



## PENERAPAN E-MODULE BAHAN BAKAR ALTERNATIF BERORIENTASI GREEN CHEMISTRY

### APPLICATION OF GREEN CHEMISTRY ORIENTED ALTERNATIVE FUEL E-MODULE

*Hamidatu Ramdhaniah\*, Sari dan Ida Farida*

*Program Studi Pendidikan Kimia, Fakultas Tarbiyah dan Keguruan, Universitas Islam Negeri Sunan Gunung Djati Bandung, Jl. A. H. Nasution No. 105, Bandung, 40614, Indonesia*

*\*E-mail: [hamidaramdhaniah@gmail.com](mailto:hamidaramdhaniah@gmail.com)*

---

#### ABSTRAK

Tujuan dari penelitian ini yaitu menerapkan *e-module* bahan bakar alternatif berorientasi *green chemistry*. Metode yang digunakan yaitu *pre experiment*. Sumber data dalam penelitian ini berasal dari 40 mahasiswa Program Studi Pendidikan Kimia semester dua pada mata kuliah Kimia Dasar II yang menggunakan instrumen LK dan sumber data observer yang menggunakan lembar observasi dengan mengamati aktivitas mahasiswa selama proses pembelajaran. Penerapan pembelajaran *e-module* bahan bakar alternatif berorientasi *green chemistry* dalam penelitian ini menggunakan tahapan pembelajaran saintifik yang berjalan dengan sangat baik, karena dalam setiap tahapannya semua mahasiswa berperan aktif selama proses pembelajaran. Hal ini dibuktikan dengan hasil rata-rata keterlaksanaan aktivitas mahasiswa yaitu sebesar 86.83% dengan kategori sangat tinggi. Hasil penelitian yang didapatkan disebabkan karena media bahan ajar berupa *e-module* bahan bakar alternatif berorientasi *green chemistry* berperan dalam proses pembelajaran yang aktif.

*Kata kunci: bahan bakar alternatif, e-module, green chemistry*

---

#### ABSTRACT

*The purpose of this research was to apply an e-module of alternative fuel oriented to green chemistry. The method used was pre-experiment. The data sources in this study came from 40 students of the second semester of the Chemistry Education Study Program who enrolled in General Chemistry II using worksheets instrument and from observers who used observation sheets by observing student activities during the learning process. The application of e-module with green chemistry oriented alternative fuel in this study used a scientific learning process that ran very well because in each stage all students play an active role during the learning process. This was evidenced by the average results of student activity implementation which are 86.83% with very high category. The results obtained were due to the teaching material media in the form of e-module with green chemistry oriented alternative fuels plays a role in the active learning process.*

*Keywords: alternative fuel, e-module, green chemistry*

---

## 1. PENDAHULUAN

Pada era modern saat ini, banyaknya peningkatan pembangunan kota, pusat industri dan meningkatnya jumlah transportasi yang semakin berkembang. Hal ini menyebabkan perubahan kualitas udara semakin buruk karena adanya pencemaran udara yang ditimbulkan (Ismiyati et al., 2014:242). Perkembangan tersebut menimbulkan adanya zat dari pencemaran udara yang berbentuk gas-gas atau partikel-partikel kecil, sehingga dapat memberikan dampak yang berkelanjutan terhadap kelestarian alam dan kesehatan manusia (Higde et al., 2017:254).

Salah satu contoh yang menimbulkan pencemaran udara adalah Bahan Bakar Minyak (BBM) yang juga memberikan banyak manfaat bagi masyarakat (Nurdin et al., 2018:22). Hal ini dikarenakan adanya bahan kimia yang menjadi sumber energi bagi setiap orang (Kurniawati, 2017:93). Dijelaskan juga dalam Al-Qur'an Surat Al-'Ala ayat 4-5 yang artinya "Dan Yang (telah) menumbuhkan/menciptakan rumput-rumputan (*al-mar'a*). Lalu dijadikan-Nya rumput-rumput itu kering kehitam-hitaman (*ghutsaa-an ahwaa*)". Ayat ini menjelaskan bahwa substansi organik dalam hal ini *al-mar'a* ketika mati dijadikan Allah bercampur menjadi suatu cairan yang mengalir dan berwarna hitam gelap (*ahwaa*) yang disebutkan sebagai minyak bumi, Allah menciptakan minyak bumi agar dimanfaatkan dengan baik oleh makhluk ciptaan-Nya yang dapat memberikan banyak manfaat bagi penggunanya.

Dampak negatif atau kerugian yang dapat ditimbulkan dari penggunaan BBM bukan hanya pencemaran udara, tetapi juga dapat menyebabkan pemanasan global dan perubahan iklim (Higde et al., 2017:255). Penyumbang pencemaran udara dari BBM ini adalah kendaraan bermotor yang banyak digunakan oleh pelajar, salah satunya mahasiswa (Ismiyati et al., 2014:243).

