

Pengembangan Bahan Ajar Materi Fotosintesis pada Mata Kuliah Ekofisiologi Tumbuhan Berbasis Riset

The Development of Plant Ecophysiology Research Based Learning Materials on Photosynthesis Subject

Sri Wulandari

Dosen Program Studi Pendidikan Biologi Universitas Riau

*Email: wulandari_sri67@yahoo.coo.id

Abstract: Research development of teaching materials photosynthesis on the subject Ecophysiology plant based research aims to: (1) for the type and ratio of organic matter to the soil mixture former bauxite mine is best to plant photosynthesis rubber clone PB 260. (2) Enriching teaching materials in the form of modules Ecophysiology plant based experimental research. Stage of research include; (1) Experiment with 3 treatment ratio (w / w): control, (1: 1), (1: 2) to design completely randomized design. Data analysis by ANOVA and Duncan's Multiple Range Test. (2) Development of teaching materials in the form of plant ecophysiology module using ADDIE development model (Dick and Carey). The results showed a mixture of organic matter to the soil manure former bauxite mine is better than chicken manure with a mixture ratio of 1: 2. Modules developed from the results of the experiment show valid with an average of 3.32. The module has a good practical in terms of ease of use, time used to study the module, the material is quite clear from the data presented research results in the form of drawings (graphs) and tables. Student learning outcomes everything including the excellent category with a range of values 81 - 85. The module is useful to increase knowledge of students in special ecophysiology plant and botany in general.

Keywords: teaching materials, photosynthesis, soil former bauxite mine

1. PENDAHULUAN

Ekofisiologi Tumbuhan adalah salah satu mata kuliah pilihan yang ditawarkan pada semester 6 Program S1 pendidikan Biologi FKIP Universitas Riau. Pada mata kuliah ini mahasiswa dituntut untuk lebih banyak menelaah konsep dasar maupun hasil-hasil kajian eksperimental, serta menganalisis berbagai persoalan dibidang ekofisiologi tumbuhan baik lokal maupun global. Referensi yang digunakan lebih banyak tentang hasil-hasil penelitian dalam bidang ekofisiologi tumbuhan, salah satunya mengenai respon tumbuhan terhadap faktor lingkungan (Firdaus dan Wulandari).

Akhir-akhir ini permasalahan yang menjadi perhatian yaitu adanya kerusakan lingkungan sebagai akibat dari banyaknya pembukaan lahan-lahan penambangan bauksit. Akibatnya kondisi fisika, kimia dan biologis tanah menjadi buruk, sehingga banyak tanah bekas tambang bauksit menjadi lahan kosong yang gersang dan tandus karena sulit untuk ditumbuhi oleh tanaman. Peningkatan kandungan hara tanah dapat dilakukan dengan menambahkan bahan organik seperti pupuk kandang sehingga diharapkan dapat ditumbuhi oleh tanaman, terutama tanaman komersial. Respon yang dapat diteliti berupa laju fotosintesis dan

kandungan klorofil sebagai suatu respon yang sangat dipengaruhi oleh faktor lingkungan.

Menurut Tjahyana dan Ferry (2011), tanaman karet merupakan salah satu alternatif utama untuk mengatasi tidak produktifnya lahan tandus bekas tambang. Tanaman karet mempunyai adaptasi yang tinggi pada lahan-lahan marginal, selain itu tanaman karet mampu memperbaiki sifat tanah melalui pekayaan hara dengan karakter fisiologi pengguguran daunnya.

Salah satu tugas dosen sesuai Tri Darma Perguruan Tinggi adalah pengembangan pendidikan dan pengajaran. Oleh karena itu sebagai dosen diwajibkan selalu melakukan inovasi dalam perkuliahan sehingga diharapkan perkuliahan menjadi lebih baik, salah satunya adalah pengembangan bahan ajar yang berguna untuk menambah referensi dari hasil penelitian yang berasal dari fenomena lokal khususnya di Kepulauan Riau.

