

## **DAMPAK PROGRAM PERKULIAHAN MEKANIKA BERBASIS MULTIPEL REPRESENTASI TERHADAP KECERDASAN SPASIAL MAHASISWA CALON GURU**

### ***IMPACT OF MULTIPLE REPRESENTATIONS-BASED MECHANICS LEARNING ON PROSPECTIVE PHYSICS TEACHERS' SPATIAL INTELLIGENCE***

**Ismet\***

Program Studi Pendidikan Fisika FKIP Universitas Sriwijaya, Palembang, Indonesia

Diterima: 9 April 2013. Disetujui: 2 Mei 2013. Dipublikasikan: Juli 2013

#### **ABSTRAK**

Telah dilakukan penelitian untuk menggali kompetensi mahasiswa dalam membangun beragam representasi dan melihat dampaknya terhadap kecerdasan spasial mahasiswa. Desain penelitian menggunakan *Mixed Methods Research* melalui *embedded experimental model*. Data kuantitatif dikumpulkan menggunakan instrumen tes kecerdasan spasial yang dikembangkan berdasarkan taksonomi kapasitas inti kecerdasan spasial, dan data kualitatif dikumpulkan melalui wawancara, analisis dokumen, angket. Hasil analisis kualitatif menunjukkan bahwa representasi mahasiswa belum konsisten antara satu representasi dengan representasi lainnya, namun demikian kompetensi multipel representasi mahasiswa dari waktu ke waktu meningkat semakin membaik mendekati representasi *expert*. Analisis kuantitatif menunjukkan bahwa rerata N-gain kecerdasan spasial kelas eksperimen 0,52 (kriteria sedang) lebih tinggi dari kelas kontrol 0,16 (kriteria rendah) sehingga pembelajaran mekanika berbasis multipel representasi dapat meningkatkan kecerdasan spasial mahasiswa. Peningkatan kecerdasan spasial terjadi pada semua indikator kapasitas inti kecerdasan spasial. Berdasarkan perhitungan *efek-size(d)* dan rerata N-gain, maka peningkatan paling kuat terjadi pada indikator representasi grafik ( $d = 4,66$ , dan  $N\text{-gain} = 0,65$ ).

#### **ABSTRACT**

A study has been conducted to explore students' ability in constructing multiple representations and examine its impact on students' spatial intelligence. This study employed a mixed-method with embedded experimental design. Quantitative data were collected using instruments of spatial intelligence test developed based on taxonomy of core capacities of spatial intelligence. Qualitative data were collected through interviews, document analysis, and questionnaires. Quantitative analysis showed that the initial representation of the students have not been consistent from one format representation to another. However, students' competencies of multiple representations were getting better and almost similar with expert's representation. Quantitative analysis showed that the average N-gain of 0.52 (medium category) of experimental class was higher than the N-gain of 0.16 (low criterion) of control class, so that multiple representations-based mechanics learning can improve students' spatial intelligence. The improvement of spatial intelligence occurred in all indicators of the core capacities of spatial intelligence, with the strongest increase in the indicator of graphic representation (the average N-gain = 0.65 and d-effect size = 4.66).

© 2013 Jurusan Fisika FMIPA UNNES Semarang

**Keywords:** multiple representations; mechanics; spatial intelligence

---

\*Alamat Korespondensi:  
E-mail: ismet\_physicunsri@yahoo.com

## PENDAHULUAN

Paradigma baru tentang pembelajaran memandang bahwa mengajar bukan lagi sekedar *how to teach*, tetapi lebih kepada *how to stimulate learning* (Bryan, 2005). Mengajar adalah aktivitas guru dalam mengubah lingkungan belajar dan menyiapkan stimulus, sehingga peserta didik dapat mengembangkan kecerdasannya agar menjadi pembelajar yang mandiri (*independent*) dan mampu mengatur dirinya sendiri (*self-regulated*) (Arends, 2008; Gardner, 1993). Yore & Hand (2010) menyatakan bahwa guru yang baik adalah guru yang mampu menginspirasi dan memotivasi peserta didiknya dalam belajar.

Pengembangan kecerdasan peserta didik harus menjadi perhatian dalam proses pembelajaran, karena dengan modal kecerdasan yang dimilikinya, peserta didik dapat berpikir dengan baik. Melalui aktivitas pengembangan kecerdasan, pada hakikatnya guru sedang melakukan aktivitas pengembangan kemampuan berpikir peserta didiknya. Dalam proses pembelajaran, membentuk pola berpikir itu merupakan suatu yang sangat penting dan harus dijadikan tujuan utama dari pembelajaran, karena kegiatan berpikir melibatkan aktivitas mental yang tinggi. Berpikir secara umum diasumsikan sebagai proses kognitif dalam memperoleh pengetahuan (Presseisen, 1985) dan berpikir melibatkan aktivitas dan proses mental yang sangat tinggi. Oleh karena itu pembelajaran yang dilakukan guru di kelas harus dapat mengajarkan cara berpikir yang dapat mempersiapkan peserta didiknya untuk terjun ke masyarakat dan dunia kerja.

Dalam dunia kerja ada konsensus yang berkembang tentang harapan dunia kerja terhadap hasil belajar peserta didik. Dunia kerjaitidak hanya membutuhkan orang-orang dengan penguasaan konten fisika yang memadai, namun juga orang-orang yang mempunyai keterampilan berfikir yang baik. Oleh karena itu perlu dikembangkan penelitian tentang cara baru pembelajaran fisika yang dapat membantu siswa mengembangkan cara berfikirnya. Walaupun demikian, penyampaian konten-konten fisika tetap dibutuhkan dan perannya lebih kepada sarana untuk mengembangkan kemampuan berfikir siswa. Penelitian tersebut memodelkan sistem pembelajaran sebagai sebuah transformator, yaitu piranti yang memungkinkan terjadinya transformasi yang efisien dari satu sistem ke sistem lain yang memiliki karakteristik yang sangat berbeda. Berdasar-

kan model tersebut perlu dibangun sistem pendidikan yang cocok dengan pikiran siswa maupun sumber (Van Heuvelen, 2001).

Fisika merupakan cabang sains yang mempelajari tentang fenomena alam yang berbentuk fisik. Untuk menjelaskan fenomena yang muncul, para ilmuwan membangun konsep-konsep dan teori-teori. Pengetahuan konseptual dalam fisika seringkali berupa simbol yang abstrak sehingga menjadi sulit untuk dipahami, dan hal ini menjadikan pelajaran fisika sering ditakuti peserta didik. Kesulitan peserta didik memahami simbol-simbol abstrak tersebut karena pikiran manusia ternyata tidak mampu memberikan tanggapan terbaik terhadap representasi yang bersifat abstrak.