Terdapat banyak cara yang dapat dilakukan dalam menanggulangi dampak negatif yang ditimbulkan dari penggunaan BBM. Salah satunya yaitu dalam pembuatannya mengaplikasikan prinsip-prinsip green chemistry (Yusmaita et al., 2017:71). Green chemistry merupakan salah satu pengaplikasian ilmu kimia untuk mengurangi atau menghilangkan permasalahan lingkungan. Salah satu prinsip green chemistry yaitu menggunakan bahan baku yang dapat diperbarui atau terbarukan guna meningkatkan efisiensi energy (Ivankovic & Bevanda, 2017:40).

Hal ini dibuktikan dengan hasil penelitian yang menjelaskan bahwa penggunaan prinsip green chemistry dalam menanggulangi dampak negatif dari penggunaan bahan bakar minyak lebih ramah lingkungan dan pembakaran yang dihasilkan lebih baik, karena panas pembakarannya lebih besar yaitu 176°C dibandingkan bahan bakar fosil 55°C (Pramitha et al., 2016:164), diperkuat juga dalam Al-Qur'an Surat Al-'Araf ayat 85 yang artinya "Dan (Kami telah mengutus) kepada penduduk Madyan saudara mereka, Syu'aib. Ia berkata: "Hai kaumku, sembahlah Allah, sekali-kali tidak ada Tuhan bagimu selain-Nya. Sesungguhnya telah datang kepadamu bukti yang nyata dari Tuhanmu. Maka sempurnakanlah takaran dan timbangan dan janganlah kamu kurangkan bagi manusia barang-barang takaran dan timbangannya, dan janganlah kamu membuat kerusakan di muka bumi sesudah Tuhan memperbaikinya. Yang demikian itu lebih baik bagimu jika betul-betul kamu orang-orang yang beriman".

Ayat tersebut menjelaskan bahwa agar manusia dapat menjaga alam semesta dengan tidak membuat kerusakan di muka bumi, akan tetapi Allah telah menciptakan muka bumi ini untuk dijaga oleh makhluk ciptaan-Nya. Hal tersebut menjelaskan agar kita senantiasa tetap menjaga lingkungan dan tidak mencemarinya dengan kerusakan seperti yang dilakukan oleh manusia. Salah satunya yaitu pencemaran lingkungan, pemanasan global dan perubahan iklim akibat penggunaan BBM.

Mengaplikasikan prinsip *green chemistry* dalam pendidikan adalah cara yang dapat dilakukan dengan tujuan untuk meningkatkan kepedulian mahasiswa terhadap lingkungan. Contohnya akibat penggunaan BBM dalam menemukan solusi pencemarannya (Mitarlis *et al.*, 2018:3). Hal ini sependapat dengan Ichsan *et al* (2018:15) yang menjelaskan bahwa berorientasi *green chemistry* dalam pendidikan dapat membantu mahasiswa dalam memecahkan permasalahan lingkungan. Hal ini dikarenakan mahasiswa menganalisis permasalahan secara langsung yang ada di sekitar lingkungannya.

Beberapa penelitian menunjukkan bahwa dalam kurikulum pendidikan dapat menerapkan *green chemistry*. Hal ini terbukti meningkatnya pemahaman mahasiswa mengenai konsep kimia yang lebih ramah lingkungan (Karpudewan & Ismail, 2013:4). Penelitian lain yang dilakukan oleh Ichsan *et al* (2018:14) juga menunjukkan bahwa pembelajaran berorientasi *green chemistry* dapat menjadi suatu alternatif dalam menyelamatkan lingkungan.

Menurut Burmeister *et al.*, (2013:170) dalam kurikulum pendidikan dapat dilakukan dengan menerapkan prinsip *green chemistry* dengan caranya yaitu membuat bahan ajar seperti modul dan buku. Akan tetapi, bahan ajar buku teks dan modul tersebut dirasa memiliki beberapa kekurangan dalam penggunaan dan pelaksanaannya, terkhusus pada konsep BBM. Hal ini dikarenakan belum adanya visualisasi seperti gambar, audio dan video di dalam bahan ajar tersebut. Padahal visualisasi penggunaan BBM sangat dibutuhkan seperti dalam bentuk gambar, animasi atau video tutorial dari proses pembentukan, proses pengolahan dan pencemaran akibat penggunaan BBM (Nurzaman *et al.*, 2013:3).

Pengajaran dan pembelajaran di seluruh dunia telah menggunakan teknologi informasi dan komunikasi melalui transformasi sebagai bahan ajar (Getuno *et al.*, 2015:82). Oleh karena itu, solusi yang dapat dilakukan terhadap kekurangan dari bahan ajar modul atau buku teks salah satunya adalah dengan menggunakan *e-module* bahan bakar alternatif berorientasi *green chemistry* yang dibuat oleh Afifah (2018). Menurut Fausih & Danang (2015:3) *e-module* merupakan media pembelajaran berbentuk digital yang susunannya sistematis, sehingga dapat menuntut mahasiswa untuk belajar mandiri dan memecahkan masalah.