Modul merupakan bagian dari bahan ajar untuk suatu matakuliah yang ditulis oleh pengajar matakuliah tersebut, mengikuti kaedah tulisan ilmiah dan disebarkan kepada peserta kuliah (Dikti, 2009). Adapun komponen modul pembelajaran meliputi (1) Petunjuk belajar (petunjuk siswa/guru); (2) Kompetensi yang akan dicapai; (3) Isi materi; (4) Tes formatif; (5) Kunci jawaban tes formatif (Sunggono, 2009). Bahan ajar adalah segala bentuk bahan, informasi, alat dan teks



yang digunakan untuk membantu guru/instruktur dalam melaksanakan kegiatan belajar mengajar. Bahan yang dimaksud bisa berupa tertulis maupun bahan yang tidak tertulis (Belawati, 2003, Majid, 2007). Bahan ajar jika dikelompokkan menurut jenisnya ada 4 jenis yakni: (1) bahan cetak (*material printed*) seperti *handout*, modul, buku, lembar kerja siswa, brosur, foto atau gambar dan model; (2) Bahan ajar dengar seperti kaset, radio, piringan hitam dan *compact disk audio*; (3) Bahan ajar pandang dengar seperti *video compact disk* dan film dan (4) Bahan ajar interaktif *compact disk interaktif*.

Dalam penyusunan modul ini, peneliti menggunakan desain pengembangan ADDIE yang dikembangkan oleh Dick and Carry (2005). ADDIE merupakan singkatan dari *Analysis, Design, Development, Implementation and Evaluations*. Implementasi modul pada mahasiswa yang mengikuti kuliah ekofisiologi tumbuhan merupakan langkah diterapkannya modul pada kondisi yang sebenarnya atau pada situasi nyata di kelas. Mulyatningsih (2010) menyatakan bahwa pada tahap implementasi segala rancangan dikembangkan pada situasi yang nyata yaitu di kelas. Memulai menggunakan produk baru dalam pembelajaran atau lingkungan yang nyata. Melihat kembali tujuan-tujuan pengembangan produk, interaksi antar peserta didik serta menanyakan umpan balik awal proses evaluasi.

Evaluasi modul yang telah dibuat sebelumnya dan sudah divalidasi dengan melihat praktikalitas modul selama perkuliahan. Modul dikatakan praktis jika mahasiswa tidak kesulitan belajar dengan menggunakan modul tersebut. Menurut Sukardi (2009) pertimbangan praktikalitas dapat dilihat dalam aspek berikut ini: (1) Kemudahan penggunaan, meliputi: mudah diatur, disimpan, dan dapat digunakan sewaktu-waktu; (2) Waktu yang diperlukan dalam pelaksanaan sebaiknya singkat, cepat, dan tepat, (3) Mudah diinterpretasikan oleh dosen ahli maupun dosen lain, (4) Memiliki ekivalensi yang sama, sehingga bisa digunakan sebagai pengganti atau variasi, (5) Biaya murah dan dapat dijangkau oleh dosen ataupun perguruan tinggi yang hendak menggunakannya.

Dengan melihat praktikalitas modul maka dapat diukur kualitas modul sebagai bahan ajar sudah mempunyai kualitas baik atau belum. Selain dalam perkuliahan ekofisiologi tumbuhan, modul ini juga dapat digunakan dalam mata kuliah lain yang terkait dengan adaptasi tumbuhan pada lingkungan tertentu.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian meliputi dua tahap yaitu (1) Tahap Eksperimen; (2) Tahap pengembangan bahan ajar. Tahap eksperimen dilaksanakan di Laboratorium Alam Pendidikan Biologi FKIP Universitas Riau Pekanbaru. Bahan tanah bekas tambang bauksit diambil dari lahan bekas penambangan bauksit di Pulau Singkep. Bibit tanaman karet klon PB 260 bersertifikat diperoleh dari

Balai Besar Perbenihan dan Proteksi Tanaman Perkebunan Medan. Pupuk kandang kotoran Ayam diperoleh dari distributor kotoran ayam, Sei Pinang, Kampar. Pupuk kandang kotoran Sapi diperoleh dari UPT Dinas Peternakan PTPN V, Sei Galuh, Kampar.

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah cangkuk, terpal, sekop, polybag dengan ukuran 10 cm x 20 cm yang dapat menampung tanah sebanyak 5 kg, saringan stainless steel dengan ukuran mata saring 4 mm, neraca elektronik, *Portable Photosynthesis System Model 6400 XT* untuk mengukur laju fotosintesis (Mokhtar *et al.*, 2011), mortar, aseton 80%, kertas saring Whatman No.2, cuvet, spektrofotometer untuk mengukur kandungan klorofil (Junk, 1971). Derajat Keasaman pH (H₂O dan KCl) tanah diukur menurut metode Blackmore *et al.* (1987).

