

Dr. Abdurrahman, M.Si.

PEMBELAJARAN SAINS MELALUI PENDEKATAN REPRESENTASI JAMAK

Merancang Pembelajaran Sains Inovatif Berbasis Riset

PEMBELAJARAN SAINS MELALUI PENDEKATAN REPRESENTASI JAMAK

**Merancang Pembelajaran Sains Inovatif
Berdasarkan Riset**

PEMBELAJARAN SAINS MELALUI PENDEKATAN REPRESENTASI JAMAK

**Merancang Pembelajaran Sains Inovatif
Berbasis Riset**

Dr. Abdurrahman, M.Si.

 **media akademi**

Pembelajaran Sains Melalui Pendekatan Representasi Jamak; Merancang Pembelajaran Sains Inovatif Berbasis Riset

oleh Dr. Abdurrahman, M.Si

Hak Cipta © 2016 pada penulis



Ruko Jambusari 7A Yogyakarta 55283

Telp: 0274-889398; 0274-882262; Fax: 0274-889057;

E-mail: info@mediaakademi.com; Web: www.mediaakademi.com

Hak Cipta dilindungi undang-undang. Dilarang memperbanyak atau memindahkan sebagian atau seluruh isi buku ini dalam bentuk apa pun, secara elektronik maupun mekanis, termasuk memfotokopi, merekam, atau dengan teknik perekaman lainnya, tanpa izin tertulis dari penerbit.

Tajuk Entri Utama: Abdurrahman

Pembelajaran Sains Melalui Pendekatan Representasi Jamak; Merancang Pembelajaran Sains Inovatif Berbasis Riset/Abdurrahman

- Edisi Pertama. Cet. Ke-1. - Yogyakarta: Media Akademi, 2016
viii + 60 hlm.; 25 cm

Bibliografi.:

ISBN :

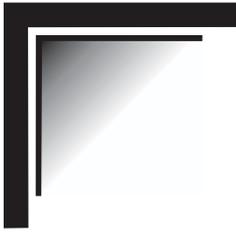
E-ISBN :

1.

I. Judul

.....

Semua informasi tentang buku ini, silahkan scan QR Code di cover belakang buku ini



KATA PENGANTAR

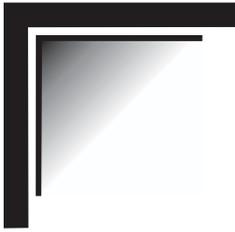
Buku Referensi ini merupakan seri perancangan pembelajaran sains inovatif berbasis riset. Pendekatan *multiple representations* atau *multi-modal representations* yang dalam bahasa Indonesia diterjemahkan menjadi representasi jamak, merupakan salah satu pendekatan pembelajaran sains yang saat ini menjadi *trending topic* pembelajaran sains yang aktif dan inovatif. Secara alamiah sajian alam semesta yang diwakili dengan berbagai representasi, merupakan pemikiran yang mendasari pentingnya keterampilan mengkonstruksi berbagai format representasi oleh siswa ketika belajar sains. Semakin baik siswa dalam mengkonstruksi berbagai representasi dalam menjelaskan suatu konsep, maka siswa akan semakin menguasai konsep tersebut secara baik pula.

Melalui buku referensi ini diharapkan guru dan siswa terinspirasi dan secara bersinergi menciptakan pembelajaran sains yang inovatif dan efektif, sehingga akan meningkatkan kualitas pendidikan sains secara umum. Hal ini cukup beralasan karena berdasarkan hasil survey global kualitas pembelajaran sains, terutama hasil survey PISA tahun 2015, menunjukkan bahwa literasi sains remaja Indonesia masih sangat rendah. Melalui buku ini diharapkan guru sebagai inovator pembelajaran sains mampu mengembangkan sejumlah inovasi pembelajaran sains yang berorientasi pada sejumlah peningkatan kapasitas dan daya kompetitif pelajar Indonesia dalam bidang sains.

Ucapan terimakasih kepada semua pihak yang telah membantu menyelesaikan tulisan ini dan semoga buku ini bermanfaat khususnya bagi para peneliti bidang pembelajaran sains serta guru peneliti dan pengembang produk-produk pembelajaran sains, sehingga semua kita bisa berkontribusi secara konstruktif bagi kemajuan pendidikan sains nasional.

Bandar Lampung, Oktober 2016-12-17

Penulis



DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Urgensi Representasi Jamak dalam Pembelajaran Sains	1
1.2 Kerangka Pendekatan Pembelajaran Berbasis Representasi Jamak	4
1.3 Representasi Jamak dan Inkuiri Ilmiah untuk Membangun Literasi	8
Daftar Pustaka	11
BAB 2 KONSTRUKSI REPRESENTASI JAMAK	15
2.1 Mode Dan Fungsi Representasi	15
2.2 Karakteristik Strategi Pembelajaran Berbasis Representasi Jamak	23
2.3 Dampak Skill Representasi Jamak Terhadap Penguasaan Konsep Sains	26
2.4 Representasi Visual: Strategi Efektif <i>Problem Solving</i>	28
Daftar Pustaka	29
BAB 3 SEKUEN PEMBELAJARAN SAINS BERBASIS REPRESENTASI JAMAK	31
3.1 Dari <i>Existing Representasi</i> Menuju <i>Generate Own Representations</i>	31

3.2 Strategi Pembelajaran Berbasis Representasi Jamak	34
3.3 Representasi Dinamis	40
Daftar Pustaka	44
BAB 4 ASESMEN PEMBELAJARAN BERBASIS REPRESENTASI JAMAK	47
4.1 <i>Skil Problem Solving</i> Representasi Jamak	47
4.2 Asesmen Isormorpis	53
Daftar Pustaka	54
BAB 5 PENUTUP	57
Daftar Pustaka	58

-oo0oo-



PENDAHULUAN

“Perhaps a thing is simple if you can describe it fully in several different ways without immediately knowing that you are describing the same thing”

(Feynman, 1965)

1.1 URGENSI REPRESENTASI JAMAK DALAM PEMBELAJARAN SAINS

Dalam pembelajaran sains, interaksi antara bahan ajar, siswa, guru, dan lingkungan belajar sebagai suatu komunitas akademis merupakan kunci bagi individu dan kelompok untuk menunjukkan kinerja yang efektif dalam suatu komunikasi interaktif seperti proses belajar mengajar sains. Penggunaan berbagai representasi seperti grafik, diagram, persamaan matematika, simbol, dan lain-lain merupakan komponen penting dalam efektivitas sebuah proses komunikasi efektif dalam belajar sains (Hill *et al*, 2014).

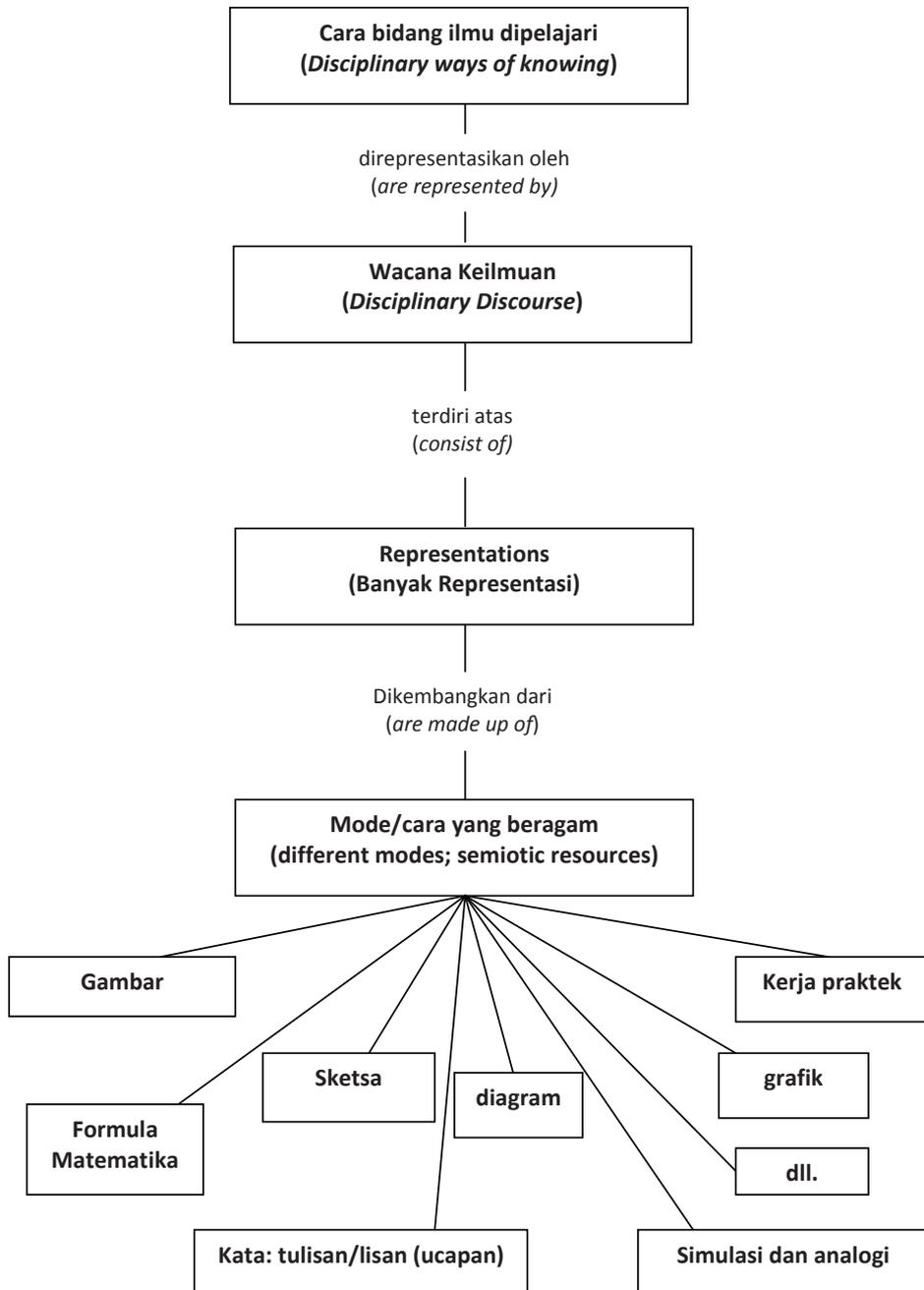
Dalam konteks semiotik, representasi dikonstruksi dari kumpulan tanda (*sign*). Dalam bidang Ilmu Pengetahuan Alam (IPA) atau sains tanda-tanda tersebut dinamakan representasi jamak atau representasi beragam (*multimodal*), maksudnya sebuah fakta, konsep, prinsip/asas/hukum, dan kumpulan teori dapat disajikan dalam ungkapan verbal tertulis, ungkapan verbal lisan, simbol, diagram, sketsa, gambar, simulasi, perumpamaan (*imagery*), formula matematika, bahasa tubuh (*gestures*), dan lain-lain (Linder, 2013). Representasi-representasi tersebut memperoleh makna

yang signifikan dari cara bagaimana para komunitas Sains menggunakan hal tersebut untuk memproduksi, menginterpretasi, mengevaluasi, dan membagikan maknanya (Lemke, 1998).

Airey dan Linder (2009) memodelkan wacana keilmuan (*disciplinary discourse*) dalam kontektivitas tiga (3) ungkapan: representasi kompleks, alat (tools), dan aktivitas untuk menjelaskan suatu himpunan representasi seperti pada gambar 1. 1.

Dalam konteks pemerolehan sains baik sebagai produk maupun proses secara inovatif dan efektif, siswa harus mampu menghadirkan diri secara aktif, berkomunikasi sains secara fasih dengan melakukan pemrosesan informasi sains yang direpresentasikan dalam format yang beragam seperti verbal (tulisan dan pernyataan), gambar, simbol, persamaan matematika, diagram, dan lain-lain, bahkan secara kreatif harus mampu mencoba untuk men-generate sendiri bentuk-bentuk representasi tersebut sebagai bentuk progresivitas pada komunikasi diskursus pengetahuan. Dengan demikian "representational fluency" merupakan target utama yang harus dikuasai setiap siswa dalam proses pembelajaran sains (Airey & Linder, 2009).

Sejumlah penelitian dalam pendidikan dan pembelajaran sains secara komprehensif telah menunjukkan bahwa format representasi dalam setiap penyajian konsep sains secara signifikan berdampak pada capaian belajar siswa (Van Heuvelen dan Zou, 2001; Meltzer 2005; Carolan, Prain, & Waldrip, 2008; Neiminen, Savinainen, & Viiri 2010; Waldrip, Prain, & Carolan, 2010; Abdurrahman *et al*, 2011). Representasi adalah suatu konfigurasi (bentuk dan susunan) yang dapat menggambarkan, mewakili atau melambangkan sesuatu melalui suatu cara atau mode tertentu sehingga memberikan peluang kepada siswa mengoptimalkan potensi belajarnya secara efektif (Goldin, 2000). Representasi juga merupakan sesuatu yang mewakili, menggambarkan atau menyimbolkan objek dan atau proses, sehingga informasi mudah diserap oleh siswa (Rosengrant, Etkina, dan Heuvelen, 2006). Representasi jamak atau dalam bahasa Inggris dikenal dengan sebutan *Multiple Representations*, yang selanjutnya dalam buku ini disingkat MR, berarti merepresentasi ulang konsep tertentu dengan berbagai format representasi yang berbeda, misalnya secara verbal (baik teks atau tulisan maupun oral/lisan), gambar, grafik, simbol, simulasi, dan persamaan matematika (Prain & Waldrip, 2010).



Gambar 1.1 Mode representasi yang beragam diperlukan dalam partisipasi diskursus pengetahuan (Airey & Linder, 2009)

Dengan kata lain MR adalah suatu cara menyatakan atau menyampaikan suatu konsep dengan cara atau mode yang berbeda. Semakin mahir seseorang menyajikan suatu konsep dalam berbagai cara atau mode, maka seseorang itu dikatakan semakin menguasai konsep tersebut. Seperti yang dikatakan seorang ahli fisika modern Richard Feynman dalam sebuah perkuliahan Nobel:

"Bisa saja sesuatu itu menjadi sangat sederhana jika anda dapat menjelaskan hal tersebut secara utuh dalam berbagai cara/mode tanpa segera menyadari bahwa anda sedang menjelaskan hal yang serupa"

(Feynman, 1965).

Representasi jamak memiliki ciri umum yang melekat pada istilah *Multimodality*, yang mengacu pada pengintegrasian topik-topik pembicaraan di bidang sains dari model-model yang berbeda untuk menyampaikan penjelasan-penjelasan dan penemuan-penemuan tentang sains (Prain & Waldrup, 2006). Konsep yang sama disampaikan ulang menggunakan bentuk yang berbeda atau "multiple representation" dalam verbal, numerikal, visual atau model-model gerakan. Fokus pada pada pemikiran dan penyampaian multimodal mendorong murid-murid untuk mengkoordinasi penyampaian tentang pengetahuan sains mereka secara berbeda-beda.

Selain itu, cara penyampaian konsep yang berbeda mempunyai fungsi dan peran spesialisasi atau pencapaian yang berbeda. Sebagai contoh, penulisan (*writing*) cocok untuk menyampaikan *kejadian*, situasi, atau berbagi *even*, sedangkan gambar (*image*) lebih cocok untuk *display* (memamerkan), demikian juga aspek-aspek yang berbeda dapat dijelaskan dengan cara-cara yang berbeda dalam *communicational ensemble* (Jewitt & Kress, 2003), dan pengetahuan (*knowledge*) direkonfigurasi ketika di pindah dari cara yang satu ke cara yang lain dalam proses *transduction* (Kress, Jewitt, Ogborn & Tsatsarelis, 2001).

1.2 KERANGKA PENDEKATAN PEMBELAJARAN BERBASIS REPRESENTASI JAMAK

Permasalahan umum pembelajaran sains saat ini di Indonesia, buku teks seringkali menjadi satu-satunya sumber daya alamiah dalam pembelajaran sains. Walaupun isi buku teks sains selalu direvisi secara berkelanjutan

mengikuti gerak langkah implementasi kurikulum, namun mereka tidak banyak menawarkan banyak motivasi dan latihan yang menekankan pada penggunaan representasi jamak atau MR secara komprehensif oleh siswa (Abdurrahman, 2015). Ternyata hal ini bukan saja terjadi di tanah air. Di negara dengan pendidikan yang sangat maju pun, seperti Finlandia, pada umumnya guru mengikuti struktur buku teks dan mereka menggunakan latihan berdasarkan buku teks untuk pembelajaran di kelas dan pekerjaan rumah. Dengan kata lain siswa Finlandia menjadi terbiasa belajar dengan buku teks (Nieminen *et al*, 2011). Para peneliti di seluruh dunia sadar bahwa buku teks biasanya menampilkan format representasi standar yang digunakan dalam sains dan ini merupakan sumber keterbatasan interpretasi dan daya kreatif siswa dalam membangun konsep baru. Representasi jamak diperlukan dalam pembelajaran sains, bukan saja sekedar untuk melengkapi sajian pengetahuan yang kompleks, tetapi juga dapat mempromosikan interpretasi lain dan dapat membangun pemahaman yang lebih lengkap bagi siswa dalam pembelajaran (Ainsworth, 1999; 2006).

