



PENGETAHUAN AWAL CALON GURU BIOLOGI TENTANG KONSEP KATABOLISME KARBOHIDRAT (RESPIRASI SELULER)

H. Rahmatan^{1*}, Liliarsari²

¹Prodi Pendidikan Biologi, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan
Universitas Syiah Kuala, Banda Aceh, Indonesia

²Program Studi Pendidikan IPA, Sekolah Pascasarjana
Universitas Pendidikan Indonesia, Bandung, Indonesia

Diterima: 14 Januari 2012. Disetujui: 9 Februari 2012. Dipublikasikan: April 2012

ABSTRAK

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengetahuan awal mahasiswa calon guru Biologi semester dua pada salah satu LPTK di provinsi Aceh, mengenai konsep katabolisme karbohidrat (respirasi seluler). Hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa mahasiswa calon guru Biologi semester dua pada salah satu LPTK di provinsi Aceh belum mengetahui konsep katabolisme karbohidrat sebagai pengetahuan awal dengan baik, walaupun konsep tersebut telah diberikan pada jenjang pendidikan sebelumnya. Oleh karena itu, sebaiknya dosen harus mengetahui pengetahuan awal mahasiswa, sehingga pengajaran sains dapat lebih bermakna.

ABSTRACT

The purpose of this research is to find out the initial knowledge of catabolism carbohydrate (cellular respiration) for second semester students of Biology teacher candidate in one of LPTK Aceh. The result shows that the students do not have good initial knowledge about the concept although they already got the material in the previous semester. Therefore, it is important to the lecturer to recognize the initial knowledge of students to give the right treatment for science teaching.

© 2012 Prodi Pendidikan IPA FMIPA UNNES Semarang

Keywords: initial knowledge; science teaching

PENDAHULUAN

Katabolisme karbohidrat (respirasi seluler) merupakan salah satu materi penting yang harus dikuasai oleh calon guru biologi karena materi ini menjadi dasar untuk mempelajari materi lain seperti dalam fisiologi tumbuhan, fisiologi hewan, bioteknologi ataupun materi-materi serumpun lainnya. Adapun topik-topik yang dibahas berkaitan dengan katabolisme karbohidrat (respirasi seluler) adalah glikolisis, dekarboksilasi oksidatif asam piruvat, siklus asam sitrat dan fosforilasi oksidatif (transfer elek-

tron). Dalam kurikulum sekolah, materi ini mulai diajarkan pada kelas XII sesuai dengan perkembangan kognitif peserta didik. Oleh karena materi ini agak sulit dipahami maka sebelum mereka memasuki ke jenjang pendidikan lebih tinggi diharapkan sudah memiliki pengetahuan awal yang baik mengenai katabolisme karbohidrat (respirasi seluler), baik melalui pendidikan formal sebelumnya maupun melalui pendidikan non formal.

Berdasarkan hasil wawancara dengan beberapa mahasiswa calon guru biologi diperoleh informasi bahwa mereka hanya sedikit sekali mendapat pengetahuan mengenai respirasi seluler pada kelas XII, hal ini mungkin disebabkan karena terbatasnya buku bacaan untuk menam-

*Alamat korespondensi:
Email: hafnatirahmatan@yahoo.co.id

bah wawasan yang berhubungan dengan topik tersebut ataupun dari penjelasan gurunya yang sangat terbatas. Dengan demikian mereka sering tidak memiliki pengetahuan awal yang tepat, dan sering memiliki konsep yang salah, padahal pengetahuan ini sangat berguna untuk memahami proses-proses reaksi kimia yang terjadi pada diri mereka sendiri ataupun pada makhluk hidup lain umumnya, serta memahami pentingnya memakan makanan dengan gizi yang seimbang berhubungan dengan kehidupan sehari-hari, seperti kegunaan vitamin untuk mengoptimalkan kerja enzim dalam proses reaksi kimia.

Pengetahuan awal (*prior knowledge*) adalah kumpulan dari pengetahuan dan pengalaman individu yang diperoleh sepanjang perjalanan hidup mereka, dan apa yang akan ia bawa kepada suatu pengalaman belajar yang baru. Apa yang telah diketahui oleh individu sedikit banyak mempengaruhi apa yang mereka pelajari. Tampaknya, seseorang belajar dengan menghubungkan ide-ide baru dengan ide-ide lama. Pentingnya pengetahuan awal adalah untuk membantu siswa membangun jembatan antara pengetahuan baru dengan pengetahuan yang telah dimiliki (Arends, 1997).

