannya, a untuk yang AC atau percepatan dari grafik A ke C adalah $\Delta v / \Delta t$, yaitu 4 dikurangi -4 berarti nilainya adalah 8 dibagi selang waktunya dari A ke C yaitu dari 2 sampai 6 yaitu 4 sekon. Hasilnya adalah 2 m/s^2 [$a_{AC} = \Delta v / \Delta t = 8 / 4 = 2 \text{ m/s}^2$]. Berarti percepatannya positif menunjukkan GLBB nya dipercepat. {...}

Kutipan transkrip rekaman tersebut menggambarkan konsepsi partisipan terhadap grafik berbasis nilai besaran. Kecepatan yang bernilai negatif dipersepsikan benda mengalami perlambatan. Jika dicermati lebih lanjut, model ini memiliki implikasi bahwa “dimungkinkan sebuah benda yang dari keadaan diam, kemudian mengalami perlambatan”. Pernyataan ini adalah tafsiran peneliti karena pada titik O dari garis OA benda dalam keadaan diam ($v = 0$) dan titik A dari garis OA tersebut menunjukkan $v = -4 \text{ m/s}$. Partisipan dalam hal ini hanya melihat tanda negatif (-) di depan angka 4. Partisipan

cenderung menggunakan hubungan matematis bahwa $-4 < 0$ tanpa mempertimbangkan implikasi pernyataan tersebut. Jika hubungan ini ditafsirkan dengan menekankan aspek nilainya saja maka tentu akan bertentangan dengan realitas bahwa “tidak mungkin ada kasus benda mula-mula diam kemudian mengalami perlambatan”. Dalam konteks ini, terdapat partisipan (SUC) dalam kategori pertama, yang menyadari bahwa tidak mungkin ada realitas seperti itu, sebagaimana nampak dalam kutipan transkrip rekaman di atas. Dari contoh ini kita dapat melihat bahwa tidak semua pernyataan yang benar secara matematis dapat diterapkan dengan implikasi benar secara fisis. Lebih lanjut, kelompok partisipan ini dikategorikan sebagai partisipan yang menganut model Berbasis Nilai/Fungsi.

Model yang memiliki kesamaan dengan model yang dianut oleh MM2Sb di atas dapat dilihat dari kutipan transkrip GFUB:

{...} {...}. Kemudian grafik Q, benda bergerak dari O ke A dengan kecepatan v_0 nol dan $v_t = -4$ m/s, kemudian {-} Ini berarti $v_0 > v_t$ terjadi percepatan negatif atau kita sebut perlambatan Kemudian A ke B {...} $v_t > v_0$ terjadi percepatan a positif. Dari B ke C, $v_0 = 0$, $v_t = 4$ m/s, $v_t > v_0$, maka terjadi percepatan positif {...}.

Dalam sesi interviu tambahan, partisipan GFUB menegaskan:

{...} Untuk garis OA, benda memiliki kelajuan $v_0 = 0$ menjadi $v = -4$ m/s. Benda bergerak dari titik awal O ke arah A negatif. Kemudian benda bergerak ke B dalam arah positif dimana posisi B sama dengan O. Setelah itu, benda bergerak ke arah C dengan arah positif dimana posisi C di sebelah kanan B. Pada OA, benda diperlambat atau percepatan negatif karena gradiennya negatif. {...} Selama ini kita berpikir jika $v_2 < v_1$ berarti terjadi perlambatan {...}

Ketika dikonfrontasikan atau diminta untuk menjelaskan suatu keadaan benda yang mula-mula diam kemudian mengalami perlambatan, GFUB menyadari bahwa hal tersebut tidak mungkin dan menyatakan bahwa:

{...} ia menuntut sebuah dunia baru yang sulit diterima {...}

Dari kutipan di atas, partisipan menggabungkan konsep fungsi dan vektor dalam matematika untuk menafsirkan situasi fisis yang diwakili oleh sebuah

grafik. Dalam hal ini partisipan menganggap bahwa gradien positif berarti benda bergerak ke arah positif dan sebaliknya. Selain itu, titik balik pada grafik ditafsirkan sebagai titik balik gerak benda. Kecepatan bernilai negatif menyatakan benda bergerak ke arah negatif. Implikasi lebih lanjut dari pernyataan ini adalah “terdapat suatu keadaan dimana benda sedang bergerak dipercepat pada arah tertentu (misalnya negatif) tiba-tiba bergerak pada arah yang berlawanan (positif) tanpa berhenti terlebih dahulu”. Dalam realitasnya, keadaan ini tidak mungkin terjadi kecuali saat berubah arah tersebut, benda berbelok (bukan berbalik) lebih dahulu pada lintasan tertentu kemudian bergerak ke arah sebaliknya (positif). Namun hal ini berimplikasi pada jarak dan waktu tempuh seharusnya muncul pada grafik.