Dengan demikian menyajikan pembelajaran sains dengan melibatkan siswa mengembangkan kemampuan membangun atau *degenerate* format representasi dari bentuk representasi yang lain merupakan hal yang masih menjadi kajian menarik bagi sebagian besar peneliti pembelajaran sains (Prain, Tytler, & Peterson, 2009; Tytler & Prain, 2010). Namun demikian terdapat tantangan besar yang harus yang dihadapi para guru, dosen, atau instruktur, yaitu bahwa representasi jamak tidak serta merta dapat meningkatkan kualitas pembelajaran, untuk itu, siswa harus paham setiap representasi, mahir dalam penggunaannya, dan membuat hubungan antara representasi-representasi tersebut secara komprehensif (Ainsworth, 2006). Kuncinya adalah sejauhmana keterlibatan siswa secara aktif dalam mengkreasi dan mentransformasi sebuah representasi ke representasi lainnya dalam menjelaskan suatu konsep atau teori tertentu, serta menginterpretasi secara benar bentuk setiap format representasi dan hubungannya dengan representasi lain, merupakan kunci utama keberhasilan strategi MR dalam pembelajaran sains (Chin, 2007).

Ilmu sains modern banyak berkenaan dengan entitas dan fenomena sains yang tidak dapat langsung dirasakan atau dilakukan langsung prosesnya oleh siswa. Hal ini bisa karena objek yang kita amati terlalu kecil

(seperti atom, DNA, sel, dll), atau bahkan terlalu besar (galaksi, bintang, lempeng tektonik, dll), fenomena tersebut terjadi dalam rentang waktu yang sulit untuk memahami dan dijangkau (milidetik reaksi kimia, ribuan tahun-evolusi), serta fenomena itu kompleks (loop umpan balik antara tingkat dan rentang waktu). Memahami dan menganalisis entitas tak terlihat dan kompleks dan fenomena demikian melibatkan imajinasi dan pemodelan secara rinci, dan mengembangkan langkah-langkah tidak langsung dan representasi eksternal baru (elemen simbolis yang berdiri di atas entitas aktual dan fenomena) yang membantu dalam proses imajinasi ini (Pande & Chandrasekharan, 2016).

Beberapa representasi eksternal yang kita sebut sebagai representasi jamak sangat tertanam dalam praktek ilmu pengetahuan, dan memainkan peran konstitutif dalam mengembangkan model-model baru, menarik kesimpulan, membuat prediksi, mendukung klaim dan mengembangkan konsensus. Ide dan informasi dalam ilmu didistribusikan dalam format representasi jamak (Johnstone, 1991; Tsui & Treagust, 2013), dan belajar dan berlatih ilmu adalah mustahil tanpa mendapatkan keahlian dalam berinteraksi dengan RM, membayangkan dengan mereka, dan belajar untuk menghasilkan mereka. Dalam buku ini kemampuan seorang siswa secara proses kognitif berinteraksi dengan RM disebut kompetensi representasi (KR).

Dalam sistem pemrosesan informasi kognitif siswa, sebuah komponen utama yang diperlukan untuk mengembangkan pemahaman didistribusikan dan diwujudkan dari KR adalah model dari cara sistem kognitif berinteraksi dengan representasi eksternal, yang bertentangan dengan pandangan bahwa semua representasi eksternal menanamkan informasi, bahwa informasi abstrak ini diisolasi dari struktur eksternal dan ditarik dalam oleh sistem kognitif (entah bagaimana), dan bahwa kognisi muncul dari manipulasi informasi abstrak di dalam kepala. Mengatasi masalah ini, baru-baru ini Landy, Allen, dan Zednik (2014) telah bekerja untuk mencoba bekerja mengartikulasikan perbedaan antara sintaksis/pendekatan semantik dan pendekatan konstitutif terhadap penalaran simbolik.

Secara naluriah manusia menyampaikan, menerima, dan menginterpretasikan maksud melalui berbagai cara penyampaian dan berbagai komunikasi. Baik dalam pembicaraan, bacaan maupun tulisan.

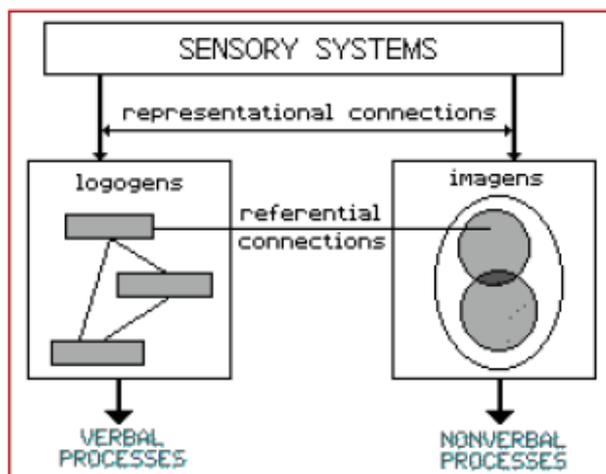
Meskipun model linguistik yang berfokus pada oral dan teks tertulis sering dianggap sebagai kunci model komunikasi, model-model lain seperti visual, simbol, image tidak bergerak, animasi grafik, model-model fisik, isyarat dan gerakan juga mempunyai peran yang penting dalam proses belajar dan mengajar (Kress, 2003). Memahami suatu informasi dengan berbagai cara melibatkan proses berfikir kompleks. Siegler (dalam Santrock, 2004) mendeskripsikan tiga karakteristik utama dari pendekatan pemroses informasi: proses berfikir, mekanisme pengubah, dan modifikasi diri. Terdapat empat mekanisme yang bekerja sama menciptakan perubahan dalam keterampilan kognitif seseorang yaitu : *encoding* (penyandian), otomatisasi, konstruksi strategi, dan generalisasi.

Encoding adalah proses memasukan informasi dari lingkungan luar ke dalam memori pikiran seseorang. Ada enam konsep yang berhubungan dengan encoding yaitu : atensi, pengulangan, pemrosesan mendalam, elaborasi, mengkonstruksi citra (imaji), dan penataan (organisasi). Pemrosesan informasi akan semakin menjadi otomatis melalui berbagai pengalaman. Melalui otomatisasi akan memunculkan penemuan prosedur baru untuk memproses informasi yang disebut fase konstruksi strategi dan agar mendapat manfaat penuh dari strategi baru ini, diperlukan generalisasi (Santrock, 2004).

Encoding dapat terjadi dalam beberapa mode (cara). Paivio (1991) mengusulkan *Dual Coding Theory* (DCT). Pendekatan DCT mencoba untuk memberikan beban yang sama kepada proses visual dan verbal. Penalaran dalam pendekatan ini dapat mengaktifkan sistem visual dan auditori secara independen walaupun kedua sistem terkoneksi. Independensi ini dengan sangat mudah didemonstrasikan melalui bertanya tentang suatu subyek untuk melakukan dua tugas secara simultan. Jika kedua tugas adalah auditori atau keduanya visual, suatu interferensi terjadi untuk mencegah penyelesaian simultan mereka. Dengan demikian, ketika satu encoding adalah visual dan lainnya adalah auditori, maka tugas simultan sangat mungkin untuk dilakukan. Gambar 1.2. menunjukkan bagaimana pendekatan DCT bekerja.

Pemrosesan informasi ke dalam memori atau *encoding* adalah suatu proses paralel, jika satu bagian otak kita bekerja, maka bagian lain dapat juga bekerja secara paralel atau aktif secara bersamaan. Hal ini diperkuat

oleh penemuan tentang survey *neuro-imaging*, sehingga hasil studi ini memberikan sugesti bahwa bentuk multi *encoding* dapat terjadi. Mirip dengan pendekatan DCT Paivio, Lasry dan Aulls (2007) mengemukakan mode *encoding* dengan mode lebih kompleks yang mereka sebut sebagai *n-coding*. Istilah *n-coding* menunjukkan bahwa pemrosesan informasi tidak lagi hanya terjadi dalam dua mode, tetapi sejumlah dimensi *encoding* dapat teridentifikasi. Dengan singkat, dapat dijelaskan bahwa melalui *n-coding* adalah sangat mungkin untuk merepresentasikan informasi secara mental dalam berbagai dimensi (verbal, logico-mathematical, visual, kinesthetic, sosial, dan lain-lain).



Gambar 1.2 Pendekatan Dual Coding Theory Paivio (1991)

Dimensi representasi *n-coding* semakin kaya dengan berhasilnya diidentifikasi bahwa *gesture* (gerak-gerik bagian tubuh) terutama gerakan tangan ternyata sangat berperan dalam komunikasi sains dan berfikir. Melalui analisis berbagai *gesture* yang dilakukan siswa ketika mengemukakan pendapat dan komentar tentang suatu konsep fisika, ternyata lebih dapat dimengerti bagaimana siswa berfikir tentang fisika (Scherr, R.E, 2008).

1.3 REPRESENTASI JAMAK DAN INKUIRI ILMIAH UNTUK MEMBANGUN LITERASI

Disiplin ilmu harus dipahami secara historis sebagai perkembangan dan intergrasi dari wacana multi-mode atau mode jamak (Kress *et al*, 2001;

Lemke, 2004; Norris & Phillips, 2003) dimana mode berbeda menyediakan kebutuhan yang berbeda untuk pertimbangan dan pemerolehan inkuiri ilmiah (*scientific inquiry*). Dalam hal ini, mode matematis, verbal, dan grafik telah digunakan secara individual dan dalam cara terkoordinasi untuk merepresentasikan klaim pengetahuan dari wacana sains, dengan representasi mediasi teknologi terkini dari sains yang konsisten dengan, daripada sebuah bentuk penyimpangan, evolusi sains sebagai sebuah disiplin. Sebagai implikasi, siswa harus belajar tentang sifat alamiah multi-mode dari representasi yang disyaratkan dalam inkuiri ilmiah, dan mode berbeda dalam konsep sains yang sama dapat direpresentasikan sebagai bagian dari perkembangan umum dari literasi sains siswa.

Beberapa penelitian tentang pembelajaran dengan representasi secara umum, dan dalam sains secara khusus, umumnya berfokus pada:

1. Mengidentifikasi fitur desain kunci dari keefektifan representasi yakni sebagai organizer lebih lanjut untuk mempromosikan interpretasi dan kinerja pembelajaran siswa yang berhasil (Ainsworth, 1999, 2006; Schnotz & Bannert, 2003)
2. Menganalisis kondisi dimana konstruksi representasi siswa mempromosikan pembelajaran yang inovatif dan efektif (diSessa, 2004; Prain & Waldrip, 2006; Tytler *et al*, 2006)

Mode atau ragam representasi adalah unsur penting untuk belajar sains secara bermakna dan untuk membangun keterampilan literasi sains yang diperlukan dalam kehidupan peserta didik (Alvermann, 2004; Airey & Linder, 2009; Lemke, 1998). Walaupun sudah banyak yang mengembangkan pembelajaran yang berbasis representasi jamak untuk mempelajari konsep sains yang kompleks (Ainsworth, 2008; Tytler dan Prain, 2010; Waldrip, Prain, dan Carrolan, 2010), namun menghasilkan sintaks pembelajaran yang tepat bagi karakteristik peserta didik dalam konteks sosial dan lingkungan, merupakan bagian yang tidak terpisahkan dari upaya melakukan inovasi pembelajaran, terutama untuk membangun literasi ilmiah peserta didik (Meij & Jong, 2006).

Literasi adalah kemampuan menggunakan pengetahuan (sains) untuk mengidentifikasi permasalahan dan menarik kesimpulan berdasarkan bukti-bukti dalam rangka memahami serta membuat keputusan tentang alam dan perilakunya serta perubahan yang dilakukan terhadap alam melalui

serangkaian aktivitas manusia (OECD, 2006). National Science Education Standards (1995) mendefinisikan literasi sains sebagai berikut:

Scientific literacy is knowledge and understanding of scientific concepts and processes required for personal decision making, participation in civic and cultural affairs, and economic productivity. It also includes specific types of abilities.

Berdasarkan definisi ini jelas bahwa literasi sains merupakan pemahaman akan pengetahuan yang bersifat aktif yaitu suatu pengetahuan dan pemahaman mengenai konsep dan proses sains yang akan memungkinkan seseorang untuk membuat suatu keputusan dengan pengetahuan yang dimilikinya, serta turut terlibat dalam hal kenegaraan, budaya dan pertumbuhan ekonomi, termasuk di dalamnya kemampuan spesifik yang dimilikinya. Literasi sains juga dapat diartikan sebagai pemahaman atas sains dan aplikasinya bagi kebutuhan masyarakat, sehingga dapat digunakan untuk menyelesaikan masalah-masalah yang kerap terjadi di masyarakat.

Penelitian tentang literasi sains berkembang pesat melalui sumbangan dua ide besar investigasi dalam pendidikan sains, yaitu representasi jamak (*multiple representation* atau *multimodal representations*) dan penggunaan menulis/membaca di kelas sains. Norris dan Philips (2003) meletakkan pondasi utama mengenai peranan bahasa dalam sains dengan melibatkan dua hal esensial literasi yang membingkai sains. Komponen pertama dari literasi adalah membaca dan menulis yang tidak hanya berfungsi menghubungkan berbagai ide-ide sains atau sebagai alat sederhana untuk menyimpan dan mentransmisikan sains. Lebih tepatnya dapat dikatakan bahwa membaca dan menulis adalah bagian pokok dari sains itu sendiri. Sains tidak akan ada dan berkembang jika ke dua komponen bahasa ini tidak ada. Dengan demikian sains bukan apa-apa tanpa kehadiran bahasa. Komponen kedua dari kegunaan literasi sains adalah pengembangan dari apa yang telah didefinisikan definisi Norris dan Philips (2003) , yaitu beragam mode atau bentuk representasi, sederhanya disebut representasi jamak.

Meskipun secara implisit sains berkenaan dengan membaca dan menulis, tetapi sains sebenarnya tidak dibatasi sekedar teks saja. Lemke (1998) mengungkapkan bahwa untuk melakukan sains, berbicara

sains, membaca dan menulis sains, seseorang dapat memanipulasi dan mengkombinasikannya dalam berbagai cara yang sesuai baik melalui wacana verbal, ungkapan matematik, representasi visual-grafikal, dan aktivitas bergerak dalam dunia alamiah. Penelitian tentang literasi sains berkembang pesat melalui sumbangan dua ide besar investigasi dalam pendidikan sains, yaitu representasi jamak (*multiple representation* atau *multimodal representations*) dan penggunaan menulis/membaca di kelas sains. Norris dan Philips (2003) meletakkan pondasi utama mengenai peranan bahasa dalam sains dengan melibatkan dua hal esensial literasi yang mbingkai sains. Komponen pertama dari literasi adalah membaca dan menulis yang tidak hanya berfungsi menghubungkan berbagai ide-ide sains atau sebagai alat sederhana untuk menyimpan dan mentransmisikan sains. Lebih tepatnya dapat dikatakan bahwa membaca dan menulis adalah bagian pokok dari sains itu sendiri. Sains tidak akan ada dan berkembang jika ke dua komponen bahasa ini tidak ada.

Buku referensi ini menyajikan solusi bagaimana para peneliti mencoba untuk mengkaji sejauhmana dampak keterlibatan siswa dalam men-*generate* atau mencipta dan mentraslasikan suatu bentuk representasi ke bentuk lainnya terhadap kemampuan membangun konsep atau pengembangan perubahan konsep (*conceptual change*) siswa dalam pembelajaran sains.

Agar para peneliti atau pengembang pembelajaran yang berminat dalam bidang ini memperoleh kemudahan dalam memahami sajian referensi ini, maka penulis akan membagi pembahasan permasalahan representasi jamak (MR) dalam pembelajaran sains ke dalam 5 pokok bahasan, yaitu: (1) Peran MR dalam pembelajaran Sains; (2) Representasi Visual: Komponen Pembangun Penalaran Ilmiah Siswa; (3) Representasi Dinamik; dan (4) asesmen menggunakan format MR.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdurrahman. (2015). *Guru Sains sebagai Innovator: Merancang Pembelajaran Sains berbasis Riset*. Media Academi: Yogyakarta.
- Abdurrahman, Liliyasi, Rusli A., & Waldrip, B. (2011). Implementasi Pembelajaran Berbasis Multi Representasi untuk Peningkatan Penguasaan Konsep Fisika Kauntum. *Cakrawala Pendidikan*. 30, (1), 30-45.

