

REPRESENTASI MENTAL SISWA DALAM MEMBACA GAMBAR BIOLOGI

Adi Rahmat¹, Soesi Asiah Soesilowaty¹, Eni Nuraeni¹, Yogi¹, Imam Nugroho¹, dan Meilia Gemilawati²

¹Departemen Pendidikan Biologi, Fakultas Pendidikan Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Pendidikan Indonesia, Jl. Dr. Setiabudhi No. 229, Bandung, Indonesia

²SMAN 8 Bandung, Jl. Solontongan No. 3, Bandung, Indonesia

Email: adirahmat@upi.edu

ABSTRAK

Dalam pembelajaran biologi sering digunakan media visual seperti gambar untuk memberikan kemudahan kepada siswa dalam memahami konsep biologi yang sedang dipelajari. Penelitian ini difokuskan untuk memperoleh gambaran bagaimana representasi mental (RM) siswa yang terbentuk ketika membaca gambar biologi, baik gambar konvensi representasi maupun isomorfisme-spasial. RM siswa dianalisis melalui instrumen dalam bentuk lembar kerja (*worksheet*) yang dikembangkan berdasarkan hasil modifikasi dari model pengukuran RM dengan CNET-Protocol. Model ini melibatkan tiga komponen utama dalam pembentukan RM pada memori kerja, yaitu pembentukan jejaring kausal (*causal network*), parameter probabilitas (*probability parameter*), dan parameter kegunaan (*utility parameter*). Analisis RM dilakukan pada 59 dari 90 siswa kelas XI MIA salah satu SMA kota Bandung yang secara sukarela mengerjakan lembar kerja pengukuran hingga tuntas. Hasil penelitian menunjukkan bahwa setiap siswa memberikan pola dan kualitas RM yang berbeda, baik ketika membaca gambar konvensi representasi maupun gambar isomorfisme spasial. Perbedaan terlihat sejak siswa menetapkan dan mengurutkan elemen informasi serta membentuk jejaring kausal. Hasil ini menggambarkan bahwa metode analisis RM yang digunakan dapat mengungkap bagaimana memori kerja siswa bekerja dalam membangun representasi mental ketika membaca gambar. Pemahaman terhadap pembentukan RM adalah pijakan penting bagi pengajar biologi agar dapat menyediakan media visual yang dapat membantu meningkatkan hasil belajar siswa.

Kata kunci: : representasi mental, gambar biologi, CNET protocol, konvensi representasi, isomorfisme spasial

ABSTRACT

In learning biology, teachers often use visual media, such as diagrams, to help students understand the concept. This study was focused on how students' mental representation (MR) when they read biological diagrams, either representation convention diagram or spatial isomorphism diagram. The student's MR was analyzed using a worksheet modified from an MR measurement model of CNET protocol. This model involves three main components of the MR's working memory: causal network, probability parameter, and utility parameter. Ninety 11th grade students of a senior high school in Bandung voluntarily involved in this study. Only 59 students, however, performed the worksheet completely. The result revealed that each student gave a different pattern of MR either when he/she read convention or spatial diagram. These differences could be traced since the student decides and orders the information elements and makes a causal network. Based on this result, we suggest that this method of MR analysis using a worksheet can be used to understand how student's working memory works on MR building when they read a diagram. Understanding how the student can construct MR is a necessary platform to provide appropriate visual media that will help the student improve their learning achievement.

Keywords : mental representation, biological diagram, CNET protocol, representation convention, isomorphism spatial.

How to cite: Rahmat, A., Soesilawaty, S.A., Nuraeni, E., Yogi, Nugroho, I., Gemilawati, M. (2017). Representasi Mental Siswa dalam Membaca Gambar Biologi. *Jurnal Pengajaran MIPA*, 22 (1), 68-76.

PENDAHULUAN

Di dalam buku teks ataupun dalam pembelajaran di kelas, konsep-konsep biologi disajikan tidak hanya dalam bentuk verbal (kata-kata), tetapi juga dalam bentuk visual, misalnya dalam ben-

tuk gambar. Penyajian konsep-konsep biologi dalam bentuk gambar banyak membantu siswa dalam memahami penjelasan atau kalimat-kalimat yang menarasikan konsep-konsep biologi tersebut (Reid, 1990a; Reid, 1990b). Hal ini sesuai dengan teori *dual-coding* dimana penyajian informasi da-

lam bentuk verbal dan visual dapat memfasilitasi siswa belajar sebagai dampak adanya keselarasan antara sistem mental verbal dengan sistem mental visual (Paivio, 1990).

Dalam mempelajari biologi siswa dituntut untuk memahami suatu struktur biologi dan bagaimana struktur tersebut menjalankan suatu proses sehingga dapat mencapai fungsi fisiologi tertentu. Oleh karena itu, penggunaan *multiple* representasi sangat disarankan karena memiliki peran penting dalam membantu siswa untuk memperoleh pemahaman secara utuh (Cheng dan Gilbert, 2015). Gambar merupakan salah satu bentuk representasi yang dapat memudahkan dalam memahami materi (Sweller, 2005) dan bermanfaat bagi siswa yang memiliki sedikit pengetahuan awal (Mayer dan Moreno, 2003). Hal senada juga ditemukan Haslam dan Hamilton (2010) pada penelitiannya, gambar (ilustrasi) lebih memudahkan siswa dalam memahami konsep dibandingkan jika belajar dari teks karena ilustrasi membantu dalam membangun representasi mental konsep.