Dari uraian di atas, dapat dinyatakan bahwa terdapat dua kategori utama partisipan dalam merespon soal tersebut. Satu kategori lainnya dianggap Kategori Tidak Jelas karena rujukan partisipan dalam menjawab soal tersebut sulit ditafsirkan atau tidak dapat mengerjakan soal. Selanjutnya, disusun *outcome space* yang memuat kategori deskripsi tentang aspek model mental yang berhasil diidentifikasi dari partisipan terkait dekonstruksi informasi melalui grafik ke situasi fisis sebagaimana disajikan pada Tabel 1. Perlu dicatat bahwa semua kategori tersebut disusun dari semua kumpulan data yang diekstrak dari transkrip *thinking-aloud* dan interviu telah melalui proses reduksi dan klasifikasi berdasarkan pada tema-tema yang penting. Contoh-contoh partisipan yang disajikan di atas atau yang tercantum dalam Tabel 1, dapat saja tidak memiliki semua karakteristik tersebut. Kategori tersebut adalah pola umum yang diperoleh berdasarkan analisis yang menggunakan pendekatan fenomenografi.

Data yang tercantum pada Tabel 1 menunjukkan bahwa dua kategori deskripsi pertama memiliki karakteristik kunci yang sebagian tepat dan sebagian lainnya tidak tepat. Aspek yang tidak tepat terutama berkaitan dengan implikasi dari pernyataan dari model yang dianut. Hal ini menegaskan pandangan bahwa model mental dapat mengandung elemen-elemen yang saling bertentangan dan tidak lengkap (Redish, 1994; Itsa-Ortiz, 2004).

Data di atas juga menunjukkan bahwa model yang dianut oleh partisipan, cenderung tidak tergantung level akademik mereka yang tergambar

Tabel 1. Outcome space aspek model mental partisipan dalam dekonstruksi grafik: garis OA-AB-BC

Kategori	Karakteristik Kunci	Siswa	Mhsw S1 (FD)	Responden			Guru
				Mhsw S1 (Mek)	Mhsw S2 (Mek)		
				Pre	Post		
Berbasis Vektor	Nilai negatif pada grafik berkaitan dengan arah vektor gerak *)	SUc	MFUa	MMRb	MM2U	MM2U	
	Kecepatan negatif = bergerak ke arah yang berlawanan dengan acuan *)						
	Titik peralihan percepatan dan perlambatan = titik balik gerak benda						
	Ada impilkasi: benda dapat berbalik arah tanpa berhenti sesaat terlebih dahulu						
Berbasis Nilai/Fungsi	Kecepatan negatif = gerak ke arah negatif *) atau Kecepatan negatif = benda mengalami perlambatan	SUa	MFUb MFSb	MMUa MMSa MMSb MMSc MMRa	MM2Sa MM2Sb	MM2Sb	GFUb GFSc GFRa GFRb
	Gradien positif = gerak ke arah positif						
	Titik balik pada grafik = titik balik gerak benda						
	Ada impilkasi: benda dari keadaan diam menjadi diperlambat						
Tidak Jelas	Tidak menafsirkan situasi yang diwakili titik atau garis	SSb SSc					
	Tidak dapat menyelesaikan soal						

Keterangan :