- Ainsworth, S. (1999). The functions of multiple representations. *Computers & Education*, 33, 131-152.
- Ainsworth, S. (2006). DeFT: A conceptual framework for considering learning with multiple representations. *Learning and Instruction*, 16, (3), 183-198.
- Airey, J., dan Linder, C. 2009. A disciplinary Discourse Perspective on University Science Learning: Achieving Fluency in Critical Constellation of Modes. *Journal of Research in Science Teaching*, 46(1), 27-49.
- Carolan, J., Prain, V., & Waldrip, B. (2008). Using representations for teaching and learning in science. *Teaching Science*, 54, (1), 18-23.
- Chin, Christine (2007). Multimodality in Teaching and Learning and Science. *Proceeding the 1st International Seminar on Science Education*. Bandung: Graduate School Indonesia University of Education.
- diSessa, A. (2004) Metarepresentation: Native competence and targets for instruction. *Cognition and Instruction* 22 (3), 293-331.
- Feynman, R. (1965). *The development of the space-time view of quantum electrodynamics; Nobel lecture*. [Online]. Available: <http://nobelprize.org/physics/laureates/1965/feynman-lecture.html>. [21st of March 2009].
- Goldin, G. A. (2000). Affective pathways and representation in mathematical problem solving. *Mathematical thinking and learning*, 2(3), 209-219
- Hill, M., Sharma, M., O'Byrne, J., & Airey, J. (2014). Developing and Evaluating a Survey for Representational Fluency in Science. *Internastional Journal of Innovation in Science and Mathematics Education*, 22(5), 22-24.
- Jewitt, C., & Kress, G. (Eds.). (2003). *Multi-modal literacy*. New York: Peter Lang
- Johnstone, A. H. (1991). Why is science difficult to learn? Things are seldom what they seem. *Journal of Computer Assisted Learning*, 7, 75-83.
- Kress, G., Jewitt, C., Ogborn, J., & Tsatsarelis, C. (2001). *Multimodal teaching and learning: The rhetorics of the science classroom*. London, UK: Continuum

- Landy, D., Allen, C., & Zednik, C. (2014). A perceptual account of symbolic reasoning. *Frontiers in Psychology*, 5, 1-10.
- Lemke, J.L. (1998). Teaching all the languages of science: words, symbol, images, and actions. <http://academic.brooklyn.cuny.edu/education/jlemke/papers/barcelon.htm> (diakses 2 Februari 2015).
- Lemke, J. (2004). The literacies of science. In E.W. Saul (Ed.) *Crossing borders in literacy and science instruction: Perspectives on theory and practice*. Newark DE: International Reading Association/National Science Teachers Association.
- Linder, C. (2013). Disciplinary discourse, representation, and appresentation in the teaching and learning of science. *European Journal of Science and Mathematics Education*, 1(2), 43-49
- Meltzer D. E. (2005). Relation between students' problem-solving performance and representational format. *American Journal of Physics*, 73, (5), 463.
- Nieminen, P., Savinainen, A., & Viiri, J. (2010). Force concept inventory based multiple choice test for investigating students' representational consistency. *Physical Review Special Topics - Physics Education Research*, 6(2), 020109-1-12
- Nieminen, P., Savinainen, A., Nurkka, N., & Viiri, J. (2011). An intervention for using multiple representations of mechanics in upper secondary school courses. In *Proceedings of the ESERA 2011 Conference, Lyon* (p. 140).
- Norris, S. P., & Phillips, L. M. (2003). How literacy in its fundamental sense is central to scientific literacy. *Science Education*, 87, 224-240.
- Pande, P., & Chandrasekharan, S. (2016). Representational competence: towards a distributed and embodied cognition account. *Studies In Science Education*, <http://dx.doi.org/10.1080/03057267.2017.1248627>
- Prain, V., Tytler, R., & Peterson, S. (2009). Multiple representation in learning about evaporation. *International Journal of Science Education*, 31(6), 787-808.

- Prain, V., & Waldrip, B. (2006). An exploratory study of teachers' and students' use of multi-modal representations of concepts primary science. *International Journal of Science, Education*, 28(15), 1843–1866.
- Prain, V., & Waldrip, B. (2010). Representing science literacies: An introduction. *Research in Science Education*. doi:10.1007/s11165-009-9153-x.
- Rosengrant, D., Etkina, E., & Van Heuvelen, A. (2006). An overview of recent research in multiple representations. *Presented paper on Proceedings of the 2006 PERC, AIP Conference Proceedings*.
- Schnotz, W., Bannert, M. (2003). Construction and interference in learning from multiple representation. *Learning & Instruction*, 13 (2), p141-156.
- Tsui, C. Y., & Treagust, D. F. (2003). Genetics reasoning with multiple external representations. *Research in Science Education*, 33, 111–135.
- Tytler, R., Peterson, S., & Prain, V. (2006). Picturing evaporation: Learning science literacy through a particle representation. *Teaching Science*, 52 (1), 12-17.
- Tytler, R., & Prain, V. (2010). A framework for re-thinking learning in science from recent cognitive science perspectives. *International Journal of Science Education*, 32(15), 2055–2078.
- Waldrip, B. & Prain, V. (2010). The effects of an explicit representational focus on student summative assessment in science. *Presented paper at the annual conference of the National Association for Research in Science Teaching, Philadelphia*.
- Waldrip, B., Prain, V., & Carolan, J. (2010). Using multi-modal representations to improve learning in Junior Secondary Science. *Res. Science Education*, 40, 65-80.



KONSTRUKSI REPRESENTASI JAMAK

Scientific literacy is knowledge and understanding of scientific concepts and processes required for personal decision making, participation in civic and cultural affairs, and economic productivity. It also includes specific types of abilities.

(NSTA, 2005)

2.1 MODE DAN FUNGSI REPRESENTASI

Kita mendiami planet bumi yang dipenuhi dengan representasi. Dalam kehidupan sehari-hari kita sering melihat simbol  yang merepresentasikan laki-laki dan  yang merepresentasikan perempuan atau warna hijau lampu lalu lintas merepresentasikan "berjalan" dan warna merah lampu lalu lintas merepresentasikan "berhenti". Bahkan setiap negara bisa cepat dikenal hanya dari bendera atau lambang negara yang merepresentasikan jatidiri bangsa atau negara tersebut.

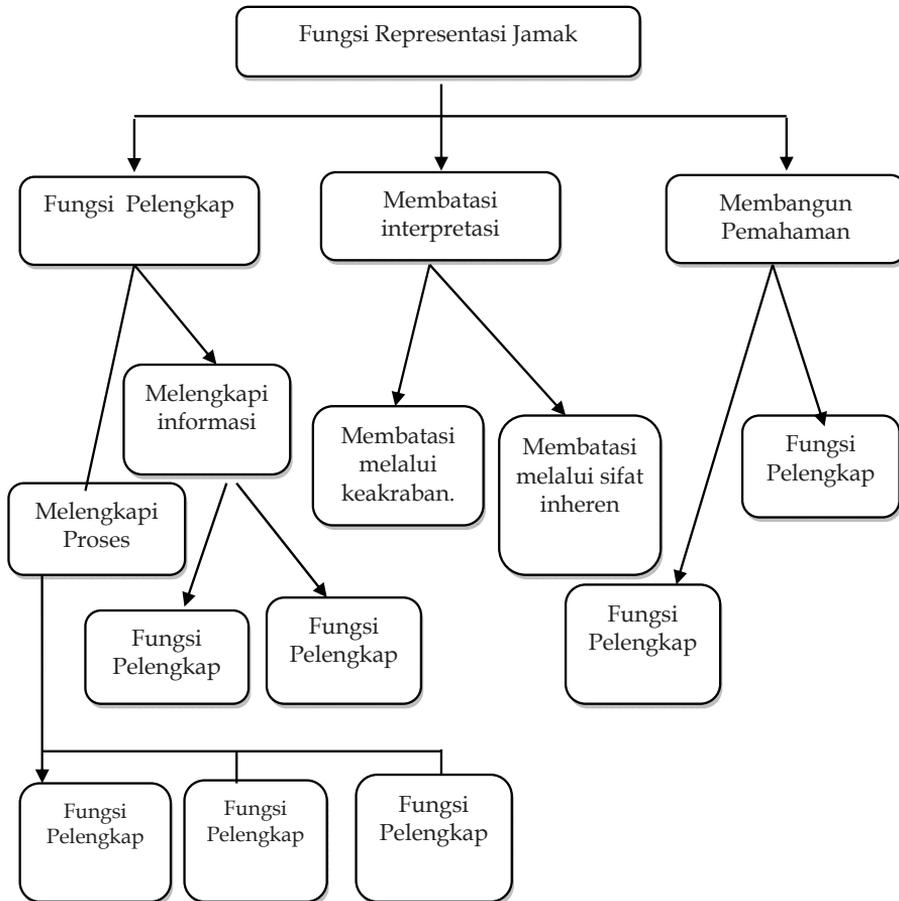
Secara naluriah, manusia menyampaikan, menerima, dan menginterpretasikan maksud melalui berbagai cara penyampaian dan berbagai komunikasi, baik dalam penyampaian lisan (pembicaraan, obrolan, atau diskusi), bacaan maupun tulisan. Meskipun model linguistik yang berfokus pada oral (pembicaraan) dan teks tertulis sering dianggap sebagai kunci model komunikasi, model-model lain seperti visual, simbol, gambar tidak bergerak, animasi, grafik, model-model fisik, isyarat dan gerakan

juga mempunyai peran yang penting dalam proses komunikasi, termasuk komunikasi dalam belajar dan mengajar (Kress, 2003). Bentuk atau format penyajian tersebut dinamakan representasi.

Chin (2007) mengemukakan berbagai mode representasi, format dan bentuk-bentuk representasi yang mungkin dalam tiap-tiap mode seperti : (1) Verbal/linguisti (terdiri dalam kata-kata) yang terdiri dari Oral (*speech/ucapan/ceramah*) dan *Written or printed text* (tulisan atau cetakan); (2) Visual/graphic (terdiri dari gambar dan image) yang terdiri dari yang bersifat statis (contoh, diagram, figur, gambar, tabel, grafik, cart, peta konsep, foto, model fisik) maupun dinamis (contoh, simulasi berbasis komputer, animasi, video); (3) Symbolik meliputi numerik (angka, persamaan matematik, formula/rumus perhitungan) dan yang lainnya (rumus kimia, persamaan); (4) Gestural (isyarat/gerakan, melibatkan gerakan lengan dan tangan); (5) Aksi (role-play/peragaan, drama, percobaan-percobaan langsung).

Representasi dapat dikategorikan ke dalam dua kelompok, yaitu representasi internal dan eksternal. Representasi internal didefinisikan sebagai konfigurasi kognitif individu yang diduga berasal dari perilaku manusia yang menggambarkan beberapa aspek dari proses fisik dan pemecahan masalah. Di sisi lain, representasi eksternal dapat digambarkan sebagai situasi fisik yang terstruktur yang dapat dilihat sebagai mewujudkan ide-ide fisik (Haveleun & Zou, 2001). Menurut pandangan *constructivist*, representasi internal ada di dalam kepala siswa dan representasi eksternal disituasikan oleh lingkungan siswa (Meltzer, 2005).

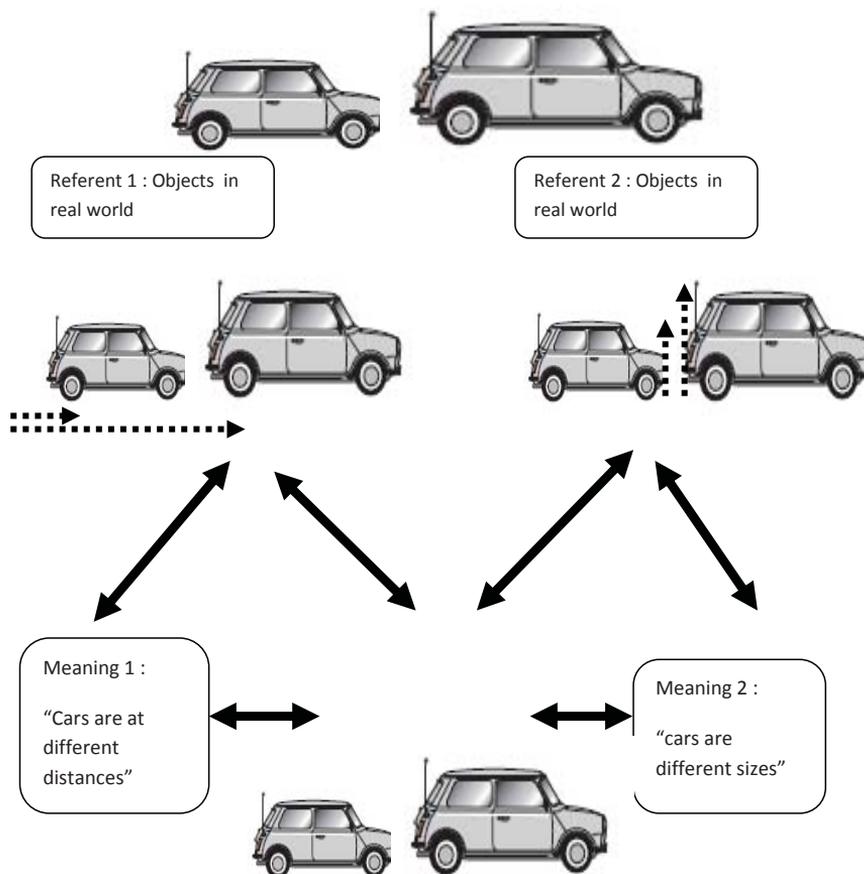
Mengapa representasi itu penting? Donald Norman mengatakan (dalam Zang & Norman, 1994), tanpa bantuan eksternal, memori, pikiran, dan penalaran semuanya akan terbatas. Sebuah representasi eksternal adalah jenis bantuan eksternal kepada seseorang sehingga dia dapat membantu orang lain dalam pemecahan masalah. Representasi eksternal biasanya mengacu pada 1) simbol fisik, objek, atau dimensi, dan 2) aturan eksternal, kendala, atau hubungan yang terkait dalam konfigurasi fisik (misalnya hubungan spasial dari bilangan dengan digit tertentu, kendala fisik pada alat bantu belajar, dan lain-lain). Tanpa menggunakan representasi eksternal, kehidupan modern manusia rasanya akan tidak mungkin (Zhang & Norman, 1994).



Gambar 2.1 Fungsi Representasi (Ainsworth, 2006)

Representasi mempunyai tiga fungsi, yaitu sebagai pelengkap, pembatas interpretasi, dan pembangun pemahaman (Ainsworth, 1999). Fungsi pertama multi representasi sebagai informasi pelengkap atau membantu melengkapi proses kognitif. Fungsi kedua multi representasi adalah satu representasi digunakan untuk membatasi kemungkinan kesalahan interpretasi dalam menggunakan representasi yang lain. Fungsi ketiga adalah menodorong siswa untuk membangun pemahaman terhadap situasi secara mendalam. Sebagaimana dicatat oleh Ainsworth (1999) bahwa analisis konseptual dari keberadaan lingkungan belajar dengan multi-representasi menunjukkan ada tiga fungsi utama multipel representasi eksternal (MERs) yang dipakai dalam situasi pembelajaran untuk

melengkapi dan membangun pemahaman konsep. Fungsi pertama adalah dengan menggunakan representasi untuk memperoleh informasi tambahan atau mendukung proses kognitif yang ada dan saling melengkapi. Kedua, representasi dapat digunakan untuk membatasi (yang miss) interpretasi yang mungkin terjadi. Terakhir, MERs dapat digunakan untuk mendorong pebelajar dalam membangun pemahaman yang lebih dalam. Masing-masing dari tiga fungsi utama MERs lebih lanjut dibagi menjadi beberapa subkelas (Gambar 2.1).

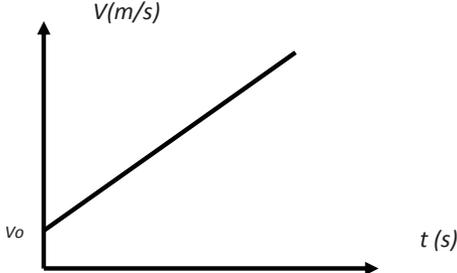


Gambar 2.2 Representasi Piktorial (Gambar) dan Maknanya (Abdurrahman, 2010)

Dalam membangun interpretasi terhadap suatu mode representasi, berbagai sudut pandang dan imajinasi perlu dibangun. Berikut ini contoh memaknai mode representasi gambar atau piktorial (Gambar 2.2) sebuah

benda nyata melalui konsep referensi. Perbedaan jarak mobil dari suatu kerangka acuan tertentu atau ukuran ketinggian mobil dari kerangka acuan bumi. Dalam hal ini jelas bahwa memaknai mode representasi bisa jadi sangat beragam tergantung berbagai kriteria logis yang digunakan.

Dalam bidang Fisika, sebuah situasi nyata/fenomena atau konsep tertentu bisa disajikan dengan berbagai mode atau format representasi. Gambar 2.3 menunjukkan 4 buah format representasi untuk menggambarkan gerak benda (mobil) yang mengalami percepatan konstan.

$V_t = V_0 + at$ (Representasi Matematika)	 (Representasi piktorial/gambar)
Sebuah mobil mengalami percepatan a dari kecepatan awal V_0 dalam selang waktu Δt . (Representasi Verbal/written)	 (Representasi Grafik)

Gambar 2.3 Representasi Jamak dari konsep benda GLBB (Abdurrahman, 2010)

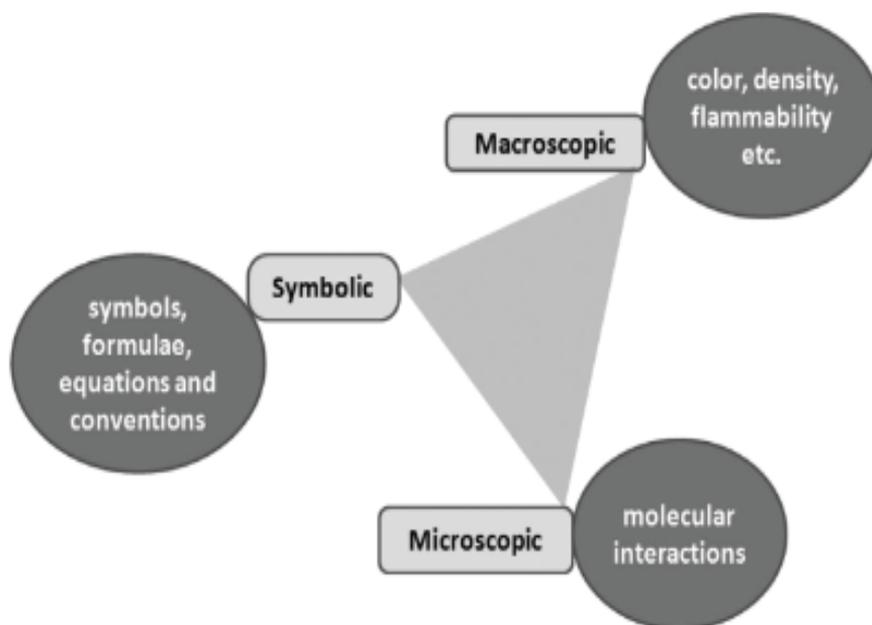
Format atau mode representasi yang beragam dalam pembelajaran suatu konsep tertentu memberikan peluang yang cukup baik dalam memahami konsep dan mengkomunikasikannya, serta bagaimana mereka bekerja dengan sistem dan proses suatu konsep fisika tertentu (Meltzer, 2005:463). Hasil penelitian lain menunjukkan suatu kesepakatan bahwa representasi sangat penting bagi siswa dalam belajar suatu konsep tertentu. Representasi membantu siswa dalam pembentukan pengetahuan dan pemecahan masalah. Kita bisa mengatakan bahwa menggunakan berbagai representasi dengan kualitas tinggi dalam memecahkan satu masalah adalah satu kondisi cukup untuk keberhasilan proses belajar tetapi hal itu belum merupakan suatu kondisi optimal yang diperlukan. Siswa menggunakan

representasi untuk membantu mereka memahami situasi masalah serta untuk mengevaluasi hasilnya. Representasi selain verbal dalam suatu pernyataan masalah dapat mempunyai efek berbeda terhadap kinerja siswa dan pilihan mereka untuk menggunakan format representasi tertentu dalam penyelesaian masalah dan memicu format representasi lain. Dua kecenderungan dikembangkan dari berbagai penelitian terakhir ini, yaitu bagaimana siswa menggunakan berbagai representasi ketika memecahkan permasalahan dan bagaimana format representasi yang berbeda mempengaruhi kinerja siswa dalam pemecahan masalah (Rosengrant, Etkina, dan Van Heuvelen, 2007:1).