Dalam kenyataannya, penggunaan gambar di dalam buku atau pembelajaran biologi sering terkendala dengan keterbatasan kemampuan siswa dalam membaca gambar biologi. Penelitian Lazarowitz dan Naim (2013) misalnya menemukan adanya kesulitan siswa dalam mempelajari struktur dan fungsi pada level molekular dan level sel dan kesulitan tersebut terkait dengan kemampuan siswa dalam membaca atau merepresentasikan gambar yang tersedia di buku teks. Padahal, kemampuan tersebut sangatlah dibutuhkan siswa ketika belajar sains (Liu, Won, dan Treagust, 2014).

Plass, Kalyuga, dan Leutner (2010) menghubungkan kesulitan siswa dengan tiga prinsip yang mendasari pembelajaran menggunakan multimedia. *Pertama*, adanya pusat pengolahan informasi yang berbeda antara informasi yang disampaikan secara verbal dan visual. *Kedua*, kapasitas pengolahan informasi dalam masing-masing pusat pengolahan informasi bersifat terbatas. *Ketiga*, dibutuhkan proses kognitif dalam pengolahan informasi tersebut. Penelitian Pozzer dan Roth (2003) menemukan bahwa untuk membaca maupun membangun suatu representasi dari beberapa gambar yang berbeda diperlukan suatu kemampuan untuk meletakkan gambar tersebut dalam suatu spektrum level abstraksi yang berbeda karena banyak gambar yang menggabungkan elemen-elemen konkrit dengan elemen-elemen abstrak. Hegarty (2011) mengusulkan dua cara da-

lam menyajikan konsep melalui gambar yaitu dengan konvensi representasi dan isomorfisme spasial. Konvensi representasi berkaitan dengan representasi konsep yang diwakilkan antara lain dengan warna, tanda panah, dan notasi yang menggambarkan struktur dan hubungannya dengan suatu fungsi atau proses, sedangkan isomorfisme-spasial berkaitan dengan representasi yang menunjukkan hubungan spasial antar elemen dan dapat berupa struktur tiga dimensi serta menyerupai aslinya.

Untuk dapat memahami apa yang terkandung dalam suatu gambar dibutuhkan suatu kemampuan merepresentasikan mental yang mengungkap secara tegas variabel-variabel yang terkandung di dalam gambar (lihat Arentze, Dellaert, dan Timmermans, 2008; Horeni, Arentze, Dellaert, dan Timmermans, 2014). Bagaimana representasi mental (RM) ini dibangun dan apa pengaruhnya terhadap kemampuan siswa dalam membaca gambar biologi masih belum banyak diteliti. Penelitian terdahulu terkait penggunaan gambar dalam pembelajaran biologi lebih diarahkan untuk menganalisis efek superioritas gambar (*picture superiority effect*) dalam pembelajaran biologi (Reid, 1984; Reid, 1990a; Reid, 1990b). Penelitian-penelitian tentang pembentukan RM sebagian besar lebih diarahkan pada area bagaimana seseorang berpikir deduktif dan interaksi sistem yang terjadi dalam pikiran manusia (Arentze *et al.*, 2008). Penelitian RM dalam area berpikir spasial difokuskan pada bagaimana seseorang dapat merepresentasikan kemampuan spasialnya dalam suatu peta mental (*mental map*) serta bagaimana seseorang tersebut memperoleh pengetahuan spasial (*spatial knowledge*) (Tversky, 2003; Horeni *et al.*, 2014).

Paivio (1990) menegaskan bahwa RM merupakan representasi internal yang berkaitan dengan representasi pengetahuan dalam sistem kognitif yang terbentuk melalui interaksi dengan objek yang melibatkan informasi visual maupun informasi verbal (*dual coding theory*). Sternberg (1996) menekankan bahwa RM lebih diarahkan pada aktivitas sistem kognitif ketika mengungkapkan representasi internal yang terbentuk dari informasi yang diperoleh. Representasi internal ini terbentuk atas dasar jejaring kausal (*causal network*) antar elemen informasi dan terbentuk hanya pada batas waktu dan kondisi tertentu. Jejaring kausal menggambarkan seluruh pengetahuan siswa terhadap objek yang dihadapinya dan berguna untuk mengevaluasi dan mengambil ke-

putusan mengenai objek tersebut. Pembentukan jejaring kausal erat kaitannya dengan kinerja memori kerja (*working memory*) dalam mengolah pengetahuan yang dimiliki dan mengintegrasikan dengan informasi baru sesuai stimulus yang diberikan hingga informasi tersebut direpresentasikan (Arentze et al., 2008). Akan tetapi, memori kerja memiliki kapasitas terbatas yang dapat menghambat representasi sejumlah informasi, sehingga hanya informasi atau aspek-aspek yang lebih sesuai dengan pengetahuan yang sudah dimiliki siswa yang dapat direpresentasikan (Arentze et al., 2008). RM yang terbentuk sangat menentukan pembentukan skema kognitif dan tingkat pemahaman siswa (Plass et al., 2010).