Pengetahuan awal paling tidak memiliki empat sifat, yaitu: 1) pengetahuan awal terutama didasarkan pada pengalaman hidup siswa, 2) pengetahuan awal siswa kadang-kadang berbeda dari pengetahuan yang digunakan ilmuwan atau guru, 3) resisten terhadap perubahan dan kuat bertahan, walaupun melalui pembelajaran formal, dan 4) pengetahuan awal akan mempengaruhi proses pembelajaran atau perkembangan konseptual (Tsai & Huang, 2003).

Setiap datang ke kelas, masing-masing siswa telah membawa skema tertentu tentang dunianya sebagai pengetahuan awal. Brown (2003) mengemukakan bahwa siswa yang datang ke kelas sudah memiliki pengetahuan dan pengalaman tentang topik yang akan dipelajari, guru perlu menambah pengetahuan dan pengalaman tersebut sehingga siswa dapat belajar lebih bermakna. Belajar bermakna merupakan proses mengaitkan informasi baru pada konsep-konsep relevan yang terdapat dalam struktur kognitif seseorang. Belajar bermakna ini merupakan inti dari teori belajar Ausubel (Dahar, 1996). Apa yang dipelajari akan bermakna bagi individu apabila bahan ajar yang dikaji dimulai dari apa yang telah diketahui peserta didik sebelumnya. Dengan demikian, disamping diperoleh konsep yang bermakna, peserta didik dapat mentransfer hasil belajarnya ke dalam konteks sosial budayanya (Poejiadi, 2001).

Posner, *et al* (1982) menyatakan bahwa

pengetahuan awal siswa dapat membimbing guru untuk merancang strategi pembelajaran yang cocok, membantu siswa untuk menghubungkan pengalaman yang lalu dengan informasi yang baru. Sebagai akibatnya meningkatkan pembelajaran menjadi lebih bermakna. Oleh karena itu, mengetahui pengetahuan awal yang dimiliki oleh siswa, tidak hanya membantu guru mengembangkan strategi pembelajaran, tetapi juga membantu siswa bekerja dalam perubahan konsep.

Banyak penelitian dalam tradisi konstruktivisme yang menekankan pada pentingnya pengetahuan awal sebagai kunci dalam menentukan keberhasilan dalam proses pembelajaran (Driver, 1982; Gilbert, *et al.*, 1982). Dalam kasus katabolisme karbohidrat, hasil penelitian menunjukkan bahwa walaupun mereka tidak mempunyai pengetahuan awal yang secara langsung berhubungan dengan katabolisme karbohidrat (respirasi seluler) itu sendiri, tetapi mereka mempunyai pengetahuan yang terpisah dan relevan misalnya tentang makanan yang dimakan akan menghasilkan energi. Siswa sudah mengetahui pentingnya makanan bagi makhluk hidup, tetapi tidak dapat menghubungkannya secara langsung antara makanan dengan energi untuk pertumbuhan makhluk hidup.

Lebih lanjut ditemukan bahwa mereka sering mempunyai ide atau pendapat tentang pentingnya makhluk hidup melakukan respirasi seluler (katabolisme karbohidrat). Berbagai pendapat siswa muncul tentang semua makhluk hidup melakukan respirasi seluler. Siswa juga banyak mempunyai ide tentang waktu terjadi respirasi seluler. Pengetahuan awal ini dapat secara nyata mempengaruhi pembelajaran di kelas (Simpson & Arnold, 1982; Driver, 1982).

Untuk mengetahui sejauh mana pengetahuan awal tentang respirasi seluler maka perlu dilakukan penelitian terhadap mahasiswa calon guru biologi. Oleh karena itu didalam makalah ini akan mencoba menyajikan bagaimana pengetahuan awal mahasiswa calon guru biologi tentang materi yang terkait langsung dengan respirasi seluler. Penelitian ini bertujuan untuk memberikan informasi bagi dosen atau guru untuk mengetahui pengetahuan awal mengenai respirasi seluler yang telah dimiliki mahasiswa, sehingga akan diketahui konsep-konsep mana saja yang sudah dipahami dengan baik dan yang belum dipahami dengan baik.