Penggunaan berbagai representasi yang baik dianggap sebagai kunci keberhasilan penguasaan konsep keilmuan tertentu. Terdapat dua motivasi yang patut dipertimbangkan dalam pembelajaran berbasis multi representasi, yaitu untuk bagaimana siswa menggunakan berbagai representasi ketika memecahkan permasalahan dan mempelajari bagaimana cara terbaik mengajarkan pemecahan masalah menggunakan berbagai format representasi atau multi representasi.

Berbeda dengan domain sains-fisika, dalam bidang kimia, pembelajaran kimia melibatkan pemahaman dan hubungan representasi pada level molekuler atau submikroskopik (misalnya interaksi atomik), simbolik (misalnya persamaan matematis), dan yang bisa diamati atau makroskopik (misalnya perubahan warna, perubahan suhu) (Gabel, 1998; Gilbert & Treagust 2009; Johnstone, 1993). Selanjutnya Johnstone (1993) mengemukakan secara detail bahwa pengetahuan dalam kimia dapat dipandang sebagai tiga level pengetahuan, yaitu (lihat Gambar 2.4):

- 1) deskriptif/fungsional/level makro, yang berkaitan dengan bahan penanganan, deskripsi fenomena dan sifat mereka, seperti itu, flammability dan kepadatan
- 2) simbol representational/level simbolik, yang berkaitan dengan representasi dari bahan kimia dan fenomena yang menggunakan simbol, formula, persamaan, dan konvensi
- 3) molekuler dan penjelas/mikro/sub-micro level, yang menggambarkan struktur zat-zat kimia dan fenomena, mekanisme reaksi, dan iteraksi molekuler/atomik, serta perubahan kimia yang mendasari fenomena .



Gambar 2.4 Model Johnston 3 level berpikir dalam kimia

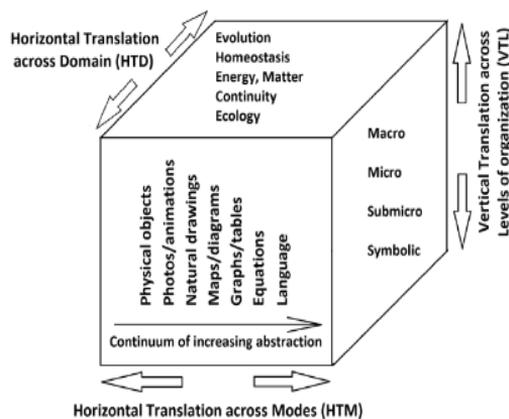
Salah satu pendekatan intervensi yang saat ini sangat bermanfaat dan membantu dalam membantu siswa mengikuti level berpikir kimia adalah: (a) pengembangan software visualisasi yang dapat dapat mengembangkan beban kerja memori, dengan secara simultan merepresentasikan persamaan kimia, konsentrasi atau grafik energi, animasi level molekular, dan laboratorium virtual (seperti SMV Chem, visChem, 4M:Chem, EduChem HS, dan lain-lain); (b) menggunakan model fisik; (c) Laboratorium pembelajaran-pedagogik; (d) pusat kajian berbasis masalah MR; dan (e) integrasi MR melalui manipulasi berbagai mode representasi yang menggambarkan interelasi antar berbagai mode representasi (Pande & Chandrasekharan; 2016).

Pada domain biologi, Kapteijn (1990) mengusulkan kerangka representasi jamak biologi yang meliputi keterkaitan dengan: (a) tingkat organisasi biologis; (b) tingkat keterampilan yaitu kemampuan untuk melihat entitas dan fenomena biologi. Selanjutnya Keptejin mengembangkan model yang mirip dengan model Johnstone (1993). Ia menjelaskan bahwa dalam biologi MR memiliki tiga level berbeda yaitu: (1) organisme makro; (2) selular mikro; dan (3) molekuler (biokimia). Menurut model ini, kemampuan untuk

memvisualisasi entitas fenomena pada 3 level tersebut, akan menentukan batas kemampuan siswa memahami fenomena biologi tersebut. Gambar 2.5 menyediakan akses cepat level MR lengkap dengan hakikat biologi, serta satu tinjauan terhadap kajian biologi terkait dengan MR.

Tsui dan treagust (2013) mengusulkan merangka konseptual dari organisasi biologi yang lebih komprehensif yang disebut model kubus, yaitu model tiga dimensi yang mengelaborasi sebuah struktur pengetahuan biologi. Dalam model ini, pengetahuan dalam biologi terbagi dalam 3 wilayah terpisah, namun saling ketergantungan satu sama lain, tingkat kedalaman dan keluasan serta pembelajaran biologi sangat bergantung pada kompetensi memahami secara entitas dimensi pengetahuan biologi tersebut, yaitu:

- 1) HTM: *Horizontal Translation across Modes of representations*, 'sepanjang kontinum representasi dengan meningkatnya abstraksi dari benda nyata sampai tindakan pada bahasa manusia'.
- 2) VTL: *Vertical Translation across Levels of representations* 'dari tingkat simbolik (mekanisme jelas), sub-tingkat mikro (molekul), tingkat mikro (organel dan sel), dan tingkat makro (jaringan, organ, sistem, organisme, populasi, dan sebagainya)'.
- 3) HTD: *Horizontal Translation across the Domain knowledge of biology*, yaitu evolusi-homeostasis - energi - materi dan organisasi - reproduksi dan genetika, dan lain-lain.



Gambar 2.5 Model Kubus Domain dan MR dalam Biologi (Tsui dan treagust, 2013)

2.2 KARAKTERISTIK STRATEGI PEMBELAJARAN BERBASIS REPRESENTASI JAMAK

Salah satu strategi pembelajaran sains yang dikembangkan para peneliti adalah menggunakan prinsip *Triadic Pedagogical Model* (gambar 3) yang mengacu pada disain *IF-SO Frame Work* (Waldrisp, 2008:8).

Dalam terminologi *IF-SO framework*, disain pembelajaran mengikuti perancangan dan pengembangan berikut:

I: Identify key concept

Pada tahap ini merupakan aktivitas mengidentifikasi konsep kunci (*key concept*) atau batang tubuh atau ide utama dari topik yang akan dipelajari. Hal ini sebagai landasan dalam mengkonstruksi dan mengkreasi mode atau format representasi yang digunakan guru dan siswa/mahasiswa di ruang kelas.

F: Focus on form and functions

Guru atau dosen memfokuskan pada mode atau format dan fungsi representasi yang bervariasi sesuai dengan ide utama dari topik yang dipelajari. Misalnya representasi grafik untuk menyajikan data dan menginterpretasi hasil analisis data, simulasi lepasnya elektron dari permukaan sebuah logam yang disinari oleh cahaya dengan frekuensi tertentu dalam peristiwa efek fotolistrik, dapat menjelaskan peristiwa mikroskopik yang fenomenanya tidak bisa diamati secara langsung, dan lain-lain.

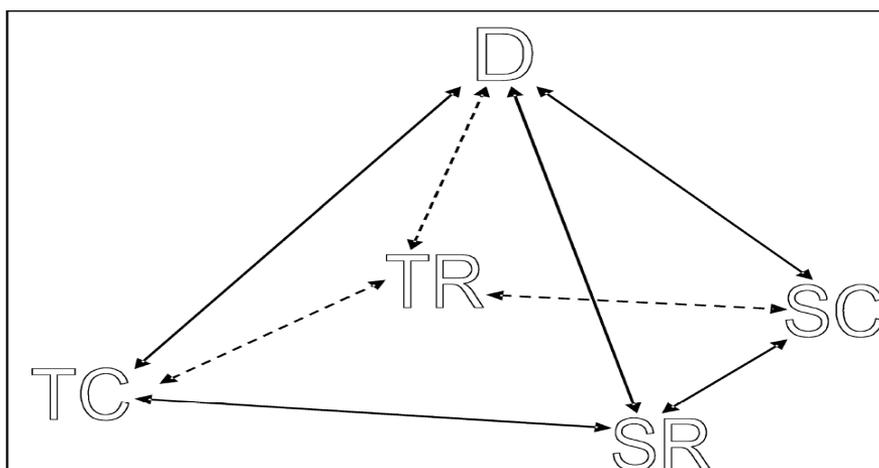
S: Sequence

Sejumlah representasi fenome fisika dapat disajikan atau dikreasi secara sekuensi atau berurutan sesuai dengan karakteristik atau ide utama yang menjadi pusat perhatian dan konsepsi awal siswa. Jika konsepnya abstrak, pembelajaran dapat dimulai dengan visualisasi atau simulasi konsep untuk memacu daya imajinasi dan daya tarik siswa. Siswa akan mengalami kesulitan adaptasi psikologis jika guru langsung menyajikan konsep yang sangat abstrak menggunakan persamaan matematika, karena hal ini akan menimbulkan sejumlah sikap retensi siswa berupa sulitnya belajar fisika. Sekuensi yang logis menentukan ketertarikan siswa mempelajari topik fisika dan meningkatkan persepsi positif siswa pada topik fisika yang dipelajari dan mempermudah penguasaan konsep.

O: On going assessment

Sangat penting untuk mereview pekerjaan mahasiswa yang menggunakan dan mengkreasi sendiri format representasi, guru/dosen dapat melakukan serangkaian asesmen baik formatif, diagnostik, sumatif, maupun sejumlah asesmen alternative, termasuk *self-assessment* sangat berguna untuk menggali alasan dan kompetensi siswa dalam merepresentasikan secara bervariasi konsep fisika yang sama.

Hubungan dan komunikasi antara guru/dosen, mahasiswa, dan domain (konsep, fenomena, ide fisis, peristiwa fisis, dan lain-lain) diperlihatkan secara visual pada gambar 2.6. Komponen konsepsi guru dan kemampuan representasi guru dalam menyajikan konsep fisika harus ditopang oleh konsepsi siswa dan kemampuan menggunakan atau mengkreasi mode atau format representasi, serta akses domain yang tepat dan kaya, akan menentukan keberhasilan proses pembelajaran.

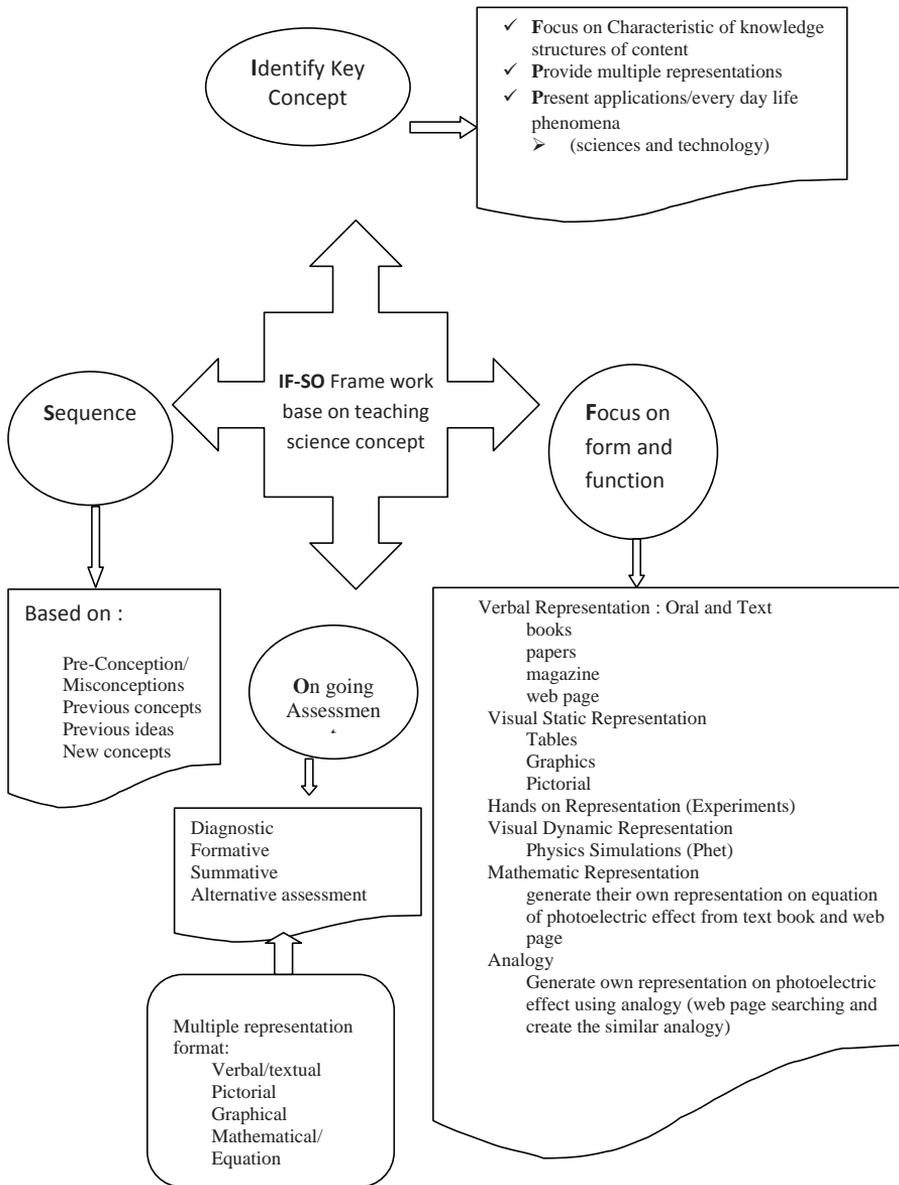


Gambar 2.6. *Triadic Pedagogical Model dalam IF-SO Frame Work*

Keterangan:

- TC = Teachers' Conceptions (konsepsi guru/dosen)
- SR = Students' Representations (representasi mahasiswa)
- SC = Students' Conceptions (konsepsi mahasiswa)
- TR = Teachers' Representations (representasi guru/dosen)
- D = Domain (Fenomena fisis, konsep, gejala fisis, data fisis, objek fisis, artefak, konteks atau proses fisika dan lain-lain) (Waldrip, 2007)

Berdasarkan model *triadic* pedagogi model *IF-SO framework* telah dikembangkan karakteristik strategi pembelajaran berbasis multi representasi yang secara skematik dapat dilihat pada gambar 2.7.



Gambar 2.7. Disain strategi pembelajaran berdasarkan IF-SO Frame Work (Abdurrahman et al, 2011)

2.3 DAMPAK SKILL REPRESENTASI JAMAK TERHADAP PENGUASAAN KONSEP SAINS

Beberapa peneliti telah mengemukakan bahwa penggunaan representasi jamak (*multiple representations*) dapat memfasilitasi peserta didik dalam memahami konsep-konsep sains yang kompleks secara mendalam (Ainsworth, 2008; Tytler dan Prain, 2010; Waldrip, Prain, dan Carrolan, 2010). Peneliti-peneliti tersebut membuktikan bahwa untuk memaknai fenomena sains yang kompleks memerlukan keterlibatan dengan representasi khusus disamping representasi yang biasanya bermuara pada ungkapan verbal baik tertulis maupun tidak tertulis. Sains akan lebih bermakna dan diminati untuk dipelajari oleh peserta didik jika penyajiannya melibatkan berbagai mode representasi seperti model matematika, simbol-simbol, grafik, ilustrasi, table, diagram, gambar, bahkan animasi atau simulasi yang melibatkan teknologi komputer (Ainsworth, 2008; Hedberg, 2008).

Representasi jamak yang disajikan dalam berbagai mode dapat meningkatkan kinerja belajar peserta didik manakala representasi tersebut menyediakan informasi yang lengkap, ketika sebuah representasi memberikan penjelasan yang lebih baik dari representasi lainnya, atau ketika peserta didik terlibat dalam membedakan atau mengkontraskan berbagai representasi untuk membangun pengetahuan (Ainsworth dan Labeke, 2004). Van der Meij & de Jong (2006) mengemukakan bahwa simulasi interaktif yang mengandung representasi jamak yang terintegrasi dan terkait satu sama lain dalam menjelaskan konsep yang sama akan mereduksi usaha kognitif peserta didik sehingga belajar akan lebih efektif dan efisien.