Untuk menganalisis RM seseorang, Arentze et al. (2008) telah mengembangkan suatu model, yaitu *causal network elicitation technique protocol* (CNET-Protocol) dalam bentuk protokol wawancara. CNET-Protocol lebih diarahkan untuk menggambarkan bagaimana RM seseorang dalam pengambilan keputusan terhadap suatu masalah (*decision problem*). Metode ini dikembangkan atas dasar teori model mental dari sistem kognitif dan formalisme jejaring kausal dan penalaran kausal (*causal reasoning*), khususnya *Bayesian Belief Network* (BN) dan *Decision Network* (DN). BN merupakan jejaring kausal yang melibatkan mekanisme untuk membentuk inferensi sedangkan DN adalah perluasan dari BN yang merepresentasikan variabel-variabel keputusan dan preferensi dari pengambilan keputusan dalam struktur jejaring yang sama.

Penelitian ini menganalisis RM siswa ketika membaca gambar biologi. Fokus penelitian diarahkan untuk memperoleh gambaran RM siswa dalam membaca gambar biologi, baik gambar konvensi representasi maupun gambar isomorfisme spasial. Analisis RM dilakukan menggunakan instrumen dalam bentuk lembar kerja (*worksheet*) yang dikembangkan berdasarkan hasil modifikasi model pengukuran RM dengan CNET-Protocol. Model analisis RM berbasis CNET dipilih dalam penelitian ini karena model ini melibatkan pertanyaan terkait atribut gambar dan hubungan antar atribut serta fungsinya disamping lebih sensitif dalam mengukur pergeseran hubungan antar atribut (Horeni et al., 2014). Modifikasi CNET-Protocol dilakukan dalam tiga hal. Pertama, CNET-Protocol berbentuk panduan wawancara diubah menjadi lembar kerja yang harus dikerjakan atau diisi oleh responden. Kedua, langkah pengukuran disesuaikan dengan karakter gambar biologi, bu-

kan untuk membaca sebuah peta. Ketiga, justifikasi parameter kegunaan dilakukan oleh peneliti dan digunakan untuk memprediksi besaran informasi yang dapat direpresentasikan oleh responden. Lembar kerja yang digunakan untuk mengukur RM tetap mempertahankan karakter CNET-Protocol yaitu dengan melibatkan pembentukan jejaring kausal (*causal network*), parameter probabilitas (*probability parameter*), dan parameter kegunaan (*utility parameter*).

METODE

Untuk menggambarkan RM siswa ketika membaca gambar biologi, dikembangkan instrumen tulis dalam bentuk lembar kerja (*worksheet*). Lembar kerja tersebut merupakan modifikasi dari CNET-Protocol, yaitu suatu model pengukuran RM yang dikembangkan dalam bentuk protokol wawancara (Arentze et al., 2008). RM siswa dilihat dari bagaimana siswa menentukan dan mengurutkan elemen informasi yang ada pada gambar dan bagaimana jejaring kausal yang terbentuk antar elemen informasi tersebut. Sesuai dengan panduan CNET-Protocol, lembar kerja terdiri atas empat langkah yang saling terkait. Langkah pertama sampai dengan langkah keempat mengacu pada gambar biologi yang disajikan dalam lembar kerja (Gambar 1 dan 2). Keempat langkah tersebut adalah sebagai berikut.

Penetapan elemen informasi dan urutan elemen informasi. Pada bagian ini siswa diminta untuk menentukan atau memilih elemen-elemen informasi penting yang terdapat pada gambar, kemudian siswa diminta untuk mengurutkan elemen informasi tersebut. Urutan elemen informasi berperan penting dalam elisitasi jejaring kausal.

Penetapan jejaring kausal. Pada bagian ini siswa diminta untuk menentukan keputusan apakah urutan elemen informasi sudah tepat dan apakah urutan elemen informasi tersebut telah memiliki hubungan sebab-musabab (*causally-linked*) terhadap variabel utama, yaitu tema atau konsep utama yang tertuang dalam gambar. Menentukan urutan elemen informasi merupakan suatu keharusan.

Penetapan parameter probabilitas (*Probability parameters*). Pada bagian ini siswa diminta untuk mendeskripsikan jejaring atau hubungan antar elemen informasi yang ditemukan pada gambar. Bagian ini menjabarkan detail informasi yang diperoleh siswa dari gambar yang kemudian diolah di dalam pusat eksekusi pada me-

mori kerja dan direpresentasikan secara verbal dalam bentuk tulisan. Representasi itu mengilustrasikan profil jejaring kausal yang terbentuk.

Penetapan parameter kegunaan (*utility parameter*). Pada langkah ini siswa menetapkan pilihan profil jejaringnya dengan memastikan apakah yang telah dilakukan pada bagian pertama sampai ketiga sudah tepat (tepat menurut siswa). Profil jejaring mendeskripsikan suatu kombinasi spesifik dari sejumlah elemen informasi penting dalam suatu jejaring.