Metode eksperimen yang digunakan adalah Rancangan Acak Lengkap. Perlakuan terdiri dari dosis bahan organik pupuk kandang Ayam atau Sapi dengan tanah bekas tambang bauksit, masing-masing perlakuan dilakukan empat ulangan. Penelitian dilakukan terpisah antara bahan organik pupuk kandang Ayam atau Sapi. Rasio bahan organik kotoran ayam terhadap tanah bauksit dengan 3 perlakuan, yaitu tanah bekas tambang bauksit tanpa dicampur pupuk kandang (kontrol), campuran pupuk kandang dan tanah bekas tambang bauksit dengan rasio 1:1, dan campuran pupuk kandang dan tanah bauksit dengan rasio 1:2. Data yang diperoleh dianalisis secara statistik dengan Analisis Varians. Jika $F_{hitung} > F_{tabel}$, maka akan diuji lanjut dengan *Duncan's Multiple Range Test* (DMRT) pada taraf 5% untuk melihat perbedaan antar perlakuan. Tahap pengembangan bahan ajar berupa modul ekofisiologi tumbuhan pada materi fotosintesis menggunakan model ADDIE dengan memanfaatkan hasil penelitian pada tahap eksperimen.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Laju Fotosintesis Tanaman Karet Klon PB 260 pada Variasi Campuran Bahan Organik Kotoran Ayam atau Sapi dengan Tanah Bekas Tambang Bauksit

Laju fotosintesis pada perlakuan bahan organik kotoran ayam tidak berpengaruh dan paling tinggi adalah pada rasio 1:1 yaitu 6,57 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ dan paling rendah pada kontrol yaitu 4,62 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$. Pada perlakuan bahan organik kotoran sapi, laju fotosintesis berpengaruh dan paling tinggi terdapat pada tanaman dengan rasio 1:2 sebesar 10,21 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$, dan paling rendah pada rasio 1:1, yaitu 3,89 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ (Tabel 1).



Tabel 1. Pengaruh rasio bahan organik kotoran ayam atau sapi dan tanah bekas tambang bauksit terhadap laju fotosintesis *Hevea brasiliensis* Mull. Arg. klon PB 260 ($\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$)

| Rasio (w/w) | Laju Fotosintesis ($\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) |
|-----------------------------------|--|
| Kontrol | 4,62 |
| Kotoran ayam: Tanah bauksit (1:1) | 6,57 |
| Kotoran ayam: Tanah bauksit (1:2) | 6,48 |
| Kontrol | 4,33 a |
| Kotoran sapi: Tanah bauksit (1:1) | 3,89 b |
| Kotoran sapi: Tanah bauksit (1:2) | 10,21 b |

Keterangan: Angka diikuti huruf yang sama tidak berbeda nyata pada taraf 5% DMRT.

Laju fotosintesis ditentukan oleh beberapa faktor, yaitu kandungan klorofil, ketersediaan air dan CO_2 , serta intensitas cahaya (Cechin dan Fumis, 2004). Klorofil berperan sebagai penangkap foton energi cahaya yang akan digunakan untuk membentuk energi kimia berupa ATP dan NADPH melalui reaksi terang yang terjadi di bagian tilakoid kloroplas. Klorofil *a* dan *b* merupakan kompleks pemanen cahaya paling utama yang disebut fotosistem dan dibantu oleh pigmen karotenoid. Pigmen ini berperan dalam fotoproteksi, yaitu pencegahan kerusakan klorofil oleh intensitas cahaya yang terlalu tinggi. Jika kandungan klorofil *a* dan *b* rendah, maka laju fotosintesis akan menurun.

3.2 Kandungan Klorofil *a*, *b*, dan Total Karet Klon PB 260 pada Variasi Campuran Bahan Organik Kotoran Ayam atau Sapi dengan Tanah Bekas Tambang Bauksit

Kandungan klorofil *a* *H. brasiliensis* pada perlakuan bahan organik kotoran ayam tidak berpengaruh dan paling tinggi pada rasio 1:1, yaitu $12,96 \mu\text{g mL}^{-1}$, dan paling rendah pada rasio 1:2 sebesar $12,25 \mu\text{g mL}^{-1}$. Pada perlakuan bahan organik kotoran sapi, kandungan klorofil *a* berpengaruh dan paling tinggi pada rasio 1:2, yaitu $13,47 \mu\text{g mL}^{-1}$ dan paling rendah pada tanaman kontrol sebesar $12,47 \mu\text{g mL}^{-1}$. Rasio 1:1 tidak menunjukkan beda nyata terhadap tanaman kontrol melalui uji DMRT (Tabel 2).