Kefasihan Representasi

Riset terbaru tentang belajar melalui representasi jamak, terkait dengan pengembangan teori yang memediasi pembelajaran dan wacana berkaitan dengan fenomena sains kompleks melalui pelibatan dengan representasi dan menerjemahkan suatu bentuk representasi ke representasi lainnya. Tytler dan Prain (2010) mengemukakan bahwa bagi guru untuk mengembangkan kemampuan siswa dalam membangun pengetahuan fenomena ilmiah yang kompleks secara efektif, mereka perlu

1. Memandang pembelajaran dalam sains sebagai induksi yang melibatkan siswa kedalam konvensi dan praktik representasional sains.
2. Menyediakan lingkungan yang kaya representasi, dengan peluang untuk siswa bernegosiasi, mengintegrasikan, memperbaiki, dan menerjemahkan ide antar representasi

Selanjutnya Tytler dan Prain mengusulkan perlunya pedagogi dalam kelas sains yang mencakup sebuah fokus pada negosiasi representasional dengan menggabungkan pembelajaran yang memodelkan bahasa eksplisit bagi diskusi representasi dan bagi penerjemahan ide antara representasi tersebut.

Pada aspek pembelajaran Biologi Ergazaki dan Zogza (2008) menganalisis gagasan argumentatif siswa selama bekerja dengan representasi didalam sebuah ilustrasi yang membawa kapasitas dalam kaitan pada ekologi danau. Mereka mengusulkan representasi berbasis komputer mendukung gagasan argumentatif siswa ketika siswa hendak membangun arti menggunakan representasi dan mampu untuk melakukan interpretasi secara lengkap tentang hal tersebut. Hand dan Choi (2010) melaporkan bahwa mahasiswa yang bekerja dengan representasi jamak selama aktivitas kimia memiliki argumen kuat yang masuk akal untuk mendukung klaim mereka.

Pada pembelajaran Fisika, Parnafes (2007) melaporkan bahwa bagaimana konstruksi pengetahuan siswa SMP tentang konsep osilasi didukung oleh pencerminan pada representasi berbasis komputer yang terhubung secara dinamis. Perubahan konseptual siswa tentang konsep osilasi bisa dimediasikan melalui dialog tentang hubungan antara representasi atau membuat relasi antar representasi. Selanjutnya, Prain dan Waldrip (2010) menjelaskan bahwa proses tersebut bisa terjadi selama siswa memodifikasi pemikiran mereka ketika mereka menerjemahkan ide dari satu tipe representasi ke representasi yang lain, sehingga sebuah konsep dapat disajikan secara utuh dengan menggabungkan aspek visual, spasial, dan verbal dari fenomena fisika yang dibahas selama pembelajaran.

Ainsworth (2008) berpendapat bahwa sangat sulit bagi siswa untuk menerjemahkan antar representasi yang berbeda, tapi ini adalah karakteristik utama dari seorang ahli. Mengajari keahlian ini kepada siswa mencakup mengajari mereka untuk berfikir dan berkomunikasi dalam sebuah cara

disipliner yang dilakukan oleh seorang ahli. Untuk melakukan hal ini kita perlu mengidentifikasi keahlian in dalam sebuah cara yang lurus dengan bagaimana ahli diidentifikasi dalam disiplin yang siswa pelajari (Sternberg, 2003). Sternberg mengemukakan bahwa ini berarti “siswa melakukan tugas, atau setidaknya simulasi yang penuh makna, yang ahli lakukan dalam berbagai disiplin (sama baiknya dengan) mengajari mereka untuk berpikir dalam cara ahli ketika mereka mengerjakan tugas”, sehingga mereka sampai pada predikat memiliki kefasihan representasi (*representational fluency*).

Stylianou (2011) menunjukkan bahwa dalam sosial konteks, baik ahli maupun siswa menggunakan representasi jamak sebagai alat untuk penampilan ide dan negosiasi serta kontruksi dari pemahaman yang terbagi. Sangat mungkin untuk mengembangkan keahlian siswa dalam kefasihan representasional. Penggunaan beragam representasi yang fleksibel memiliki potensi untuk membuat pembelajaran lebih penuh makna dan efektif. Aspek berbeda dari sebuah fenomena selama pembelajaran bisa ditemukan lebih efektif dengan mengombinasikan penggunaan dari representasi jamak karena tiap representasi memiliki kekuatan dan kelemahan yang khusus. Mengembangkan kecakapan dalam penggunaan bahasa ilmiah yang akurat dalam mengelaborasi atau menjelaskan fenomena ilmiah selama menerjemahkan antara berbagai format representasi secara fleksibel juga adalah kemampuan utama dari keahlian disiplin ilmu dan bagian yang penting dari kefasihan representasional sebuah konsep sains.

2.4 REPRESENTASI VISUAL: STRATEGI EFEKTIF *PROBLEM SOLVING*

Model kontemporer dari *problem solving* mengidentifikasi bahwa memahami bentuk representasi soal yang disajikan dalam asesmen sebagai satu dari langkah utama dalam proses *problem solving* (Bruning, Schraw, Norby, & Ronning, 2004). Penelitian tentang siswa ahli dan pemula menunjukkan bahwa penggunaan soal representasi visual memfasilitasi performa pemikiran dan *problem solving* mereka (Rittle-Johnson, dkk 2001; Zhang, 1997). Kefektifan dari representasi visual sangat bergantung pada keluasan dari representasi yang beragam dalam menyajikan dukungan kognitif yang sesuai (Butcher, 2006). Representasi visual dapat berupa konkrit dan abstrak, digunakan sesuai dengan kebutuhan yang dibangun dalam proses

pembelajaran.

Representasi visual konkrit meningkatkan skill *problem solving* lebih baik dengan menggambarkan korespondensi yang dekat antara representasi dan objek konkrit yang ingin direpresentasikan, karenanya, representasi visual konkrit kurang bergantung pada konvensi pengetahuan untuk interpretasi mereka dan membantu membangun koneksi antara pengetahuan siswa sebelumnya dan informasi yang akan dipelajari (Donovan & Bransford, 2005).

Sementara itu representasi visual abstrak mampu meningkatkan *problem solving* lebih baik dengan memfokuskan perhatian siswa pemula pada informasi soal terstruktur daripada informasi soal yang dangkal dan dengan menyajikan sebuah alat untuk menggeneralisasi struktur soal dasar yang umum yang secara sederhana tidak sama (Butcher 2006, Goldstone & Son, 2005; Sloutsky, Kaminski, & Heckler, 2005). Sedangkan jika representasi visual abstrak dan konkrit diberikan secara bersamaan, maka akan meningkatkan *problem solving* lebih baik dengan mengombinasikan keuntungan kognitif dari kedua tipe representasi tersebut (Scheiter dkk, 2009).

Sebagai tambahan, penemuan menarik yang bisa diteliti adalah korelasi positif antara penggunaan representasi abstrak dan transfer siswa selama pembelajaran tertentu. Penggunaan representasi skematik (abstrak) yang dikaitkan dengan *problem solving* matematis cukup menunjukkan hasil yang menggembarakan, dimana penggunaan representasi *pictorial* (konkrit) memiliki korelasi negatif dengan suksesnya melakukan *problem solving* (Edens & Potter, 2007, 2008).

DAFTAR PUSTAKA

- Abdurrahman, Liliyasi, Rusli A., & Waldrip, B. (2011). Implementasi Pembelajaran Berbasis Multi Representasi untuk Peningkatan Penguasaan Konsep Fisika Kaantum. *Cakrawala Pendidikan*. 30, (1), 30-45.
- Abdurrahman. (2010). *The role of Quantum Physics Multiple Representations to enhance Concept achievement, critical thinking disposition, and generic*

- Science Skills for Pre Service Physics Teacher*. Dissertation. Unpublished. Indonesi Education University.
- Ainsworth, S. (1999). The functions of multiple representations. *Computers & Education*, 33, 131-152.
- Ainsworth, S. (2006). DeFT: A conceptual framework for considering learning with multiple representations. *Learning and Instruction*, 16, (3), 183-198.
- Ainsworth, S. (2008). The educational value of multiple-representations when learning complex scientific concepts. In J. K. Gilbert, M. Reiner, & M. Nakhleh (Eds.), *Visualisation: Theory and practice in science education* (pp. 191-208). Dordrecht, The Netherlands: Springer.
- Chin, Christine (2007). Multimodality in Teaching and Learning and Science. *Proceeding the 1st International Seminar on Science Education*. Bandung: Graduate School Indonesia University of Education.
- Johnstone, A. H. (1982). Macro and microchemistry. *School Science Review*, 64, 377-379.
- Johnstone, A. H. (1991). Why is science difficult to learn? Things are seldom what they seem. *Journal of Computer Assisted Learning*, 7, 75-83.
- Johnstone, A. H. (2000). Teaching of chemistry: Logical or psychological? *Chemistry Education: Research and Practice in Europe*, 1, 9-15.
- Prain, V., & Waldrip, B. (2010). Representing science literacies: An introduction. *Research in Science Education*. doi:10.1007/s11165-009-9153-x.
- Tsui, C. Y., & Treagust, D. F. (2013). Introduction to multiple representations: Their importance in biology and biological education. In C. Y. Tsui & D. F. Treagust (Eds.), *Multiple representations in biological education* (pp. 3-18). The Netherlands: Springer.
- Tytler, R., & Prain, V. (2010). A framework for re-thinking learning in science from recent cognitive science perspectives. *International Journal of Science Education*, 32(15), 2055-2078.

3

SEKUEN PEMBELAJARAN SAINS BERBASIS REPRESENTASI JAMAK

*"When writing a novel a writer should create living people; people not characters.
A character is a caricature."*

(Ernest Hemingway)

3.1 DARI EXISTING REPRESENTASI MENUJU GENERATE OWN REPRESENTATIONS

Saat ini di Indonesia, umumnya yang menjadi satu-satunya sumber daya alamiah dari representasi jamak dalam pembelajaran fisika adalah buku teks. Walaupun isi buku teks fisika selalu direvisi secara berkelanjutan mengikuti gerak langkah implementasi kurikulum, namun mereka tidak banyak menawarkan banyak motivasi dan latihan yang menekankan pada penggunaan representasi jamak secara komprehensif oleh siswa. Ternyata hal ini bukan saja terjadi di tanah air. Di negara dengan pendidikan yang sangat maju pun, seperti Finlandia, pada umumnya guru mengikuti struktur buku teks dan mereka menggunakan latihan berdasarkan buku teks untuk pembelajaran di kelas dan pekerjaan rumah. Dengan kata lain siswa Finlandia menjadi terbiasa belajar dengan buku teks (Korkeaski, 2008). Para peneliti di seluruh dunia sadar bahwa buku teks biasanya menampilkan format representasi standar yang digunakan dalam Fisika dan ini merupakan sumber keterbatasan interpretasi dan daya kreatif siswa dalam membangun konsep baru. Representasi jamak diperlukan dalam pembelajaran fisika,

bukan saja sekedar untuk melengkapi sajian pengetahuan yang kompleks, tetapi juga dapat mempromosikan interpretasi lain dan dapat membangun pemahaman yang lebih lengkap dalam pembelajaran (Ainsworth, 1999; 2006). Dengan demikian menyajikan pembelajaran fisika dengan melibatkan siswa mengembangkan kemampuan membangun atau *men-degenerate* format representasi dari bentuk representasi yang lain merupakan hal yang masih menjadi kajian menarik bagi sebagian besar peneliti pembelajaran sains (Tytler dan Prain, 2010). Siswa harus belajar untuk membangun representasi jamak dari proses fisis dan belajar untuk memindahkan dari berbagai arah diantara representasi ini.

Sebuah contoh penelitian mendesain materi pembelajaran yang menekankan representasi jamak dalam konsep gaya. Penelitian ini terkonsentrasi pada kemampuan siswa *men-generatere* berbagai format representasi jamak pada Fisika SMA pada konteks mekanika Newtonian. Fokusnya pada representasi eksternal (grafik dan vektor) sebagai bagian terpisah dari representasi internal. Dalam konteks sekolah, representasi eksternal bisa dilihat sebagai alat komunikasi antara guru, siswa, dan media (e.g. buku), dan juga sebagai alat kognisi ketika siswa bekerja sendiri, sebagai contoh, dalam pemecahan masalah, mereka bisa membuat representasi eksternal dan sehingga mengurangi beban kognisi (Schnotz, Baadte, Müller, & Rasch, 2010).

Beberapa representasi mengacu pada situasi dimana berbagai representasi yang digunakan dalam pembelajaran sebuah konsep atau memecahkan masalah daripada, sebagai contoh, hanya representasi verbal dan matematis. Representasi jamak memiliki banyak fungsi dalam pembelajaran (Ainsworth, 1999). Representasi dalam melengkapi dan membatasi representasi lain, dan membangun pemahaman yang lebih lengkap. Van Heuvelen dan Zou (2001) mengungkapkan bahwa membangun representasi jamak berguna dalam pendidikan sains-fisika dimana representasi ini membantu perkembangan pemahaman masalah fisika siswa, membangun jembatan anatar representasi verbal dan matematis, dan membantu siswa mengembangkan imajinasi yang memberikan makna pada simbol matematis. Siswa harus diajar untuk membangun representasi jamak dan untuk memindahkan dari berbagai format representasi tersebut.

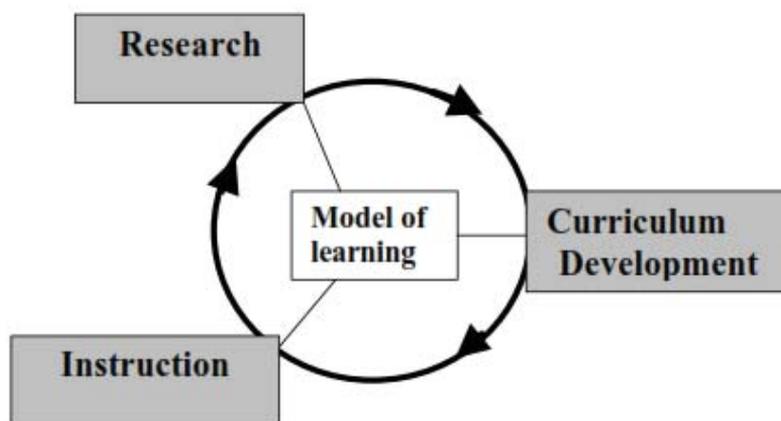
Bagan besar penelitian dalam tradisi perubahan konseptual dalam sains, menunjukkan kesulitan dalam mempelajari konsep dasar sains., tapi skema perubahan konseptual telah gagal untuk membuktikan secara meyakinkan tentang peningkatan dalam mendukung pembelajaran siswa. Karya terbaru dalam ilmu kognitif menantang pandangan konseptual pembelajaran, menekankan peran Bahasa, dan pentingnya aspek pribadi dan kontekstual dalam memahami sains. Penelitian selanjutnya didesain sesuai dengan gagasan bahwa pembelajaran mencakup pengenalan dan pengembangan sumber representasi siswa. Secara khusus, kesulitan konseptual pada konsep gaya secara mendasar adalah representasi di alam. Beberapa maakalah hasil penelitian akhir-akhir ini banyak menjelaskan sebuah urutan kelas yang berfokus pada representasi dan negosiasinya, dan melaporkan keefektifan dari pandangan ini dalam membimbing proses pembejaraan, dan dalam menyediakan pengetahuan yang mendalam tentang pembelajaran siswa. Beberapa hasil penelitian tersebut seperti.

- Literature konsepsi siswa mendokumentasikan kesulitan pada pembelajaran siswa tentang pokok pikiran utama sains hampir pada setiap topic, menghasilkan masalah dalam hal konsepsi alternatif dan kerangka berpikir, (Driver and Easley 1978; Duit 2002) dan tugas pembelajaran dalam hal perubahan konseptual (Hubber and Tytler 2004; Treagust and Duit 2008; Vosniadou 2008).
- Beberapa penelitian tentang strategi pembelajaran yang mendukung pendekatan perubahan konseptual telah dilaporkan berhasil, namun meningkatnya kritik terhadap pendekatan ini adalah bukti bahwa sejumlah besar penelitian yang komprehensif membuktikan kesulitan dalam merubah pemikiran polos siswa menjadi lebih ilmiah (Duit and Treagust 1998).
- Wandersee *et al.* (1994) and Limon (2001) menunjukkan bahwa kurangnya hasil yang jelas yang membuktikan keunggulan orientasi ini. Proses yang mengarahkan pada berhasilnya perubahan pemikiran siswa dari pemikiran polos menjadi pemikiran ilmiah tetap sulit untuk dipahami.
- Duit (2002) : menyusun konsep tentang bagaimana mendukung transisi siswa dari pandangan polos ke ilmiah telah terbukti merupakan sebuah tantangan yang besar. Hal ini terutama terjadi di sejumlah besar

penelitian tentang bidang konseptual utama seperti perubahan materi , gaya dan gerak , bumi dan antariksa, serta perilaku hewan dan adaptasi

3.2 STRATEGI PEMBELAJARAN BERBASIS REPRESENTASI JAMAK

Salah satu kunci keberhasilan pembelajaran sains di kelas adalah pemilihan model pembelajaran yang sesuai dengan kebutuhan siswa dan tuntutan kompetensi yang diharapkan. Menyadari hal ini, maka pengembangan riset-riset tentang pengembangan model, pendekatan, strategi, metode, dan teknik pembelajaran, merupakan satu kesatuan yang seharusnya tidak terpisahkan dari aktivitas kurikulum, proses pembelajaran, dan riset. Beberapa institusi pendidikan telah merancang hal ini sebagai program utama dalam unggulan risetnya. Sebagai contoh *Physics Education Research Group* pada Universitas Amerika Serikat telah mengembangkan model pengembangan institusi risetnya dalam program pengembangan model-model pembelajaran inovatif seperti pada gambar 3.1



Gambar 3.1 Hubungan antara Kurikulum, Pembelajaran, dan Riset Universitas Maryland (Zou, 2000)

Sains (Fisika-Kimia-Biologi) adalah mata pelajaran yang memiliki catatan panjang dan penuh keberhasilan dalam menciptakan pengetahuan baru yang diaplikasikan dalam berbagai skala luas pengalaman manusia dan mendorong pengembangan teknologi. Sain-Fisika khususnya adalah jantung hati informasi baru dan teknologi komunikasi yang telah merubah secara mendalam kehidupan kita dalam dekade terakhir. Fisikawan bekerja

mengawal teknologi baru yang memicu perubahan. Bangkitnya minat pada pengembangan nanoteknologi adalah area kunci untuk inovasi tidak hanya di fisika juga dalam biosains. Dari suatu pandang global dan historis, ilmu fisika, sebagai suatu mata pelajaran, sungguh luar biasa sukses dalam sejumlah area, menyediakan secara instan metode lebih generik dalam analisis untuk menyelesaikan masalah kompleks. Namun fisika, sebagai mata pelajaran di sekolah, masih mendapatkan reputasi yang buruk. Oleh karena itu, fisikawan atau guru bahkan peminat fisika umumnya mempunyai masalah sangat besar dalam upaya menyajikan fisika lebih bermakna dan membuat generasi muda terpesona (Euler, 2004). Model pembelajaran sains yang dirancang dan diterapkan guru menjadi salah satu komponen krusial dalam menciptaka pembelajaran yang inovatif, efektif, dan menyenangkan. Pendekatan representasi jamak menjadi salah satu yang menjanjikan.