METODE

Penelitian ini merupakan penelitian deskriptif yang mengungkap tentang pengetahuan

awal mahasiswa calon guru biologi tentang konsep yang berkaitan dengan respirasi seluler. Subjek penelitian adalah 37 orang mahasiswa calon guru biologi semester dua pada salah satu LPTK di provinsi Aceh. Instrumen yang digunakan adalah tes tertulis dalam bentuk pilihan ganda yang terdiri atas 31 soal. Jawaban atas pertanyaan-pertanyaan dikelompokkan atas lima kategori yaitu memahami, menebak, miskonsepsi, tidak paham dan blanko (kosong). Adapaun perincian kategori jawaban tersebut adalah jika menjawab benar dengan yakin atau sangat yakin berarti memahami, jika menjawab benar dengan tidak yakin atau sangat tidak yakin berarti menebak, jika menjawab salah dengan yakin atau sangat yakin berarti miskonsepsi, jika menjawab salah dengan tidak yakin atau sangat tidak yakin berarti tidak paham dan jika tidak menjawab sama sekali berarti blanko (kosong). Data yang diperoleh berupa jawaban mahasiswa tersebut diolah menggunakan persentase.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pertanyaan tentang respirasi seluler dan glikolisis terdiri atas 15 soal. Pertanyaan dan jawaban yang diberikan siswa terdapat pada Tabel 1. Materi tentang respirasi seluler dan glikolisis, jika dikaitkan dengan materi standar pada buku *Principles of Biochemistry* (Voet, et al. 2008) yaitu terdapat topik 1) glikolisis merupakan jalur pemecahan glukosa menjadi 2 molekul piruvat, 2) fermentasi merupakan jalur katabolik yang terjadi dalam kondisi tanpa oksigen (nasib piuvat dalam kondisi anaerob), 3) glikolisis tidak terjadi secara terus menerus akan tetapi diregulasi oleh kebutuhan sel, 4) metabolisme juga terjadi pada heksosa lainnya selain glukosa, 5) jalur pentosa fosfat merupakan jalur pembentukan pentosa dari glukosa-6-fosfat melalui 3 tahap.

Pada bagian ini dibahas sedikit saja sebagai pengantar mengenai: "semua makhluk hidup melakukan respirasi seluler" karena hasil

Tabel 1. Hasil Jawaban Mahasiswa Calon Guru Biologi tentang Topik Respirasi Seluler dan Glikolisis

Pertanyaan	Hasil (Persentase)				
	Sudah Memahami	Miskonsepsi	Menebak	Tidak Paham	Blanko
Berikut dibawah ini yang melakukan respirasi seluler adalah	56,7	29,7	5,4	8,1	-
Apakah organisme yang hidup di dalam air juga melakukan respirasi seluler?	61,3	27	8,1	13,5	-
Jika sebagian daun pada tumbuhan ditutup dengan kertas pada siang hari, apakah respirasi seluler tetap terjadi pada daun tersebut?	24,3	43,2	13,5	13,5	5,4
Kapankah tumbuhan melakukan respirasi seluler?	27	64,8	-	8,1	-
Pertanyaan	Hasil (Persentase)				
	Sudah Memahami	Miskonsepsi	Menebak	Tidak Paham	Blanko
Berikut bahan yang diperlukan dalam proses respirasi seluler adalah	10,8	72,9	8,1	5,4	-
Dari manakah sel memperoleh energi?	32,4	40,5	13,5	13,5	-
Dimanakah tempat terjadinya glikolisis?	18,9	64,8	2,7	13,5	-
Kapankah terjadinya glikolisis?	8,1	35,1	24,3	29,7	2,7
Terminologi glikolisis bermakna, yaitu:	37,8	54	8,1	-	-
Dalam proses respirasi seluler dihasilkan energi kimiawi dalam bentuk:	59,4	13,5	13,5	10,8	2,7
Dengan bantuan apakah sel secara sistematis merombak molekul organik kompleks menjadi molekul sederhana:	71,4	16,2	13,5	5,4	2,7
Bagaimana nasib asam piruvat hasil dari glikolisis jika tidak ada oksigen?	13,5	37,8	16,2	18,9	2,7
Apabila oksigen berkurang, maka sel otot manusia membuat ATP melalui:	32,4	16,2	5,4	37,8	-
Pada glikolisis, semua gula harus diubah terlebih dahulu ke dalam:	51,3	13,5	16,2	2,7	-