- GF(U, S atau R) = Guru Fisika dari sekolah kategori (Unggul, Sedang atau Rendah)
 S(U,S atau R) = Siswa dari sekolah kategori (Unggul, Sedang atau Rendah)
 a, b atau c = Guru/Siswa Pertama, Kedua atau Ketiga, urutan partisipan dalam satu sekolah
 SSb = Siswa Kedua dari sekolah kategori Sedang
 MFUa = Mahasiswa Pertama S1 peserta matakuliah Fisika Dasar (Unggul di kelas)
 MMSc = Mahasiswa Ketiga S1 peserta matakuliah Mekanika (kategori Sedang di kelas)
 MM2U = Mahasiswa S2 peserta matakuliah Mekanika (kategori Unggul di kelas)
 *) = Pernyataan tepat

pada terdistribusinya partisipan yang memiliki level akademik yang sama pada kedua kategori yang menonjol atau kedua kategori ditempati oleh partisipan dengan level akademik berbeda. Selain itu, kegiatan instruksional tidak berpengaruh terhadap model yang dianut partisipan yang tergambar pada posisi partisipan mahasiswa S2, tetap dalam kategori tertentu antara sebelum dan setelah perkuliahan. Tidak diperoleh data tentang karakteristik perkuliahan Mekanika yang diikuti oleh partisipan tersebut, termasuk sejauhmana perkuliahan tersebut menyajikan contoh grafik $v-t$ dan tafsirannya. Model-model di atas juga dianut partisipan tidak membentuk polarisasi pasangan siswa-guru dalam satu sekolah,

yang berarti bahwa siswa cenderung menganut model sendiri yang tidak terikat dengan model yang dianut oleh gurunya. Fenomena ini sama dengan temuan pada penelitian sebelumnya tentang strategi *problem solving* soal tipe tradisional (Mansyur dkk, 2009) dan soal tipe *Jeopardy* (Mansyur dkk, 2010b) dan model mental tentang hukum Newton III untuk kasus gaya impuls (Mansyur dkk, 2010c).

Model lainnya yang dapat diidentifikasi melalui soal di atas adalah tafsiran partisipan terhadap potongan dua buah grafik kecepatan terhadap waktu yang berimpit, yaitu garis CD pada grafik P dan Q tersebut. Model mental yang teridentifikasi untuk tinjauan potongan grafik pada CD dominan diperoleh

melalui interview karena hampir semua partisipan tidak mencermati potongan tersebut saat proses *problem solving* dengan TA. Dari transkrip rekaman interview setelah perkuliahan dengan MFSb:

Interviewer: Bagaimana untuk garis C dan D?

MFSb : Mobil tersebut bergerak dengan kelajuan yang tetap

Interviewer: Bisa digambarkan untuk garis C-D itu, arah mobil P dan Q?

MFSb : mobil P dan mobil Q mengalami kecepatan yang sama

Interviewer: Pada saat?

MFSb : Pada saat di C dan D

Interviewer: Apakah itu tidak berarti posisinya sama?

MFSb : Tidak, posisinya belum tentu sama, karena bisa dilihat khan kita tidak mengetahui kecepatan mereka itu berapa, sedangkan di Q ini dia sudah melewati dari A ke B ke C, sedangkan P dia lurus kontinyu. Jadi bisa saja P sudah duluan atau Q yang duluan, tapi kecepatan mereka sama.

Interviewer: Jarak tempuhnya selama rentang waktu dari 0 sampai 10 detik itu, apakah sama atau beda?

MFSb : Jarak tempuhnya berbeda, karena A sudah mengalami percepatan, sedangkan yang Q ini dia konstan.

Interviewer: Jelaskan perbedaan antara jarak dan posisi?

MFSb : Kalau posisi dia hanya melihat titik awal dan titik akhir. Sedangkan jarak adalah yang dia tempuh dari awal sampai akhir.

Interviewer: Contohnya bagaimana?

MFSb : Kalau misalnya contohnya itu dari O ke titik C, kalau posisi kita hanya menarik garis dari O ke C berarti itulah posisinya. Sedangkan kalau jarak kita menghitung dari posisi A terus ke posisi C semuanya yang ditempuh.

Nampak bahwa partisipan MFSb menggunakan model yang tepat untuk mendeskripsikan potongan grafik tersebut. Ia membedakan jarak tempuh dan posisi benda. Selanjutnya model mental ini disebut sebagai Model Posisi '— Jarak.

Model lainnya tergambar dari kutipan transkrip interview berikut:

Interviewer: Untuk garis CD untuk kedua grafik

GFUb : Kecepatan yang konstan yang sama. Sifatnya sama pada segmen itu

Interviewer: Ada besaran yang lain?