Menurut pandangan psikologi kognitif, pikiran manusia cenderung mencocokkan setiap pengalaman baru dengan peristiwa sebelumnya, dan simbol-simbol dalam fisika pada umumnya bukan "peristiwa sebelumnya", sehingga wajar kalau siswa mengalami kesulitan memahaminya. Namun yang penting disini adalah bagaimana guru berusaha melakukan transisi secara halus untuk menyesuaikan pikirannya dengan pikiran peserta didik melalui pengulangan dalam situasi yang berbeda-beda (*multiple exposures*). Donald Norman mengatakan bahwa kekuatan kognisi bersumber dari kemampuan abstraksi dan representasi, yaitu kemampuan menyatakan persepsi, pengalaman, dan pikiran dalam berbagai cara (Van Heuvelen, 2001). Oleh karena itu strategi yang produktif dalam mengajar adalah dengan menyediakan berbagai representasi tentang suatu proses fisika, yaitu verbal, gambar atau sketsa, diagram, grafik, dan persamaan matematis. Dalam belajar, deskripsi suatu konsep sains akan menjadi lebih jelas manakala konsep-konsep tersebut disajikan dengan menggunakan beragam representasi (*multiple representations*) sekaligus. Kegiatan belajar kemudian difokuskan untuk menghubungkan antara ragam representasi untuk masing-masing konsep atau besaran serta hubungan antar konsep-konsep/besaran tersebut.

Etkina, *et.al* (2006) memandang keterampilan merepresentasikan konsep-konsep merupakan kompetensi ilmiah yang harus dikuasai oleh guru dengan baik. Kompetensi ilmiah ini meliputi keterampilan dalam merepresentasikan suatu informasi dengan beragam cara. McDermot (1990) secara lebih tegas menyatakan bahwa kemampuan merepresentasikan merupakan kemampuan dasar yang perlu dikembangkan melalui pembelajaran fisis-

ka. Mengingat pentingnya keterampilan merepresentasikan konsep-konsep ini, maka calon guru harus dibekali dengan kompetensi *multiple representation* (multipel representasi) seawal mungkin. Schmidt, Leland, & Richard (2011) memandang bahwa program penyiapan calon guru harus mampu menghasilkan calon guru yang memiliki kompetensi setinggi mungkin. Kompetensi multipel representasi diperlukan untuk pengembangan kompetensi profesional secara mandiri dan berkelanjutan.

Dalam perkuliahan di program Strata 1 program studi pendidikan fisika pada salah satu Lembaga Pendidikan Tenaga Kependidikan (LPTK) di Provinsi Sumatera Selatan, mekanika merupakan matakuliah wajib yang harus ditempuh mahasiswa. Mekanika mempelajari hubungan erat antara gaya, materi, dan gerak dengan lingkup kajian yang sangat lebar mulai dari benda-benda yang berukuran kecil, hingga benda-benda yang ukuran sangat besar. Banyak penelitian yang melaporkan bahwa konsep-konsep mekanika sangat sulit dipahami oleh mahasiswa, baik pada tingkat sarjana, program magister dan program doktor seperti yang dilaporkan oleh Shaffer dan McDermot (2005) dan Reif (1995).

Berdasarkan analisis terhadap materi ajar, ternyata mekanika kaya sekali dengan berbagai representasi (multiplerepresentasi) dan bila ditinjau dari substansi kajiannya, mekanika banyak membahas gerak benda dalam 1 dimensi (garis), 2 dimensi (bidang), dan 3 dimensi (ruang), sehingga substansi kajian mekanika juga kaya dengan unsur-unsur spasial. Dengan demikian perkuliahan mekanika menuntut mahasiswa untuk memiliki kecerdasan spasial (*spatial intelligence*). Dalam proses pembelajaran di sekolah atau perkuliahan di Perguruan Tinggi (PT), kecerdasan spasial belum menjadi perhatian guru atau dosen dalam mengajar (Jasmine, 2007). Dalam matakuliah Mekanika, kecerdasan spasial perlu menjadi perhatian karena berkaitan dengan kemampuan berpikir dalam dua dan atau 3 dimensi. Arends (2008) menyatakan kecerdasan spasial dalam pembelajaran berkaitan dengan kemampuan mengorganisasikan pengetahuan secara efektif dan kemampuan ini sangat dipengaruhi oleh struktur kognitif peserta didik. Struktur kognitif tersebut akan menentukan kemampuannya mengolah informasi, menangani ide dan hubungan antara satu ide dengan ide lainnya. Bellanca (2011) memandang kecerdasan spasial dalam pembelajaran berkaitan dengan kemampuan peserta didik dalam mem-

buat hubungan antar konsep, membuat grafik, diagram, membuat peta pikiran dan membangun model. Lazear (2004) mengidentifikasi taksonomi pemahaman kapasitas inti (*understanding the core capacities*) dari kecerdasan spasial yaitu a) Gambaran mental (*mental images*), b) Representasigrafik (*graphic representations*), c) Imajinasiaktif (*active imagination*), d) Mengenai hubungan antar objek (*recognition of relationship among object*), e) Orientasiruang (*orientation in space*), f) Persepsi akurat dari sudut pandang yang berbeda (*accurate perception from different angles*).

Dalam pembelajaran di kelas, kecerdasan spasial yang dijabarkan dalam berbagai indikator kemampuan dipandang sangat penting bagi keberhasilan mahasiswa. Penguasaan terhadap kemampuan tersebut dapat membantu dalam menyederhanakan persoalan, mengorganisasikan pengetahuan secara lebih efisien sehingga mudah dipahami, dan lebih mudah untuk dikomunikasikan. Oleh karena itu terlihat jelas pentingnya pengembangan kecerdasan spasial mahasiswa dalam pembelajaran.

Menurut Gardner (1993) bahwa kecerdasan pada dasarnya dapat dikembangkan. Temuan yang menarik dari penelitian Gardner bahwa guru dapat mengembangkan kecerdasan peserta didiknya secara lebih lengkap dan mendalam dan juga kecerdasan lain yang tidak menonjol pada diri peserta didiknya. Pada pihak lain guru juga dapat dibantu untuk mengembangkan kecerdasannya, sehingga dapat digunakan dalam pembelajaran untuk membantu peserta didiknya (Suparno, 2004). Temuan ini berimplikasi bahwa guru dapat mengembangkan kecerdasan spasial pada peserta didiknya walaupun kecerdasan spasial ini tidak menonjol pada diri peserta didiknya. Namun karena karakteristik materi subjek yang menuntut peserta didiknya memiliki kecerdasan spasial, maka kecerdasan spasial ini perlu dikembangkan pada peserta didik.