Setelah siswa menetapkan profil jejaringnya, peneliti menetapkan besarnya nilai yang diperoleh siswa pada langkah pertama hingga langkah ketiga. Pemberian nilai didasarkan pada rubrik dengan mengakomodasi sistem penilaian skala 4. Total nilai dari langkah pertama hingga ketiga digunakan untuk menetapkan nilai parameter kegunaan yang selanjutnya dipersentasekan untuk memprediksi besarnya informasi pada gambar yang dapat diungkap oleh siswa. Sementara itu, pola RM yang dibentuk siswa secara utuh digambarkan oleh ketepatan dalam menentukan serta mengurutkan elemen informasi maupun jejaring kausal yang dibuat. Dengan cara seperti ini secara harfiah memori kerja siswa telah merepresentasikan apa yang diketahui tentang gambar yang dibacanya.

Ada dua jenis gambar yang digunakan dalam penelitian ini. Gambar pertama adalah gambar konvensi representasi yang diwakili gambar struktur nefron yang menunjukkan proses pembentukan urin (Gambar 1). Gambar kedua adalah gambar isomorfisme spasial yang diwakili gambar (tiga dimensi) yang menunjukkan posisi ginjal terhadap organ-organ lain pada tubuh manusia (Gambar 2).

Sebelum digunakan dalam menganalisis RM siswa, lembar kerja ditelaah secara bersama-sama oleh pakar yang terlibat dalam penelitian ini dan diujicobakan kepada 12 siswa kelas XII MIA (IPA) pada salah satu SMA di kota Bandung. Uji coba lembar kerja dilakukan sebatas uji keterbacaan dengan tujuan untuk mengetahui tingkat keterpahaman lembar kerja oleh responden dan memperkirakan waktu yang dibutuhkan untuk pengisian lembar kerja. Responden untuk pengambilan data ditetapkan atas dasar kesediaan untuk berpartisipasi. Responden adalah siswa kelas XI MIA salah satu SMA di kota Bandung. Dari 90 siswa yang terlibat, 59 siswa mengerjakan lembar kerja hingga selesai. Dengan demikian analisis RM hanya dilakukan pada 59 siswa tersebut.

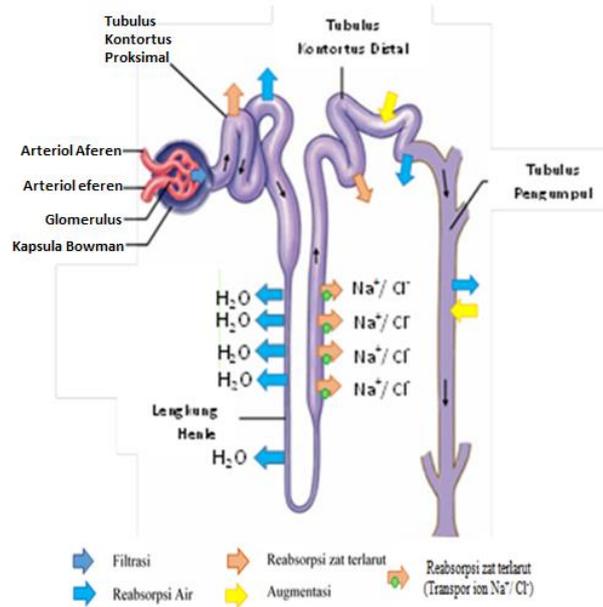
HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini difokuskan untuk mendapatkan gambaran bagaimana RM siswa ketika membaca gambar biologi. Dua jenis gambar digunakan dalam penelitian ini, yaitu gambar konvensi representasi yang menunjukkan hubungan antara struktur nefron dengan proses pembentukan urin (Gambar 1) dan isomorfisme spasial yang menunjukkan posisi ginjal terhadap organ-organ tubuh lainnya (Gambar 2). Ketika membaca Gambar 1 siswa diminta untuk menetapkan elemen informasi dari struktur nefron dan proses pembentukan urin, mengurutkan elemen tersebut serta mendeskripsikan jejaring kausal antar elemen tersebut. Jejaring kausal antar elemen yang diminta pada gambar ini adalah hubungan antara struktur atau bagian-bagian nefron dengan fungsi bagian-bagian tersebut dalam pembentukan urin. Elemen struktur nefron meliputi glomerulus, kapsula Bowman, tubulus kontortus proksimal, lengkung henle, tubulus kontortus distal, tubulus pengumpul, sedangkan elemen informasi pembentukan urin mencakup filtrasi pada glomerulus/kapsula Bowman, reabsorpsi air, reabsorpsi zat terlarut, dan augmentasi.