Sains baik Fisika, Kimia, maupun Biologi sebagai sebuah matapelajaran, dalam menguasainya membutuhkan pemahaman dan kemampuan cara representasi yang berbeda-beda untuk konsep yang sedang dipelajari. Namun, ketidakmampuan siswa menggunakan pemahaman multimodal (multicara) memahami konsep fisika nampaknya telah menjadi halangan/batas pemahaman mereka menguasai konsep (Gunel *et.al*, 2007). Secara naluriah manusia menyampaikan, menerima, dan menginterpretasikan maksud melalui berbagai cara penyampaian dan berbagai komunikasi. Baik dalam pembicaraan, bacaan maupun tulisan. Meskipun model linguistik yang berfokus pada oral dan teks tertulis sering dianggap sebagai kunci model komunikasi, model-model lain seperti visual, simbol, image tidak bergerak, animasi grafik, model-model fisik, isyarat dan gerakan juga mempunyai peran yang penting dalam proses belajar dan mengajar (Kress, 2001). Siswa belajar lebih efektif ketika mereka mengolah informasi dengan berbagai macam cara, maka pendekatan *multimodal* untuk belajar dan mengajar menjadi sesuatu yang sangat berpotensi menghasilkan proses pembelajaran yang efektif. Melalui representasi yang *mulimodal* akan menciptakan suasana pembelajaran dengan peran aktif seluruh potensi yang dimiliki mahasiswa, mengaktifkan kemampuan belajar (*learning ability*) mahasiswa baik *minds-on* maupun *hands-on*, merupakan faktor yang sering menjadi masalah dalam pembelajaran fisika (Airey J & Linder C, 2007). Di samping hal tersebut, Ainsworth (1999) menyatakan bahwa multimodal representasi sangat terkait

dan diperlukan untuk membangun kemampuan mengembangkan konsep dan metode ilmiah.

Dengan demikian terdapat peluang membelajarkan fisika kuantum dengan variasi penyajian yang memungkinkan terjadinya proses pengolahan informasi secara kognitif yang lebih beragam dan beragamnya format representasi yang dilakukan mahasiswa akan memperkuat pemahaman, bahkan kesulitan memahami suatu topik tertentu, termasuk fisika kuantum, dapat diatasi dengan format representasi yang sesuai dengan karakteristik materi dan kemampuan representasi internal mahasiswa. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa penggunaan multi representasi dalam pembelajaran konsep fisika memiliki potensi keuntungan yang sangat besar bagi mahasiswa dan dosen (guru). Fasilitas yang lebih banyak dalam bentuk format representasi memberikan peluang kepada pembelajar untuk memahami fisika secara mendalam, tetapi namun kesulitan belajar yang spesifik juga akan muncul dalam penggunaan representasi yang beragam (Meltzer, 2005).

Saat ini terdapat suatu perjanjian yang cukup meluas dalam penelitian pendidikan sains bahwa belajar sains memerlukan praktek multi representasi pembelajaran, termasuk proses berfikir, kebiasaan berfikir, rasionalisasi dari pelaksanaan praktek pembelajaran tersebut. Untuk membangun pemahaman konsep siswa terhadap topik tertentu, dibutuhkan mode yang bervariasi agar siswa lebih berminat untuk berfikir dan bertindak dalam pembelajaran "Multiple" mengacu kepada perlakuan terhadap suatu konsep tertentu untuk diungkapkan dalam berbagai bentuk penyajian, termasuk di dalamnya bentuk verbal, grafik, dan mode numerik, yang terus diulang untuk menguasai konsep (Waldrup B, 2007)

Namun, ketidakmampuan siswa menggunakan pemahaman multimodel (multicara) memahami konsep fisika nampaknya telah menjadi halangan/batas pemahaman mereka menguasai konsep (Bernsen, 1993).

Secara khusus teknologi multimedia telah melibatkan siswa belajar melalui cara representasi berbeda, namun masih sering dijumpai berbagai miskonsepsi siswa (Schnotz & Lowe, 2003). Pembelajaran yang disajikan dengan melibatkan proses kognitif yang sama walaupun dengan media

yang berbeda, maka akan menghasilkan keuntungan yang sama dalam belajar (Mayer, 2003).

Schnotz & Lowe (2003) membagi dua perangkat teknis untuk menghasilkan berbagai representasi, yaitu (1) *semiotic* atau format representasi seperti text, gambar, dan suara; (2) Sensori "mode" seperti visual dan auditori. Mayer (2003) belajar menggunakan multimodal memberikan peluang terjadinya pembentukan makna pada kerja memori sehingga siswa mengaitkan antara kata dan gambar. Format representasi yang beragam dalam pembelajaran fisika memberikan peluang yang cukup baik pada pemahaman konsep dan mengkomunikasikan konsep, serta bagaimana mereka bekerja dengan sistem fisika dan proses fisika (Meltzer, 2005).

Hasil penelitian menunjukkan suatu kesepakatan bahwa representasi sangat penting bagi siswa dalam belajar fisika. Representasi membantu siswa pembentukan pengetahuan dan pemecahan masalah. Kita bisa mengatakan itu menggunakan berbagai representasi dengan kualitas tinggi dalam memecahkan satu masalah adalah satu kondisi cukup untuk sukses tetapi itu hal itu belum merupakan suatu kondisi yang diperlukan. Siswa menggunakan representasi untuk membantu mereka memahami situasi masalah serta untuk mengevaluasi hasilnya. Representasi selain verbal dalam suatu pernyataan masalah dapat mempunyai efek berbeda terhadap kinerja siswa dan pilihan mereka untuk menggunakan representasi. Penemuan yang lain adalah bahwa kata-kata tertentu dalam pernyataan masalah memicu penggunaan representasi tertentu. Dua kecenderungan dikembangkan dari berbagai penelitian terakhir ini, yaitu bagaimana siswa menggunakan berbagai representasi ketika memecahkan permasalahan dan bagaimana format representasi yang berbeda mempengaruhi kinerja siswa dalam pemecahan masalah. (Rosengrant, 2007)

Penggunaan berbagai representasi yang baik dianggap sebagai kunci ke belajar ilmu fisika, dan ada dua motivasi yang patut dipertimbangkan untuk mempelajari bagaimana siswa menggunakan berbagai representasi ketika memecahkan permasalahan dan mempelajari bagaimana cara terbaik mengajar pemecahan masalah menggunakan berbagai representasi. Dua pendekatan pembelajaran berbasis multimodal representasi berbeda diberikan pada kelas fisika di Universitas Colorado dan Rutgers.

Perkuliahan di Rutgers dilakukan suatu pendekatan pembelajaran langsung secara ketat, menekankan heuristik khusus dan strategi pemecahan masalah secara spesifik, pembelajaran dikembangkan berbasis inquiry, dosen menggunakan *Learning Active Guide* dalam perkuliahan dan resitasi menggunakan multi representasi . Sedangkan di CU menggunakan suatu pendekatan yang tidak terarah, pemodelan yang baik dalam pemecahan masalah tanpa suatu strategi pembelajaran yang spesifik, sedikit sekali menggunakan multi representasi secara eksplisit, baik dalam kuliah maupun tugas-tugas. Berdasarkan dua pendekatan pembelajaran tersebut ditemukan bahwa, dalam kedua perkuliahan, mahasiswa secara leluasa menggunakan berbagai representasi, dan bahwa penggunaan representasi yang lengkap dan benar sangat signifikan berhubungan dengan peningkatan kinerjanya.

Beberapa perbedaan mengagumkan dalam penggunaan format representasi yang terjadi adalah konsisten dengan pendekatan pembelajaran yang diberikan. Mahasiswa CU lebih suka menyelesaikan masalah yang lebih mudah dalam berbagai representasi sedangkan mahasiswa Rutgers menyukai permasalahan fisika tingkat tinggi. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa pendekatan instruksional atau suatu kombinasi berbagai pendekatan sangat bermanfaat untuk membantu siswa belajar menggunakan berbagai representasi untuk pemecahan masalah dan pengembangan konsep (Kohl et.al, 2007).

N. Lasry & M.W. Aulls (2007) mengembangkan pembelajaran multimodal representasi berbasis masalah untuk melatih kemampuan representasi internal mahasiswa kelas mekanika. Dalam pembelajaran Kinematika 2D mereka melakukan perlakuan berbeda terhadap tiga kelompok mahasiswa. Kelompok pertama mereka sebut grup *n-coding* level tinggi (nCodHi) dengan menyajikan masalah secara lengkap dengan penyajian menggunakan multi representasi dengan teks yang kaya secara visual-spasial seperti gambar, diagram, sketsa, dan *outline*. Kelompok kedua disebut grup *n-coding* medium (nCodMed), kelompok ini menerima masalah yang diberikan dalam format teks seluruhnya namun isinya semirip mungkin disajikan dengan masalah pada kelompok pertama. Kemudian kelompok ketiga disebut *n-coding* level rendah (nCodL), mereka menerima permasalahan dalam bentuk format teks dengan representasi yang lebih

sedikit atau boleh disebut tidak menggunakan multiple representasi. Peneliti juga menggunakan kelas control yang belajar secara individual dengan materi yang sama (kinematika 2D) menggunakan pembelajaran tradisional terstruktur. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan n-coding dengan pendekatan pembelajaran yang lebih kaya akan representasi akan meningkatkan keuntungan belajar (*learning gains*) dalam menyelesaikan persoalan fisika, membangkitkan pengetahuan koseptual yang lebih baik, dan lebih percaya diri dalam penguasaan konsep.

Penelitian Meltzer D.E (2005), yang memulai perkuliahan hukum Newton 3 dengan memberikan pre test dua soal sejenis tentang hukum 3 newton dengan format representasi yang berbeda, yang pertama disajikan dengan format representasi verbal dan yang kedua dengan format representasi diagram (diagram vektor). Hasilnya menunjukkan bahwa proporsi menjawab benar untuk format verbal jauh lebih besar dibandingkan dengan format diagram. Bentuk respon kesalahan menjawab dua format tersebut juga sangat jauh berbeda. kesalahan keduanya berbeda sangat jauh. Setelah pembelajaran dilakukan secara biasa, mahasiswa diberikan kuis dengan tambahan soal representasi meliputi empat bentuk representasi yaitu verbal, diagram, simbol-matematis, dan grafik. Tingkat kesalahan mahasiswa dalam menjawab soal pada keempat representasi tersebut cenderung sama. Namun terdapat penemuan yang menarik bahwa mahasiswa perempuan mengalami tingkat kesalahan lebih tinggi dalam menjawab soal dengan format representasi grafik, dibandingkan dengan format representasi lainnya. Kemudian hasil lain menunjukkan bahwa mahasiwa perempuan mengalami tingkat kesalahan lebih tinggi dalam soal-soal dengan format representasi diagram dibandingkan dengan

Pengaruh mengkonstruksi lingkungan belajar terhadap keterampilan atau skill representasi mahasiswa telah juga diteliti oleh Patrick B. Kohl dan Noah D. Finkelstein (2006), dimana dosen menjadi model dalam pembelajaran fisika menggunakan multimodal representasi, kemudian juga mahasiswa melakukan hal yang sama dalam bentuk perkuliahan, resitasi laboratorium, kuis, dan pekerjaan rumah. Pembelajaran menyajikan lima format representasi, yaitu verbal, matematika, gambar, garfik, dan demonstrasi. Dengan membedakan proporsi pemberian format representasi dengan kelas control, menunjukkan bahwa mahasiswa dengan belajar fisika

melalui sajian dan melakukan sendiri belajar dengan format yang lebih kaya, kemampuan atau skill dalam menyelesaikan ujian lebih baik dari mereka yang mendapatkan pengalaman belajar dengan sajian format representasi yang lebih sedikit.

Pembelajaran pendahuluan fisika kuantum untuk siswa SMA kelas 11 meliputi topik efek fotolistrik dan model atom Bohr telah dilakukan oleh Gunel *et.al* (2007). Pembelajaran didesain dengan melibatkan siswa dalam aktivitas multimodal representasi menulis. Satu kelompok siswa diberikan tugas membuat representasi dalam bentuk *power point* kedua topik materi dan satu kelompok lainnya dengan representasi yang sama dengan format membuat laporan rangkuman topik yang sama. Kemudian kelompok *powerpoint* mempresentasikan hasilnya di depan siswa kelas lebih rendah. Pada akhir pembelajaran kedua topik tersebut siswa diberikan post test, dan hasilnya menunjukkan bahwa secara signifikan kelompok siswa yang memiliki pengalaman melakukan pembelajaran dengan format presentasi lebih baik dibandingkan dengan siswa yang membuat laporan.

3.3 REPRESENTASI DINAMIS

Jangkauan keluasan kajian sains yang terkadang menjamah hal-hal yang sangat kecil dan sulit teramati atau berukuran sangat besar, member peluang pada pentingnya visualisasi konten sains, terutama pada konsep-konsep abstrak. Namun sejumlah asesmen yang dilakukan menunjukkan bahwa memotivasi siswa untuk menginterpretasi visualisasi secara hati-hati dan mengarahkan pada penjelasan yang lebih produktif tentang ide yang direpresentasikan dalam visualisasi dinamis berbasis komputer, membutuhkan sedikit kritik kognitif, terutama terkait masalah miskonsepsi. Karena sering dijumpai, kelompok pengembang kurang berhasil dalam menghubungkan visualisasi untuk konsep yang mendasari dan fenomena yang bisa diamati dan menulis penjelasan yang kurang detail sehingga sering menimbulkan multitafsir yang mengarah kepada miskonsepsi. Salah satu dampaknya adalah siswa sering mengalami kesulitan dalam memahami atau membuat koneksi antara representasi (Keig & Rubba 1993, Kozma 2003, Nakhleh, Samarapungavan, & Saglam 2005)

Milanya pada pembelajaran kimia yang melibatkan pemahaman dan hubungan representasi pada level molekuler atau submikroskopik (misalnya

interaksi atomic), symbolic (misalnya persamaan), dan yang bisa diamati atau macro (perubahan warna) (Gabel, 1998. Gilbert & Treagust 2009, Johnstone, 1993), akan sangat menarik dan memotivasi siswa jika disajikan dengan representasi dinamis yang sangat baik. Siswa akan mudah dan fasih dalam menghubungkan reaksi kimia dengan proses yang tak terlihat seperti susunan atom, pemutusan ikatan, dan pembentukan ikatan (Krajcik, 1991).

Sebagai contoh lain, peneliti menggunakan sebuah visualisasi dinamis dalam proyek kurikuler berbasis inkuiri online menggunakan Web- Based Inquiry Science Environment (WISE, Linn & His, 2000; Linn, Davis, & Bell, 2004). Penelitian ini menginvestigasi peran dari meminta siswa untuk menggambar ide mereka tentang reaksi kimia untuk mempromosikan pemahaman terintegrasi dengan visualisasi. Peneliti membandingkan 2 kelompok : siswa dalam kelompok generasi menggambar ide mereka tentang berlangsungnya reaksi pada level molekuler, dan siswa pada kelompok interaksi melaksanakan eksplorasi tambahan dari visualisasi daripada menggambar. Penelitian menunjukkan bahwa instruksi akan efektif ketika menyajikan kesempatan yang cukup bagi siswa untuk mengintegrasikan hasil amatan mereka dan menghubungkan pengetahuan sebelumnya melalui refleksi dan diskusi (Linn dkk, 2004)

Banyak faktor yang berkontribusi pada kesulitan dalam membangun hubungan antar representasi dalam pembelajaran kimia. Sebagai contoh, buku teks sering menekankan representasi simbolik dan fenomena yang teramati dan menyajikan imagi yang membingungkan tentang konsep kimia pada level molekuler (Ben-Zvi, Eylon, & Silberstein, 1987). Siswa tingkat awal sering gagal membangun korespondensi antara representasi berbeda (Kozma & Russell, 1997). Untuk mendukung perkembangan dari hubungan antara ide, fenomena, dan level representasi ilmiah yang berkaitan, peneliti menggunakan kerangka pikir integrasi untuk membimbing desain kurikulum, asesmen, dan perbandingan instruksional (Linn & Eylon, 2006; Linn dkk 2004; Varna, Husic, & Linn, 2008). Kerangka pikir ini menekankan ide yang terhubung dari perspektif jamak. Siswa membawa kekayaan perspektif tentang kimia ke dalam kelas sains (Adadan, Trundle, & Irving, 2010). Hal ini berasal dari pengalaman sehari-hari seperti menyalakan lilin, membuat api unggun, atau mencampur cuka dan baking soda. Beberapa ide ini secara ilmiah normative dan koheren, sementara beberapa yang lain tidak.