analisis pengetahuan awal siswa > 50 % sudah memahaminya, begitu juga dengan pembahasan mengenai “organisme yang hidup dalam air juga melakukan respirasi seluler”. Akan tetapi pembahasan mengenai “jika sebagian daun pada tumbuhan ditutup dengan kertas pada siang hari, apakah respirasi seluler tetap terjadi pada daun tersebut”; “kapankah tumbuhan melakukan respirasi seluler”; “untuk apa organisme melakukan respirasi seluler”; “berikut bahan yang diperlukan dalam proses respirasi seluler”; dan “dari manakah sel memperoleh energi” dibahas agak lebih mendalam karena < 50 % belum memahaminya.

Jadi pada bagian ini lebih ditekankan pembahasan mengenai bahan yang diperlukan dalam respirasi seluler yaitu glukosa dan oksigen, serta bagaimana kedua bahan tersebut masuk ke dalam sel sehingga dapat terjadi respirasi seluler. Oleh karena pada bagian ini dicontohkan pada manusia maka sistem pernafasan dan sistem pencernaan makanan juga dibahas untuk memudahkan mahasiswa memahami dasar dari respirasi seluler. Setelah penjelasan keberadaan glukosa dan oksigen di dalam sel, maka dilanjutkan dengan proses glikolisis, sebagai awal tahapan dari respirasi seluler.

Selanjutnya pembahasan yang berhubungan dengan glikolisis yaitu mengenai “dimanakah tempat terjadinya glikolisis”; “kapankah terjadinya glikolisis”; dan “makna terminologi glikolisis” dibahas agak lebih mendalam karena < 50 % belum memahaminya. Sedangkan pembahasan mengenai “dalam proses respirasi seluler dihasilkan energi kimiawi dalam bentuk ATP” dibahas sedikit saja sebagai pengantar karena hasil analisis pengetahuan awal siswa > 50 % sudah memahaminya.

Jadi pada bagian ini lebih ditekankan pembahasan mengenai masuknya glukosa ke dalam sel melalui protein karier spesifik yang terdapat pada membran sel. Kemudian setelah masuk ke dalam sel tepatnya di sitoplasma, glukosa akan mengalami proses glikolisis. Glikolisis merupakan reaksi pemecahan molekul glukosa (6 atom C) menjadi asam piruvat (3 atom C) yang berlangsung secara anaerob dalam sitoplasma dan menghasilkan energi berupa 2 molekul ATP. Pada bagian ini akan dibahas reaksi glikolisis (10 langkah) secara mendetail yang melibatkan sejumlah enzim, koenzim dan kofaktor. Pada bagian ini ditekankan juga mengenai apa saja yang ditaklukan enzim, koenzim dan kofaktor, yang kesemuanya ini akan membantu jalannya reaksi.

Selanjutnya pembahasan mengenai “bagaimana nasib piruvat hasil dari glikolisis jika

tidak ada oksigen” dan “apabila oksigen berkurang, maka bagaimana sel otot manusia membuat ATP” dibahas lebih mendalam karena < 50 % belum memahaminya. Pada kondisi anaerob, piruvat dikonversi menjadi produk akhir yang tereduksi dalam 2 cara yaitu: fermentasi homolaktik dan fermentasi alkoholik. Dalam otot, selama aktivitas terus berlangsung kebutuhan ATP meningkat sedangkan ketersediaan oksigen rendah, maka ATP disintesis dengan cepat melalui jalur glikolisis anaerob, proses ini dikenal dengan fermentasi homolaktik. Pada kondisi anaerob yang terjadi pada ragi, piruvat dikonversi menjadi etanol dan CO₂, proses ini dikenal dengan fermentasi alkoholik.

Pembahasan mengenai “pada glikolisis, semua gula harus diubah terlebih dahulu ke dalam bentuk heksosa yaitu glukosa” dibahas sedikit saja sebagai pengantar karena hasil analisis pengetahuan awal siswa > 50 % sudah memahaminya. Sintesis glikogen (glikogenesis) dan pemecahan glikogen (glikogenolisis) sebagai jalur tambahan pada metabolisme karbohidrat, tidak hanya merupakan pembalikan serangkaian reaksi. Masing-masing proses merupakan suatu jalan metabolisme yang sama sekali terpisah dan dikatalisis oleh enzim-enzim yang berlainan.