GFUb : Waktu yang sama, jarak yang ditempuh juga sama pada segmen selang waktu 2 detik itu

Interviewer: Kalau posisinya

GFUb : Sama, pada saat itu kedua berada pada posisi yang sama

Interviewer: Bisa dilukiskan situasi kedua mobil pada garis C dan D

GFUb : Kedua benda misalnya mobil berada pada posisi yang sama

Dari kutipan interview tersebut, dapat dinyatakan bahwa partisipan menganggap ketika

Tabel 2. Outcome Space Konsepsi Partisipan terhadap Dua Grafik yang Berimpit

Berimpit		Responden					
		Siswa	Mhsw S1 (FD)	Mhsw S1 (Mek)	Mhsw S2 (Mek)		Guru
					Pre	Post	
Posisi ≠ Jarak	Grafik kecepatan berimpit, belum tentu posisi sama	SUc	MFUa MFSb	MMSa			MM2U MM2Sb
	Grafik kecepatan berimpit, jarak tempuh sama karena selang waktu sama						
Posisi = Jarak	Grafik kecepatan berimpit, posisi sama		MFUb	MMUa MMSb MMSc MMRa			GFUb GFSc GFRa GFRb
	Grafik kecepatan berimpit, jarak tempuh sama karena selang waktu sama						
Tidak Jelas	Tidak mencermati atau tidak berfokus pada titik atau garis yang menonjol	SUa SSb SSc		MMRb	MM2U MM2Sa MM2Sb		

grafik kecepatan berimpit, posisi benda sama dengan jarak tempuhnya karena selang waktunya sama. Nampak bahwa partisipan tidak membedakan antara besaran posisi sebagai besaran vektor dengan besaran jarak sebagai besaran skalar. Model ini selanjutnya disebut sebagai Model Posisi = Jarak.

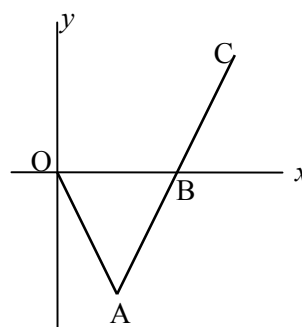
Rangkuman hasil analisis model mental partisipan terhadap grafik kecepatan terhadap waktu yang berimpit disusun *outcome space* yang memuat kategori deskripsi model mental partisipan yang disajikan pada Tabel 2.

Sama dengan uraian sebelumnya (untuk Tabel 1), data yang tersaji pada Tabel 2 menunjukkan kecenderungan tidak adanya ketergantungan antara model yang dianut partisipan dengan level akademiknya. Posisi partisipan mahasiswa S2 berbeda antara sebelum dan setelah perkuliahan, namun perbedaan tersebut bukan karena adanya pengaruh instruksional dalam perkuliahan. Perbedaan terjadi karena pada kegiatan *problem solving* pertama (sebelum perkuliahan), partisipan tidak mencermati segmen grafik dan interviu tidak dilakukan setelah sesi tersebut untuk meminta mereka mencermatinya sedangkan pada *problem solving* kedua (setelah perkuliahan), tafsiran partisipan dapat digali melalui interviu.

Berikutnya, dibahas tentang elemen kognitif yang membentuk model mental partisipan di atas. Analisis terhadap elemen kognitif ini menggunakan kerangka kerja diSessa dan Sherin (1998), yaitu *coordination class*, khususnya *causal net*.

Ketika mendeskripsikan arah gerak benda berdasarkan sifat potongan grafik dari soal di atas, tak satupun partisipan dapat menjelaskan situasi fisis dengan seluruhnya tepat. Sebagian konsepsi partisipan berbasis vektor, sebagian berbasis nilai (negatif atau positif) besaran atau sifat fungsi yang ditunjukkan oleh grafik. Atribut kritis sebagaimana yang tercantum pada Tabel 1, seperti “titik peralihan perlambatan dan percepatan = titik balik arah gerak benda”, “kecepatan negatif = terjadi perlambatan” dan “titik balik pada grafik = titik balik arah gerak benda” diduga sebagai hasil inferensi dari pengalaman partisipan terhadap ‘realitas’ pada grafik atau vektor pada bidang koordinat Cartesius (x, y). Partisipan menggunakan perangkat *coordination class* sebagai alat untuk memperoleh informasi dari realitas. Realitasnya tidak tersedia saat *problem solving* tetapi diperoleh dari pengalaman

sebelumnya. Strategi ini termasuk kategori analogi terhadap konsep grafik atau vektor. Misalkan grafik atau vektor berbentuk seperti pada Gambar 2.