Tabel 2. Pengaruh rasio bahan organik kotoran ayam atau sapi dan tanah bekas tambang bauksit terhadap kandungan klorofil *a*, *b* dan total *Hevea brasiliensis* Mull. Arg. klon PB 260 ($\mu\text{g mL}^{-1}$)

| Rasio (w/w) | Klorofil <i>a</i> | Klorofil <i>b</i> | Klorofil total |
|-----------------------------------|-------------------|-------------------|----------------|
| Kontrol | 12,67 | 17,86 c | 39,68 |
| Kotoran ayam: Tanah bauksit (1:1) | 12,96 | 21,48 b | 41,05 |
| Kotoran ayam: tanah bauksit (1:2) | 12,25 | 25,65 a | 40,11 |
| Kontrol | 12,47 b | 22,48 | 39,73 b |
| Kotoran sapi: Tanah bauksit (1:1) | 12,58 b | 21,13 | 39,87 b |
| Kotoran sapi: Tanah bauksit (1:2) | 13,47 a | 21,15 | 42,49 a |

Keterangan: Angka diikuti huruf yang sama tidak berbeda nyata pada taraf 5% DMRT.

Kandungan klorofil *b* pada perlakuan bahan organik kotoran ayam paling tinggi pada rasio 1:2, yaitu $25,65 \mu\text{g mL}^{-1}$, dan paling rendah pada kontrol sebesar $17,86 \mu\text{g mL}^{-1}$. Nilai tersebut berbeda nyata melalui uji DMRT. Sedangkan pada perlakuan bahan organik kotoran sapi, kandungan klorofil *b* tidak berpengaruh dan paling tinggi pada tanaman kontrol, yaitu $22,48 \mu\text{g mL}^{-1}$, dan paling rendah pada rasio 1:1, yaitu $21,13 \mu\text{g mL}^{-1}$. Kandungan klorofil total pada perlakuan bahan organik kotoran ayam tidak berpengaruh dan paling tinggi pada rasio 1:1 yaitu $41,05 \mu\text{g mL}^{-1}$, dan paling rendah pada kontrol sebesar $39,68 \mu\text{g mL}^{-1}$. Pada perlakuan bahan organik kotoran sapi, kandungan klorofil total berpengaruh dan paling tinggi pada rasio 1:2, yaitu $42,49 \mu\text{g mL}^{-1}$, dan paling rendah pada kontrol, yaitu $39,73 \mu\text{g mL}^{-1}$.

Kandungan klorofil total pada perlakuan bahan organik ayam tidak berbeda nyata untuk semua perlakuan. Hal ini disebabkan karena ketersediaan nitrogen pada kontrol tidak berbeda nyata dengan rasio 1:1 dan 1:2, sehingga kandungan klorofil total tidak mengalami beda nyata. Sedangkan pada perlakuan bahan organik sapi, kandungan klorofil total paling tinggi terdapat pada rasio 1:2 dan berbeda nyata dengan kontrol dan 1:1. Tingginya kandungan klorofil total pada rasio 1:2 dibandingkan dengan 1:1 disebabkan oleh kadar nitrogen yang berlebih pada rasio 1:1, sehingga kadar nitrogen berada pada kadar maksimal dan menyebabkan penurunan biosintesis klorofil. Sedangkan pada kontrol, kadar nitrogen berada pada kadar yang minimal, sehingga biosintesis klorofil juga rendah.

Selain dipengaruhi oleh unsur N, biosintesis klorofil juga dipengaruhi oleh ketersediaan Mg. Namun menurut Zhao, *et al.* (2005), dalam biosintesis klorofil,

yang menjadi faktor pembatas adalah kehadiran nitrogen, karena selain berperan dalam pembentukan kerangka cincin tetrapirrol klorofil, nitrogen juga diperlukan sebagai unsur penyusun protein yang berfungsi sebagai enzim dalam berbagai proses metabolisme, termasuk biosintesis klorofil. Oleh karena itu, jika kandungan Mg mencukupi namun kandungan N berada di bawah keadaan normal, maka laju biosintesis klorofil akan berlangsung lambat. Unsur Mg lebih dalam tubuh tumbuhan lebih banyak digunakan sebagai kofaktor berbagai enzim kinase, yaitu enzim yang berperan dalam pemindahan gugus fosfat dari suatu substrat ke substrat lain, misalnya enzim piruvat kinase yang berperan dalam pemindahan gugus fosfat dari fosfoenol piruvat ke ATP pada fosforilasi tingkat substrat di glikolisis.