Pertanyaan tentang dekarboksilasi oksidatif asam piruvat terdiri atas satu soal. Pertanyaan dan jawaban yang diberikan siswa terdapat pada Tabel 2. Materi tentang dekarboksilasi oksidatif asam piruvat, jika dikaitkan dengan materi standar pada buku *Principles of Biochemistry* (Voet, *et al.* 2008) yaitu terdapat topik 1) Piruvat dehidrogenase merupakan suatu kelompok multienzim kompleks dalam perubahan piruvat menjadi asetil-KoA, dan 2) Kelompok piruvat dehidrogenase mengkatalis piruvat menjadi asetil-CoA dalam 5 tahapan reaksi.

Jawaban Mahasiswa Calon Guru Biologi tentang Topik Dekarboksilasi Oksidatif Asam Piruvat pada pertanyaan “jika ada oksigen, sebelum masuk ke siklus Krebs maka asam piruvat terlebih dahulu diubah menjadi” diperoleh hasil sudah memahami 64,8 %, miskonsepsi 13,5 %, menebak 8,1 % dan tidak paham 10,8 %. Pembahasan mengenai “jika ada oksigen, sebelum masuk siklus asam sitrat maka asam piruvat terlebih dahulu diubah menjadi asetil-KoA” dibahas sedikit saja sebagai pengantar karena hasil analisis pengetahuan awal siswa > 50 % sudah memahaminya. Walaupun Asetil-KoA dapat dibentuk dari asam lemak dan beberapa asam amino, disini akan difokuskan pembentukan asetil-KoA dari piruvat yang merupakan derivat dari karbohidrat (hasil akhir glikolisis) jika dalam kondisi aerob.

Tabel 3. Hasil Jawaban Mahasiswa Calon Guru Biologi tentang Topik Siklus Asam Sitrat (Siklus Krebs)

Pertanyaan	Hasil (Persentase)				
	Sudah Memahami	Miskonsepsi	Menebak	Tidak Paham	Blanko
Kapankah terjadinya siklus Krebs?	27	35,1	16,2	21,6	2,7
Dimanakah tempat terjadinya siklus Krebs?	18,9	64,8	-	18,9	-
Jalur katabolik manakah yang paling banyak menghasilkan energi?	62,1	16,2	10,8	8,1	-
Organel apakah yang paling berperan dalam respirasi seluler?	45,9	35,1	5,4	13,5	2,7
Senyawa organik apakah yang merupakan “bahan bakar” respirasi seluler?	48,6	16,2	8,1	27	-
Apakah antara katabolisme lemak, protein dan karbohidrat pada respirasi seluler berhubungan satu sama lain?	2,7	-	18,9	72,9	5,4

Pertanyaan tentang siklus asam sitrat terdiri atas enam soal. Pertanyaan dan jawaban yang diberikan siswa terdapat pada Tabel 3. Materi tentang siklus asam sitrat, jika dikaitkan dengan materi standar pada buku *Principles of Biochemistry* (Voet, et al. 2008) yaitu terdapat topik 1) Siklus asam sitrat merupakan serangkaian reaksi yang mengoksidasi asetil-KoA menjadi 2CO_2 , 2) Keseluruhan tahapan reaksi siklus asam sitrat melibatkan 8 macam enzim, dan 3) Siklus asam sitrat dalam menghasilkan energi diregulasi oleh kebutuhan sel.

Pembahasan mengenai “kapan terjadinya siklus asam sitrat”; “dimana terjadinya siklus asam sitrat”; “organel apa yang paling berperan dalam respirasi seluler” dan “Apakah antara katabolisme lemak, protein dan karbohidrat pada respirasi seluler saling berhubungan satu sama lain” dibahas agak mendalam karena hasil analisis pengetahuan awal siswa < 50 % belum memahaminya. Sedangkan pembahasan mengenai “jalur katabolik yang paling banyak menghasilkan energi” dibahas sedikit saja sebagai pengantar karena hasil analisis pengetahuan awal siswa > 50 % sudah memahaminya. Jadi pada bagian ini lebih ditekankan pembahasan mengenai proses glikolitik selanjutnya berupa asetil-KoA, jika dalam sel cukup tersedia oksigen, maka akan memasuki siklus asam sitrat. Hal ini merupakan awal dari terjadinya siklus asam sitrat. Organel yang palig berperan dalam siklus asam sitrat adalah mitokondria, tepatnya di dalam matriks mitokondria.