Berdasarkan uraian di atas, strategi yang produktif dalam pembelajaran untuk menanamkan konsep dan meningkatkan kecerdasan spasial mahasiswa adalah dengan menyediakan berbagai representasi tentang suatu proses fisika dengan menggunakan kata-kata (verbal), gambar atau sketsa, diagram, tabel, grafik, persamaan matematis. Tulisan ini memaparkan tentang desain pembelajaran mekanika berbasis multipel representasi dan dampaknya terhadap peningkatan kecerdasan spasial (*spatial intelligence*) mahasiswa calon

guru.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

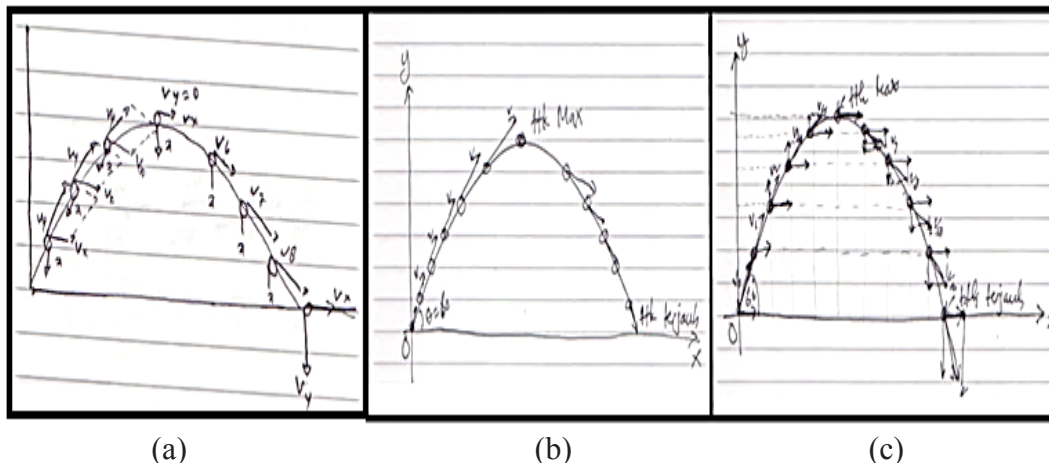
### METODE

Penelitian ini dilakukan pada semester ganjil tahun akademik 2012/2013 pada mata kuliah mekanika menggunakan desain *Mixed Methods Research* melalui *embedded experimental model* yang diadaptasi dari Creswell & Clark (2007). Data kuantitatif dikumpulkan menggunakan instrumen tes kecerdasan spasial terintegrasi, sedangkan data kualitatif dikumpulkan menggunakan lembar observasi, wawancara, dan angket. Tes kecerdasan spasial dikembangkan berdasarkan taksonomi pemahaman kapasitas inti (*understanding the core capacities*) dari kecerdasan spasial (Lazear, 2004). Analisis data kuantitatif digunakan untuk menganalisis peningkatan hasil belajar mahasiswa (kecerdasan spasial) berdasarkan hasil pretes dan postes. Perbedaan antara rerata skor postes dan pretes diuji signifikansi statistiknya dengan uji statistik parametrik (uji t satu ekor) karena sebaran data berdistribusi normal. Kekuatan peningkatan, diukur dengan menggunakan gain ternormalisasi (Bao, 2006; Hake, 1998) dengan kategori: tinggi ( $g > 0,70$ ), sedang ( $0,30 \leq g \leq 0,70$ ), dan rendah ( $g < 0,30$ ), sedangkan pengukuran Cohen's *d-effect size* (Ellis, 2010; Morgan *et al.*, 2004) dengan kriteria sangat besar ( $d \geq 0,90$ ), besar ( $0,70 \leq d < 0,90$ ), sedang ( $0,40 \leq d < 0,70$ ), dan kecil ( $d < 0,40$ ).

### Kompetensi multipel representasi mahasiswa

Program Perkuliahan Mekanika Berbasis Multipel Representasi (PPMB-MR) mengacu pada kerangka kerja *IF-SO (IF-SO framework)* yang dikemukakan Waldrup *et al.* (2010). Pada penelitian ini, kerangka kerja *IF-SO* tersebut dijabarkan ke dalam 7 fase, yaitu: (1) *fase penyajian fenomena*, (2) *fase identifikasi konsep-konsep kunci*, (3) *fase eksplorasi konsep*, (4) *fase konstruksi representasi*, (5) *fase internalisasi dan konsolidasi konsep*, (6) *fase evaluasi*, dan (7) *fase merepresentasikan kembali (re-represent)*.

Pelaksanaan perkuliahan mengacu pada fase-fase pembelajaran berdasarkan sintaks PPMB-MR di atas. Pembelajaran diawali dengan menyajikan fenomena gerak. Mahasiswa mengamati fenomena yang muncul dan mendiskusikan untuk mengidentifikasi konsep-konsep kunci pada gerak yang ditinjau. Penyajian fenomena berguna untuk menggiring mahasiswa menemukan konsep-konsep kunci pada topik yang dibahas. Mahasiswa bekerja dalam kelompok-kelompok kecil untuk mengidentifikasi konsep-konsep kunci. Langkah berikutnya, pembelajaran masuk pada fase eksplorasi konsep. Fase eksplorasi konsep ini berlangsung dengan cepat karena konsep-konsep kunci pada mekanika seperti posisi, perpindahan dan kecepatan merupakan



**Gambar 1.** Contoh representasi gambar hasil konstruksi mahasiswa untuk menjelaskan fenomena fisis gerak parabola. (a) dan (b) adalah representasi gambar awal gerak parabola, (c) gambar hasil rekonstruksi yang dapat merepresentasikan konsep-konsep fisis.



konsep-konsep dasar fisika yang sudah dipelajari mulai dari jenjang pendidikan Sekolah Menengah Pertama (SMP), Sekolah Menengah Atas (SMA), dan juga pada mata kuliah Fisika Dasar. Secara umum, pemahaman mahasiswa terhadap konsep-konsep kunci yang diidentifikasi secara verbal sudah relatif baik.

Pada fase konstruksi representasi, setiap kelompok mengkonstruksi multipel representasi untuk merepresentasikan konsep-konsep kunci yang diidentifikasi pada fase sebelumnya. Pada gambar 1.a dan 1.b diperlihatkan contoh representasi gambar topik gerak parabola yang dikonstruksi mahasiswa, dan representasi gambar yang dikonstruksi mahasiswa tersebut belum konsisten dengan representasi verbalnya. Secara verbal mahasiswa memahami bahwa dalam arah vertikal (sumbu- $y$ ) benda bergerak dengan kecepatan yang berubah secara konstan (percepatan konstan) dengan percepatan negatif. Tetapi representasi gambar yang mereka konstruksi tidak konsisten dengan representasi verbalnya. Gambar ini terkesan bahwa mahasiswa belum memahami apa yang mereka buat, sehingga gambar yang dikonstruksi belum dapat mengkomunikasikan konsep-konsep/ide-ide sains. Gambar yang salah atau kurang tepat dapat menyebabkan konsep-konsep yang direpresentasikan menjadi keliru, bahkan salah. Gambar 1.c adalah representasi gambar hasil rekonstruksi (*re-represent*) berdasarkan wawancara antara dosen dan mahasiswa dan gambar ini sudah dapat menjelaskan fenomena fisis dari gerak parabola serta sudah konsisten dengan representasi verbal.