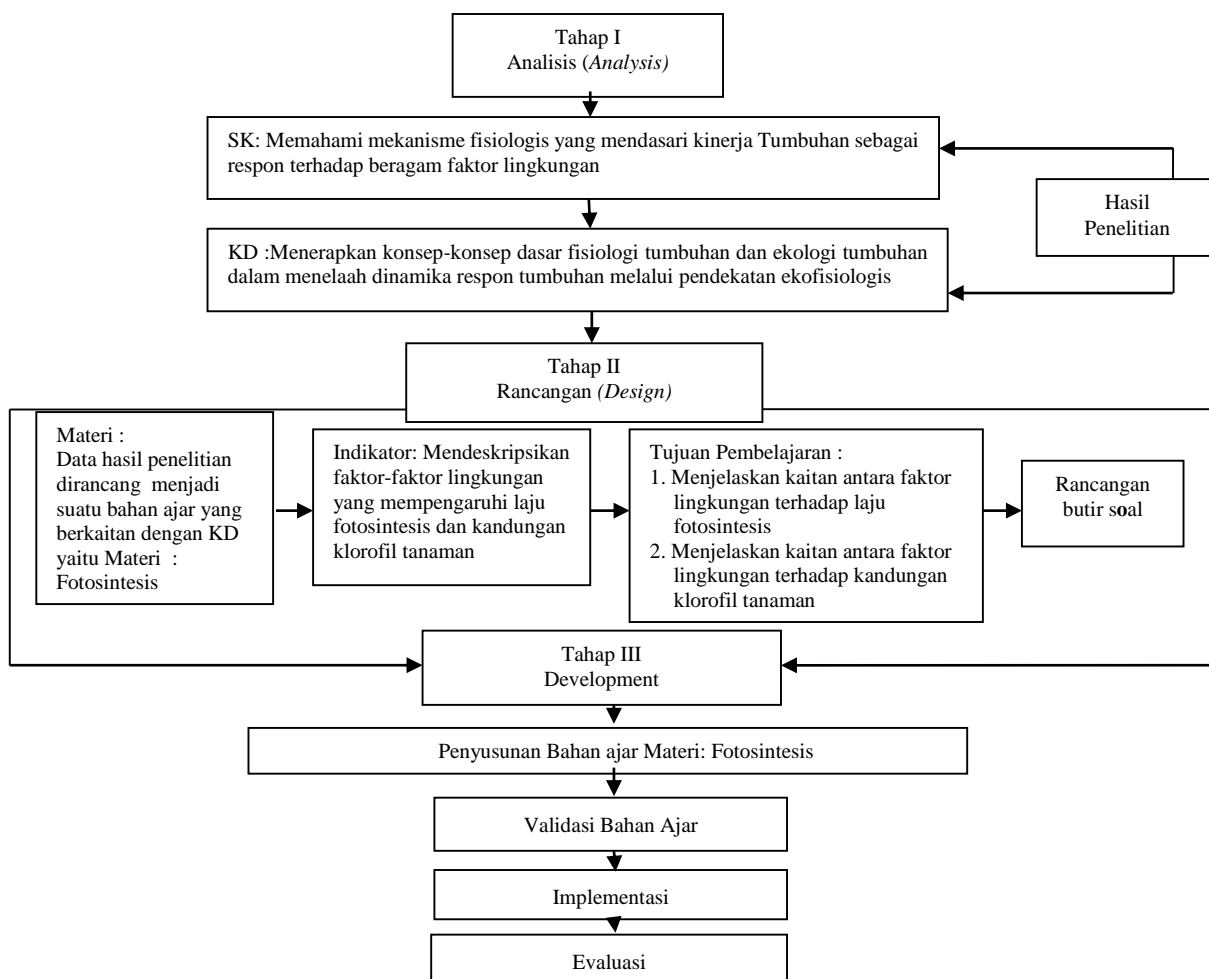
Penambahan bahan organik baik kotoran ayam maupun kotoran sapi dapat menyebabkan kenaikan pH dari asam menjadi netral. Pada bahan organik kotoran ayam, nilai pH H₂O dan KCl paling tinggi terdapat rasio 1:1, yaitu 7,6 dan 7,5. Sedangkan pada bahan organik kotoran sapi, nilai pH H₂O dan KCl paling tinggi

terdapat pada rasio 1:2, yaitu 7,0 dan 6,57. Nilai pH ini berkorelasi positif dengan ketersediaan unsur hara yang ditandai dengan laju fotosintesis, kandungan klorofil dan konduktansi stomata yang paling tinggi pada rasio tersebut.