Pemilihan *e-module* pada konsep BBM berorientasi *green chemistry* disebabkan karena media ini mempunyai karakteristik dan komponen-komponen pembangun yang lengkap untuk menyampaikan informasi kepada mahasiswa mengenai *green chemistry* (Irwansyah *et al.*, 2017:6). Oleh karena itu, sangat perlu *e-module* ini diterapkan kepada pelajar atau mahasiswa karena dapat memberikan pemahaman lebih lanjut terhadap pencemaran udara yang ditimbulkan oleh BBM dan cara penanggulangannya dengan menerapkan prinsip *green chemistry* (Setiarini *et al.*, 2016:66).

Beberapa penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa tahapan pembelajaran *e-module* terdiri dari petunjuk menganalisis, pengamatan video, mengevaluasi, dan mencipta. Hal ini didukung oleh informasi fisiologi dan ekologi hasil riset, menyajikan data, presentasi hasil analisis, kesimpulan, rangkuman, evaluasi proses dan evaluasi hasil (Aziz, 2015:104). Sehingga tujuan dalam pembelajaran yang akan dicapai oleh mahasiswa dapat menjadi efektif (Setiarini *et al.*, 2016:67). Menurut Subarkah, C. Z., *et al* (2017:2) *e-module* adalah media pembelajaran yang menarik dan dapat digunakan untuk peserta didik. Pembelajaran yang menarik dapat meningkatkan minat dan semangat peserta didik, sehingga peserta didik aktif dalam proses pembelajarannya.

Pada penelitian ini memiliki kebaruannya yang terletak pada penerapan pembelajaran kepada mahasiswa menggunakan *e-module* bahan bakar alternatif berorientasi *green chemistry* yang dibuat oleh Afifah (2018) dalam menanggulangi permasalahan lingkungan akibat penggunaan bahan bakar minyak. Berdasarkan yang diutarakan dari pendahuluan ini, peneliti bertujuan melakukan

penelitian yang berjudul **“Penerapan E-Module Bahan Bakar Alternatif Berorientasi Green Chemistry”** dengan rumusan masalahnya yaitu bagaimana penerapan *e-module* bahan bakar alternatif berorientasi *green chemistry*. Tujuan dari penelitian ini yaitu menerapkan *e-module* bahan bakar alternatif berorientasi *green chemistry*.

## 2. METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan yaitu metode *pre experiment* (Salamah & Mursal, 2017:60), yaitu penelitian yang dilaksanakan pada satu kelas tanpa kelas pembandingan. Jenis data yang digunakan dalam penelitian ini yaitu data kualitatif. Data kualitatif meliputi instrumen lembar observasi yang diperoleh dengan mengamati aktivitas mahasiswa selama proses pembelajaran yang digunakan oleh observer, serta lembar kerja yang digunakan oleh mahasiswa.

Sumber data dalam penelitian ini berasal dari mahasiswa program studi pendidikan kimia semester dua, tahun akademik 2020 di UIN Sunan Gunung Djati Bandung pada bulan Maret. Lembar observasi aktivitas mahasiswa digunakan untuk menganalisis aktivitas mahasiswa dalam penerapan pembelajaran menggunakan *e-module* bahan bakar alternatif berorientasi *green chemistry* dengan mengerjakan LK.

Tahapan analisis LK yang dibuat berdasarkan tahapan pembelajaran saintifik pada konsep bahan bakar alternatif berorientasi *green chemistry* meliputi tahap mengamati, menanya, mengumpulkan data, mengasosiasi, dan mengkomunikasikan. Hasil dari observasi aktivitas mahasiswa menggunakan penilaian yang menjumlahkan hasil skor ke dalam bentuk presentase.

**Tabel 1. Presentase Kategori Keterlaksanaan**

Presentase Kategori	Interpretasi
80-100	Sangat Baik
70-79	Baik
60-69	Cukup
50-59	Rendah
0-49	Sangat Rendah

(Syah, 2010:28)

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Aktivitas mahasiswa pada proses pembelajaran menggunakan *e-module* bahan bakar alternatif berorientasi *green chemistry* ini dilakukan melalui tiga kegiatan, yaitu kegiatan awal, kegiatan inti dan kegiatan akhir.

Pada kegiatan awal yang pertama dilakukan yaitu mengondisikan dan memeriksa kesiapan mahasiswa mengikuti pembelajaran. Sebelum pembelajaran bahan bakar alternatif diberikan, mahasiswa diberikan apersepsi dengan mengajukan pertanyaan yaitu “apakah kalian sering menggunakan kendaraan bermotor? Apa yang terjadi setelah kita menggunakan kendaraan bermotor?”, berdasarkan observasi sebagian mahasiswa menjawab apersepsi yang diberikan namun belum bisa menghubungkannya dengan dampak negatif dari bahan bakar minyak. Kemudian mahasiswa diberi motivasi bahwa ilmu kimia sangat dekat dengan kehidupan sehari-hari yaitu “penggunaan BBM sering digunakan oleh manusia, contohnya dalam penggunaan bensin untuk kendaraan bermotor”.

Selanjutnya, mahasiswa dikelompokkan yang terdiri dari 10 kelompok belajar secara heterogen dan setiap kelompok beranggotakan 4 orang. Setelah membagi kelompok peneliti mengarahkan mahasiswa untuk membuka *e-module* yang telah dibagikan, kemudian peneliti menyampaikan tujuan pembelajaran yang ada di *e-module*.