Menurut Ainsworth, *et al.* (2011) bahwa dalam pembelajaran sains, membuat gambar merupakan bagian integral berpikir ilmiah. Gambar dapat berguna untuk merepresentasikan konsep-konsep sains, membantu peserta didik berpikir, meningkatkan keterlibatan mahasiswa dalam belajar, dan untuk mengkomunikasikan ide-ide. Selain itu gambar juga berfungsi sebagai sarana untuk memvisualisasikan konsep-konsep fisika. Para ilmuwan juga sering menggunakan gambar-gambar, diagram-diagram, grafik-grafik, dan fotografi untuk menjelaskan fenomena-fenomena sains yang mereka temukan sehingga dapat membangkitkan rasa ketertarikan masyarakat. Oleh karena itu dalam pembelajaran, gambar harus dapat menjelaskan konsep-konsep/fenomena-fenomena sains agar lebih mudah dipahami.

Fase internalisasi dan konsolidasi konsep dilakukan melalui presentasi mahasiswa

dan selanjutnya dilakukan interaksi antara dosen dan mahasiswa untuk mengkonsolidasikan pemahaman terhadap konsep yang dibahas. Langkah ini berguna untuk melihat apakah representasi yang dibangun konsisten dengan representasi yang lainnya dan sekaligus untuk melihat apakah terdapat miskonsepsi terhadap konsep. Berikut adalah cuplikan wawancara dosen (D)-mahasiswa (M).

D: *"Menurut yang anda ketahui, gerak jenis apa yang dilakukan bola dalam arah horizontal dan vertikal"*

M: *"Dalam arah horizontal GLB dan arah vertikal GLBB"*

D: *"Ya, ok. Tapi coba anda perhatikan representasi gambar yang anda buat, apa ada yang salah?" Bukankah representasi anda terbalik? GLB pada arah vertikal dan GLBB dalam arah horizontal!"*

M: *"Ooh, iya salah"*

D: *"Bagaimana seharusnya gambar yang anda buat?"*

M: *"Berarti perubahan posisi dalam arah vertikal semakin lama semakin kecil, sedangkan dalam arah horizontal selalu tetap"*

D: *"Ya, bagus. Coba anda gambar ulang lintasan geraknya."*

Berdasarkan cuplikan wawancara di atas tampak bagaimana belum konsistennya antara satu representasi dengan representasi lainnya yang dibangun mahasiswa. Demikian juga dengan penguasaan mahasiswa secara verbal juga masih cenderung bersifat hapalan, sangat dangkal, dan belum bermakna. Hal ini terbukti pada saat pemahaman mahasiswa secara verbal digali secara mendalam, mereka tidak dapat menjelaskan dengan baik seperti diperlihatkan pada wawancara antara dosen (D)-Mahasiswa (M) dalam kasus menentukan arah kecepatan benda berikut.

D: *"Sekarang coba anda gambarkan vektor kecepatannya pada titik-titik lintasan yang sudah anda buat!"*

M: Mahasiswa menggambarkan vektor kecepatan pada setiap titik yang dia pilih

D: *"Mengapa anda menggambar demikian, mengapa vektor kecepatannya semakin besar? katanya semakin ke atas semakin berkurang"*

M: *"Maaf keliru"*

D: *"Jadi yang benarnya bagaimana?"*

M: *"Semakin ke atas semakin pendek (sambil memperbaiki representasi nya)"*

D: *"Kemana arahnya?"*

M: *"Selalu menyinggung lintasannya"*

D: "Ok, bagus, tetapi bisakah anda menjelaskannya mengapa demikian?"

M: (mahasiswa bingung)," tapi begitu yang dijelaskan dalam pembelajaran dan buku-buku yang saya baca"

Ketidak mampuan mahasiswa menjelaskan arah vektor kecepatan benda pada setiap titik pada gerak parabola dapat dibantu dengan pendekatan multipel representasi dengan cara meminta mahasiswa untuk menggambarkan komponen vektor kecepatan benda setiap saat pada titik-titik yang sudah ditentukan dan selanjutnya mahasiswa menggambarkan resultan vektor kecepatan antara kecepatan pada bidang horizontal dan bidang vertikal seperti yang diperlihatkan pada gambar 1.c. Berdasarkan representasi gambar tersebut, mahasiswa baru mengerti makna ungkapan verbal yang diucapkannya bahwa "arah kecepatan benda pada setiap titik selalu menyinggung lintasannya".

Selain mahasiswa mengkonstruksi representasi gambar, mahasiswa juga merepresentasikan konsep-konsep ke dalam representasi grafik. Kompetensi mahasiswa dalam mengkonstruksi grafik sudah relatif baik, hanya ada kekurangan dalam label grafiknya, serta masih tercampur antara besar percepatan dengan percepatan. Kemampuan mahasiswa dalam mengkonstruksi grafik ini tentunya tidak terlepas dari proses pembelajaran pada topik-topik sebelumnya. Ternyata mahasiswa dapat menerapkan pengetahuan yang sudah dikuasai sebelumnya pada topik gerak dalam 1-Dimensi pada topik gerak da-

lam bidang (2-Dimensi). Kelemahan lainnya adalah grafik percepatan benda saat benda bergerak vertikal ke atas (naik) dan saat vertikal ke bawah (turun) besarnya berbeda, dan representasi ini juga tidak konsisten dengan representasi verbal mahasiswa. Secara verbal mahasiswa memahami bahwa antara naik dan turun, besar percepatan benda sama, hanya berbeda arahnya saja. Grafik hasil konstruksi mahasiswa ditampilkan pada gambar 2.

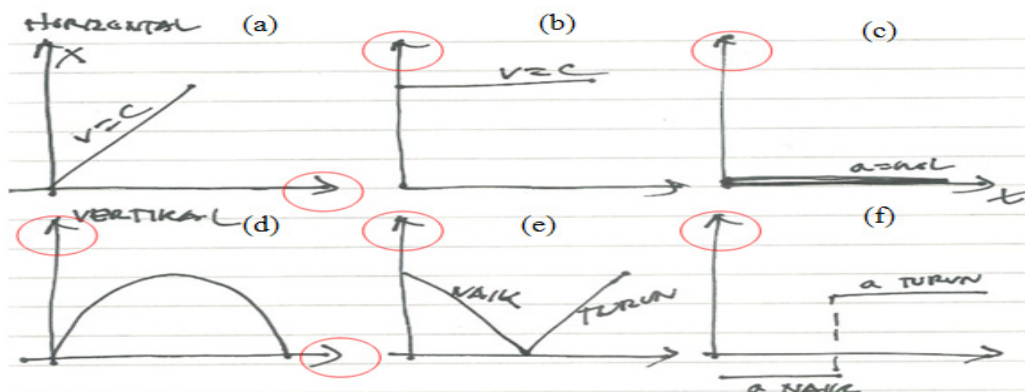
Kompetensi mahasiswa dalam membuat representasi matematis sudah relatif baik. Mahasiswa sudah dapat merepresentasikan konsep posisi, kecepatan, dan percepatan, baik dalam unttuk komponen arah horizontal, maupun dalam arah vertikal. Berikut adalah wawancara antara dosen (D) dan mahasiswa (M) pada saat mahasiswa membangun representasi matematis.

D: "Bagaimana dengan perumusan persamaan gerak pada gerak parabola?"

M: " Tinggal terapkan saja persamaan gerak pada GLB dan GLBB sesuai dengan jenis geraknya, dan saya pikir sama dengan rumus-rumus GLB dan GLBB sebelumnya"

D: " Ok, anda benar sekali, tetapi silahkan anda rumuskan!"