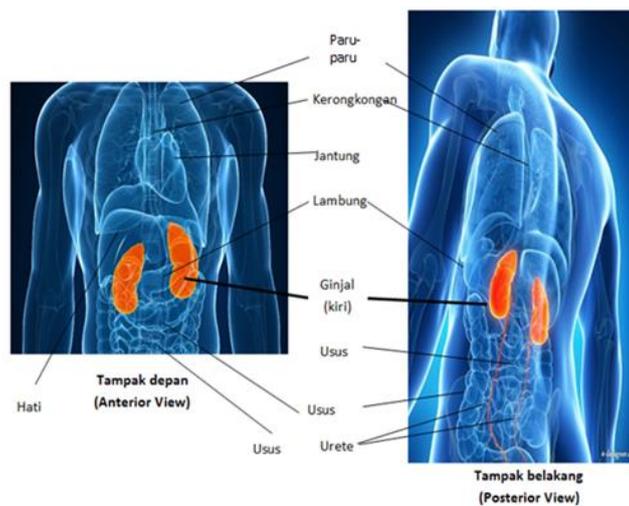
Analisis terhadap 59 lembar kerja yang telah secara lengkap diisi oleh siswa ketika membaca gambar konvensi representasi (Gambar 1) menunjukkan banyak pola RM yang terbentuk. Hampir setiap siswa menunjukkan pola RM yang berbeda. Perbedaan pola RM ini umumnya terlihat pada jejaring kausal antar elemen informasi. Oleh karena itu, pengelompokan pola RM lebih didasarkan pada penetapan dan pengurutan elemen informasi. Berdasarkan ketepatan penyebutan elemen dan ketepatan urutan elemen tersebut terdapat tiga kelompok besar pola RM.

Kelompok 1. Siswa menyebutkan seluruh elemen informasi yang ada pada gambar, baik elemen struktur nefron maupun elemen proses pembentukan urin dan mengurutkan elemen informasi dengan benar. Kelompok ini diisi oleh 25,42% siswa dengan nilai rata-rata parameter kegunaan sebesar 78,33. Angka ini menunjukkan bahwa 25,42 % siswa telah dapat mengungkap 78,33% informasi yang ada pada gambar.

Kelompok 2. Selain menyebutkan seluruh elemen yang ada pada gambar, siswa juga menyebutkan elemen lain di luar gambar, tetapi kurang tepat dalam menentukan urutan elemen. Kelompok ini diisi oleh 47,45% siswa dengan nilai rata-rata parameter kegunaan sebesar 72,32, yang



Gambar 1. Konvensi representasi struktur nefron dan proses pembentukan urin pada ginjal manusia (Martini, Timmons, dan Tallitsch, 2015)



Gambar 2. Isomorfisme spasial posisi ginjal terhadap organ-organ internal tubuh manusia (Root, 2013)

berarti 47,45% siswa telah dapat mengungkap informasi yang ada pada gambar sebesar 72,32%.

Kelompok 3. Siswa menambahkan elemen informasi yang tidak terdapat pada gambar, baik elemen informasi struktur maupun proses pembentukan urin, misalnya dengan menyebutkan pembuluh darah atau kapiler peritubuler, serta memberikan urutan elemen informasi yang kurang tepat. Kelompok ini diisi oleh 27,11% siswa dengan nilai rata-rata parameter kegunaan sebesar 49,47, yang berarti siswa hanya dapat meng-

ungkap informasi yang ada pada gambar sebesar 49,47%.

Selanjutnya, ketika membaca gambar isomorfisme spasial yang menunjukkan posisi ginjal terhadap organ-organ tubuh lainnya (Gambar 2), siswa diminta untuk mengungkap elemen informasi posisional, yaitu letak ginjal terhadap organ-organ tubuh lainnya, seperti paru-paru, jantung, hati, dan lambung. Hasil analisis terhadap jawaban siswa pada lembar kerja untuk Gambar 2 juga menunjukkan temuan yang serupa dengan Gam-

bar 1, dimana banyak pola RM yang diungkap oleh siswa. Seperti halnya untuk Gambar 1, perbedaan pola RM pada Gambar 2 juga lebih banyak terjadi pada parameter probabilitas (deskripsi jejaring kausal). Pola-pola RM yang ditemukan tersebut kemudian dikelompokkan berdasarkan kesamaan dalam menetapkan dan mengurutkan elemen informasi (sebagaimana yang telah dilakukan untuk pengelompokan pola RM untuk Gambar 1). Dari pengelompokan pola RM tersebut ditemukan tiga kelompok pola RM siswa ketika membaca Gambar 2.

Kelompok 1. Siswa menyebutkan dan mengurutkan dengan tepat seluruh elemen informasi yang ada pada gambar dengan mempertimbangkan posisi ginjal terhadap organ-organ lainnya (paru-paru, jantung, hati, dan lambung) serta mengimplisitkan letak ginjal yang berada dibagian belakang tubuh. Jumlah siswa yang berada di kelompok ini sebesar 33,89 orang dengan nilai rerata parameter kegunaan sebesar 71,67. Angka parameter ini menunjukkan bahwa 33,89% siswa mampu mengungkap 71,67% informasi yang ada pada gambar.

Kelompok 2. Siswa menyebutkan seluruh elemen informasi yang ada pada gambar dengan tepat, tetapi urutan elemen informasi yang diberikan tidak mempertimbangkan posisi ginjal terhadap organ-organ tubuh lainnya disamping juga tidak mengimplisitkan letak ginjal yang berada di bagian belakang tubuh. Jumlah siswa yang berada di kelompok ini sebesar 42,37%. Dengan kekeliruan urutan tersebut siswa pada kelompok ini memiliki nilai rata-rata parameter kegunaan sebesar 52,67 atau hanya 52,67% informasi yang ada pada gambar yang dapat diungkap oleh siswa.

Kelompok 3. Siswa menambahkan elemen informasi yang tidak terdapat dalam gambar, misalnya kantung kemih dengan urutan elemen informasi yang tidak mempertimbangkan posisi ginjal terhadap organ-organ lainnya serta tidak mengimplisitkan letak ginjal yang berada dibagian belakang tubuh. Siswa yang berada di kelompok ini sebanyak 23,72% dengan rata-rata nilai parameter kegunaan sebesar 50,95 atau hanya 50,95% informasi yang ada pada gambar yang dapat diungkap oleh siswa.

Hasil analisis dan pengelompokan pola RM siswa, baik pada Gambar 1 maupun Gambar 2 menunjukkan bahwa ketepatan dalam menetapkan dan mengurutkan elemen informasi menjadi dasar dari pola RM yang terbentuk. Ketidaktepatan dalam menetapkan elemen dan urutan e-

lemen informasi berkaitan dengan kualitas jejaring kausal yang terbentuk (Arentze *et al.*, 2008). Hal ini tampak dari besarnya nilai parameter probabilitas yang diperoleh siswa. Pada Tabel 1 tampak bahwa siswa yang berada pada kelompok 3, baik untuk gambar konvensi representasi maupun gambar isomorfisme memiliki nilai parameter probabilitas yang lebih rendah dibandingkan siswa dari kelompok 1 dan 2. Siswa pada kelompok 2 cenderung memiliki nilai parameter probabilitas yang lebih kecil dari siswa pada kelompok 1, terutama untuk gambar isomorfisme spasial. Selain itu, rerata nilai parameter probabilitas yang tidak dapat mencapai angka maksimal 4, yaitu berkisar antara 1-3 (Tabel 1) mencerminkan kekurangmampuan siswa dalam membentuk jejaring kausal antar elemen informasi yang menunjukkan hubungan fungsional pada Gambar 1 dan hubungan posisional pada Gambar 2.

Dari data yang diperoleh (Tabel 1), nilai parameter probabilitas untuk gambar isomorfisme spasial (Gambar 2) jauh lebih rendah dibanding nilai parameter probabilitas untuk gambar konvensi representasi (Gambar 1). Hal ini menunjukkan pembentukan jejaring kausal untuk gambar isomorfisme spasial lebih sulit dibandingkan gambar konvensi representasi. Nilai parameter probabilitas yang rendah adalah bukti RM siswa tidak dapat mengungkap seluruh informasi yang ada pada gambar, sekalipun siswa tersebut sudah tepat dalam menyebutkan dan mengurutkan elemen-elemen yang ada pada gambar.

Tabel 1. Nilai Parameter Probabilitas Setiap Kelompok Pola RM Untuk Gambar Konvensi Representasi Dan Gambar Isomorfisme Spasial

Jenis Gambar	Kelompok RM	Parameter Probabilitas
Konvensi Representasi (Gambar 1)	1	3
	2	3
	3	2,93
Isomorfisme spasial (Gambar 2)	1	1,65
	2	1,35
	3	1,21

Lembar kerja untuk mengukur RM pada penelitian ini, sebagaimana pada CNET-Protocol (Arentze *et al.*, 2008) didasarkan pada bagaimana siswa dapat membentuk jejaring kausal. Dengan cara ini dapat diketahui bagaimana siswa dapat menetapkan dan mengurutkan elemen informasi penting yang terkait dengan konsep yang terkan-

dung dalam gambar serta dapat melihat bagaimana konstruksi jejaring kausal yang terbentuk sebagai indikator dari pengetahuan dan kinerja memori kerja siswa. Pembentukan jejaring kausal erat kaitannya dengan kinerja memori kerja dalam mengolah informasi yang diterima maupun mengintegrasikannya dengan pengetahuan awal yang telah dimiliki sesuai stimulus yang diberikan.

Perbedaan pengetahuan awal siswa menyebabkan ditemukannya perbedaan pada jejaring kausal yang terbentuk. Hal ini berdampak pada munculnya perbedaan pola RM siswa. Cheng dan Gilbert (2015) menegaskan bahwa seseorang tidak dapat merepresentasikan informasi dalam suatu gambar tanpa mengenal dan memahami elemen informasi yang terkandung didalamnya. Hal ini sejalan dengan temuan Kalyuga (2010) bahwa kemampuan seseorang untuk merepresentasikan informasi pada gambar berhubungan dengan besarnya pengetahuan atau skema kognitif dalam memori jangka panjang.

Selain hal tersebut di atas, perbedaan pola RM siswa yang ditemukan pada gambar yang sama dapat terjadi sebagai dampak dari adanya variasi kinerja dari memori kerja. Kinerja memori kerja ini berbeda dari satu individu dengan individu lainnya (Conway, Jarrold, Kane, Miyaki, dan Towse, 2007). Dengan demikian, perbedaan pengetahuan siswa tentang suatu gambar dan perbedaan kinerja memori kerja siswa ini memungkinkan adanya perbedaan pemahaman ketika siswa membaca gambar.

Perbedaan RM juga dapat terjadi karena ketika siswa membaca gambar ada dua pusat pengolahan informasi yang digunakan dalam memori kerja, yaitu pusat pengolahan informasi visual (*mental visual*) dengan pusat pengolahan informasi verbal (*mental verbal*) (Paivio, 1990). Pusat pengolahan informasi visual digunakan ketika siswa berusaha mengolah informasi visual yang ada pada gambar, sedangkan pusat informasi verbal digunakan ketika siswa berusaha membentuk jejaring kausal dan mengimplementasikannya dalam bentuk narasi (verbal). Sementara itu, perbedaan pola RM pada gambar konvensi representasi dan gambar isomorfisme spasial diduga ada kaitannya dengan keterlibatan pusat pengolahan informasi ketiga yaitu pusat pengolahan informasi spasial (*mental spatial*). Hal ini senada dengan temuan Sima, Schultheis dan Barkowsky (2013) dimana ketika seseorang dihadapkan pada gambar spasial, pemrosesan hubungan spasial ha-

nya terjadi bila representasi mental visual sudah dilibatkan, tetapi ketika seseorang dihadapkan pada gambar konvensi representasi, mental spasial tidak terlibat. Sebagian besar siswa masih kurang dalam menggunakan sistem pengolahan informasi yang melibatkan sistem *mental spatial* sehingga RM siswa kurang baik ketika membaca gambar isomorfisme spasial dibandingkan gambar konvensi representasi.

Penelitian ini menggunakan gambar yang diambil dari buku teks pengayaan yang sering digunakan untuk jenjang perguruan tinggi dan gambar yang banyak ditemukan pada laman internet. Gambar yang digunakan pada dasarnya mengandung elemen informasi yang relatif sama dengan gambar pada buku teks SMA, tetapi menyajikan kompleksitas pengetahuan yang berbeda (biasanya gambar pada buku teks SMA lebih disederhanakan). Penggunaan gambar dari buku teks pengayaan atau laman internet sering kali dilakukan oleh guru biologi di SMA. Akan tetapi, hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa penggunaan gambar perlu disesuaikan dengan tingkat pengetahuan yang dimiliki siswa. Mengacu pada prinsip perubahan pengetahuan (*knowledge change principle*), penyajian gambar dengan kompleksitas pengetahuan yang lebih tinggi sebaiknya didahului dengan membangun pengetahuan atau skema kognitif baru di atas pengetahuan/skema kognitif yang telah dimiliki siswa atau secara langsung mengajarkan pengetahuan yang berhubungan dengan pengetahuan yang telah dimiliki siswa (Kalyuga, 2010).

Telah banyak diteliti bahwa penggunaan gambar dalam pembelajaran memberi keuntungan dalam menekan beban kognitif siswa dalam memahami materi karena gambar memudahkan siswa dalam membangun representasi mental dibandingkan dengan teks (Mayer dan Moreno, 2003; Sweller, 2005; Haslam dan Hamilton, 2010). Hal ini dipandang penting agar ketika siswa belajar tidak mengalami beban kognitif berlebih, khususnya beban kognitif instrinsik (Kalyuga, 2010). Temuan yang menunjukkan adanya variasi dari pola RM yang dibentuk oleh siswa, baik ketika membaca gambar konvensi maupun gambar isomorfisme spasial mencerminkan adanya variasi kemampuan siswa dalam membaca gambar. Perbedaan kemampuan siswa dalam menetapkan dan mengurutkan elemen informasi serta dalam membentuk jejaring kausal merupakan bukti dari perbedaan kemampuan siswa dalam membaca gambar. Selain itu, perbedaan pola RM

juga menunjukkan bagaimana tingkat pengetahuan yang dimiliki siswa dan kinerja memori kerja siswa yang melibatkan sistem *mental visual, verbal*, dan *spatial*. Temuan penelitian ini mengisyaratkan pentingnya untuk selektif dalam menggunakan gambar sebagai alat bantu atau media dalam pembelajaran. Gambar dengan elemen dan kompleksitas informasi yang berlebih dari sekedar konsep yang harus dipahami siswa akan menimbulkan beban kognitif instrinsik yang berlebih pada siswa dalam memahami konsep yang dimaksud (Kalyuga, 2010). Pada kondisi seperti ini gambar menjadi tidak berfungsi dan kehilangan efek superioritasnya (*picture superiority effect*) dalam membantu siswa belajar (Reid, 1984). Gambar merupakan salah satu bentuk representasi yang dapat membantu siswa dalam mengembangkan pengetahuannya, tetapi perlu ditangani secara hati-hati dengan memperhatikan pengalaman siswa sebelum digunakan agar mendapatkan efektivitas yang maksimum (Ainsworth, 2008).

KESIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan adanya perbedaan RM siswa ketika membaca gambar biologi, baik gambar konvensi representasi maupun gambar isomorfisme spasial. Perbedaan RM ini terjadi sebagai akibat dari perbedaan dalam menetapkan dan mengurutkan elemen informasi serta dalam membentuk jejaring kausal. Mayoritas siswa masih lemah dalam membangun RM dari gambar isomorfisme spasial. Hasil analisis terhadap RM yang terbentuk menunjukkan bahwa siswa belum mampu mengungkap semua informasi penting yang ada pada gambar dimana informasi yang dapat diungkap berkisar 49-79%. Namun, hasil ini tetap menggambarkan besarnya kemampuan siswa dalam membaca gambar biologi. Lemahnya siswa dalam membangun RM berkaitan dengan besarnya pengetahuan yang telah ada dalam memori jangka panjang dan kinerja memori kerja yang melibatkan sistem *mental verbal, visual*, dan *spatial*. Memahami bagaimana siswa membangun RM dapat memberikan gambaran seberapa besar pengetahuan yang telah dimiliki siswa dan bagaimana memori kerja siswa bekerja dalam membaca gambar. Hal ini dipandang penting untuk diperhatikan oleh pengajar biologi agar dapat menyediakan media visual yang sesuai dengan pengetahuan dan kinerja memori kerja siswa sehingga dapat menekan beban kognitif dan meningkatkan hasil belajar siswa.