Pada kegiatan inti dalam penelitian ini dilakukan dengan menggunakan *e-module* bahan bakar alternatif berorientasi *green chemistry* dan juga menggunakan tahapan pembelajaran yang terdiri dari lima tahapan yaitu tahap mengamati, tahap menanya, tahap mengumpulkan data, tahap mengasosiasi, dan tahap mengkomunikasikan, tahapan pembelajaran ini dapat meningkatkan kemampuan berpikir tingkat tinggi mahasiswa (Noma, L. D., dan Prayitno, 2016:63). Tahapan pembelajaran ini merupakan penyusunan tahapan pembelajaran dari aktivitas mahasiswa dan lembar kerja mahasiswa yang dijelaskan sebagai berikut:

#### a. Tahap Mengamati

Pada tahap mengamati mahasiswa mengamati video proses pembentukan minyak bumi hingga diolah menjadi bahan bakar minyak siap pakai, kemudian mengamati gambar jenis-jenis alat transportasi dan menjawab bahan bakarnya. Lalu peneliti mengkonfirmasi tentang jenis-jenis alat transportasi dan bahan bakarnya yang disajikan pada *e-module*. Selanjutnya peneliti memberikan LK kepada setiap kelompok belajar dan mengarahkan mahasiswa untuk membaca dan menganalisis wacana yang disediakan pada LK. LK yang disusun berdasarkan tahapan pembelajaran yang terdiri dari lima tahapan juga yaitu mengamati, menanya, mengumpulkan data, mengasosiasi dan mengkomunikasikan. Pada tahap ini, setiap mahasiswa aktif membaca dan menganalisis wacana secara berkelompok, sehingga ada yang membacakan satu orang dan yang lainnya menyimak seperti yang terlihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Aktivitas Mahasiswa pada Tahap Mengamati

Hampir setiap kelompok dapat menentukan ide pokok dari wacana dengan relevan, akan tetapi ada juga yang belum tepat dalam menentukan ide pokok. Hasil analisis data dari jawaban masing-masing kelompok dalam menganalisis ide pokok dari wacana LK dapat diketahui bahwa nilai rata-rata sebesar 77 dengan kategori baik. Kelompok yang mendapatkan nilai tertinggi yaitu kelompok 4, kelompok 6 dan kelompok 8 dengan nilai 100 berkategori sangat baik, hal ini dikarenakan masing-masing kelompok tersebut dapat menganalisis ide pokok yang relevan dengan wacana yang disajikan pada LK. Sedangkan kelompok lainnya mendapatkan nilai terendah yaitu 67 dengan kategori cukup, hal ini dikarenakan kelompok tersebut kurang memperhatikan video bahan bakar

alternatif pada *e-module* karena berkaitan dengan wacana yang disajikan pada LK sehingga menganalisis ide pokok yang kurang relevan.

Berdasarkan observasi, keterlaksanaan aktivitas mahasiswa pada tahap mengamati diperoleh 90% dengan interpretasi sangat baik.

#### **b. Tahap Menanya**

Pada tahap ini peneliti terlebih dahulu menampilkan video tentang manfaat dan kerugian akibat penggunaan BBM pada *e-module* dan mengarahkan mahasiswa untuk mengidentifikasi permasalahan apa saja yang timbul berdasarkan video yang ditayangkan, kemudian peneliti mengarahkan mahasiswa untuk merumuskan masalah dan hipotesis berdasarkan wacana yang disajikan pada LK. Setiap kelompok berdiskusi dalam mengerjakan LK, sebagian besar mahasiswa aktif dalam berdiskusi dengan kelompoknya walaupun ada sebagian kelompok lain yang kurang aktif yang dapat dilihat pada Gambar 2.



**Gambar 2. Aktivitas Mahasiswa pada Tahap Menanya**

Indikator LK pada tahap menanya ini yaitu mahasiswa mampu menganalisis wacana pada LK untuk membuat dua rumusan masalah dan menganalisis hipotesis atau jawaban sementara berdasarkan rumusan masalah yang telah dibuat. Sebagian kelompok dapat merumuskan masalah yang relevan berdasarkan wacana dan dapat menganalisis hipotesis yang relevan berdasarkan rumusan masalah yang telah dibuat. Namun ada juga sebagian kelompok yang kurang relevan dalam merumuskan masalah dan hipotesis.

Nilai rata-rata pada tahap menanya yaitu 83,5 dengan kategori sangat baik. Hal ini menjelaskan bahwa kemampuan mahasiswa dalam menganalisis wacana untuk membuat dua rumusan masalah dan kemampuan mahasiswa dalam menganalisis hipotesis berdasarkan rumusan masalah yang dibuat itu sangat baik. Rumusan masalah dan hipotesis yang diajukan menunjukkan rasa ingin tau mahasiswa pada konsep bahan bakar alternatif berorientasi *green chemistry*. Berdasarkan observasi yang telah dilakukan, keterlaksanaan aktivitas mahasiswa pada tahap menanya diperoleh 85% dengan interpretasi sangat baik.