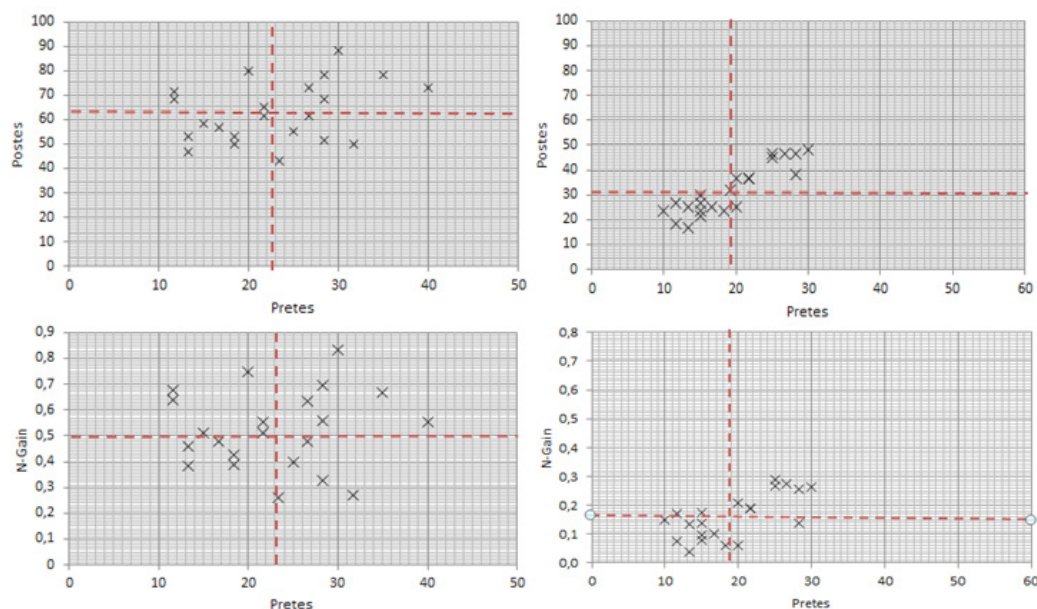
Pada bagian akhir perkuliahan dilakukan evaluasi terhadap hasil kerja yang sudah dibangun mahasiswa (multipel representasi) dan membandingkan dengan representasi expert. Langkah ini terus dilakukan dari pertemuan ke pertemuan sehingga dapat memberikan informasi sejauh mana kemajuan yang dicapai mahasiswa dalam membangun representasi-



**Gambar 2.** Contoh grafik yang dikonstruksi mahasiswa pada gerak parabola. Tanda lingkaran merah menunjukkan bahwa grafik yang dikonstruksi belum menyertakan nama sumbu. Bentuk grafik a, b, c, dan d pada gambar sudah benar, sedangkan grafik e dan f masih terdapat kesalahan.

Horizontal (GLB)	Vertikal (GLBB)
$v = \text{konstant}$ $x = v \cdot t$ $v = v_{0x}$ $= v_0 \cos \alpha$	$a = \text{konstant}$ $y = v_{0y}t + \frac{1}{2}at^2$ $v_t = v_{0y} + gt$ $\begin{cases} a < 0 \Rightarrow \text{naik} \\ a = g \\ a > 0 \Rightarrow \text{turun} \end{cases}$ $y = v_{0y}t + \frac{1}{2}gt^2$ $= v_0 \sin \alpha t + \frac{1}{2}gt^2$
$\vec{r}(t) = \hat{i}x + \hat{j}y$ $= \hat{i}(vt) + \hat{j}(v_0 \sin \alpha t + \frac{1}{2}gt^2)$ $\vec{v}(t) = \hat{i}v_x + \hat{j}v_y$ $= \hat{i}v_0 \cos \alpha + \hat{j}(v_0 \sin \alpha + gt)$	

**Gambar 3.** Contoh representasi dalam format matematika yang dirumuskan mahasiswa.



(a) Kelas eksperimen

(b) Kelas kontrol

**Gambar 4.** Diagram pencar skor postes-pretes dan N-Gain-pretes. Garis putus-putus menunjukkan rerata pretes, postes, dan N-Gain

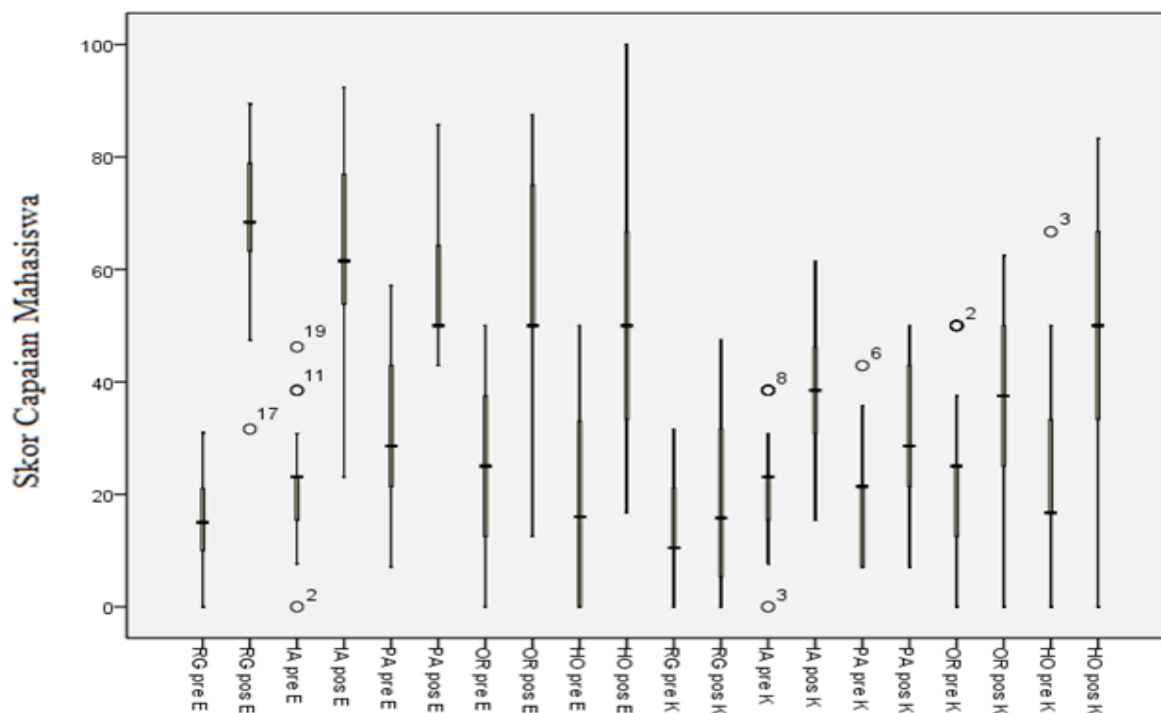
konsep-konsep fisika.