Proses yang mendukung integrasi pengetahuan termasuk memperoleh ide siswa, menambahkan ide baru untuk membangun pemahaman, membantu peserta didik memperbaiki dan menyusun repertoar ide, dan mengembangkan kriteria bagi evaluasi di antara ide (Linn & Eylon 2006). Dengan melibatkan proses integrasi pengetahuan ini, siswa bisa melihat kapan ide mereka berlawanan satu sama lain dan mengambil peran aktif dalam memperbaiki pengetahuan mereka. Siswa yang dengan sengaja berpartisipasi dalam proses ini akan mengembangkan kemampuan belajar sepanjang masa.

Penelitian yang berfokus pada target siswa memahami proses pembakaran Hidrogen (Ben-Zvi dkk, 1987), sebagai contoh, siswa harus setidaknya mahir

1. Aspek structural dari reaksi kimia, termasuk struktur molekul dari reaktan dan produk
2. Representasi simbolik
3. Sifat interaktif dari reaksi kimia, seperti pembentukan dan pemutusan ikatan
4. Fenomena teramati yang berkaitan dengan reaksi, seperti ledakan dan api

Mereka perlu memahami representasi dengan tipe berbeda untuk menunjukkan reaksi pada level makro, submikro, dan simbolik dan hubungan ketiga hal tersebut diantara representasi (Gilbert & Treagust, 2009). Sementara ahli kimia bisa dengan mudah berpindah antar representasi yang berbeda dan mengerti hubungan antar representasi, siswa pemula menemukan sebuah tantangan untuk memahami fenomena kimia pada level molekuler atau submikro dan menghubungkan representasi lainnya (Kozma, 2003; Kozma & Russell 1997).

Visualisasi dinamis memiliki potensi besar dalam mendukung pembelajaran kimia. Mereka bisa menunjukkan proses dinamis yang tak terlihat dan menawarkan sebuah model proses yang sempurna. Dibandingkan dengan gambar statis yang menggunakan indikator seperti panah untuk menyimbolkan perubahan temporal, visualisasi dinamis membawa ide temporal menjadi hidup dan mendukung pemahaman (Park & Hopkins, 1993). Visualisasi dinamis sering memakai representasi jamak dan mendukung siswa membentuk pemahaman terintegrasi dalam berbagai cara

(Ainsworth 1999). Dengan menunjukkan perubahan terkoordinasi dalam representasi jamak secara bersamaan, visualisasi dinamis membantu siswa menciptakan koneksi refrensial antara fitur yang sesuai dari representasi yang berbeda dengan pengetahuan mereka tentang satu representasi yang terpetakan menjadi representasi lain (Seufert 2003).

Visualisasi dinamis juga menunjukkan partisipasi yang luas dalam sains. Dia menawarkan cara baru untuk merepresentasikan masalah kompleks dan membantu menghubungkan ide. Penambahan visualisasi pada intruksi meningkatkan minat dan wawsan dalam sains (Boo & Watson, 2001). Sanger dkk (2001) menemukan bahwa mahasiswa yang melihat animasi dari difusi dan osmosis molekul parfum mengembangkan pemahamn lebih baik tentang pergerakan partikel yang random dan konstasn daripada yang ditak melihat. Wu dkk (2001) menemukan bahwa visualisasi tidak hanya meningkatkan pembelajaran, tapi juga mempengaruhi cara siswa berinteraksi satu sama lain. Siswa yang melihat visualisasi molekuler cenderung untuk berdiskusi proses molekuler dengan kawan sejawat selama mereka melihat visualiasi. Interaksi sosial membolehkan siswa untuk meletakkan observasi yang kompleks kedalam kata-kata dan mungkin berkontribusi untuk meningkatkan pemahaman.

Namun demikian, ketika belajar dengan visualisasi, siswa dihadapkan dengan sejumlah tantangan (Lowe, 1999).

1. Peserta didik dihadapkan dengan tantangan pembelajaran yang kompleks. Mereka perlu memahami format dan operator dari siap representasi, relasi antara representasi, dan cara visualisasi terhubung dengan konsep tujuan (Ainsworth, 1990). Tanpa pengetahuan tersebut, siswa mungkin hanya melihat bola yang terpantul ketika kita menunjukkan animasi atomic yang dimaksudkan untuk menunjukkan fenomena teramati seperti proses mencair.
2. Visualisasi mungkin terlalu padat secara kognitif. Sifat sementara dari visualisasi membutuhkan peserta didik untuk menjaga informasi lebih banyak dalam pikiran daripada yang dibutuhkan pada gambar statis. Visualisasi yang kompleks bisa memuat ingatan secara berlebihan dan menghalangi detail utama (Ainsworth 2006, Gilbert 2007). Beberapa animasi mungkin terlalu membingungkan dan tidak memiliki keuntungan daripada diagram statis (Tversky, Morrison, & Betrancourt, 2002).

Dalam penelitian ini, kami melakukan penelitian awal dan memperbaiki visualisasi secara berulang untuk mengurangi kompleksitas

3. Visualisasi bisa membuat kabur. Beberapa visualisasi merepresentasikan informasi dinamis dengan sedemikian rupanya ke dalam cara sederhana yang membuat peserta didik memfokuskan perhatian mereka pada fitur permukaan dan mengabaikan fitur yang relevan secara konseptual (Cook, Weibe, & Carer, 2008). Siswa menjadi yakin mereka paham berdasarkan pada observasi dangkal (Chiu & Linn, in Press). Untuk menghadapi masalah ini, kami mendesain aktivitas generasi yang membutuhkan siswa untuk menggambar ide mereka setelah berinteraksi dengan sebuah visualisasi. Tugas generasi mendukung siswa untuk menghabiskan lebih banyak waktu dalam memaknai visualisasi dan menganalisis apa yang mereka lihat.
4. Visualisasi mengambil keuntungan dari bahan kurikulum yang suportif yang mempromisikan hubungan antar ide. Intruksi yang berhasil dengan visualisasi secara khas membutuhkan sejumlah siklus perbaikan. (Chang & Quintanta, 2006; Clark & Dorris, 2004). Ini sering mencakup aktivitas dan asesmen lain yang membimbing siswa untuk menghubungkan visualisasi dan ide (Frailich dkk, 2009).

DAFTAR PUSTAKA

- Ainsworth, S. (1999). The functions of multiple representations. *Computers & Education*, 33, 131-152.
- Euler, M. (2004). The role of experiment in the teaching and learning of physics. *Proceedings of the international school of physics "Enrico Fermi"*. Italia : IOS Press.
- Feynman, R.(1965). *The development of the space-time view of quantum electrodynamics; Nobel lecture*. Available online: <<http://nobelprize.org/physics/laureates/1965/feynman-lecture.html>>.
- Gall, M.D., Gall, J.P., & Borg, W.R. (2003). *Education Research an Introduction*. (7th Edition). Pearson Education. Inc.
- Gunel, M., Brian Hand, & Sevket Gunduz. (2006). Comparing Student Understanding of Quantum Physics When Embedding Multimodal Representations into Two Different Writing Formats: Presentation

- Format Versus Summary Report Format. *Published online 20 July 2006 in Wiley InterScience. (www.interscience.wiley.com)*
- Heuvelen, Van & X. L. Zou,. (2001). Multiple representations of work-energy processes. *American Journal of Physics* 69 (2), 184 (2001)
- Jewitt, C., & Kress, G. (Eds.). (2003). *Multi-modal literacy*. New York: Peter Lang.
- Kohl, Patrick B., David Rosengrant., & Noah D. Finkelstein. (2007). Strongly and weakly directed approaches to teaching multiple representation use in physics. *Physical Review Special Topics-Physics Education Research* 3, 010108-2007.
- Kohl, B.P., & Finkelstein, Noah D. (2006). Effect of instructional environment on physics students' representational skills. *Physical Review Special Topics-Physics Education Research*. 2, 010102 – 2006.
- Kohl P. & Finkelstein, ND. (2004). Representational Format, Student Choice, and Problem Solving in Physics. *PERC Proceedings 2004*, AIP Publishing: MD
- Kress, G., Jewitt, C., Ogborn, J., & Tsatsarelis, C. (2001). *Multimodal teaching and learning: The rhetorics of the science classroom*. London, UK: Continuum.
- Lasry N. & M.W. Aulls. (2007). The Effect of Multiple Internal Representations on Context Rich Instruction. *American Journal Physics*. November 2007. Volume 75, Issue 11, pp. 1030 -1037.
- Lemke, J. (1998). Multiplying meaning: Visual and verbal semiotics in scientific text. In J. R. Martin & R. Veel (Eds.). *Reading science* (pp.87-113). London: Routledge.
- Lising, Laura & Andrew Elby. (2005). The impact of epistemology on learning: A case study from introductory physics. *Am. J. Phys.* 73 (4), April 2005
- Mayer, R. E. (2003). The promise of mulitmedia learning: Using the same instructional design methods across different media. *Learning and Instruction*, 13, 125– 139.
- Meltzer D. E. (2005). Relation between students' problem-solving performance and representational format. *American Journal of Physics* 73 (5), 463 (2005).

- Meltzer, E.D. (2002). The relationship between mathematics preparation and conceptual learning gains in physics : A possible :hidden variable in diagnostic pretest score. *American Journal Physics*. 70 (2), 1259–1268.
- NRC. (2003). *National Science Education Standards : Standards for Science Teacher Preparation*. Washington DC: National Academy Press.
- Paivio J.M. (1991). Dual coding theory and education. *Educational Psychology Review* 71, 64 (1991)
- Rebello , N. Sanjay & Dean A. Zollman .(2006). Trends in Physics Education Research.
- Rebello,N.S., & Zollman,D.A. (2005) “Trends in Physics Education Research – a Personal Perspective”.
- Robblee, K. M., Garik, P. and Abegg, G. (1999). *Using computer visualization to teach quantum science on pedagogical content knowledge*. Presented at NARST 99. http://www.phys.ksu.edu/perg/papers/narst/QM_papers.pdf. 13.1.2003
- Rosengrant, D., Etkina, E., & Heuvelen, A.V. *An Overview of Recent Research on Multiple Representations*. Rutgers, The State University of New Jersey GSE, 10 Seminary Place, New Brunswick NJ, 08904
- Santrock, John W. (2004). *Educational Psychology, 2nd Edition*. Dallas: McGraw – Hill Company.
- Scherr, R.E. (2008). Gesture analysis for physics education researchers. *Physical Review Special Topics-Physics Education Research* 4, 010101-2008.
- Schnotz, W., & Lowe, R. (2003). External and internal representations in multimedia learning. *Learning and Instruction*, 13, 117– 123.
- Waldrip, B., Prain,V., & Carolan, J. (2006). Learning Junior Secondary Science through Multi-Modal Representations. *Electronic Journal of Science Education*. Preview Publication for Vol. 11, No. 1

4

ASESMEN PEMBELAJARAN BERBASIS REPRESENTASI JAMAK

There is a lack of critical assessment of the past. But you have to understand that the current ruling elite is actually the old ruling elite. So they are incapable of a self-critical approach to the past.

(Ryszard Kapuscinski)

4.1 SKIL *PROBLEM SOLVING* REPRESENTASI JAMAK

Asesmen memiliki kekuatan dalam meningkatkan kualitas dan capaian belajar siswa. Persepsi siswa tentang asesmen bahwa asesmen mampu mendorong mereka belajar secara mendalam sebuah topik, akan berpengaruh pada capaian belajar, sebaliknya jika siswa memiliki persepsi terhadap asesmen hanya bagian dari rutinitas pembelajaran, maka akan hanya dirasakan sebagai sebuah ritme pembelajaran (Maclellan, 2001).

Penggunaan representasi jamak dalam memecahkan masalah pengenalan fisika telah menjadi hal yang sangat menarik bagi banyak peneliti seperti.

- a. Keuntungan penggunaan representasi yang berbeda dalam pemecahan masalah fisika (De Leone & Gire, 2005; Van Heuvelen & Maloney, 1999)
- b. Strategi untuk memfasilitasi kemampuan pemecahan masalah siswa antar representasi (Van Heuvelen & Zou, 2001)
- c. Aspek pedagogik dalam membantu siswa membangun representasi. (Dufresne, Gerace, & Leonard, 1997; Heller & Reif, 1984; Kohl, Rosengrant,

& Finkelstein, 2006; Larkin & Simon, 1987; Rosengrant, Van Heuvelen, & Etkina, 2006; Van Someren, Reimann, Boshuizen, & de Jong, 1998)

Salah satu peran penggunaan representasi jamak dalam pengajaran dan pembelajaran membantu siswa menjadi pemecah masalah (*problem solving*) yang lebih baik. Umumnya paling tidak terdapat kesulitan siswa saat melakukan *problem solving* (contoh dalam Fisika) adalah:

1. Kesulitan dengan penggunaan prinsip
Tidak mengetahui prinsip yang mana yang digunakan untuk memecahkan masalah atau menggunakan prinsip yang tidak sesuai.
2. Kesulitan dengan rumus
 - Tidak tahu atau salah menafsirkan rumus
 - Tidak tahu atau menuliskan rumus yang salah
3. Kesulitan dengan nilai
 - Tidak tahu nilai yang mana yang dimasukkan ke dalam rumus
 - Kebingungan antara nilai ketika harus memasukkannya ke dalam persamaan
4. Kesulitan dengan besaran fisis
 - Tidak tahu besaran yang sesuai untuk digunakan dalam menjelaskan keadaan
 - Tidak tahu atau salah menuliskan rumus besaran fisis
 - Tidak tahu bagaimana menghitung besaran fisis berdasarkan informasi yang diberikan
 - Tidak tahu atau salah menggunakan satuan dari besaran fisis
 - Kebingungan antara besaran fisis
5. Kesulitan dengan matematika
 - Mengerjakan proses matematis secara salah
 - Tidak tahu arti dari proses matematis
6. Kesulitan dengan grafik
 - Tidak dapat membaca informasi dari grafik
 - Tidak dapat mengambil informasi dari grafik untuk menghitung besaran yang diinginkan
7. Kesulitan dengan fungsi
Tidak tahu bagaimana menghadapi fungsi yang diberikan untuk menemukan besaran yang diinginkan atau menggunakan fungsi yang diberikan secara tidak tepat.

8. Kesulitan dengan perhitungan
Siswa melakukan kesalahan menghitung.

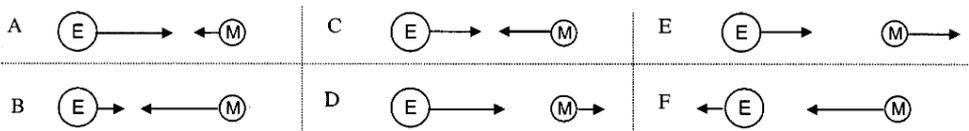
Sebagai contoh Meltzer (2005) mengembangkan soal asesmen pada topik Gravitasi dengan membuat soal verbal dan diagramatik seperti di bawah ini dan diujikan kepada siswa selama 5 tahun berturut-turut.

(a)

#1. The mass of the sun is about 3×10^5 times the mass of the earth. How does the magnitude of the gravitational force exerted by the sun on the earth compare with the magnitude of the gravitational force exerted by the earth on the sun? The force exerted by the sun on the earth is:

- A. about 9×10^{10} times larger
- B. about 3×10^5 times larger
- C. exactly the same
- D. about 3×10^5 times smaller
- E. about 9×10^{10} times smaller

#8. Which of these diagrams most closely represents the gravitational forces that the earth and moon exert *on each other*? (Note: The mass of the earth is about 80 times larger than that of the moon.)



(b)

#1. A 5-kg lead sphere is hanging 12 m from a 500-kg lead sphere. How does the gravitational force exerted by the 5-kg sphere on the 500-kg sphere compare with the magnitude of the gravitational force exerted by the 500-kg sphere on the 5-kg sphere? The force exerted by the 5-kg sphere on the 500-kg sphere is:

- A. 100 times larger
- B. 10 times larger
- C. exactly the same
- D. 10 times smaller
- E. 100 times smaller

Gambar 4.1 Contoh Soal dengan representasi verbal dan diagramatik (Meltzer, 2005)

Respon siswa yang menjawab benar dapat dilihat pada Tabel 4.1 di bawah ini. Ternyata setiap angkatan persentase siswa yang menjawab benar hampir konsisten dan sebagian besar mereka mampu menjawab pertanyaan pada format verbal, sementara itu yang menjawab dengan benar format

diagramatik cenderung terus lebih sedikit. Dengan demikian kompetensi siswa dalam problem solving bergantung pada format representasi yang diberikan di dalam set problem (Meltzer, 2005).