Siklus asam sitrat merupakan jalur melingkar yang mengoksidasi asetil-KoA dari ba-

nyak sumber, tidak hanya dari piruvat tetapi juga oksidasi dari karbohidrat lainnya, asam lemak dan asam amino. Keseluruhan tahapan reaksi siklus asam sitrat melibatkan 8 enzim yaitu sitrat sintaset, akonitase, isositrat dehidrogenase, α -ketoglutarat dehidrogenase suksinil-KoA sintase (suksinat tiokinase), suksinat dehidrogenase fumarase, dan malat dehidrogenase. Setiap asetil-KoA masuk siklus asam sitrat dihasilkan 3 NADH, 1 FADH dan 1 GTP/ATP.

Dalam kapasitas siklus asam sitrat menghasilkan energi, maka sel perlu meregulasinya. Ketersediaan substrat, kebutuhan senyawa intermediat siklus asam sitrat sebagai prekursor biosintesis dan kebutuhan ATP, kesemuanya itu berpengaruh terhadap berlangsungnya siklus asam sitrat.

Pertanyaan tentang fosforilasi oksidatif (transfer elektron) terdiri atas delapan soal. Pertanyaan dan jawaban yang diberikan siswa terdapat pada Tabel 4. Materi tentang fosforilasi oksidatif (transfer elektron), jika dikaitkan dengan materi standar pada buku *Principles of Biochemistry* (Voet, et al. 2008) yaitu terdapat topik 1) Mitokondria mengandung sejumlah enzim yang terlibat dalam proses dekarboksilasi oksidatif, siklus asam sitrat dan fosforilasi oksidatif (transpor elektron), 2) Membran dalam mitokondria terdapat protein transpor elektron dari NADH dan FADH_2 ke oksigen, 3) Fosforilasi oksidatif merupakan proses sintesis ATP dari ADP + P dengan bantuan ATP sintase pada membran dalam mitokondria, dan 4) Metabolisme oksidatif dalam menghasilkan ATP selalu dikontrol secara terkoordinasi oleh sel tubuh.

Tabel 4. Hasil Jawaban Mahasiswa Calon Guru Biologi tentang Topik Fosforilasi Oksidatif (Transfer Elektron)

Pertanyaan	Hasil (Persentase)				
	Sudah Memahami	Miskonsepsi	Menebak	Tidak Paham	Blanko
Gas yang dibutuhkan tumbuhan untuk melakukan respirasi seluler?	45,9	43,2	2,7	5,4	-
Gas apakah yang dihasilkan tumbuhan dalam melakukan respirasi seluler?	21,6	59,4	8,1	5,4	2,7
Apa fungsi pelipatan membran dalam mitokondria?	8,1	37,8	8,1	40,5	5,4
Dimanakah tempat terjadinya transpor elektron?	16,2	56,7	5,4	18,9	2,7
Apa peran transpor elektron pada respirasi seluler?	29,7	51,3	8,1	8,1	2,7
Apa hasil akhir dari proses respirasi seluler?	13,5	62,1	8,1	10,8	5,4
Pada respirasi seluler jika ada oksigen, berapa total ATP yang dihasilkan ?	18,9	59,4	-	21,6	-
Enzim apakah yang terdapat pada membran dalam mitokondria?	21,6	37,8	8,1	35,1	5,4

Pembahasan mengenai “gas apakah yang dibutuhkan tumbuhan untuk melakukan respirasi seluler” dan “gas apakah yang dibutuhkan tumbuhan untuk melakukan respirasi seluler” dibahas agak lebih mendalam karena hasil analisis pengetahuan awal siswa < 50 % belum memahaminya. Jadi pada bagian ini lebih ditekankan pembahasan mengenai gas yang dibutuhkan dan dihasilkan pada respirasi seluler pada semua makhluk hidup bukan saja pada tumbuhan. Pada proses respirasi seluler, gas yang dibutuhkan oleh semua makhluk hidup adalah oksigen. Sedangkan gas yang dihasilkan oleh semua makhluk hidup pada proses respirasi seluler adalah karbondioksida.