Kemampuan mahasiswa dalam merepresentasikan konsep-konsep ke dalam beragam representasi (multipel representasi) dari waktu ke waktu telah mengalami kemajuan yang positif. Pemahaman mahasiswa terhadap konsep-konsep dasar mekanika juga mulai bergeser dari sekedar bersifat hapalan (*narrow level*) ke *deep level*. Representasi mahasiswa dari waktu ke waktu sudah mulai konsisten antara satu representasi dengan representasi lainnya. Kemampuan mahasiswa membangun representasi melalui gambar, diagram, grafik,

dan menyatakan hubungan antar konsep-konsep merupakan salah satu kecerdasan yang dinamakan kecerdasan spasial.

#### Dampak multipel representasi terhadap Kecerdasan spasial

Diagram pencar hasil tes kecerdasan spasial konteks mekanika diperlihatkan pada gambar 4. Pada gambar terlihat bahwa rerata capaian skor postes (63,00) kelas eksperimen jauh lebih tinggi dibandingkan terhadap rerata capaian postes kelas kontrol (31,90). Pada diagram pencar pada gambar 4, juga dapat dilihat



Sumber Data

**Gambar 5.** Box-plot pretes-postes untuk setiap indikator kapasitas inti kecerdasan spasial. Pre: Pretes, Pos: Postes, RG: Representasi Grafik, IA: Imajinasi Aktif, PA: Persepsi Akurat, OR: Orientasi ruang, HO: Hubungan Antar Objek, E: kelas eksperimen, dan K: kelas kontrol

bahwa skor setiap individu pada kelas eksperimen berada di atas rerata skor penguasaan konsep kelas kontrol dan skor maksimum kelas kontrol berada di bawah rerata skor penguasaan konsep kelas eksperimen. Demikian juga dengan rerata N-gain pada kelas eksperimen (0,52) jauh lebih tinggi dari N-gain kelas kontrol (0,16). Dari gambar 5. terlihat bahwa rerata skor postes kelas eksperimen (63,00) berada di atas skor tertinggi (maksimum) kelas kontrol (48,33), dan skor terendah (minimum) kelas eksperimen kelas eksperimen (43,30) berada di atas rerata skor kelas kontrol (31,90).

Pada gambar 5 diperlihatkan *box-plot* skor pretes-postes pada setiap indikator kecerdasan spasial dan terlihat bahwa terjadi peningkatan skor kecerdasan spasial pada setiap indikator kecerdasan spasial. Sebaran skor paling lebar terjadi pada indikator hubungan antar objek kelas eksperimen, tetapi skor capaian rerata terjadi pada indikator representasi grafik kelas eksperimen, dan skor rerata paling rendah pada indikator representasi grafik kelas kontrol.

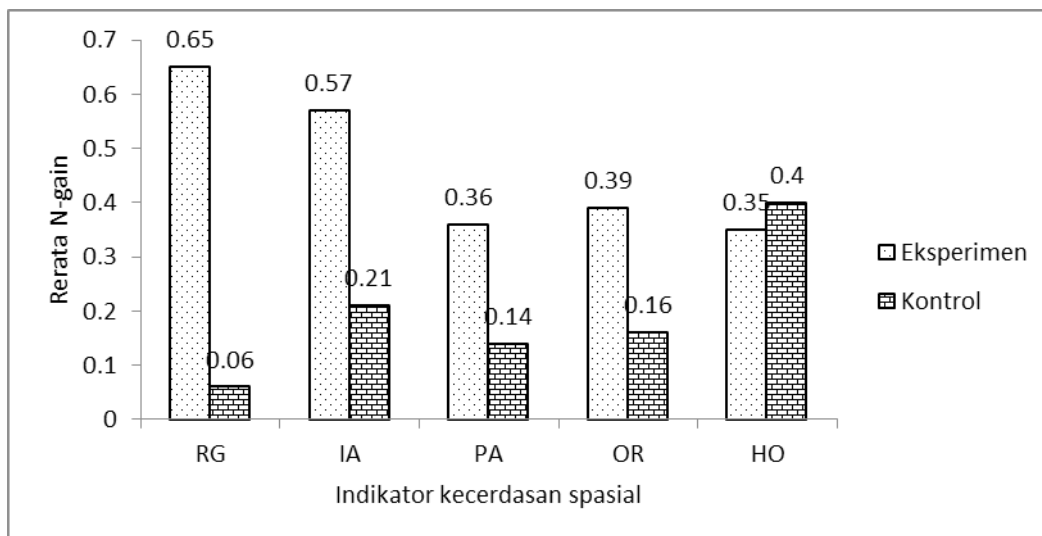
Hasil perhitungan N-gain tes kecerdasan spasial pada setiap indikator kapasitas inti kecerdasan spasial ditunjukkan pada gambar 6.

Peningkatan N-gain pada indikator kapasitas inti kecerdasan spasial paling tinggi berturut-turut pada kelompok eksperimen adalah indikator representasi grafik (0,65), imajinasi aktif (0,57), orientasi ruang (0,39), persepsi akurat (0,36), dan hubungan antar objek (0,35). Sedangkan pada kelompok kontrol berturut-turut adalah hubungan antar objek (0,40), imajinasi aktif (0,21), orientasi ruang (0,16), persepsi akurat (0,14), representasi grafik (0,06).

Pada gambar 6 ditampilkan perbandingan N-gain antara kelas eksperimen dan kelas kontrol. Pada gambar terlihat bahwa kecenderungan grafik antara kedua kelas sampel sangat berbeda. N-gain tertinggi pada kelas eksperimen terjadi pada indikator representasi grafik, dan justru merupakan N-gain terendah pada kelas kontrol. Demikian juga N-gain tertinggi pada kelas kontrol terjadi pada indikator hubungan antar objek, dan justru merupakan N-gain terendah pada kelas eksperimen untuk indikator yang sama.

Untuk melihat indikator kecerdasan spasial mana yang mengalami peningkatan paling kuat, maka dilakukan dengan penghitungan *effect-size (d)* dan rerata N-gain. Hasil perhitungan disajikan pada tabel 1. Berdasarkan





**Gambar 6.** Perbandingan N-gain kelas eksperimen dan kelas kontrol pada tiap indikator kecerdasan spasial. RG: Representasi Grafik, IA: Imajinasi Aktif, PA: Persepsi Akurat, OR: Orientasi ruang, HO: Hubungan Antar Objek.

**Tabel 1.** Rerata N-gain dan *effect size* (*d*) kelas eksperimen untuk setiap indikator kapasitas inti kecerdasan spasial (KS)

Indikator KS	N-gain		Effect Size ( <i>d</i> )	
	Nilai	Kategori	Nilai	Kategori
RepresentasiGrafik	0,65	sedang	4,66	SangatBesar
ImajinasiAktif	0,57	sedang	2,98	SangatBesar
PersepsiAkurat	0,36	sedang	1,08	SangatBesar
HubunganAntar Objek	0,39	sedang	1,97	SangatBesar
OrientasiRuang	0,35	sedang	0,81	Besar

perhitungan *effect size* (*d*), peningkatan paling tinggi terjadi pada indikator representasi grafik (RG), kemudian berturut-turut adalah indikator imajinasi aktif (IA), persepsi akurat (PA), hubungan antar objek (HO), dan orientasi ruang (OR). Hasil yang dicapai ini sangat berbeda dengan kompetensi awal multipel representasi mahasiswa seperti yang dilaporkan (Ismet, dkk., 2012), dimana kompetensi representasi grafik merupakan kompetensi yang paling rendah.