3.3 Pengembangan Bahan Ajar Ekofisiologi Tumbuhan

Hasil penelitian “Pengaruh bahan organik kotoran ayam atau sapi dan tanah bauksit terhadap laju fotosintesis dan kandungan klorofil pada tanaman *Hevea brasiliensis* Mull. Arg. klon PB 260” selanjutnya digunakan untuk pengayaan bahan ajar mata kuliah ekofisiologi tumbuhan dengan melakukan tahapan analisis instruksional, tahapan design (perancangan) dan tahap development bahan ajar, implementasi dan evaluasi seperti terlihat pada Gambar 1.

Hasil validasi bahan ajar yang telah dikembangkan seperti terlihat pada Tabel 3.



Gambar 1. Diagram Tahapan Pengayaan Bahan Ajar Ekofisiologi Tumbuhan



Tabel 3. Penilaian Bahan Ajar Ekofisiologi Tumbuhan oleh Validator

| Kriteria penilaian | Rerata Penilaian | | | Rerata |
|--------------------|------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|-------------|
| | Validator 1 (ahli materi) | Validator 2 (ahli pendidikan) | Validator 3 (ahli pendidikan) | |
| Tampilan | 3 | 3.75 | 4 | 3.6 |
| Isi | 4 | 2.5 | 3.5 | 3.3 |
| Kepraktisan | 3 | 3.5 | 3.5 | 3.3 |
| Bahasa | 3 | 3.3 | 3 | 3.1 |
| Kesesuaian | 4 | 3 | 2.7 | 3.2 |
| Rerata | 3.4 | 3.21 | 3.34 | 3.32 |

Dari tabel 3 diketahui bahwa rerata ketiga validator untuk semua kriteria penilaian modul yang divalidasi adalah diatas 3 pada skala 0-4. Aspek yang paling tinggi nilainya adalah aspek tampilan dan yang paling rendah adalah aspek bahasa.

Rerata penilaian aspek tampilan dari ketiga validator adalah 3,6 dengan keterangan valid. Tampilan dalam modul dinilai cukup menarik dan dapat memudahkan pemahaman mahasiswa. Gambar-gambar yang digunakan di dalam modul merupakan gambar-gambar yang didapatkan selama penelitian. Selain itu, tampilan modul dinilai dapat memotivasi mahasiswa.

Rerata penilaian aspek isi adalah 3,3 dengan keterangan valid. Validator ahli materi menilai bahwa isi modul telah sesuai dengan Standar Kompetensi, Kompetensi Dasar, indikator dan tujuan pembelajaran serta memiliki keterkaitan antara materi dengan kondisi lingkungan sekitar. Namun dari validator ahli pendidikan, perlu disesuaikan kembali antara pertanyaan pada evaluasi dengan tujuan pembelajaran. Selain itu, tingkat kesulitan perlu ditingkatkan untuk merangsang pemikiran kreatif siswa dan tebaran ranah kognitif perlu diseimbangkan.

Rerata penilaian aspek kepraktisan adalah 3,3 dengan keterangan valid. Bahan ajar dinilai dapat membantu mahasiswa belajar secara mandiri dan memungkinkan mahasiswa terlibat secara aktif dalam menemukan konsep. Selain itu, mahasiswa dinilai mampu mengaitkan antara satu konsep dengan konsep lain melalui integrasi hasil penelitian di dalam modul sebagai materi pengayaan.

Rerata penilaian aspek bahasa adalah 3,1 dengan keterangan valid. Bahan ajar dinilai telah menggunakan kalimat yang sesuai dengan kaidah Bahasa Indonesia dan mudah dipahami oleh tingkat kognitif mahasiswa.

Rerata aspek kesesuaian adalah 3,2 dengan keterangan valid. Materi yang disajikan dalam bahan ajar dinilai telah sesuai dengan tujuan pembelajaran. Selain itu, penggunaan gambar dalam modul dinilai telah sesuai dengan materi yang disajikan. Namun pertanyaan pada evaluasi perlu disesuaikan dengan materi pembelajaran.

Pada tahap implementasi modul, terlihat mahasiswa tidak merasa kesulitan karena tidak ada yang bertanya dan serius mempelajari dan mengerjakan latihan. Namun tanya jawab terlihat antar mahasiswa dalam mengerjakan latihan karena terdapat

permasalahan yang harus diselesaikan dalam bentuk grafik berbanding bahan organik kotoran ayam dan sapi. Namun demikian mahasiswa terlihat semangat dan serius.