Mitokondria terletak pada eukariot untuk metabolisme oksidatif. Mitokondria mengandung piruvat dehidrogenase, enzim siklus asam sitrat, enzim yang mengkatalis oksidasi asam lemak dan enzim serta protein redoks yang terlibat dalam transpor elektron dan fosforilasi oksidatif. Pembahasan mengenai “apa fungsi pelipatan membran dalam mitokondria” dibahas agak lebih mendalam karena hasil analisis pengetahuan awal siswa < 50 % belum memahaminya. Mitokondria dibungkus oleh membran luar dan membran dalam yang berlipat ke arah dalam. Membran dalam yang berlipat ke arah dalam disebut Krista, yang berhubungan dengan aktivitas respirasi seluler untuk memperluas area permukaan.

Pada Krista tersebut terdapat protein sebagai mediasi untuk transpor elektron dan fosfori-

lasi oksidatif. Pembahasan mengenai “dimanakah tempat terjadinya transpor elektron” dibahas agak lebih mendalam karena hasil analisis pengetahuan awal siswa < 50 % belum memahaminya. Elektron besi yang dibawa oleh pembawa elektron pada pusat redoks dari NADH dan FADH₂ ke oksigen berasosiasi dengan membran dalam mitokondria.

Pembahasan mengenai “dimanakah tempat terjadinya transpor elektron” dan “apa peran transport elektron pada respirasi seluler” dibahas agak lebih mendalam karena hasil analisis pengetahuan awal siswa < 50 % belum memahaminya. Dalam mitokondria, coupling oksidasi NADH dan FADH untuk sintesis ATP, energinya diperoleh melalui tiga kompleks protein pada rantai transpor elektron. Aliran elektron terjadi ketika hanya sintesis ATP diperlukan melalui fosforilasi oksidatif. Oksidasi satu molekul NADH menghasilkan sintesis lebih kurang 3 molekul ATP. Sedangkan oksidasi satu molekul FADH menghasilkan sintesis lebih kurang 2 molekul ATP. Elektron dari oksidasi NADH dan FADH₂ dibawa melalui protein rantai transpor elektron, suatu kompleks protein yang mengandung pusat redoks yang secara progresif meningkatkan afinitas elektronnya (peningkatan standar potensial reduksi). Elektron yang dibawa melalui rantai protein tersebut dimulai dari potensial reduksi rendah sampai tinggi yaitu dari kompleks I, II, III dan IV.

Fosforilasi oksidatif adalah nama yang diberikan untuk sintesis ATP (fosforilasi) dari

ADP + P_i oleh ATP Sintase (Kompleks IV) yang terjadi ketika NADH dan FADH₂ dioksidasi (sehingga oksidatif) melalui proses transpor elektron. Energi yang dibebaskan pada saat transpor elektron melalui Kompleks I-IV digunakan untuk mengarahkan pembentukan ATP oleh ATP sintase. Konservasi energi ini merupakan *koupling* energi.

Teori kemiosmotik, yang diusulkan oleh Peter Mitchell pada tahun 1961. Teori Mitchell menyatakan bahwa energi yang dibebaskan pada transpor elektron dihasilkan oleh pompa ion H⁺ dari matriks mitokondria ke ruang antar membran untuk menghasilkan suatu gradien elektrokimia H⁺ melintasi membran dalam mitokondria. Gradien potensial elektrokimia ini mendorong sintesis ATP.

Berdasarkan jawaban mahasiswa di atas dapat diketahui bahwa pengetahuan mereka masih kurang misalnya tentang “untuk apa organisme melakukan respirasi seluler”; dan “dari manakah sel memperoleh energi”. Hal ini perlu dibahas agak lebih mendalam karena < 50 % belum memahaminya. Di dalam proses pembelajaran di kelas dosen/guru harus lebih menekankan bahwa zat makanan yang dimakan oleh organisme akan dimanfaatkan oleh organisme itu sendiri untuk seluruh aktivitas hidupnya, misalnya untuk pertumbuhan dan perkembangan sel. Contoh-contoh yang diberikan kepada mahasiswa sebaiknya adalah contoh-contoh yang sudah dikenal atau diketahui oleh siswa. Prinsip paling umum dan paling esensial dari konstruktivisme ialah bahwa di luar sekolah anak sudah memperoleh banyak pengetahuan, pendidikan seharusnya memperhatikan serta menunjang proses alamiah tersebut (Sulistiyorini, 2007).