#### **c. Tahap Mengumpulkan Data**

Pada tahap mengumpulkan data ini peneliti mengarahkan mahasiswa menggunakan *e-module* untuk mengumpulkan data dan menemukan jawaban pertanyaan dalam LK tentang manfaat dan dampak negatif yang dapat ditimbulkan berdasarkan video yang ditampilkan pada *e-module*. Perwakilan

pada setiap kelompok membawa laptop, sehingga seluruh kelompok dapat menggunakan *e-module* untuk mengumpulkan data dari pertanyaan-pertanyaan yang disajikan pada LK.

Indikator LK pada tahap mengumpulkan data ini yaitu mahasiswa mampu menganalisis manfaat dan dampak negatif atau kerugian akibat penggunaan bahan bakar minyak (BBM) untuk manusia dan lingkungan, menganalisis kelebihan dari bahan bakar alternatif, dan hubungannya dengan Al-Qur'an surat Al-'Araf ayat 85. Sebagian kelompok dapat menjawab soal yang relevan dengan konsep bahan bakar alternatif berorientasi *green chemistry*, hal ini dikarenakan mahasiswa dirangsang terlebih dahulu dan dapat memahami serta menganalisis video yang ditayangkan pada *e-module*.

Nilai rata-rata indikator soal LK pada tahap mengumpulkan data dapat diketahui yaitu 73 dengan kategori baik. Hal ini menunjukkan bahwa kemampuan mahasiswa dalam menganalisis manfaat dan dampak negatif dari penggunaan BBM, cara penanggulangannya menggunakan bahan bakar alternatif dan hubungannya dengan Al-Qur'an surat Al-'Araf ayat 85 itu baik. Pada tahap ini juga mahasiswa aktif dalam menggunakan *e-module* dan berdiskusi dengan masing-masing kelompoknya seperti yang terlihat pada Gambar 3.



**Gambar 3. Aktivitas Mahasiswa pada Tahap Mengumpulkan Data**

Pada proses mengumpulkan data peneliti turut membimbing setiap kelompok dan mahasiswa juga aktif mengajukan pertanyaan kepada peneliti. Berdasarkan observasi, keterlaksanaan aktivitas mahasiswa pada tahap mengumpulkan data yaitu 87% dengan interpretasi sangat baik.

#### **d. Tahap Mengasosiasi**

Pada tahap mengasosiasi ini yang pertama dilakukan yaitu mahasiswa mengamati video bahan bakar alternatif bioetanol, biosolar dan bioavtur. Kemudian mahasiswa diinstruksikan untuk menyiapkan hasil diskusi kelompok dan membuat produk bahan bakar alternatif biosolar menggunakan minyak jelantah berdasarkan video yang disajikan pada *e-module*. Tujuan dari tahap mengasosiasi ini mahasiswa diminta untuk menghubungkan data hasil percobaan biosolar dari minyak jelantah dengan teori bahan bakar alternatif dan mencari serta menjelaskan ayat al-Qur'an tentang menjaga kelestarian alam semesta selain surat Al-'Araf ayat 85. Hal ini dikarenakan agar mahasiswa mampu memahami bahan bakar alternatif dengan prinsip *green chemistry* dan menghubungkannya dengan ayat al-Qur'an yang menjelaskan tentang menjaga lingkungan disekitarnya dari percobaan yang telah mereka buat secara berkelompok. Pada tahap ini mahasiswa sangat aktif dan antusias karena dapat membuat bahan bakar alternatif secara berkelompok, dan setiap anggota kelompok mendapatkan tugasnya masing-masing, sehingga dapat bekerjasama

dengan baik dan mengerjakan percobaan dengan sangat baik sesuai arahan peneliti dan bantuan *e-module* yang dapat dilihat pada Gambar 4 dan 5.



Gambar 4. Aktivitas Mahasiswa pada saat Mengamati Video Bahan Bakar Alternatif



Gambar 5. Aktivitas Mahasiswa pada Tahap Membuat Biosolar

Indikator LK pada tahap mengasosiasi ini yaitu mahasiswa mampu menganalisis empat tahapan pembuatan bahan bakar alternatif bioetanol berdasarkan gambar yang ada dalam *e-module*, mencipta dengan membuat bahan bakar alternatif biosolar sebagai pengganti bahan bakar solar menggunakan minyak jelantah, menghubungkan data hasil percobaan dengan teori bahan bakar alternatif, dan menganalisis serta menghubungkan ayat Al-Qur'an tentang menjaga kelestarian alam semesta selain surat Al-'Araf ayat 85.

Sebagian kelompok dapat menjawab soal yang relevan dengan indikator soal pada LK. Pada tahap membuat juga terdapat beberapa indikator yang harus dicapai yaitu merancang percobaan dengan menuliskan judul percobaan, tujuan percobaan, alat dan bahan, prosedur percobaan, data pengamatan, hasil dan pembahasan, dan kesimpulan percobaan. Mahasiswa senantiasa antusias dan aktif dalam melakukan percobaan. Hal ini dibuktikan dengan nilai rata-rata yang didapatkan oleh setiap kelompok.