Gambar 2. Grafik Fungsi $y(x)$ atau Vektor OA, AB dan BC pada bidang $x-y$

Jika sifat grafik tersebut di tinjau lebih lanjut, dapat dinyatakan bahwa titik balik perubahan fungsi y terhadap x adalah ada pada titik A. Demikian pula, jika garis OA-AB-BC dipandang sebagai vektor maka titik balik perubahan arah vektor adalah di titik A. Ini adalah penggunaan yang tepat bagi *resource: causal net* sebagai potongan penalaran dalam konteks fungsi $y(x)$ atau vektor pada pada bidang $x-y$. *Resource* itu dapat diperoleh dari pengalaman, misalnya di dalam pelajaran matematika atau fisika berbasis kalkulus.

Sebagian besar partisipan menggunakan *causal net* sebagai basis melakukan inferensi terhadap fenomena gerak yang diwakili oleh grafik pada bidang $v-t$ dalam soal di atas. Penggunaan tipe *resource* ini menjadi tidak tepat karena partisipan tidak menganalisis lebih lanjut tentang implikasi dari inferensi yang dilakukannya. Jika inferensi itu benar maka muncul implikasi bahwa “memungkinkan sebuah benda dari keadaan diam menjadi diperlambat” atau “terdapat suatu keadaan dimana benda sedang bergerak dipercepat pada arah tertentu (misalnya negatif) tiba-tiba bergerak pada arah yang berlawanan (positif) tanpa berhenti terlebih dahulu”.

Bentuk penggunaan *causal net* yang relatif sama dengan yang dijelaskan di atas dapat dilihat pada konteks grafik kecepatan dua benda dalam bidang $v-t$ yang berimpit. Sebagian partisipan menafsirkan segmen grafik tersebut dengan menggunakan *causal net* untuk bernalar secara tepat. Namun, menggunakannya tidak tepat ketika meninjau segmen lain dari grafik tersebut. Dalam

hal ini, dapat dinyatakan bahwa tipe *coordination class* tersebut dapat digunakan dengan tepat oleh sebagian partisipan pada suatu konteks, namun juga digunakan dengan tidak tepat pada konteks yang lain. Temuan ini mirip dengan hasil penelitian Wittmann (2002) yang menemukan indikasi kesulitan-kesulitan yang dimiliki mahasiswa dalam memahami gelombang pada tali. Ia melaporkan bahwa kesulitan mahasiswa karena *misapplication* mereka terhadap *resource* tersebut dan menggiringnya untuk berpikir bahwa gelombang sebagai obyek.

Hasil-hasil di atas menegaskan kembali pandangan bahwa memiliki pengetahuan tidaklah cukup, ia harus diaktifkan pada konteks yang tepat. Ketepatan penggunaan *resource* sebagai elemen pengetahuan pada suatu konteks namun tidak tepat pada konteks yang lain dapat mencirikan elemen-elemen dari struktur kognitif individu yang masih terhubung lemah (*fragile*) satu dengan lainnya (Sabella dan Redish, 2007).

SIMPULAN DAN SARAN

Telah berhasil disusun *outcome space* yang memuat kategori-kategori deskripsi minimal yang menggambarkan model mental atau aspek model mental kelompok partisipan siswa, mahasiswa dan guru ketika melakukan kegiatan *problem solving* dengan mendekonstruksi informasi yang tersedia melalui soal tipe *Jeopardy*. Dua *outcome space* yang berhasil disusun masing-masing memuat dua kategori deskripsi yang menonjol berkenaan dengan tafsiran mereka terhadap segmen grafik *v-t*. Sebagian karakteristik kunci dari kategori yang dianut partisipan memiliki unsur ketepatan namun masih memiliki implikasi yang bertentangan dengan realitas. Tak satupun partisipan dengan lintas level akademik tersebut menganut model yang seluruh karakteristik kuncinya merupakan model yang tepat. Model-model yang dianut oleh partisipan relatif tidak tergantung pada level akademik mereka.