Hasil analisis data yang disajikan menunjukkan bahwa rerata peningkatan N-gain kecerdasan spasial kelas eksperimen lebih tinggi dari pada rerata peningkatan N-gain kecerdasan spasial pada kelas kontrol untuk semua indikator kecerdasan spasial. Peningkatan N-gain tertinggi pada indikator representasi grafik yaitu sebesar 65% (berada dalam kategori sedang), dan terendah pada indikator hubungan antar objek yaitu sebesar 35% (kategori sedang). Peningkatan yang tinggi pada indikator representasi grafik memberikan kon-

tribusi yang tinggi pada peningkatan kecerdasan spasial dan hasil ini sesuai dengan Wiebe *et al.* (2008) bahwa grafik sangat berperan dalam pengembangan kecerdasan spasial siswa.

Peningkatan yang sangat tinggi pada indikator representasi grafik (RG) dapat disebabkan oleh intervensi yang dilakukan melalui pembelajaran berbasis multipel representasi, yaitu pembelajaran yang kaya dengan beragam representasi (grafik, gambar, matematik, dan verbal). Selain itu, karakteristik materi subjek mekanika melibatkan banyak sekali variabel-variabel fisis sehingga menarik untuk direpresentasikan melalui grafik. Hubungan fungsional antara variabel-variabel fisis dalam suatu fenomena dapat divisualkan dalam bentuk grafik (Suhandi dan Wibowo, 2012; dan Bektasli (2006) dan aktivitas pembelajaran untuk menyatakan interaksi antara variabel fisis dapat dilakukan dengan aktivitas mengkonstruksi grafik. Sebagai contoh, penggunaan grafik pada kajian kinematika gerak translasi konsep kecepatan yang dapat direpresentasi-

kan melalui grafik posisi terhadap waktu ( $x-t$ ), grafik kecepatan terhadap waktu ( $v-t$ ), dan grafik percepatan terhadap waktu ( $a-t$ ).

Hal yang menarik pada penelitian ini adalah bahwa pola kecenderungan (*trend*) N-gain pada kedua kelas sampel (eksperimen dan kontrol) sangat berbeda, malahan bertolak belakang seperti diperlihatkan pada gambar 6. Pada kelas eksperimen, indikator yang paling tinggi peningkatannya adalah indikator representasi grafik dan paling rendah pada indikator hubungan antar objek, sedangkan pada kelas kontrol peningkatan N-gain paling tinggi terjadi pada indikator hubungan antar objek dan paling rendah pada indikator representasi grafik. Hasil ini menunjukkan bahwa pembelajaran yang berlangsung secara konvensional tidak dapat mengembangkan kemampuan mahasiswa dalam merepresentasikan grafik, dan kemampuan representasi grafik harus diajarkan dan dilatihkan pada mahasiswa melalui pembelajaran yang kaya dengan beragam representasi. Pernyataan ini didukung kuat oleh bukti hasil pretes yang diperlihatkan pada *box-plot* pretes-postes pada setiap indikator kecerdasan spasial seperti pada gambar 5. Sebelum ada intervensi dalam pembelajaran menggunakan program perkuliahan berbasis multipel representasi, rerata skor representasi grafik pada kelas eksperimen (15,5%) dan kelas kontrol (13,9%) sama-sama berada pada posisi paling rendah. Setelah implementasi, kemajuan representasi grafik kelas eksperimen meningkat dengan tajam (65%), sedangkan pada kelas kontrol hanya meningkat sedikit (18,6%).

Bektasli (2006) menyatakan bahwa banyak para peneliti dalam bidang pendidikan sains mencari cara untuk meningkatkan hasil belajar sains siswanya. Satu cara yang direkomendasikan adalah menggunakan representasi grafik, dan representasi grafik memiliki peran penting dalam pembelajaran. Dalam pendidikan sains, representasi grafik secara luas sudah digunakan, terutama fisika. Grafik dapat digunakan sebagai alternatif dalam menggunakan formulasi matematika yang abstrak. Wittmann (2006) menyatakan bahwa grafik dapat dijadikan sebagai sumber pembelajaran dan dapat berguna untuk merepresentasikan perubahan konsep. Menurut Bektasli (2006) dan Wavening (Nasution, 2000) bahwa grafik dapat dijadikan alat bantu untuk menganalisis hubungan diantara variabel-variabel fisis. Grafik dapat memudahkan dalam menjelaskan hubungan antar konsep, sekaligus grafik da-

pat menyajikan data secara lebih jelas, padat, singkat dan sederhana.

Pentingnya mengajarkan kemampuan membangun grafik pada mahasiswa karena beberapa alasan. Alasan tersebut menurut Bektasli (2006) adalah sebagai berikut: (1) Grafik mewakili banyak informasi dan dapat menunjukkan hubungan antara variabel. (2) Ada banyak rumus dalam fisika yang merupakan representasi abstrak. Sebagian besar formulasi di fisika dapat disajikan dengan menggunakan grafik. Penggunaan grafik dapat menjadi alternatif untuk penggunaan formulasi (rumusan) abstrak, atau setidaknya dapat digunakan rumus secara bersamaan dengan representasi grafik untuk meningkatkan pemahaman siswa terhadap konsep-konsep fisika.

Demikian juga peningkatan pada indikator kecerdasan spasial lainnya. Terjadinya peningkatan yang sangat tinggi diduga dapat disebabkan representasi pembelajaran diperkaya gambar-gambar, model, dan juga representasi dalam format dinamis menggunakan program-program animasi dan simulasi seperti *PhET*, *Physics Clips*, *Video Tracker*. Matlin (2009) menyatakan bahwa representasi gambar sangat membantu dalam penyampaian informasi, sehingga informasi yang diterima dapat tersimpan dalam waktu yang lebih lama dalam memori jangka panjang (*longterm memory*) peserta didik.

Kasus pada pokok bahasan gerak rotasi, penggunaan representasi dalam format dinamis menggunakan program *PhET* dan video *physic clips* sangat membantu mahasiswa meningkatkan kemampuan imajinasi aktif. Penggunaan representasi gambar dan representasi dalam format dinamis juga sangat menguntungkan dalam pembelajaran yang banyak menampilkan orientasi arah pada besaran-besaran fisis seperti kecepatan, percepatan, gaya, kecepatan sudut, percepatan sudut, dan momen gaya (torsi). Demikian juga dengan penggunaan representasi dalam format matematis dalam pembelajaran dapat membantu mahasiswa mengembangkan kemampuan analisis yang mendalam terhadap persoalan yang dikaji sehingga mampu mengembangkan kemampuan prediktif (meramal) dan kemampuan berimajinasi terhadap kemungkinan yang akan terjadi.