Nilai rata-rata setiap indikator LK pada tahap mengasosiasi dapat diketahui yaitu 79 dengan kategori baik. Hal ini menunjukkan bahwa kemampuan mahasiswa dalam menganalisis 4 tahapan pembuatan bahan bakar alternatif bioetanol, membuat bahan bakar alternatif biosolar, dan menghubungkan data hasil percobaan dengan teori bahan bakar alternatif serta menghubungkannya juga dengan ayat Al-Qur'an yang menjelaskan tentang menjaga kelestarian alam itu baik. Indikator LK yang mendapatkan nilai rata-rata tertinggi yaitu mencipta (membuat

bahan bakar alternatif biosolar menggunakan minyak jelantah) dengan nilai rata-rata 85 kategori sangat baik, hal ini karena mahasiswa terlebih dahulu menganalisis video pembuatan biosolar yang disajikan pada *e-module* sehingga mahasiswa dapat melakukan percobaan dengan baik.

Berdasarkan observasi, keterlaksanaan aktivitas mahasiswa pada tahap mengasosiasi ini yaitu 88% dengan interpretasi sangat baik.

#### **e. Tahap Mengkomunikasikan**

Pada tahap mengkomunikasikan ini mahasiswa diinstruksikan untuk mempresentasikan hasil jawaban LK yang telah didiskusikan dengan masing-masing kelompoknya. Mahasiswa mempresentasikan secara berkelompok, sebagian besar mempresentasikannya dengan komunikasi yang baik. Hal ini dibuktikan dengan kemampuan mahasiswa dalam mengkoordinasikan kelas pada saat presentasi. Meskipun ada beberapa mahasiswa yang tidak memperhatikan kelompok lain yang sedang presentasi. Peneliti mengkoordinasikannya dengan bertanya kepada mahasiswa yang tidak memperhatikan. Aktivitas mahasiswa pada tahap mengkomunikasikan dapat dilihat pada Gambar 6.



**Gambar 6. Aktivitas Mahasiswa pada Tahap Mengkomunikasikan**

Indikator LK pada tahap mengkomunikasikan mahasiswa mampu mengevaluasi dengan mempresentasikan hasil jawaban LK dan menyimpulkan hasil pembelajaran secara berkelompok. Nilai rata-rata kelompok pada tahap mengkomunikasikan yaitu 87 dengan kategori sangat baik. Hal ini menunjukkan bahwa kemampuan mahasiswa dalam mengevaluasi dengan mempresentasikan hasil jawaban LK dan menyimpulkan pembelajaran sangat baik. Sebagian kelompok yaitu kelompok 2, 3, 4, 5, 9, dan 10 mampu berkomunikasi dan menyimpulkan pembelajaran dengan baik, selain itu kelompok tersebut juga mampu mengkondisikan suasana kelas dengan baik. Sedangkan kelompok 1, 6, 7 dan 8 kurang mampu berkomunikasi dengan baik, hal ini dikarenakan kelompok tersebut kurang memperhatikan setiap tahapan pembelajaran. Berdasarkan observasi, keterlaksanaan aktivitas mahasiswa pada tahap mengkomunikasikan yaitu 85% dengan interpretasi sangat baik.

Berdasarkan observasi nilai rata-rata pada setiap tahapan LK yaitu sebesar 80 dengan kategori sangat baik. Indikator LK yang mendapatkan nilai rata-rata tertinggi yaitu mengevaluasi dengan nilai 87 kategori sangat baik, hal ini karena mahasiswa mampu mengevaluasi dan menyimpulkan pembelajaran dengan baik dan mampu menguasai kelas dengan baik pada saat

mengkomunikasikan secara berkelompok, sehingga kelompok yang lain dapat memperhatikan dan saling bertanya. Sedangkan indikator LK yang mendapatkan nilai rata-rata terendah yaitu menganalisis dengan nilai 77,83 kategori baik, karena mahasiswa kurang memperhatikan video bahan bakar alternatif pada *e-module*, sehingga kurang relavan dalam menganalisis kelebihan bahan bakar alternatif. Hal ini membuktikan bahwa mahasiswa berperan aktif selama proses pembelajaran dan menjawab setiap soal LK dengan sangat baik.

Adapun rekapitulasi keterlaksanaan aktivitas mahasiswa dari setiap tahapan pembelajaran pada konsep bahan bakar alternatif berorientasi *green chemistry* dengan menggunakan *e-module* dapat dilihat pada Tabel 2.