Analisis lebih lanjut terhadap model mental partisipan menunjukkan bahwa model mental tersebut mengandung elemen kognitif yang dapat dipandang sebagai *resource*, yaitu *causal net* dalam kategori *coordination class* menurut kerangka kerja di Sessa dan Sherin. Elemen kognitif tersebut sebagai komponen atau potongan penalaran (*bit of reasoning* atau *bit of knowledge*) dominan

digunakan oleh partisipan dalam proses dekonstruksi informasi melalui grafik ke situasi fisis. Mereka menggunakan pemahaman matematis tentang sifat grafik pada bidang *x-y* yang diperoleh dari pengalaman sebelumnya sebagai alat untuk melakukan inferensi terhadap fenomena fisis yang diwakili oleh grafik pada bidang *v-t*. Temuan penelitian ini menegaskan temuan-temuan penelitian sebelumnya tentang model mental dan aspek-aspek (*aspects*) atau ciri-ciri (*features*) model mental.

Implikasi dari hasil-hasil di atas dapat disajikan sebagai berikut: (a) Untuk instruksional: pengajar perlu membiasakan diri untuk melakukan dekonstruksi informasi, misalnya melalui grafik yang disertai deskripsi situasi fisis serta melatih siswa/mahasiswanya; proses dekonstruksi tidak berhenti pada penentuan nilai besaran relevan sebagaimana lazimnya dijumpai dalam buku-buku pelajaran di SLTA dan *textbook* di perguruan tinggi; pengajar perlu menekankan pada aspek kualitatif dari suatu representasi dan secara cermat menggunakan matematika sebagai alat dalam bernalar karena alat tersebut dapat saja digunakan dengan kurang tepat pada konteks lain; (b) Untuk penelitian lanjutan: jumlah soal dan cakupan konsep yang digali dalam penelitian ini sangat terbatas. Dibutuhkan penelitian yang mengkaji lebih rinci perilaku penggunaan *class coordination* dalam *problem solving* melalui soal tipe *Jeopardy*, khususnya dekonstruksi grafik dengan cakupan konsep yang lebih luas untuk mendapatkan aspek konsistensinya.

DAFTAR RUJUKAN

- Bodner, G. M., & Domin, D. S. 2000. *Mental models: The Role of Representations in Problem Solving in Chemistry*. *University Chemistry Education*, 4(1), 24-30.
- Cui, L. 2006. *Assessing College Students' Retention and Transfer from Calculus to Physics*. Ph.D Dissertation. Kansas: Kansas State University Manhattan, (Online), (<http://web.phys.ksu.edu/>), diakses [07 September 2007].
- Cui, L., Rebello, N.S., Fletcher, P.R. & Bennett, A.G. 2006a. *Transfer of Learning from College Calculus to Physics Course* Proceedings of the NARST 2006 Annual Meeting, (Online), (<http://web.phys.ksu.edu/>), diakses 07 September 2007).