Indikator kecerdasan spasial yang paling rendah yang dicapai mahasiswa pada kelas eksperimen adalah pada indikator persepsi akurat pada pokok bahasan gerak rotasi dengan N-gain sebesar 0,12 (kategori rendah),

dan *effect size*  $d = 0,39$  (kategori kecil). Persepsi akurat adalah kemampuan mahasiswa menggunakan pengetahuan yang sudah ada untuk mengenal perbedaan antar objek dari sudut pandang berbeda, dan rendahnya kemampuan mahasiswa pada indikator persepsi akurat menandakan juga lemahnya pemahaman konsep yang dimiliki mahasiswa.

Kemampuan mahasiswa dalam memahami grafik, gambar, diagram, tabel, charta, peta konsep, peta pikiran, dan kemampuan membangun model dianggap sebagai suatu bentuk kecerdasan yaitu kecerdasan spasial, dan kecerdasan spasial ini dipandang sangat penting bagi keberhasilan mahasiswa dalam belajar. Demikian juga penggunaan beragam representasi dalam pembelajaran dapat mengurangi kesan abstrak konten-konten fisika.

## PENUTUP

Perkuliahan mekanika berbasis multipel-representasi dapat memperkaya pengalaman mahasiswa memahami konsep-konsep fisika dengan representasi yang beragam seperti representasi visual, grafik, gambar, verbal, dan matematis. Kemampuan mahasiswa dalam merepresentasikan konsep-konsep ke dalam beragam representasi (multipel representasi) dari waktu ke waktu telah mengalami kemajuan yang positif. Pemahaman mahasiswa terhadap konsep-konsep dasar mekanika juga mulai bergeser dari sekedar bersifat hapalan (*narrow level*) ke *deep level*. Representasi mahasiswa dari waktu ke waktu sudah mulai konsisten antara satu representasi dengan representasi lainnya. Peningkatan kecerdasan spasial terjadi pada semua indikator kapasitas inti kecerdasan spasial. Berdasarkan perhitungan *efek-size* ( $d$ ) dan rerata  $N$ -gain, maka peningkatan paling kuat terjadi pada indikator representasi grafik ( $d = 4,66$ , dan  $N$ -gain = 0,65). Rerata  $N$ -Gain pada kelompok eksperimen berada pada kategori sedang, dan pada kelompok kontrol terdistribusi pada kategori rendah. Dilihat dari kategori  $N$ -gain pada kedua kelompok sampel terlihat bahwa kelompok eksperimen lebih baik dari kelompok kontrol. Dengan demikian dapat dikatakan bahwa pembelajaran mekanika berbasis multipel representasi dapat meningkatkan kecerdasan spasial mahasiswa.

## DAFTAR PUSTAKA

- Ainsworth S., Prain V., and Tytler, R. 2011. Drawing to Learn in Science. *Science*.(333):1096-1097
- Arends, R. I. 2008. *Learning to Teach*. Yogyakarta: Pustaka Pelajar
- Bao, L. 2006. Theoretical comparisons of average normalized gain calculations. *Am. J. Phys.*, 74 (10): 917- 922
- Bektasli, B. 2006. *The Relationships Between Spatial Ability, Logical Thinking, Mathematics Performance And Kinematics Graph Interpretation Skills Of 12th Grade Physics Students*. Disertasi tidak diterbitkan. Ohio: The Ohio State University
- Bellanca, J. 2011. *200+Strategi dan Proyek Pembelajaran Aktif untuk Melibatkan Kecerdasan siswa (Edisi kedua)*. Jakarta: Indeks
- Bryan, J. 2005. Physics activities for family math and science nights. *Journal of Physics Teacher Education Online*. 3(2): 19-21
- Ellis, P. D. 2010. *The essential guide to effect sizes: Statistical power, meta-analysis, and the interpretation of research results*. New York: Cambridge Univ. Press.
- Etkina, E., Warren, A., & Gentile, M. 2006. "The role of models in physics instruction". *Phys. Teach.* (44):34-39
- Gardner, H. 1993. *Multiple Intelligences: The Theory in Practice*. New York: Basic Books.
- Hake, R. R. 1998. Interactive-engagement vs traditional methods: A six-thousand-student survey of mechanics test data for introductory physics courses. *Am. J. Phys.*, 66 (1): 64-74
- Lazear, D. 2004. *Higher-Order Thinking the multiple Intelligences Way*. Chicago: Zephyr Press.
- Matlin, M.W. 2009. *Cognitive Psychology* (7<sup>th</sup> Ed). New York: John Wiley & Sons.
- McDermott, L. C. 1990. "Research and computer-based instruction: Opportunity for interaction," *Am. J. Phys.* (58): 452-462.
- Morgan, G. A., et al. 2004. *SPSS for introductory statistics: Use and interpretation 2<sup>nd</sup> edition*. New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates Inc.
- Nasution, S.B. 2000. *Kemampuan Siswa dalam Memahami Grafik tentang Konsep Kinematika Gerak Lurus*. Tesis tidak diterbitkan. Bandung: SPSUPI
- Presseisen, B.Z. 1985. "Thinking Skills: Meanings and Models", dalam *Developing Minds. A Resource Book for Teaching Thinking*. Alexandria: ASCD
- Reif, Frederick. 1995. "Millikan Lecture 1994: Understanding and teaching important scientific thought processes," *Am. J. Phys.* (63): 17-32
- Schmidt, W. H., Cogan, L., & Richard, H. 2011. The role of opportunity to learn in teacher preparation: an international context. *Journal of Teacher Education*. 62 (2): 138-153
- Shaffer, P.S. & McDermott, L.C. 2005. "A Research-based Approach to Improving Student Understanding of The Vector Nature of Kinematical concepts". *Am. J. Phys.* 73 (10): 921-931
- Suhandi, A. dan Wibowo, F.C. 2012. Pendekatan

- Multirepresentasi Dalam Pembelajaran Usaha-Energi dan Dampak Terhadap Pemahaman Konsep Mahasiswa. *Jurnal Pendidikan Fisika Indonesia*. (8): 1-7
- Suparno, P. 2004. *Teori inteligensi Ganda dan Aplikasinya*. Yogyakarta; Kanisius.
- Van Heuvelen, A. 2001. Millikan Lecture 1999: The workplace, Student Minds, and Physics Learning Systems. *Am. J. Phys.* 69(11):1139-1146
- Waldrif, B., Prain, V., and Carolan, J. 2010. Using Multi-Modal Representations to Improve Learning in Junior Secondary Science. *Res Sci Educ.* (40):65–80
- Wiebe, Eric N. *et al.* 2008. Improving Early Spatial Intelligence Through Science Notebook Graphic Production: Effective Elementary Classroom Practices. *Conference on Research and Training in Spatial Intelligence, Evanston, IL*
- Yore, L.D. & Hand, B. 2010. Epilogue: Plotting a Research Agenda for Multiple Representations, Multiple Modality, and Multimodal Representational Competency. *Springer Res Sci Educ* (40):93–101