**Tabel 2. Rekapitulasi Keterlaksanaan Aktivitas Mahasiswa**

Tahapan LK	Keterlaksanaan Aktivitas Setiap Kelompok (%)										Rata-rata (%)	Interpretasi
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
Mengamati	85	90	85	95	85	80	100	85	95	100	90	Sangat Baik
Menanya	83	83	92	83	75	83	75	83	100	92	85	Sangat Baik
Mengumpulkan Data	83	100	92	92	75	75	92	83	83	92	87	Sangat Baik
Mengasosiasi	83	92	83	75	100	75	100	83	92	92	88	Sangat Baik
Mengkomunikasikan	88	100	88	88	75	75	75	75	88	100	85	Sangat Baik
<b>Rata-rata (%)</b>											<b>86,83</b>	<b>Sangat Baik</b>

Berdasarkan Tabel 2 dapat diketahui bahwa keterlaksanaan aktivitas mahasiswa pada setiap tahapan pembelajaran yaitu 86,83% dengan interpretasi sangat baik. Tahapan pembelajaran yang paling rendah yaitu tahap menanya dan tahap mengkomunikasikan sebesar 85% dengan interpretasi sangat baik. Hal ini dikarenakan pada tahap menanya dan mengkomunikasikan ada beberapa mahasiswa yang kurang aktif dan kurang memperhatikan pada saat presentasi. Sedangkan tahapan pembelajaran yang paling tinggi yaitu tahap mengamati sebesar 90% dengan interpretasi sangat baik, hal ini dikarenakan pada tahap mengamati sebagian besar mahasiswa aktif dan memperhatikan video yang ditayangkan pada *e-module*.

Setelah penerapan pembelajaran selesai, mahasiswa menyimak validasi yang disampaikan peneliti tentang konsep bahan bakar alternatif berorientasi *green chemistry*. Kemudian mahasiswa diminta untuk menyimpulkan pembelajaran dan menjawab soal evaluasi yang disajikan dalam *e-module*. Selanjutnya mahasiswa diminta untuk mengisi soal *posttest* yang terdiri 10 soal uraian yang sama dengan soal *pretest* untuk mengukur kemampuan berpikir tingkat tinggi mahasiswa setelah penerapan pembelajaran menggunakan *e-module* bahan bakar alternatif berorientasi *green chemistry*.

Penelitian ini merupakan penelitian tentang penerapan *e-module* bahan bakar alternatif berorientasi *green chemistry* yang bertujuan untuk menerapkan *e-module* bahan bakar alternatif berorientasi *green chemistry* pada pembelajaran kimia dengan mendeskripsikan aktivitas mahasiswa dalam penerapan pembelajaran dengan menggunakan instrumen lembar observasi aktivitas mahasiswa yang digunakan observer selama pembelajaran, serta bantuan instrumen lembar kerja (LK) yang dikerjakan mahasiswa selama pembelajaran secara berkelompok.

Pemilihan *e-module* pada konsep BBM berorientasi *green chemistry* disebabkan karena media ini mempunyai karakteristik dan komponen-komponen pembangun yang lengkap untuk menyampaikan informasi kepada mahasiswa mengenai *green chemistry* (Irwansyah *et al.*, 2017:6). Oleh karena itu, sangat perlu *e-module* ini diterapkan kepada pelajar atau mahasiswa karena dapat memberikan pemahaman lebih lanjut terhadap pencemaran udara yang ditimbulkan oleh BBM dan cara penanggulangannya dengan menerapkan prinsip *green chemistry* (Setiarini *et al.*, 2016:66).

Tahapan pembelajaran pada penelitian ini terdiri dari tahap mengamati, tahap menanya, tahap mengumpulkan data, tahap mengasosiasi, dan tahap mengkomunikasikan, tahapan pembelajaran ini dapat meningkatkan kemampuan berpikir tingkat tinggi mahasiswa (Noma, L. D., dan Prayitno, 2016:63). Tahapan pembelajaran ini merupakan penyusunan tahapan pembelajaran dari aktivitas mahasiswa dan lembar kerja mahasiswa yang disusun sudah memuat prosedur, prinsip, fakta, dan konsep yang diharapkan (Krathwohl & Anderson, 2010:45).

Keterlaksanaan aktivitas mahasiswa berdasarkan hasil pengolahan data pada setiap tahapan pembelajaran dalam penelitian ini menunjukkan bahwa berjalan dengan sangat baik, hal ini dibuktikan dengan nilai rata-rata setiap tahapan pembelajaran yaitu sebesar 86,83% dengan interpretasi sangat baik. Rata-rata nilai pada setiap tahapan pembelajaran tersebut menunjukkan bahwa sebagian besar mahasiswa aktif selama proses pembelajaran menggunakan *e-module* bahan bakar alternatif berorientasi *green chemistry*. Hal ini sesuai dengan penelitian yang menjelaskan bahwa tahapan pembelajaran yang meliputi tahap mengamati, menanya, menganalisis data, mengasosiasi dan mengkomunikasikan dapat meningkatkan hasil belajar yang diharapkan dan tanggapan dari mahasiswa sangat positif (Wayan, 2016:532).

Berdasarkan hasil pengolahan data dari penerapan *e-module* bahan bakar alternatif berorientasi *green chemistry* menggunakan instrumen LK yang dikerjakan mahasiswa selama proses pembelajaran secara berkelompok mendapatkan nilai rata-rata 80 dengan kategori sangat baik. Indikator LK yaitu menganalisis (menganalisis) pada tahap mengamati, menanya, dan mengumpulkan data. Mengevaluasi (mengevaluasi dan menyimpulkan) pada tahap mengkomunikasikan, dan mencipta (membuat dan menghubungkan) pada tahap mengasosiasi.