- Cui, L., Rebello, N.S., Fletcher, P.R. & Bennett, A.G., 2006b. *Using Physics Jeopardy Problems to Assess College Students' Transfer of Learning from Calculus to Physics*, (Online), (<http://web.phys.ksu.edu/>), diakses 07 September 2007).
- diSessa, A. 1993. *Towards an Epistemology of Physics*. *Cognition and Instruction*, 10(2-3), 105-225.
- diSessa, A., & Sherin, B. 1998. *What Changes in Conceptual Change?* *International Journal of Science Education*, 20(10), 1155-1191.
- Itza-Ortiz, S.F., Rebello, S & Zollman, D. 2004. *Students' Models of Newton's Second Law in Mechanics and Electromagnetism*. *Eur. J. Phys.* 25 (2004).
- Levrini, O., & diSessa, A. 2008. *How Students Learn from Multiple Contexts and Definitions: Proper Time as a Coordination Class*. *Phy. Rev. Spec. Topic-PER* 4, 010107 (2008).
- Mansyur, J., Setiawan, A., & Tjiang, P.C. 2009. *Phenomenographic Study of Students' and Teachers' Strategies in Physics Problem Solving*. *Proceedings the Third International Seminar on Science Education*, Bandung October 17th 2009. Bandung: Graduate School, Indonesia University of Education.
- Mansyur, J., Setiawan, A., Liliarsari & Tjiang, P.C. 2010a. *Effectiveness of Teachers' and Students' Early Stages in Physics Problem Solving*. *Jurnal Gravitasi*. Edisi Januari-Juni 2010. Palu: Universitas Tadulako (telah diterima untuk dipublikasikan).
- Mansyur, J., Setiawan, A., Liliarsari & Tjiang, P.C. 2010b. *The Stages of Students and Teachers in Solving Physics Jeopardy Problem: Case of Graph Deconstruction*. *Prosiding Seminar Nasional Fisika dan Pendidikan Sains*, Surakarta 08 Mei 2010. Surakarta: Program Pendidikan Sains Pascasarjana, Universitas Sebelas Maret.
- Mansyur, J., Setiawan, A. & Liliarsari. 2010c. *Model Mental Siswa, Mahasiswa dan Guru pada Hukum III Newton dalam Konteks Problem Solving: Kasus Gaya Impuls*. *Prosiding Seminar Nasional Pendidikan*, Bandar Lampung, 27 Februari 2010. Bandar Lampung: Universitas Lampung.
- Marton, F. 1986. *Phenomenography- A Research Approach to Investigating Different Understanding of Reality*. *Journal of Thought*, 1986, 21, 29-39.
- Redish, E. F. 1994. *The Implications of Cognitive Studies for Teaching Physics*. *Am. J. Phys.* 62, 796-803
- Sabella, M., & Redish, E.F. 2007. *Knowledge Activation and Organization in Physics Problem Solving*. *Am. J. Phys.* 75, 1017.
- Sherin, B. L. 2001. *How Students Understand Physics Equations*. *Cognition and Instruction*, 19(4), 479-541.
- Solaz-Portolés, J.J., & Lopez, V.S. 2007a. *Representations in Problem Solving in Science: Directions for Practice*. *Asia-Pacific Forum on Science Learning and Teaching*, Vol. 8, Iss. 2, Article 4 (Dec. 2007), (diakses 31 Mei 2008).
- Solaz-Portolés, J.J., & Lopez, V.S. 2007b. *Cognitive Variables in Science Problem Solving: A Review of Research*. *J. Phys. Tchr. Educ.*, 4(2), Winter 2007, (Online), (<http://www.phy.ilstu.edu/jpteo>), diakses 01 Juni 2008).
- Stamouli, I & Huggard, M. 2007. *Phenomenography as a Tool for Understanding Our Students*. *International Symposium for Engineering Education*, 2007, Dublin City University, Ireland, (Online), (<http://www.doras.dcu.ie/>), diakses 26 September 2008).
- Thaden-Koch, T.C. 2003. *A Coordination Class Analysis of College Students' Judgments about Animated Motion*. Ph.D Dissertation. Nebraska: University of Nebraska.
- Thaden-Koch, T.C., Dufresne, R.J., & Mestre, J.P. (2006). *Coordination of Knowledge in Judging Animated Motion*. *Phy. Rev. Spec. Topic-PER* 2, 020107 (2006).
- Uljens, M. 1996. *On The Philosophical Foundation of Phenomenography, In Reflections on Phenomenography—Toward a Methodology?* (online), (<http://www.ped.gu.se/>), diakses 17 September 2008).
- Van Heuvelen, A., & Maloney, D. 1999. *Playing Physics Jeopardy*. *American Journal of Physics*, 1999. 67, 252-256.

- Vosniadou, S. 1994. *Capturing and Modeling the Process of Conceptual Change*. Learning and Instruction, (4), 45-69.
- Walsh, L.N., Howard, R.G., & Bowe, B., 2007a. *Phenomenographic Study of Students' Problem Solving Approaches in Physics*. Phy. Rev. Spec. Topic-PER, 3, 020108 (2007).
- Walsh, L.N., Howard, R.G., & Bowe, B., 2007b. *An Investigation of Introductory Physics Students' Approaches to Problem Solving*. Level3 (5), June 2007.
- Wittmann, M. C. (1998). *Making Sense of How Students Come to Understanding of Physics: an Example Mechanical Waves*. Ph.D Dissertation., Maryland: University of Maryland, (Online), (<http://www2.physics.umd.edu>, diakses 14 September 2007)
- Wittmann, M. C. 2002. *The Object Coordination Class Applied to Wave Pulses: Analyzing Student Reasoning in Wave Physics*. International Journal of Science Education, 24(1), 97-118.