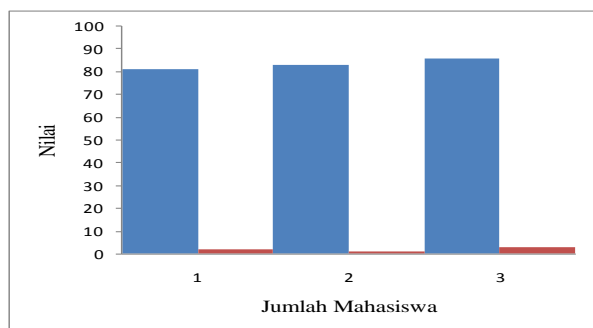
Berdasarkan hasil pengamatan yang dituangkan observer dalam lembar observasi diperoleh keterangan bahwa penggunaan modul ekofisiologi tumbuhan berbasis riset dapat dikatakan praktis. Selama proses perkuliahan terlihat tidak terdapat permasalahan yang berarti. Mahasiswa mudah menggunakan modul. Hal ini terlihat dari sedikit mahasiswa yang bertanya mengenai isi materi. Kesulitan mahasiswa terlihat dalam memahami materi yang bersifat abstrak. Namun demikian rata-rata mahasiswa dapat menyelesaikan/mempelajari modul untuk setiap pertemuan.

Berdasarkan hasil angket terbuka yang disebarkan pada mahasiswa dan wawancara setelah perkuliahan ekofisiologi tumbuhan secara keseluruhan berakhir adalah sebagai berikut:

- Kemudahan penggunaan modul, umumnya mahasiswa menjawab mudah karena petunjuk yang dituliskan dalam modul jelas, mudah disimpan dan dibawa karena berukuran tidak terlalu besar seperti buku teks biasa.
- Waktu yang disediakan untuk memahami materi dalam modul, umumnya mahasiswa menjawab cukup, dengan alasan materi yang disajikan dalam modul cukup jelas yang disertai dengan data-data hasil penelitian yang disajikan dalam bentuk gambar (grafik) atau tabel dan sebelumnya mahasiswa terbantu karena sudah mengambil mata kuliah fisiologi tumbuhan.
- Materi yang disajikan dalam modul umumnya dapat diinterpretasikan dengan baik oleh mahasiswa karena materi ditulis dengan bahasa yang jelas dan mudah dimengerti, ditampilkan dalam bentuk gambar, grafik atau tabel sehingga memudahkan memahami konsep materi. Soal-soal yang dibuat dalam latihan umumnya dijawab sedang sampai sulit karena harus berpikir analitis dengan mencari referensi lain yang berkaitan, tetapi dapat dijawab dengan benar. Materi dalam modul sudah mengarahkan jawaban dalam latihan.
- Modul ekofisiologi tumbuhan dapat digunakan sebagai bahan ajar dengan topik-topik yang relevan.

- e. Umumnya mahasiswa menyatakan, banyak manfaat yang diperoleh dari belajar menggunakan modul ekofisiologi tumbuhan berbasis riset, dapat memberikan kesempatan kepada mahasiswa untuk belajar mandiri dan menambah pengetahuan khususnya konsep materi ekofisiologi tumbuhan.

Hasil belajar mahasiswa dengan menggunakan modul terlihat bahwa semuanya termasuk kategori sangat baik dengan rentang nilai 81 – 85 ada 3 mahasiswa dan diatas 85 ada 3 mahasiswa, sehingga semuanya mendapatkan nilai A dalam mata kuliah ekofisiologi tumbuhan, seperti terlihat dalam Gambar 1 berikut.



Gambar 2. Nilai Mahasiswa pada Mata Kuliah Ekofisiologi Tumbuhan Setelah Implementasi Modul Berbasis Riset

Dilihat dari perolehan nilai mata kuliah yang tergolong sangat baik tersebut, dapat dikatakan bahwa pemahaman mahasiswa terhadap konsep materi dengan menggunakan modul berbasis riset tergolong baik.

4. KESIMPULAN

Bahan organik yang paling baik untuk laju fotosintesis dan kandungan klorofil tanaman karet yang ditumbuhkan pada tanah bekas tambang bauksit adalah bahan organik kotoran sapi dibandingkan dengan bahan organik kotoran ayam. Rasio bahan organik kotoran sapi dan tanah bekas tambang bauksit yang paling baik adalah 1:2. Modul yang dikembangkan dari hasil penelitian dinilai valid oleh validator di bidang ahli materi dan ahli pendidikan. Modul berbasis riset Ekofisiologi Tumbuhan sudah praktis baik dari segi kemudahan penggunaan, waktu yang digunakan untuk mempelajari modul, materi cukup jelas yang disajikan dari data-data hasil penelitian dalam bentuk gambar (grafik) maupun tabel. Hasil belajar mahasiswa terlihat bahwa semuanya termasuk kategori sangat baik dengan rentang nilai 81 – 85. Modul bermanfaat untuk mahasiswa dalam menambah ilmu pengetahuan ekofisiologi tumbuhan khususnya dalam ilmu botani secara umum.