Pembahasan mengenai topik respirasi seluler di sekolah boleh jadi tidak menarik perhatian siswa, karena topik ini dianggap kompleks, abstrak dan membosankan karena banyak reaksi-reaksi kimia. Selain itu, pembelajaran mengenai katabolisme karbohidrat (respirasi seluler) yang berlangsung selama di sekolah dengan model ceramah dan tidak banyak melibatkan siswa untuk mengkonstruksi pengetahuannya. Kondisi ini dapat menyebabkan model mental yang terbentuk pada setiap individu berbeda dalam memahami topik tersebut.

Hal ini merupakan tantangan bagi guru bagaimana mengajarkan materi tentang katabolisme karbohidrat (respirasi seluler) menjadi menarik dan disukai oleh para siswa sehingga dapat mengurangi kesalahpahaman lulusan pendidikan biologi. Hal ini dapat dilakukan dengan melibatkan siswa secara aktif dalam pembelajaran dengan menyediakan konten yang menarik dan menyenangkan sehingga dapat mendorong para

siswa belajar mandiri untuk menciptakan *active learning* (Kelley *et al.*, 2008).

PENUTUP

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan yang telah diuraikan sebelumnya, dapat diambil kesimpulan bahwa mahasiswa calon guru biologi semester dua pada salah satu LPTK di provinsi Aceh belum memiliki pengetahuan awal yang baik tentang materi yang berkaitan dengan katabolisme karbohidrat (respirasi seluler). Persentase mahasiswa calon guru biologi yang memiliki pengetahuan awal yang baik tentang materi katabolisme karbohidrat (respirasi seluler) berturut-turut: 1) respirasi seluler dan glikolisis yaitu rata-rata sebanyak 86,84 % (> 50 %); 2) dekarboksilasi oksidatif asam piruvat yaitu rata-rata sebanyak 64,8 % (> 50 %); dan 3) siklus asam sitrat yaitu rata-rata sebanyak 34,2 % (< 50 %); dan 4) fosforilasi oksidatif (transfer elektron) yaitu rata-rata sebanyak 21.5 % (< 50 %). Di dalam pembelajaran di kelas sebaiknya guru dapat memperhatikan pengetahuan awal yang dimiliki oleh siswa, sehingga pembelajaran di dalam kelas dapat menjadi lebih bermakna.

DAFTAR PUSTAKA

- Arends, R.I. 1997. *Classroom Instruction and Management*. USA: Mc Graw-Hill Companies
- Brown, D.S. 2003. High School Biology: A Group Approach to Concept Mapping. *The American Biology Teacher*, 65 (3): 192-197
- Dahar, R.W. 1989. *Teori-Teori Belajar*. Bandung: Erlangga
- Driver, R.H. 1982. Children's Learning in Science. *Educational Analysis*, 4 (2): 69-79
- Gilbert, J.K., Osborn, R.J. & Fensham, P.J. 1982. Children's Science and Consequences for Teaching. *Science Education*, 66 (4): 531-538
- Kelley, D.J., R.J. Davidson, dan D.L. Nelson. 2008. An Imaging Roadmap for Biology Education: from Nanoparticles to Whole Organisms. *CBE-Life Science Education*, 7: 202-209
- Novak, J.D. & Gowin, D.B. 1996. *Learning How to Learn*. Cambridge, England: Cambridge University Press
- Posner, G.J., Strike, K.A., Hewson, P.W. & Gertzog, W.A. 1982. Accommodation of a Scientific Conception: Toward a Theory of Conceptual Change. *Science Education*, 66 (2): 211-227
- Poejiadi, A. 2001. *Pengantar Filsafat Ilmu bagi Pendidik*. Bandung: Yayasan Cendrawasih
- Tsai, C.-C. & Hung, C.-M. 2002. Exploring Students' Cognitive Structure in Learning Science: A Review of Relevant Methods. *Journal of Biological Education*, 36 (4): 163-169
- Voet, D.J., Voet, J.G. dan Pratt, C.W. 2008. *Principles of Biochemistry*. United States: John Wiley & Sons, Inc