Tabel 4.1 Respon jawaban siswa terhadap soal dengan representasi beragam

	1998	1999	2000	2001	2002
<i>N</i>	78	96	83	77	74
<i>1. force by the sun is</i>					
larger [A or B]	81%	83%	76%	70%	84%
*the same [C]	14%	10%	20%	23%	14%
smaller [D or E]	5%	6%	4%	6%	3%
<i>8. earth/moon force</i>					
 [B]	54%	45%	45%	55%	43%
*  [C]	6%	6%	12%	12%	7%
 [A]	38%	47%	41%	34%	46%
other	1%	2%	2%	0%	4%

(sumber: Melzer, 2005)

Selanjutnya Kohl, Rosengrant, & Finkelstein (2007) meneliti tentang kekuatan dan kelemahan siswa dalam problem solving physics melalui pembelajaran yang dikemas secara inovatif dan interaktif, kemudian mengases siswa dengan soal menggunakan salah satu mode representasi, kemudian dianalisis bagaimana respon siswa dalam melakukan problem solving

dengan memanfaatkan mode representasi yang lain dengan dua alternatif pemecahan masalah (a. diberikan arah pemilihan mode representasi dan b. bebas memilih) dalam menyelesaikan masalah, seperti pada soal di bawah ini.

Diffraction Problem -- Mathematical Format

We have a double-slit experiment with incident light of $\lambda = 633 \text{ nm}$. On a screen 3.0 m from the slit, we see an intensity pattern with small peaks separated by 0.5 cm . The first minimum in the overall intensity envelope is at 2.0 cm from the center of the pattern. Calculate the separation of the slits.

- d. Circle the appropriate letter.
- A) $D = 3.8 \times 10^{-5} \text{ m}$
- B) $D = 3.8 \times 10^{-4} \text{ m}$
- C) $D = 9.5 \times 10^{-5} \text{ m}$
- D) $D = 9.5 \times 10^{-4} \text{ m}$
- E) None of the above.

Handwritten student solution for the diffraction problem. The diagram shows a double-slit experiment with a screen 3 m away. The distance to the first minimum is 2 cm . The wavelength is $\lambda = 633 \text{ nm}$. The student uses the formula $d \sin \theta = (m + 1/2) \lambda$ and $\tan \theta = \frac{y}{x}$ to find the slit separation d .

Handwritten calculations:
 $d \sin \theta = (m + 1/2) \lambda$
 $d \sin(0.8^\circ) = (0 + 1/2) 633 \text{ nm}$
 $d \cdot 0.012 = 316.5 \text{ nm}$
 $d = \frac{316.5}{0.012} = 26375 \text{ nm} = 2.6375 \times 10^{-4} \text{ m}$

Multiple choice options:
 A) $D = 3.8 \times 10^{-5} \text{ m}$
 B) $D = 3.8 \times 10^{-4} \text{ m}$
 C) $D = 9.5 \times 10^{-5} \text{ m}$
 D) $D = 9.5 \times 10^{-4} \text{ m}$
 E) None of the above.

(a)

A small metal ball with $Q_1 = +2.0 \mu\text{C}$ of charge hangs at the end of a vertical string. A second, identical ball with $Q_2 = -2 \mu\text{C}$ of charge hangs at the end of a vertical string. The tops of the strings are brought near each other, and the strings reach an equilibrium orientation (no longer vertical) when the balls are a distance $d = 3.0 \text{ cm}$ apart. If the force of the Earth on each ball is $F_1 = F_2 = 30 \text{ N}$, what is the force T of the string on each ball? Write your symbolic answer in terms of $F_1, F_2, Q_1, Q_2,$ and appropriate electrical constants.

Handwritten student solution for the electrostatic problem. The diagram shows two balls hanging from strings, separated by 3 cm . The force of the Earth on each ball is $F_1 = F_2 = 30 \text{ N}$. The student uses Coulomb's law to find the electric force F_E .

Handwritten calculations:
 $F_E = \frac{k q_1 q_2}{r^2}$
 $= \frac{9 \times 10^9 \times 2 \times 10^{-6} \times 2 \times 10^{-6}}{(0.03)^2}$
 $= 40 \text{ N}$

Symbolic answer here:
 $T = \sqrt{(mg)^2 + \left(\frac{k q_1 q_2}{r^2}\right)^2}$

Numerical answer in Newtons here:
 50 N

(b)

Gambar 4.2 Soal asesmen format verbal dengan respon siswa menggunakan format digram, gambar, simbolik, dan numeric: (a) Diarahkan (Kohl, Rosengrant, & Finkelstein (2007) (b) Tidak diarahkan (Kohl & Finkelstein, 2005)

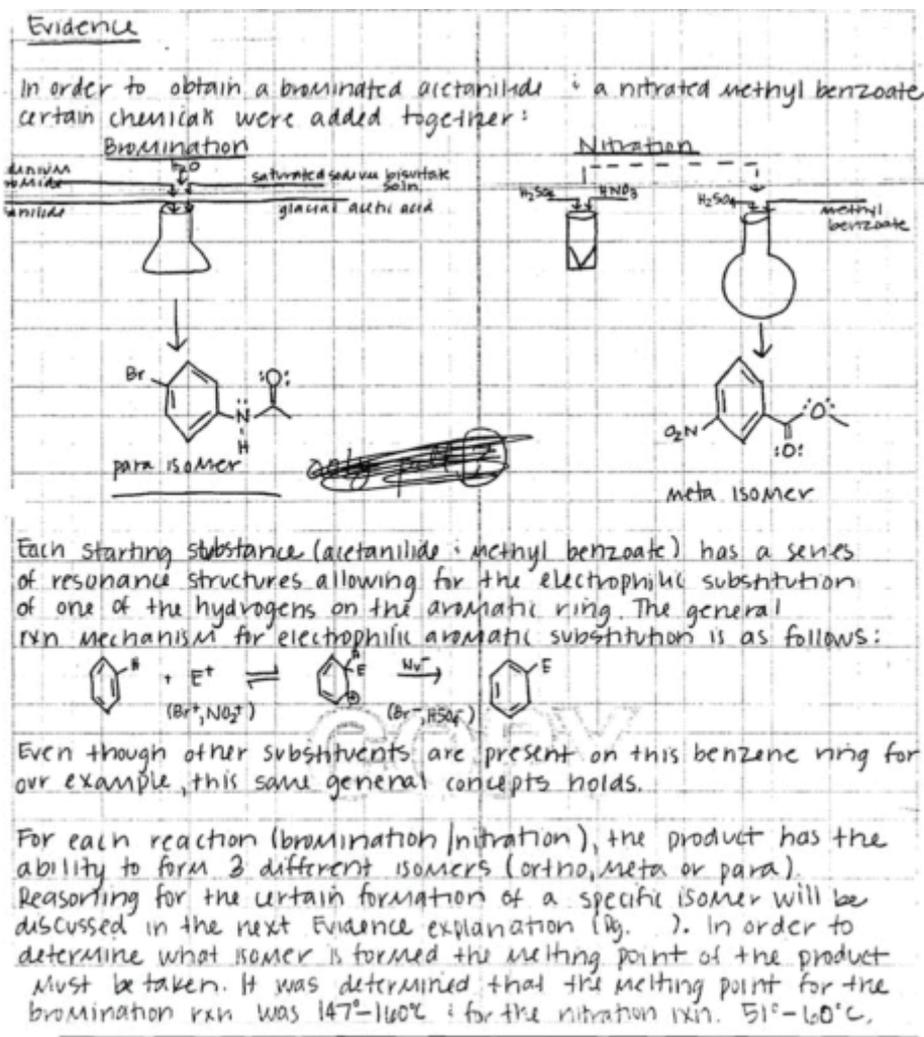
Pada topik kimia, Hands & Choi (2010) meneliti tentang skill problem solving yang trintegras dalam kemampuan bergumentasi dalam laboratorium kimia organik. Siswa diberikan template menulis yang disajikan pendekatan *Science Writing Heuristic* (SWH) seperti terlihat pada Tabel 4.2, telah

teridentifikasi sebagai alat yang bermanfaat yang membuat siswa terlibat dalam mengembangkan argument ilmiah (Keys dkk 1999). Template ini sangat berbeda dengan metode tradisional dalam menanya respon siswa dengan hanya 5 bagian yakni tujuan, metode, observasi, hasil, dan kesimpulan. Melalui template ini mendukung siswa untuk mengartikulasi pertanyaan awal mereka tentang sebuah topic, mengidentifikasi pola dalam data hasil pengumpulan, membangun klaim berdasarkan interpretasi data, mendukung klaim mereka dengan bukti, dan merefleksi investigasi mereka.

Tabel 4.2 *Templete SWH untuk siswa*

Fase	Pertanyaan yang berkaitan dengan fase
Beginning ideas	What are my questions?
Test	What did I do?
Observations	What did I see?
Claims	What can I claim
Evidence	How do I know? Why am I making these claims?
Reading/reflection	How do my ideas compare with others? How have my ideas changed?

Menggunakan template menulis yang disediakan pendekatan SWH, siswa terlibat dalam pengembangan 3 bentuk modal. Mereka mengembangkan mode verbal yang mendeskripsikan entitas dan hubungan di antara entitas tersebut dalam bentuk tertulis. Mode simbolis yang berisi simbol dan formula kimia, persamaan kimia, dan ekspresi matematis, dan mode visual yang tampak pada penggunaan grafik, diagram, dan gambar (Gilbert , 2004). Gambar 4.3 menunjukkan hasil kinerja siswa dengan menggunakan SWH dan melibatkan berbagai format representasi.



Gambar 4.3 Argumen siswa yang melibatkan argumentasi (Hand & Choi, 2010)

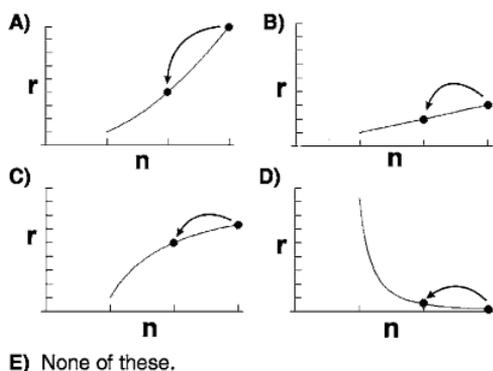
4.2 ASESMEN ISORMORPIS

Sudah dijelaskan di atas bahwa keberhasilan siswa dalam memecahkan masalah sains-fisika adalah terkait dengan format representasi dari masalah. Kohl & Finkelstein (2005) mempelajari kompetensi representasi mahasiswa di dua program fisika universitas pengantar di program tahun pertama (Fisika Dasar) dengan total sekitar 600 mahasiswa. Peneliti juga memeriksa

kinerja siswa pada masalah pekerjaan rumah yang diberikan dalam empat format representasi yang berbeda, yaitu matematika, bergambar, grafis, verbal dengan pernyataan masalah yang kontennya dekat atau sama namun representasinya berbeda, yang dikenal dengan istilah isomorfik. Selain homeworks, kami memeriksa penilaian siswa representasi dengan menyediakan tindak lanjut kuis di mana mereka memilih antara berbagai format masalah. Secara keseluruhan, mereka mengamati bahwa kompetensi representasional siswa sangat ditentukan oleh baik komponen mikro maupun makro fitur dari tugas dan lingkungan yang dikemas dalam pembelajaran.

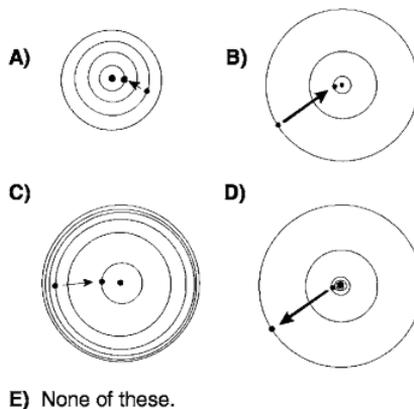
Question 3 – Graphical

An electron in a Bohr hydrogen atom jumps from the $n=3$ orbit to the $n=2$ orbit. The following graphs show the orbit radius r as a function of the orbit number n . Choose the graph that best represents the relative locations of the electron orbits.



Question 4 – Pictorial

An electron in a Bohr hydrogen atom jumps from the $n=3$ orbit to the $n=1$ orbit. Choose the picture that best represents the relative locations of the electron orbits.



Gambar 4.3 Contoh problem statement isomorfik (Kohl & Finkelstein, 2005)

DAFTAR PUSTAKA

- Hand, B., & Choi, A. (2010). Examining the impact of student use of multiple modal representations in constructing arguments in organic chemistry laboratory classes. *Research in Science Education*, 40(1), 29-44.
- Keys, C. W., Hand, B., Prain, V., & Collins, S. (1999). Using the Science Writing Heuristic as a tool for learning from laboratory investigations in secondary science. *Journal of Research in Science Teaching*, 36, 1065-1084.

- Kohl, P. B., & Finkelstein, N. D. (2005). Student representational competence and self-assessment when solving physics problems. *Physical Review Special Topics-Physics Education Research*, 1(1), 010104.
- Kohl, P.B., & Finkelstein, N.D. 2006. The effects of representation on students solving physics problems: A fine-grained characterization, *Phys. Rev. ST Phys. Educ. Res.* **2**, 010106 _2006.
- Kohl, P.B, Rosengrant, D., & Finkelstein. (2007). Strongly and Weakly directed approaches to teaching multiple representation use in physics. *Phys. Rev. ST Phys. Educ. Res.* **3**, 010108 _2008.
- Maclellan, Effie. (2001). Assessment for learning: the differing perceptions of tutors and students. *Assessment and Evaluation in Higher Education*, 26 (4). pp. 307-318)
- Meltzer, D. E. (2005). Relation between students' problem-solving performance and representational format. *American Journal of Physics*, 73(5), 463-478.
- Nguyen, D. H., & Rebello, N. S. (2011). Students' Difficulties With Multiple Representations in Introductory Mechanics. *Online Submission*, 8(5), 559-569.

5

PENUTUP

Representasi jamak secara luas dianggap sebagai bentuk untuk menunjukkan konsep atau menyampaikan pemahaman dalam bentuk gambar, teks, diagram, atau ekspresi matematika (Gunel, Hand, & Gündüz, 2006; Owens & Clements, 1997; Pineda & Garza; 2002). Melalui penyampaian ide, fenomena, fakta, konsep, prosedur, bahkan teori sains melalui berbagai format representasi, maka diharapkan pembelajaran sains berlangsung secara efektif.

Dalam bidang linguistik, matematika, teknologi, dan ilmu pengetahuan, mode representasi tidak hanya menjadi fokus pada topik-topik penelitian, tetapi juga untuk teori-teori belajar seperti Teori Belajar Generatif, Teori Belajar Coding Ganda, dan generatif Teori Pembelajaran Multimedia (Clark & Paivio, 1991; Kozma, 2003; Mayer, 1996, 1997; Meij & Jong, 2006; Wittrock, 1990). Dipengaruhi oleh teori-teori belajar yang disebutkan di atas, para peneliti berpendapat bahwa mode representasi adalah unsur penting untuk belajar sains secara bermakna dan untuk membangun keterampilan literasi sains yang diperlukan dalam kehidupan peserta didik (Alvermann, 2004; Airey & Linder, 2009; Lemke, 1998).

Disebutkan di atas hubungan antara mode representasi dan pembelajaran sains telah menjadi topik dalam penelitian pendidikan sains baik dalam konteks lokal maupun internasional (Gunel, Atila, & Büyükkasap, 2009; Gunel, Kabataş & Büyükkasap, 2010; Kozma, 2003; Mayer, 2003; McDermott, 2009; Seeger, Voigt, & Waschescio; 1998; Yesildag,

2009). Dengan demikian terdapat peluang bagi semua peneliti, guru, praktisi, siswa, dan para pengembang dunia pendidikan untuk menciptakan peluang bagi terciptanya poses pembelajaran yang efektif dan inovatif.

DAFTAR PUSTAKA

- Airey, J., & Linder, C. (2009). A disciplinary discourse perspective on university science learning: Achieving fluency in a critical constellation of modes. *Journal of Research in Science Teaching*, 46(1), 27-49.
- Alvermann, D. (2004). Multiliteracies and self questioning in the service of science learning. In E. W. Saul (Ed.), *Crossing borders in literacy and science instruction* (pp. 226- 238). Newark: International Reading Association.
- Clark, J. M., & Paivio, A. (1991). Dual coding theory and education. *Educational Psychology Review*, 3, 149-210.
- Günel, M., Hand, B., & Gündüz, S. (2006). Comparing student understanding of quantum physics when embedding multimodal representations into two different writing formats: Presentations format versus summary report format. *Science Education*, 90, 1092-1112.
- Kozma, R. B. (2003). The material features of multiple representations and their cognitive and social affordances for science understanding. *Learning and Instruction*, 13, 205-226.
- Lemke, J. (1998). Multiplying meaning: Visual and verbal semiotics in scientific text. In J. R. Martin & R. Veel (Eds.), *Reading science* (pp. 87-113). London: Routledge.
- Mayer, R. (1996). Learners as information processors: Legacies and limitations of educational psychology's second metaphor. *Educational Psychologist*, 31(3/4), 151- 161.
- Mayer, R. E. (1997). Multimedia learning: Are we asking the right questions? *Educational Psychologist*, 32, 1-19.
- Mayer, R. E. (2003). The promise of multimedia learning: using the same instructional design methods across different media. *Learning and Instruction*, 13, 125-139.

- McDermott, A. M. (2009). *The impact of embedding multiple modes of representation on student construction of chemistry knowledge* (Doctoral dissertation, College of The University of Iowa, USA).
- Meij, J. V., & Jong, T. D. (2006). Supporting students' learning with multiple representations in a dynamic simulation-based learning environment. *Learning and Instruction, 16*, 199-212.
- Owens, K. D., & Clements, M. A. (1997). Representations in spatial problem solving in the classroom. *Journal of Mathematical Behavior, 17*(2), 197-218.
- Pineda, L. A., & Garza, G. (2002). A model for multimodal reference resolution. *Computational Linguistics 26*(2), 139- 193.
- Witrock, M. C. (1990). Generative processes of comprehension. *Educational Psychologist, 24*, 345-376.

-oo0oo-