Indikator LK yang mendapatkan nilai rata-rata tertinggi yaitu mengevaluasi dengan nilai 87 kategori sangat baik, karena mahasiswa mampu mengevaluasi dan menyimpulkan pembelajaran dengan baik dan mampu menguasai kelas dengan baik pada saat mengkomunikasikan secara berkelompok, sehingga kelompok yang lain dapat memperhatikan dan saling bertanya. Sedangkan indikator LK yang mendapatkan nilai rata-rata terendah yaitu menganalisis dengan nilai 77,83 kategori baik, karena mahasiswa kurang memperhatikan video bahan bakar alternatif pada *e-module*, sehingga kurang relevan dalam menganalisis kelebihan bahan bakar alternatif.

Rata-rata dari setiap tahapan LK menunjukkan bahwa pengerjaan LK secara berkelompok mampu meningkatkan kemampuan berpikir tingkat tinggi mahasiswa. Hal ini sesuai dengan penelitian yang menjelaskan bahwa pembelajaran yang diterapkan pada kelas eksperimen dilakukan secara berkelompok menunjukkan hasil bahwa mahasiswa mampu menganalisis dan memecahkan masalah yang nyata (Ware & Rohaeti, 2018:218).

Penerapan pembelajaran ini dapat berjalan dengan baik karena konsep bahan bakar alternatif berorientasi *green chemistry* menggunakan media bahan ajar *e-module*, hal ini dikarenakan instrumen yang dibuat sesuai dengan tahapan pembelajaran pada *e-module* dan petunjuk atau jawaban dari soal LK yang disajikan dalam *e-module*. Hal ini sesuai dengan penelitian yang menjelaskan tentang hasil belajar peserta didik meningkat menggunakan *e-module*, dikarenakan

materi belajar, permasalahan dan tugas yang harus dikerjakan sudah tersedia dalam *e-module* secara lengkap (Sari *et al.*, 2017:3).

Berdasarkan analisis data instrumen pada penelitian ini menunjukkan bahwa *e-module* bahan bakar alternatif berorientasi *green chemistry* ini dapat diterapkan pada pembelajaran. Hal ini juga dijelaskan oleh Ichsan *et al.*, (2018:15) bahwa kurikulum pendidikan dapat menerapkan prinsip *green chemistry*, karena prinsip *green chemistry* dapat memberikan penanggulangan untuk masalah lingkungan yang terjadi saat ini, terkhusus dari pencemaran akibat pemakaian bahan bakar minyak. *E-module* bahan bakar alternatif berorientasi *green chemistry* ini juga dapat meningkatkan minat belajar mahasiswa, karena dalam *e-module* disediakan berbagai animasi, video dan gambar bahan bakar minyak, proses pengolahan dan dampak negatif dari bahan bakar minyak, serta terdapat juga penjelasan bahan bakar alternatif dan video cara pembuatannya.

#### 4. KESIMPULAN

Berdasarkan analisis dan hasil penelitian yang telah dilakukan tentang penerapan *e-module* bahan bakar alternatif berorientasi *green chemistry* dengan sumber data yang diperoleh dari mahasiswa semester dua Program Studi Pendidikan Kimia di UIN Sunan Gunung Djati Bandung maka dapat disimpulkan bahwa penerapan pembelajaran *e-module* bahan bakar alternatif berorientasi *green chemistry* dalam penelitian ini dengan menggunakan tahapan pembelajaran saintifik berjalan dengan sangat baik, karena dalam setiap tahapannya semua mahasiswa berperan aktif selama proses pembelajaran, hal ini dibuktikan dengan hasil rata-rata keterlaksanaan aktivitas mahasiswa yaitu 86,83% kategori sangat tinggi. Nilai rata-rata keterlaksanaan aktivitas mahasiswa pada setiap tahapan pembelajaran yaitu 90% pada tahap mengamati, 85% pada tahap menanya, 87% pada tahap mengumpulkan data, 88% pada tahap mengasosiasi dan 85% pada tahap mengkomunikasikan dengan interpretasi sangat baik. Hal ini membuktikan bahwa mahasiswa berperan aktif dan melaksanakan aktivitas yang sangat baik dalam mengikuti penerapan pembelajaran menggunakan *e-module* bahan bakar alternatif berorientasi *green chemistry*.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Afifah, A. (2018). *Pembuatan E-Module Bahan Bakar Alternatif Berbasis Green Chemistry*. Universitas Islam Negeri Sunan Gunung Djati Bandung.
- Aziz, F. I. (2015). Pengembangan E-Module Ekosistem Berbasis Problem Based Learning Pada Sub Pokok Bahasan Aliran Energi Untuk Sekolah Menengah Atas Tahin Pelajaan. *Jurnal Pendidikan Biologi*, 7(2), 102–113.
- Burmeister, M., Schmidt-Jacob, S., & Eilks, I. (2013). German Chemistry Teachers' Understanding of Sustainability and Education for Sustainable Development - An Interview Case Study. *Chemistry Education Research and Practice*, 14(2), 169–176. <https://doi.org/10.1039/C2rp20137b>
- