

BEBAN KOGNITIF MAHASISWA DALAM PEMBELAJARAN FUNGSI TERINTEGRASI STRUKTUR TUMBUHAN BERBASIS DIMENSI BELAJAR

Adi Rahmat¹ & Anna Fitri Hindriana²

¹FPMIPA Universitas Pendidikan Indonesia, Jl. Dr. Setiabudhi 229 Bandung

²Prodi Pendidikan Biologi Universitas Kuningan, Jl. Pramuka 67 Kuningan

e-mail: adirahmat_upi@yahoo.com & anna_fitri22@yahoo.com

Abstract: The Student Cognitive Load in Teaching and Learning of Plant Function Integrated with Plant Structure Using Learning Dimensions. This study measured the student cognitive load in teaching and learning of plant function integrated with plant structure using learning dimensions. The subjects were 64 students divided into two classes. The experimental class was conducted using learning dimensions, while the control class using regular teaching strategy. Cognitive load was measured on Intrinsic Cognitive Load (ICL), Extraneous Cognitive Load (ECL), and Germane Cognitive Load (GCL). The data were analyzed by t-test to compare the two classes. Correlation-regression test was used to draw the relationship among three components of cognitive load. The results indicated that ICL and ECL showed a close relationship with GCL. In the experimental class, GCL was considered as a power of the lower charge of ICL; in the control class, GCL reflected the impact of higher level of ECL.

Keywords: cognitive load, integrated teaching and learning, learning dimensions, plant structure & function

Abstrak: Beban Kognitif Mahasiswa dalam Pembelajaran Fungsi Terintegrasi Struktur Tumbuhan Berbasis Dimensi Belajar. Penelitian ini mengukur beban kognitif mahasiswa dalam perkuliahan fungsi terintegrasi struktur tumbuhan dengan strategi pembelajaran berbasis dimensi belajar. Subjek adalah 64 mahasiswa peserta mata kuliah Fisiologi Tumbuhan, dibagi menjadi dua kelas. Kelas eksperimen menggunakan strategi pembelajaran terintegrasi berbasis dimensi belajar, sedangkan kelas kontrol menggunakan strategi pembelajaran reguler. Beban kognitif diukur pada aspek *Intrinsic cognitive load* (ICL), *Extraneous cognitive load* (ECL), dan *Germane cognitive load* (GCL). Data dianalisis dengan uji t untuk melihat perbedaan komponen beban kognitif dan uji korelasi-regresi multivarian untuk melihat hubungan antarkomponen beban kognitif. Hasil penelitian menunjukkan ICL dan ECL pada kelas eksperimen dan kelas kontrol menunjukkan hubungan yang erat dengan besarnya GCL. Pada kelas eksperimen GCL lebih disebabkan rendahnya ICL, sedangkan pada kelas kontrol GCL lebih dikarenakan tingginya ECL. Hasil ini menggambarkan bahwa penggunaan strategi pembelajaran berbasis dimensi belajar telah menurunkan beban kognitif mahasiswa.

Kata kunci: beban kognitif, pembelajaran terintegrasi, dimensi belajar, struktur & fungsi tumbuhan

Fungsi Tumbuhan (Fisiologi Tumbuhan) merupakan salah satu mata kuliah yang wajib ditempuh mahasiswa program sarjana Pendidikan Biologi. Banyak konsep pada fungsi tumbuhan yang sangat terkait dengan konsep-konsep pada mata kuliah struktur tumbuhan, khususnya anatomi tumbuhan. Oleh karena itu, lulus atau telah menempuh mata kuliah anatomi tumbuhan menjadi prasyarat bagi mahasiswa dalam mengambil mata kuliah fungsi tumbuhan. Namun, dalam kenyataannya, banyak mahasiswa yang sedang menempuh

mata kuliah Fungsi Tumbuhan merasa kesulitan dalam memahami konsep-konsep yang terkait dengan struktur tumbuhan (Hindriana & Rahmat, 2012). Fakta ini mendorong munculnya pemikiran untuk mengintegrasikan mata kuliah Fungsi Tumbuhan dengan Struktur Tumbuhan tanpa menimbulkan efek beban kognitif berlebih kepada mahasiswa. Salah satu faktor yang dapat menyebabkan munculnya beban kognitif berlebih adalah buruknya strategi pembelajaran yang digunakan (Kalyuga, 2010). Meissner & Bogner (2013)

menegaskan bahwa dalam mengonstruksi suatu strategi pembelajaran sangat penting untuk memerhatikan manajemen beban kognitif.

Tujuan utama pembelajaran pada dasarnya untuk menyediakan panduan dalam rangka mendesain pengalaman belajar (Moseley dkk., 2005). Di sisi lain, pengalaman belajar yang bisa diterima oleh seorang individu tidak terlepas dari perkembangan individu tersebut. Dengan kata lain, pengalaman belajar dan perkembangan seseorang bukan merupakan suatu garis terputus-putus yang dapat dipecah ke dalam bagian-bagian terpisah, tetapi merupakan suatu proses yang sangat kompleks. Pengalaman belajar akan selalu bersinambung sesuai dengan irama perkembangan seseorang (Rahmat, 2007). Demikian halnya dalam mendesain strategi pembelajaran terintegrasi, di dalamnya sistem intruksional harus diarahkan agar peserta didik mendapatkan pengalaman berupa pengetahuan apa yang perlu diintegrasikan dan bagaimana cara mengintegrasikannya, sesuai dengan tingkat perkembangan peserta didik.

Kunci utama dalam pembelajaran terintegrasi adalah adanya integrasi konsep yang digunakan untuk meningkatkan proses belajar dengan cara yang lebih holistik dengan membuat keterkaitan ide dari suatu konsep dengan ide dari konsep lainnya. Menurut Fogarty (1991), ada tiga hal penting dalam integrasi konsep yang perlu diperhatikan. Pertama, adanya kesatuan ide yang berkelanjutan antarkelas dan jenjang, di mana penguasaan materi pada kelas/jenjang bawah merupakan dasar bagi kelanjutan dan penguasaan materi pada kelas/jenjang di atasnya. Kedua, adanya penambahan keluasan dan kedalaman materi dalam disiplin ilmu, berkelanjutan dari setiap mata pelajaran yang dipelajari. Ketiga, adanya keterpaduan keterampilan, konsep, dan topik lintas disiplin ilmu yang memiliki kesamaan sifat.

Dalam pembelajaran terintegrasi, bahan ajar yang dipadukan memiliki dampak positif pada pemahaman dan pengetahuan dan sangat cocok untuk mengurangi beban kognitif (Haslam & Hamilton, 2010). Akan tetapi, dampak positif materi ajar terhadap penurunan beban kognitif pada pembelajaran terintegrasi ini erat kaitannya dengan strategi pembelajaran (kerangka instruksional) yang digunakan dan kapasitas memori kerja (*working memory*) peserta didik. Hal ini sesuai dengan teori pembelajaran kognitif, di mana belajar terjadi ketika peserta didik secara aktif membangun sebuah representasi pengetahuan yang koheren dengan kapasitas memori kerja yang terbatas (Moreno, 2006). Dengan demikian, tantangan utama dalam mendesain pembelajaran terintegrasi adalah adanya kepekaan terhadap beban kognitif peserta didik selama belajar. Pembelajaran terintegrasi juga harus dapat memfasili-

tasi proses kognitif peserta didik sehingga tidak melebihi kapasitas pemrosesan yang dimilikinya.

Sesuai dengan teori beban kognitif (Moreno & Park, 2010), total beban kognitif terdiri atas tiga komponen beban kognitif, yaitu *intrinsic cognitive load* (ICL), *extraneous cognitive load* (ECL), dan *germane cognitive load* (GCL). ICL terkait dengan beban dalam memroses informasi yang diterima. Komponen ini memiliki interkoneksi yang simultan dengan memori kerja dalam mengonstruksi skema kognitif. ECL terkait dengan beban yang muncul karena desain pembelajaran atau organisasi materi ajar. Komponen ini menyebabkan aktivitas memori kerja, tetapi tidak terhubung secara langsung dengan pembentukan skema kognitif. GCL adalah beban dalam mengonstruksi skema kognitif. Komponen ini muncul karena pembelajar memperoleh pengalaman dari ICL atau ECL (Sweller, 2005).

Untuk mencapai pengalaman yang signifikan, Marzano (1992) telah memublikasikan suatu teori dimensi belajar yang dikembangkan dari asumsi-asumsi belajar yang mengakomodasi bagaimana seseorang belajar dan berpikir. Dimensi belajar dari Marzano (1992) terdiri atas lima dimensi, yaitu *attitude and perception, acquire and integrated knowledge, extend and refine knowledge, use knowledge meaningfully, dan habits of mind*. Dimensi belajar ini lebih lanjut dikembangkan menjadi suatu kerangka instruksional yang dikendalikan oleh suatu metaanalisis dari instruksi edukasi yang menggunakan kategori-kategori yang cukup spesifik dan fungsional untuk menyediakan panduan praktik pembelajaran di kelas. Teori ini disajikan sebagai taksonomi untuk membantu dalam menetapkan *educational learning objectives*, kurikulum, dan asesmen. Komponen dasar teori belajar yang dikembangkan oleh Marzano terdiri atas domain pengetahuan, proses sistem kognitif, sistem metakognitif, *self-system*. Komponen-komponen tersebut saling berhubungan satu sama lain di mana *self-system* mengontrol sistem metakognitif dan sistem metakognitif itu sendiri mengontrol sistem kognitif. Setiap komponen juga beroperasi pada pencapaian konten setiap domain pengetahuan. Berdasarkan hal tersebut, kerangka instruksional berbasis dimensi belajar dikonstruksi atas dasar keperluan proses berpikir. Menurut Paas dkk. (2003) dan Kalyuga (2010), proses berpikir berkaitan erat dengan aktivitas memori kerja, yaitu seluruh proses kognitif yang terjadi secara disengaja, yang hanya dapat menangani sejumlah kemungkinan interaksi elemen yang sangat terbatas, tidak lebih dari dua atau tiga *novel* interaksi elemen. Memori kerja dapat digunakan untuk mengukur kapasitas proses kognitif selama proses belajar berlangsung. Akan tetapi, jika ada sesuatu yang mengganggu sistem kognitif selama proses belajar, akan

menimbulkan beban kognitif pada diri peserta didik (Sweller, 1998; Paas dkk. (2003).

Dengan memerhatikan teori beban kognitif di atas, Meissner & Bogner (2013) menyimpulkan bahwa desain pembelajaran yang baik adalah pembelajaran yang mampu memberikan tugas-tugas yang dapat mencapai tingkat ICL yang cukup dan tidak berlebih, mampu menurunkan ECL, dan mampu meningkatkan GCL. Di sisi lain, dimensi belajar dapat menerjemahkan bagaimana seseorang belajar dan berpikir (*dimensions of thinking*) ke dalam suatu kerangka kerja praktik (*practical framework*) pembelajaran yang dapat mengembangkan daya nalar peserta didik (Rahmat, 2007). Kendalanya, sesuai dengan teori beban kognitif, adalah belajar dapat terganggu apabila jumlah total proses berpikir yang diperlukan melebihi kapasitas memori kerja. Selain itu, atas dasar asumsi bahwa belajar merupakan fungsi dari sumber-sumber kognitif yang tersedia, pada akhirnya teori beban kognitif menyangkut hubungan di antara sumber kognitif, tuntutan belajar, dan proses belajar, di mana kerangka instruksional dapat menginduksi penggunaan kapasitas kognitif yang bermfaat (*germane*) atau justru menyebabkan terjadinya pemborosan kapasitas kognitif (Brünken dkk., 2010).

Permasalahannya, apakah strategi pembelajaran yang dikembangkan atas dasar dimensi belajar dapat mengoptimalkan penggunaan kapasitas kognitif mahasiswa atau dengan kata lain dapat menurunkan beban kognitif mahasiswa, sehingga proses belajar yang dilakukan mahasiswa menjadi lebih optimal? Untuk menjawab permasalahan tersebut telah dilakukan penelitian yang mengukur beban kognitif dengan tujuan untuk menganalisis dampak penggunaan kerangka instruksional berbasis dimensi belajar pada pembelajaran fungsi terintegrasi struktur tumbuhan terhadap penurunan beban kognitif mahasiswa.

METODE

Penelitian dilakukan dengan *Nonequivalent Control Group Design* (Creswell & Clark, 2007). Subjek penelitian terdiri atas 64 mahasiswa semester V Program Studi Pendidikan Biologi Universitas Kuningan yang sedang mengikuti mata kuliah Fisiologi Tumbuhan dan telah lulus mata kuliah Anatomi Tumbuhan. Ke-64 mahasiswa dibagi dalam dua kelas. Kelas pertama terdiri atas 33 mahasiswa, didesain sebagai kelas eksperimen. Kelas kedua terdiri atas 31 mahasiswa, didesain sebagai kelas kontrol.

Pembelajaran terintegrasi pada kelas eksperimen dan kelas kontrol menggunakan tipe *nested* (Fogarty, 1991). Pada kelas kontrol pembelajaran terintegrasi menggunakan metode ceramah, tanya-jawab, penugasan, presentasi, dan diskusi dengan memerhatikan

pengembangan keterampilan berpikir, keterampilan isi spesifik, dan keterampilan sosial mahasiswa. Pada kelas eksperimen pembelajaran dilakukan dengan kerangka instruksional berbasis dimensi belajar (Marzano, 1992) dengan memerhatikan hal-hal berikut: (a) Lingkungan belajar dibuat kondusif dan materi disajikan secara kontekstual (dimensi 1: *attitude and perception*); (b) Materi dirancang untuk memfasilitasi mahasiswa dalam menemukan, mengorganisasikan, dan mengintegrasikan pengetahuannya (dimensi 2: *acquire and integrated knowledge*); (c) Menggunakan performa objektif yang berisi kata kerja operasional untuk menstimulus pengetahuan awal (dimensi 2: *acquire and integrated knowledge*); (d) Memberikan kesempatan kepada mahasiswa untuk mentransformasi pengetahuan yang sudah diterima ke dalam bentuk atau contoh lain (dimensi 3: *extend and refine knowledge*); dan (e) Memberikan kesempatan kepada mahasiswa untuk menggunakan pengetahuannya dengan menyajikan masalah-masalah baru (dimensi 4: *use knowledge meaningfully*)

Pengukuran dampak penggunaan strategi pembelajaran terhadap beban kognitif mahasiswa dilakukan pada tiga komponen beban kognitif. ICL diukur melalui tes kemampuan analisis informasi pada konsep Transpirasi dan Fotosintesis. Instrumen tes berupa soal-soal uraian dengan kompleksitas isi berbeda (*task complexity*; Brünken dkk., 2010), semakin tinggi kompleksitas isi semakin banyak sumber-sumber kognitif yang diperlukan dan semakin tinggi *intrinsic processing* yang terjadi. Tes kemampuan analisis informasi tersebut menggunakan sembilan *task* sebagaimana tertuang pada Tabel 1. Pengembangan soal dan rubrik penilaian kemampuan analisis informasi didasarkan atas standar pemrosesan informasi yang dikembangkan oleh Marzano dkk. (1993). Skor kemampuan analisis tersebut dikonversi ke dalam bentuk kualitatif dengan merujuk pada kategorisasi dari Arikunto (2009), yaitu sangat baik (skor 3,2-4,0), baik (skor 2,7-3,1), sedang (skor 2,3-2,6), kurang (skor 1,7-2,2), dan sangat kurang (skor 0,0-1,6).

ECL diukur melalui angket berisi pernyataan-pernyataan subjektif yang berhubungan dengan usaha mental mahasiswa dalam memahami materi ajar (*subjective self-reported rating scale of perceived mental effort*; Brünken dkk. (2010). Skala penilaian menggunakan skala Likert, terdiri dari sangat mudah, mudah, tidak mudah tapi tidak sulit, sulit, dan sangat sulit. Aspek usaha mental yang dikembangkan menjadi pernyataan-pernyataan dalam angket disesuaikan dengan *task* dalam tes kemampuan analisis informasi.

GCL diukur melalui tes penalaran. Instrumen tes penalaran disusun dalam bentuk tes pilihan ganda beralasan yang dikembangkan untuk menginduksi ke-

mampuan mahasiswa berpikir induktif dan deduktif, meliputi sebab akibat, analisis, dan proporsional dalam mengorganisasikan pengetahuan, serta menghubungkannya dengan pengetahuan yang sudah dimilikinya. Nilai tingkat kemampuan penalaran yang diperoleh dikategorisasi sesuai dengan kategorisasi kemampuan penalaran dari Bao (2009), yaitu sangat baik (skor 75-100), baik (skor 61-74), sedang (skor 51-60), kurang (skor 35-50), dan sangat kurang (skor 25-34).

Sebelum digunakan untuk mengukur beban kognitif, instrumen pengukuran divalidasi dan dihitung reliabilitasnya dengan analisis faktor. Khusus untuk instrumen pengukuran GCL, analisis instrumen dilakukan dengan *Anatest V4*.

Perhitungan validitas instrumen kemampuan analisis informasi menggunakan analisis faktor memberikan nilai antara 0,612-0,741. Nilai tersebut menunjukkan bahwa instrumen kemampuan analisis informasi tersebut dapat dinyatakan valid (koefisien korelasi lebih besar dari $\alpha 0,05 (22) = 0,413$). Sementara itu, perhitungan uji reliabilitas instrumen analisis informasi menghasilkan nilai *Cronbach's Alfa* sebesar 0,711. Dengan nilai ini maka instrumen kemampuan analisis informasi termasuk kategori reliabilitas tinggi, berada pada rentang 0,60-0,79 (Sudjana, 2002).

Uji validitas instrumen usaha mental mahasiswa untuk mengukur *extraneous cognitive load* dengan analisis faktor dari SPSS 20 for Window menunjukkan nilai antara 0,732 – 0,780 atau lebih besar dari $\alpha 0,05 (22) = 0,413$. Dengan demikian instrumen untuk mengukur *extraneous cognitive load* dapat dinyatakan valid. Instrumen ini juga dapat dinyatakan memiliki tingkat reliabilitas tinggi karena nilai *Cronbach's Alfa* yang dihasilkan dari perhitungan uji reliabilitas sebesar 0,765 atau berada pada rentang nilai 0,60-0,79 (Sudjana, 2002).

Perhitungan validitas dan reliabilitas instrumen penalaran dilakukan dengan analisis item menggunakan korelasi *product moment* yang ada pada program *Anatest V4*. Perhitungan validitas instrumen menghasilkan nilai sebesar 0,72, lebih besar dari koefisien korelasi dari $\alpha 0,05 (22) = 0,413$ yang menunjukkan bahwa instrumen tersebut valid. Perhitungan reliabilitas menunjukkan nilai sebesar 0,84, lebih besar dari kriteria reliabilitas yang ditetapkan (0,7) yang berarti bahwa instrumen penalaran memiliki reliabilitas yang sangat tinggi.

Hasil perhitungan daya beda butir soal menunjukkan nilai antara 0,00 – 0,83 yang berarti bahwa butir soal instrumen penalaran memiliki daya beda dari kategori rendah sampai tinggi. Sementara itu, berdasarkan hasil perhitungan tingkat kesukaran soal, soal-soal pada instrumen penalaran terdiri atas 4% soal dengan kate-

gori sulit, 64% soal dengan kategori sedang, dan 32% termasuk kategori mudah.

Selanjutnya, hasil pengukuran beban kognitif dianalisis secara kuantitatif dengan melakukan uji statistik sebagai berikut. (a) Uji perbedaan rerata setiap komponen beban kognitif antara kelas kontrol dan kelas eksperimen, dan (b) Uji korelasi dan regresi multivarian antartetiga komponen beban kognitif pada kelas kontrol dan kelas eksperimen untuk mengetahui hubungan dan kontribusi antar ketiga komponen beban kognitif. Perhitungan statistik tersebut dilakukan dengan bantuan *Statistical Package for Sosial Science (SPSS) 20 for Window*.

ICL mahasiswa dikatakan rendah apabila skor kemampuan menganalisis informasinya tinggi (beban instrinsik untuk memroses informasi rendah). Sebaliknya, bila skor yang diperoleh rendah maka ICL dikatakan tinggi (beban instrinsik untuk memroses informasi tinggi). Untuk ECL dikatakan rendah apabila skor usaha mental dalam memahami informasi juga rendah (tingkat kesulitan eksternal dalam memahami informasi rendah). Besarnya GCL sesuai dengan skor kemampuan penalarannya.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis statistik terhadap data hasil pengukuran komponen beban kognitif menunjukkan adanya perbedaan signifikan ($p \leq 0,01$) pada ketiga komponen beban kognitif dari kedua kelas yang digunakan dalam penelitian ini (Tabel 1). Kemampuan analisis informasi pada kelas eksperimen berada pada kategori sangat baik dan lebih tinggi dari kelas kontrol yang berada pada kategori sedang. Sebaliknya, usaha mental mahasiswa pada kelas eksperimen lebih rendah dibandingkan kelas kontrol. Hasil ini menunjukkan bahwa ICL dan ECL mahasiswa pada kelas eksperimen lebih rendah dibandingkan dengan kelas kontrol. Selain itu, skor penalaran pada kelas eksperimen berada pada kategori baik dan lebih tinggi dari skor penalaran pada kelas kontrol yang masih berada pada kategori sedang. Hasil analisis skor penalaran ini menunjukkan GCL pada kelas eksperimen lebih baik dibandingkan kelas kontrol. Dalam hal ini mahasiswa pada kelas eksperimen memiliki karakteristik komponen beban kognitif yang lebih baik dibandingkan mahasiswa pada kelas kontrol dalam mengonstruksi skema-skema kognitif selama pembelajaran berlangsung. Dengan kata lain, beban kognitif mahasiswa pada kelas eksperimen lebih rendah dibandingkan kelas kontrol. Hasil ini menunjukkan bahwa instrumen pengukuran yang dikembangkan memiliki karakteristik validitas dan reliabilitas sebagaimana diuraikan di atas mampu mengukur

perbedaan beban kognitif mahasiswa pada kedua kelas penelitian.

Tabel 1. Perbedaan Beban Kognitif antara Kelas Eksperimen dan Kelas Kontrol

Komponen yang diukur	Kelas eksperimen	Kelas kontrol
Menganalisis informasi (dari skor maks 4)	3,2*	2,5
Usaha mental (dari skor maks 1)	0,28	0,32*
Penalaran (dari skor maks 100)	68,2*	59,4

*berbeda signifikan ($p \leq 0,01$)

Lebih rendahnya beban kognitif mahasiswa pada kelas eksperimen diduga kuat sebagai dampak dari strategi dan tipe dari pembelajaran terintegrasi yang digunakan. Strategi pembelajaran pada kelas eksperimen disusun berdasarkan asumsi-asumsi bagaimana peserta didik belajar yang dikemas dalam suatu kerangka instruksional yang menekankan proses berpikir dengan mengakomodasi domain pengetahuan, proses sistem kognitif, sistem metakognitif, dan *self system* (Marzano, 1992). Menanamkan sikap dan persepsi positif (dimensi 1: *attitude and perception*) pada diri mahasiswa di awal perkuliahan mampu menciptakan lingkungan belajar yang optimal dan memotivasi mahasiswa untuk terlibat langsung dalam proses pembelajaran. Di samping itu, penggunaan performa objektif untuk menstimulasi agar mahasiswa lebih berupaya menghubungkan informasi baru dengan pengetahuan yang sebelumnya telah dimiliki ketika melakukan analisis terhadap informasi yang disajikan (dimensi 2: *acquire and integrate knowledge*) tampaknya efektif dalam membatasi aktivitas kognitif selama mahasiswa menerima materi ajar. Sikap dan persepsi positif yang tertanam pada diri mahasiswa terhadap materi dan pembelajaran, diikuti dengan upaya dosen dalam menstimulasi pengetahuan awal telah mengoptimalkan proses belajar mahasiswa, dalam arti strategi pembelajaran dapat menurunkan aktivitas kognitif mahasiswa yang tidak diperlukan dalam mengolah informasi. Menurut Kalyuga (2011), membatasi aktivitas kognitif selama proses belajar berarti telah membuang aktivitas kognitif yang tidak diperlukan dalam mengolah informasi. Hal ini berarti telah menurunkan ECL.

Masih tingginya beban kognitif pada kelas kontrol (Tabel 1) diduga ada kaitannya dengan kurang optimalnya kegiatan apersepsi pada awal perkuliahan dan kurangnya stimulus yang diberikan dosen agar mahasiswa dapat mengungkap pengetahuan awal lebih banyak. Ketika dosen mencoba untuk mengembangkan keterampilan isi spesifik dengan meminta maha-

siswa mengintegrasikan pengetahuan struktur yang sudah ada skema kognitifnya dalam memori jangka panjang (*long term memory*) ke dalam materi fungsi tumbuhan, banyak mahasiswa merasa kesulitan. Pada umumnya mahasiswa kesulitan menyusun kembali skema kognitif materi struktur tumbuhan meskipun sudah lulus mata kuliah Anatomi Tumbuhan. Akibatnya, mahasiswa kesulitan membentuk skema integrasi struktur pada fungsi tumbuhan. Hasil ini menunjukkan bahwa mahasiswa tidak dapat belajar dengan optimal bila memori kerja yang mereka bentuk sangat luas. Menurut Moreno (2006), belajar akan lebih optimal bila mahasiswa secara aktif membangun sebuah representasi pengetahuan yang koheren dalam kapasitas memori kerja yang terbatas. Penggunaan strategi apersepsi yang kurang tepat pada kelas kontrol menyebabkan perhatian mahasiswa terhadap materi yang diajarkan menjadi melebar. Selain itu, persepsi mahasiswa juga menjadi salah karena mereka berpandangan pembelajaran terintegrasi ini sama dengan harus belajar materi dari dua mata kuliah. Pemberian materi yang lebih kontekstual pada kelas eksperimen dengan menyajikan gejala-gejala visual struktur terkait fungsi tumbuhan yang dikemas dalam bentuk *nested* dapat mengubah persepsi dan jangkauan pemikiran mahasiswa. Mahasiswa dapat membangun skema integrasi struktur pada fungsi karena materi yang disajikan berada pada kapasitas memori kerjanya. Dengan demikian, memerhatikan keterbatasan *working memory* dan kemampuan *long term memory* mahasiswa untuk menyimpan skema kognitif menjadi dasar penggunaan strategi untuk mengintegrasikan struktur pada fungsi tumbuhan.

Pengembangan sikap dan minat belajar akan memotivasi mahasiswa untuk terlibat aktif dalam pembelajaran. Selain itu, materi yang dikemas secara kontekstual memudahkan mahasiswa dalam memahami materi yang sedang dipelajarinya karena materi tersebut bermanfaat untuk diterapkan dan sangat terkait dengan kehidupan sehari-hari. Mahasiswa sadar bahwa materi tentang struktur yang telah mereka pelajari bermanfaat untuk mempelajari fungsi tumbuhan. Kesadaran tersebut berdampak pada berkembangnya sikap dan minat belajar mahasiswa. Keadaan ini memudahkan mereka untuk masuk dalam tahap akuisisi dan integrasi pengetahuan baru (dimensi 2) yang akan disajikan pada tahap pembelajaran berikutnya dalam pembelajaran (Marzano, 1992).

Penggunaan pengetahuan awal (*prior knowledge*) memiliki efek terhadap ICL (Moreno & Park, 2010). Penggunaan pengetahuan awal bersama-sama dengan intelegensi yang optimal bermanfaat dalam memroses informasi (Plass dkk., 2010) yang akhirnya meringankan *intrinsic processing* pada mahasiswa. *Pertama*, mahasiswa terfasilitasi untuk menyeleksi informasi

tentang struktur yang relevan dengan fungsi, sehingga mahasiswa tertantang untuk menggali kembali penge-

tahuan awal mereka. Hal tersebut berpengaruh pada konstruksi skema kognitif mahasiswa tentang struktur

Tabel 2. Hasil Uji Korelasi Antarkomponen Beban Kognitif

No	Hubungan Antarkomponen	Koefisien Korelasi (r^2) dan determinasi (r)				Keterangan
		Eksperimen		Kontrol		
		r^2	r	r^2	r	
1	Usaha mental terhadap analisis informasi	-0,837	0,910	-0,689	0,830	$p=0,00^*<0,01$
2	Analisis informasi terhadap penalaran	0,899	0,950	0,785	0,890	$p=0,00^*<0,01$
3	Usaha mental terhadap penalaran	-0,684	0,830	-0,825	0,910	$p=0,00^*<0,01$

*korelasi signifikan

tumbuhan. *Kedua*, menambahkan informasi keterkaitan struktur pada fungsi dalam struktur kognitif, pandangan mahasiswa tentang struktur dan fungsi menjadi lebih terintegrasi, mereka menjadi sadar bahwa pada saat memelajari tentang fungsi tumbuhan, maka pengetahuan tentang struktur tumbuhan tidak dapat dipisahkan. *Ketiga*, mengembangkan skema kognitif, karena secara bertahap skema kognitif mahasiswa telah memiliki sejumlah skema yang spesifik tentang keterkaitan struktur pada fungsi, sehingga dapat dikembangkan dengan menghubungkannya pada pengaruh lingkungan. Hal ini sesuai dengan pernyataan bahwa pengetahuan awal tidak saja berpengaruh terhadap konsep yang dipelajari tetapi juga berpengaruh terhadap persepsi dan perhatian peserta didik (Cook, 2006). Ringannya *intrinsic processing* pada otak mahasiswa selama proses belajar berlangsung menyebabkan turunnya ICL. Ketika mahasiswa mengolah informasi baru yang diterimanya, mereka tidak merasa usaha mentalnya terbebani, karena apa yang harus mereka olah berada pada kapasitas memori kerja. Mereka tidak harus berpikir yang terlalu luas dan juga tidak selalu tergantung pada dosen dan/atau strategi instruksional yang digunakan dosen.

Pengukuran beban kognitif untuk melihat keefektifan suatu strategi pembelajaran terhadap penurunan beban kognitif tidak cukup hanya dilihat dari tinggi-rendahnya skor setiap komponen beban kognitif yang dicapai peserta didik, tetapi juga harus dilihat dari hubungan antar ketiga komponen tersebut. Sweller (2010) menegaskan bahwa memori kerja harus lebih dikarenakan oleh ICL daripada oleh ECL karena akuisisi skema kognitif diarahkan pada interaksi elemen-elemen yang berhubungan dengan ICL. Strategi pembelajaran yang meningkatkan penggunaan memori kerja dengan menekankan pada ICL memiliki pengaruh pada peningkatan GCL. Selain itu, tingginya ECL mencerminkan buruknya strategi pembelajaran yang digunakan (Kalyuga, 2010; Sweller, 2010). Dalam penelitian ini, hubungan antartetiga komponen beban kognitif dianalisis melalui uji korelasi antartetiga indikator komponen beban kognitif, yaitu kemampuan

analisis informasi, usaha mental, dan kemampuan penalaran. Hasil uji antara satu komponen dengan komponen lainnya menunjukkan adanya korelasi yang signifikan ($p = 0,00^*<0,01$) (Tabel 2).

Menurut Paas dkk. (2003), dalam suatu strategi pembelajaran, ECL akan menjadi sangat penting bila ICL peserta didik tinggi. Sebaliknya, bila ICL rendah maka ECL menjadi kurang berarti, karena total beban kognitif tidak boleh melebihi kapasitas memori kerja. Hal ini berarti bahwa strategi pembelajaran yang ditujukan untuk menurunkan beban kognitif harus memiliki interaktivitas elemen pengetahuan yang tinggi. Bila interaktivitas terjadi sangat rendah, maka strategi pembelajaran tidak dapat menurunkan beban *intrinsic* pada memori kerja. Dalam penelitian ini, interaktivitas ditunjukkan dengan skor kemampuan analisis informasi. Tinggi-rendahnya skor analisis informasi mencerminkan tinggi-rendahnya interaktivitas elemen pengetahuan pada memori kerja. Skor ini secara langsung juga menggambarkan tinggi-rendahnya ICL. Skor analisis informasi yang tinggi menunjukkan banyaknya interaktivitas antar elemen pengetahuan. Berarti mahasiswa telah mampu menggunakan pengetahuan struktur tumbuhan yang telah dimilikinya dalam mengeksekusi informasi tentang fungsi tumbuhan yang dihadapinya. Kemampuan mahasiswa mengolah informasi baru tentang fungsi tumbuhan dengan membentuk hubungan (skema-skema kognitif) dengan pengetahuan struktur tumbuhan menunjukkan beban *intrinsic* pada memori kerja rendah (berada pada kapasitas memori kerja yang terbatas). Sementara itu ECL ditunjukkan oleh besarnya usaha mental yang dilakukan mahasiswa dalam memahami informasi yang baru. Ketidakmampuan mahasiswa dalam menggunakan pengetahuan yang telah ada untuk membentuk skema kognitif dalam mengolah informasi baru menyebabkan mahasiswa tersebut berusaha mencari cara lain atau mencari bantuan teman atau dosen. Hal ini berarti mahasiswa tersebut telah melakukan usaha lain (usaha ekstra), selain menggunakan kemampuan kognitif internalnya. Dengan demikian, semakin kecil skor usaha mental, semakin kecil pula ECL yang terjadi. Uji korelasi antara kemam-

puan analisis informasi dengan usaha mental pada kedua kelas penelitian memberikan hasil berbanding terbalik (nilai r^2 negatif) (Tabel 2). Hasil ini menunjukkan bahwa semakin tinggi interaktivitas elemen pengetahuan struktur tumbuhan yang digunakan mahasiswa dalam menganalisis informasi baru terkait fungsi tumbuhan, semakin kecil usaha mental yang diperlukan. Dengan demikian, terdapat kesejajaran antara ICL dan ECL mahasiswa pada kedua strategi pembelajaran fungsi tumbuhan terintegrasi struktur tumbuhan dengan tipe *nested* (pada kedua kelas penelitian).

Uji korelasi antara kemampuan analisis informasi dengan kemampuan penalaran pada kedua kelas penelitian menghasilkan nilai koefisien korelasi (r^2) positif, yaitu 0,899 pada kelas eksperimen dan 0,785 pada kelas kontrol (Tabel 2). Hasil ini menunjukkan bahwa semakin tinggi kemampuan mahasiswa dalam melakukan analisis informasi semakin besar kemampuan penalarannya. Bila tingginya kemampuan analisis informasi itu menggambarkan rendahnya ICL yang dimiliki mahasiswa, maka semakin besar koefisien korelasi yang dihasilkan menunjukkan semakin rendah ICL dan semakin tinggi GCL yang dimiliki mahasiswa. Pada Tabel 2 dapat dilihat bahwa koefisien korelasi pada kelas eksperimen lebih besar dibandingkan kelas kontrol. Hal ini menunjukkan bahwa keadaan ICL mahasiswa pada kelas eksperimen dalam menghasilkan GCL lebih rendah daripada pada kelas kontrol. Keadaan ini dibuktikan dengan skor kemampuan analisis informasi dan skor penalaran mahasiswa di kelas eksperimen lebih tinggi dibandingkan kelas kontrol (Tabel 1). Selanjutnya, hasil uji korelasi antara usaha mental dengan kemampuan penalaran mahasiswa menunjukkan koefisien korelasi (r^2) negatif. Hasil ini menggambarkan bahwa pada kedua kelas eksperimen semakin kecil ECL yang dimiliki mahasiswa telah menghasilkan GCL yang semakin besar. Akan tetapi, karena kelas kontrol menunjukkan koefisien korelasi yang lebih kecil dibandingkan kelas eksperimen, dapat dikatakan bahwa untuk menghasilkan GCL yang besar mahasiswa pada kelas kontrol memerlukan ECL yang lebih besar dibandingkan dengan mahasiswa pada kelas eksperimen.

Besarnya kontribusi ICL dan ECL terhadap GCL diterjemahkan dari besarnya koefisien determinasi yang diperoleh dari uji regresi multivarian antar ketiga komponen yang diukur (Tabel 1 dan 2). Persamaan regresi antara ketiga komponen beban kognitif pada kelas eksperimen adalah $\hat{y} = 49,4 + 9,1 x_1 - 3,95 x_2$, sedangkan pada kelas kontrol adalah $\hat{y} = 60,4 + 11,3 x_1 - 9,76 x_2$. Kemampuan analisis informasi (x_1) terhadap usaha mental (x_2) pada kelas eksperimen memiliki perbandingan yang lebih besar dibandingkan

pada kelas kontrol. Hal ini berarti bahwa bertambahnya kompleksitas materi yang memengaruhi usaha mental dalam memori kerja mahasiswa pada kelas eksperimen tidak terlalu memengaruhi kemampuan penalarannya. Strategi pembelajaran pada kelas eksperimen telah mendukung penurunan ECL di mana pada saat memroses informasi mahasiswa secara aktif dapat membangun skema kognitif yang berdampak pada penurunan ICL sesuai kapasitas memori kerjanya. Pada kelas kontrol, bertambahnya kompleksitas materi sangat memengaruhi usaha mental, karena strategi pembelajaran yang digunakan kurang mendukung mahasiswa dalam membangun skema kognitif secara aktif. Mahasiswa lebih tergantung pada informasi keterkaitan struktur terhadap fungsi yang sudah dikemas oleh dosen. Dengan kata lain, pada kelas kontrol strategi pembelajaran yang digunakan belum memfasilitasi mahasiswa dalam membangun skema-skema kognitif secara optimal, sehingga mahasiswa masih memerlukan usaha ekstra di luar kapasitas memori kerjanya. Dengan demikian, ECL pada mahasiswa kelas kontrol masih tinggi.

Uji regresi antara kemampuan analisis terhadap kemampuan penalaran pada kelas eksperimen menghasilkan koefisien determinasi (r) sebesar 0,95 untuk kelas eksperimen dan sebesar 0,89 untuk kelas kontrol (Tabel 2). Hasil ini menunjukkan bahwa kontribusi kemampuan analisis informasi terhadap kemampuan penalaran mahasiswa pada kelas eksperimen sebesar 95%, sedangkan pada kelas kontrol kontribusinya lebih kecil, yaitu sebesar 89%. Uji regresi antara usaha mental terhadap kemampuan penalaran menghasilkan koefisien determinasi pada kelas eksperimen lebih kecil dibandingkan kelas kontrol, masing-masing sebesar 0,83 dan 0,91 (Tabel 2). Hasil uji regresi tersebut menunjukkan bahwa pada kelas eksperimen kontribusi usaha mental terhadap kemampuan penalaran mahasiswa terjadi sebesar 83%, sedangkan pada kelas kontrol terjadi sebesar 91%. Dari hasil kedua uji regresi tersebut dapat dikatakan bahwa pada kelas eksperimen besarnya GCL yang ditunjukkan mahasiswa melalui skor kemampuan penalarannya lebih banyak diakibatkan oleh rendahnya ICL. Sebaliknya, GCL yang dimiliki mahasiswa pada kelas kontrol lebih banyak diakibatkan oleh tingginya ECL.

Uji regresi usaha mental terhadap kemampuan analisis informasi menunjukkan hasil sebaliknya dari uji regresi usaha mental terhadap penalaran (Tabel 2). Koefisien determinasi yang diperoleh pada kelas eksperimen sebesar 0,91, sedangkan pada kelas kontrol sebesar 0,83. Dengan demikian, kemampuan analisis mahasiswa pada kelas eksperimen 91% merupakan kontribusi dari usaha mental mahasiswa sebagai respon terhadap strategi pembelajaran. Pada

kelas kontrol respon mahasiswa terhadap strategi pembelajaran menghasilkan usaha mental yang kontribusinya terhadap kemampuan analisis mahasiswa sebesar 83%, lebih kecil dari kelas eksperimen yang memiliki kontribusi sebesar 91%. Dari hasil uji regresi ini diperoleh informasi bahwa pada kelas kontrol usaha mental mahasiswa lebih mengarah langsung kepada ketercapaian penalaran, sedangkan pada kelas eksperimen usaha mental tidak langsung diarahkan ke penalaran, tetapi terlebih dahulu ke arah analisis informasi. Hasil ini memertegas bahwa pada kelas eksperimen GCL lebih dikarenakan ICL, sedangkan pada kelas kontrol GCL lebih dikarenakan ECL.

Uji regresi menunjukkan adanya peningkatan kemampuan penalaran yang pesat dibandingkan pada kelas kontrol. Pada kelas eksperimen, semakin baik kemampuan mahasiswa dalam menganalisis informasi, semakin baik kemampuan penalarannya. Peningkatan kemampuan penalaran pada kelas eksperimen ini juga diikuti dengan rendahnya penurunan usaha mental. Pada kelas kontrol peningkatan kemampuan penalaran diikuti dengan tingginya usaha mental, tetapi tidak sejalan dengan kemampuan analisis informasinya. Berdasarkan hasil ini dapat dikatakan bahwa pembelajaran berbasis dimensi belajar pada kelas eksperimen lebih dapat menurunkan beban kognitif mahasiswa ketika pembelajaran fungsi tumbuhan diintegrasikan dengan struktur tumbuhan melalui tipe *nested*. Rendahnya beban kognitif pada kelas eksperimen ini terbukti dengan rendahnya ICL dan ECL mahasiswa, disertai dengan lebih tingginya GCL yang dihasilkan. Kondisi ini menunjukkan adanya hubungan yang erat antara strategi pembelajaran yang digunakan dengan penurunan beban kognitif mahasiswa. Dengan demikian strategi pembelajaran sangat penting diperhatikan untuk menurunkan beban kognitif, sehingga proses belajar mahasiswa dapat lebih efektif. Hal ini sesuai dengan pandangan bawah pemahaman terhadap dampak beban kognitif terhadap proses belajar mahasiswa merupakan hal penting dalam membangun kerangka intruksional yang efektif (Sweller, 1994; Sweller, 1998).

Lebih efektifnya proses pembelajaran pada kelas eksperimen ada hubungannya dengan kemampuan strategi pembelajaran yang digunakan dalam menurunkan beban kognitif mahasiswa. Memerhatikan dimensi belajar dalam membangun strategi pembelajar terbukti dapat membantu mahasiswa dalam proses belajarnya. Mahasiswa lebih dapat menggunakan kemampuan berpikirnya. Strategi pembelajaran pada kelas eksperimen

dikemas dengan memerhatikan nilai-nilai esensial dari lima dimensi belajar, khususnya dimensi kesatu sampai dengan keempat. Penggunaan strategi penyajian informasi materi ajar yang menarik, sistematis, dan kontekstual dalam penelitian ini (terkait dimensi 2: *acquire and integrated knowledge*) mendorong mahasiswa untuk dapat mengorganisasikan informasi dan menemukan strategi dalam mengintegrasikan pengetahuan yang baru dan menjadikan bagian dari memori jangka panjangnya. Di samping itu, aplikasi proses-proses nalar yang lebih kompleks dan proses transformasi pengetahuan ke dalam bentuk lain (dimensi 3: *refine and extended knowledge*) selama pembelajaran mendorong mahasiswa ke arah pemahaman yang lebih mendalam (Marzano, 1992). Penggunaan strategi pembelajaran berbasis dimensi belajar kedua dan ketiga inilah yang diduga dapat mengoptimalkan proses kognitif mahasiswa selama pembelajaran, sehingga ICL berada pada kapasitas memori kerjanya yang berdampak pada penurunan ECL.

SIMPULAN

Pengukuran terhadap kemampuan analisis informasi melalui penilai *task complexity*, usaha mental melalui pemberian angket berbasis skala Likert (*subjective rating scale*), dan kemampuan penalaran dengan soal-soal pilihan ganda beralasan ketiganya dapat mencerminkan komponen beban kognitif. Pengukuran kemampuan analisis informasi yang meliputi kemampuan mengidentifikasi, mengintegrasikan, menerapkan, dan merancang sensitif terhadap cara menurunkan *intrinsic processing* atau ICL. Pengukuran usaha mental melalui angket dengan skala sikap yang berisi pernyataan-pernyataan yang berhubungan dengan usaha mental mahasiswa dalam memahami materi ajar sensitif terhadap cara menurunkan *extraneous processing* atau ECL. Dalam penelitian ini komponen ICL dan ECL pada kelas eksperimen dan kelas kontrol menunjukkan hubungan yang erat dengan besarnya GCL yang diperoleh melalui tes penalaran. Pada kelas eksperimen GCL yang dimiliki mahasiswa lebih dikarenakan ICL yang berada pada kapasitas memori kerja, sedangkan pada kelas kontrol GCL yang dimiliki mahasiswa lebih karena ECL yang tinggi. Perbedaan ini menggambarkan strategi pembelajaran berbasis dimensi belajar lebih baik daripada strategi pembelajaran reguler dalam menurunkan beban kognitif mahasiswa pada pembelajaran fungsi terintegrasi struktur tumbuhan.

DAFTAR RUJUKAN

Arikunto, S. 2009. *Dasar-Dasar Evaluasi Pendidikan*. Jakarta: Bumi Aksara.

Bao, L. 2009. Learning and Scientific Reasoning Education. *Education Forum*. 232: 586-587.

- Brünken, R., Seufert, T., & Paas, F. 2010. Measuring Cognitive Load. Dalam Plass, J. L., Moreno, R., & Brünken, R. (Eds.), *Cognitive Load Theory* (hlm. 181-202). Cambridge: Cambridge University Press.
- Cook, M.P. 2006. Visual Representations in Science Education: The Influence of Prior Knowledge and Instructional Design Principles. *Science Education*, 90 (6): 1073-1091.
- Creswell, J.W. & Clark, V.L.P. 2007. *Designing and Conducting Mixed Methodes Research*. California: Sage Publication. USA.
- Fogarty, R. 1991. *How to Integrate the Curricula*. Illionis: Skylight Publishing 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.
- Hindriana, A.F. & Rahmat, A. 2012. *Model Pengintegrasian Struktur Tumbuhan pada Fungsi Tumbuhan untuk Menurunkan Beban Kognitif dan Mengembangkan Pemanfaatan Sumber Daya Alam Alternatif dalam Praktikum Transpirasi Tumbuhan*. Makalah Semirata BKS-PTN MIPA di FMIPA Universitas Negeri Medan, 11-12 Mei.
- Kalyuga S. 2010. Schema Acquisition and Source of Cognitive Load. Dalam Plass, J.L., Moreno, R., & Brünken, R. (Eds.), *Cognitive Load Theory* (hlm. 48-64). Cambridge: Cambridge University Press.
- Kalyuga, S. 2011. Informing: A Cognitive Load Perspective. *Informing Science: The International Journal of an Emerging Transdiscipline*, 14 (1): 33-45.
- Marzano, R.J. 1992. *A Different Kind of Classroom, Teaching with Dimension of Learning*. Alexandria: Association for Supervision and Curriculum Development.
- Marzano, R.J., Pickering D., & McTighe, J. 1993 *Assessing Student Outcomes, Performance Assesment Using the Dimensions of Learning*. Alexandria: Association for Supervision and Curriculum Development.
- Meissner, B. & Bogner, F.X. 2013. Towards Cognitive Load Theory as Guideline for Instructional Design in Science Education. *World of Journal Education*, 3 (2): 24-37.
- Moreno, R. 2006. Decreasing Cognitive Load for Novice Students: Effects of Explanatory versus Corrective Feedback in Discovery-Based Multimedia. *Instructional Science*, 32 (1): 99-113.
- Moreno, R. & Park, B. 2010. Cognitive Load Theory: Historical Development and Relation to Other Theories. Dalam Plass, J.L., Moreno R., & Brünken, R. (Eds.), *Cognitive Load Theory* (hlm. 9-28). Cambridge: Cambridge University Press.
- Moseley, D., Baumfield, V., Elliot, J., Gregson, M., Higgins, S., Miller, J., & Newton, D. 2005. *Frameworks for Thinking*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Paas, F., Tuovinen, J.E., Tabbers, H., Gerven, P.W.M.V. 2003. Cognitive Load Measurement as a Means to Advance Cognitive Load Theory. *Educational Psychologist*, 28 (1): 63-71.
- Plass, J.L., Moreno R., & Brünken, R. (Eds.). 2010. *Cognitive Load Theory*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Rahmat, A. 2007. *Learning Dimensions Based Teaching*. Makalah Simposium Nasional Penelitian Pendidikan Pusat Penelitian Kebijakan dan Inovasi Pendidikan, Balitbang Depdiknas, 25-26 Juli.
- Sudjana. 2002. *Metode Statistika*. Bandung : Tarsito.
- Sweller, J. 1994. Cognitive Load Theory: Learning Difficulty and Instructional Design. *Journal of Learning and Instruction*, 4: 295-312.
- Sweller, J. 1998. Cognitive Load During Problem Solving: Effects on Learning. *Journal of Cognitive Science*, 12: 257-285.
- Sweller, J. 2005. Implications of Cognitive Load Theory for Multimedia Learning. Dalam Mayer, R.E. (Ed.), *The Cambridge Handbook of Multimedia Learning* (hlm. 19-30). New York: Cambridge University Press.
- Sweller, J. 2010. Cognitive Load Theory: Historical Development and Relation to Other Theories, Dalam Plass, J.L., Moreno, R., & Brünken, R. (Eds.), *Cognitive Load Theory* (hlm. 29-47). Cambridge: Cambridge University Press.