DAFTAR PUSTAKA

- Ainsworth, S. (2008). *The Educational Value of Multiple-representations when Learning Complex Scientific Concepts*. dalam J.K. Gilbert et al., (eds.), *Visualization: Theory and Practice in Science Education*.
- Arentze, T., Dellaert, B.G.C., & Timmermans, H.J.P. (2008). Modeling and Measuring Individuals' Mental Representations of Complex Spatio-Temporal Decision Problems. *Environment and Behavior*, **40**(6), 843 – 869
- Cheng, M. & Gilbert, J. (2015). Students' Visualization of Diagrams Representing the Human Circulatory System: The Use of Spatial isomorphism and representational conventions. *International Journal of Science Education*, **37**(1), 136 – 161.
- Conway, A. R. A., Jarrold C., Kane, M. J., Miyaki, A., & Towse, J. N. (2007). *Variation in Working Memory: An Introduction*. dalam Conway, A. R. A., Jarrold C., Kane, M. J., Miyaki, A., & Towse, J. N. (Eds.). Oxford: Oxford University Press, Inc.
- Haslam, C. Y., & Hamilton, R. J. (2010). Investigating the Use of Integrated Instructions to Reduce the Cognitive Load Associated with Doing Practical Work in Secondary School Science. *International Journal of Science Education*, **32**(13), 1715 – 1737.
- Hegarty, M. (2011). The cognitive science of visual-spatial displays: Implications for design. *Topics in Cognitive Science*, **3**(3), 446-474.
- Horeni, O., Arentze, T. A., Dellaert, B. G. C., & Timmermans, H. J. P. (2014). Online measurement of mental representations of complex spatial decision problems and hard ladderling. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, **22**, 170-183.
- Kalyuga, S. (2010), *Schema Acquisition and Source of Cognitive Load*, dalam Plass, J.L. et al (ed.), *Cognitive Load Theory*, Cambridge University Press.
- Lazarowitz, R. & Naim, R. (2013). Learning the cell structures with three-dimensional models: students achievement by methods, type of school and questions' cognitive level. *Sci. Educ. Technol.*, **22**, 500-508.
- Liu, Y., Won, M., & Treagust, D. F. (2014). *Secondary biology teachers' use of different types of diagrams for different purposes*. Da-

- lam B. Eilam & J. K. Gilbert (Eds.), Science teachers' use of visual representations. Dordrecht: Springer Science.
- Martini, F., Timmons, M. J., & Tallitsch, R. B. (2015). *Human anatomy 8th Edition*. Upper Saddle River, N.J: Prentice Hall.
- Mayer, R. E., & Moreno, R. (2003). Nine Ways to Reduce Cognitive Load in Multimedia Learning. *Educational Psychologist*, **38**(1), 43-52.
- Paivio, A. (1990). *Mental representations: A dual coding approach*. N.Y.: Oxford University Press.
- Plass, J.L., Kalyuga, S., & Leutner, D. (2010). *Individual Differences and Cognitive Load Theory*, dalam Plass J. L., Moreno R., & Brünken, R. (eds.), *Cognitive Load Theory*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Pozzer, L. L., & Roth, W.-M. (2003). Prevalence, function, and structure of photographs in high school biology textbooks. *Journal of Research in Science Teaching*, **40**(10), 1089-1114.
- Reid D. J. (1990a). The role of pictures in learning biology: Part 1, perception and observation. *Journal of Biological Education*, **24**(3), 161-172.
- Reid D. J. (1990b). The role of pictures in learning biology: Part 2, picture-text processing. *Journal of Biological Education*, **24**(4), 251-258.
- Reid, D. J. (1984). The picture superiority effect and biology education. *Journal of Biological Education*, **18**(1), 29-36.
- Root. (2013). X ray body organs HD pictures. [Online]:<http://4-designer.com/2013/12/X-ray-body-organs-HD-pictures-48469/#V66-U6TX4Lxo>. Diakses tanggal 22 Maret 2016.
- Sima, J.K. Schultheis, H., & Barkowsky, T. (2013). Difference Between Spatial and Visual Mental Representations. *Frontiers in Psychology*, **4**(240), 1-15.
- Sternberg, R. J. (1996). *Cognitive Psychology*. Orlando: Harcourt Brace College Publishers.
- Sweller, J. (2005). *Cognitive Theory of Multimedia Learning*. Dalam R. E. Mayer (Ed.), *Cambridge Handbook of Multimedia Learning*. New York: Cambridge University Press.
- Tversky, B. (2003). Structures of mental spaces. *Environment and Behavior*, **35**, 66 – 80.