5. UCAPAN TERIMAKASIH

Penelitian ini dapat terlaksana atas bantuan berbagai pihak dan dukungan dana dari Hibah Desentralisasi Unggulan Perguruan Tinggi Tahun Anggaran 2013 melalui DIPA Universitas Riau tahun 2012, Nomor; DIPA- 023.04.2.4.415092/2013 tanggal 5 Desember 2012 sesuai dengan Surat Perjanjian Pelaksanaan Hibah Penelitian Nomor: 730/UN.19/PL/2012, tanggal 11 Mei 2013 dan dana PNPB Universitas Riau Tahun Anggaran 2014.

6. DAFTAR PUSTAKA

- Belawati, T. (2003). *Pengembangan bahan Ajar*. Jakarta, Pusat Penerbitan Universitas Terbuka.
- Blakemore, L.C., Searle, P.L., & Daly, B.K. (1987). *Methods For Chemical Analysis of Soils*.
- Cechin, I. & Fumis, T.F. (2004). Effect of nitrogen supply on growth and photosynthesis of sunflower plants grown in the greenhouse. *Plant Science* 166: 1379-1385.
- Dick, W., Carey, L. & Carey, J.O. (2005). *The Systematic Design of Instruction*.
- Dikti. (2009). *Pedoman Operasional Penilaian Angka Kredit Kenaikan Jabatan Fungsional Dosen Lektor Kepala dan Guru Besar*. Departemen Pendidikan Nasional. Jakarta
- Firdaus, L.N. & Wulandari. (2013). Silabus KPK 8225 *Ekofisiologi Tumbuhan Semester Genap Tahun Akademik 2012/2013*. Program Studi Pendidikan Biologi Universitas Riau, Pekanbaru (Tidak diterbitkan).
- Majid, A. (2007). *Perencanaan Pembelajaran*. Bandung. PT Remaja Rosdakarya.
- Mulyatningsih, E. (2010). *Pengembangan Model Pembelajaran*. Yogyakarta. Universitas Negeri Yogyakarta.
- Mokhtatar, S.J., Daud, N.W. & Zamri, N.M. (2011). Evaluation of different water regimes on *Hevea brasiliensis* grown on haplic ferrarsol soil at nursery stage. *International Journal of Applied Science and Technology*, Vol.1 (3): 28-33.
- Sungkono. (2009). Pengembangan dan pemanfaatan bahan ajar modul dalam proses pembelajaran. *Jurnal: Majalah Ilmiah Pembelajaran*, Vol.5 (1): 49-62
- Sukardi. (2009). *Evaluasi Pendidikan Prinsip dan Operasionalnya*. Yogyakarta: Bumi Aksara
- Tjahyana, B. E., & Y. Ferry. (2011). Revegetasi Lahan Bekas Tambang Timah dengan Tanaman Karet (*hevea brasiliensis*). Prosiding Seminar Nasional Inovasi Perkebunan.
- Zhao, D., Reddy, K.R., Kakani, V.G. & Reddy, V.R. (2005). Nitrogen deficiency effects on plants growth, leaf photosynthesis, and hyperspectral reflectance properties of sorghum. *Europ. J. Agronomy* Vol.22: 391-403.



Penanya 1:

Neni Hasnunidah
Universitas Lampung

Pertanyaan:

Aspek hasil belajar yang diukur apa saja?

Jawaban

Di Prodi Universitas Riau menggunakan kurikulum KBK, jadi aspek hasil belajar yang diukur meliputi aspek kognitif, aspek afektif, dan juga aspek psikomotor. Hasil belajar yang diukur khusus pada materi fotosintesis saja.

Penanya 2:

Riezky Maya Probosari, S.Si., M.Si
(Universitas Sebelas Maret (UNS))

Pertanyaan:

Mengapa Ibu yakin bahwa hasil pembelajaran berasal dari modul saja? Padahal mahasiswa masih dapat belajar dari sumber lain misalnya dari internet atau buku lain.

Jawaban:

Pada saat pembelajaran materi fotosintesis, masing-masing mahasiswa diberi modul sehingga semua mahasiswa mempunyai modul. Yakin bahwa hasil pembelajaran berasal dari modul karena pertanyaan-pertanyaan yang diberikan merupakan pertanyaan eksperimental yang mengacu ke modul pembelajaran.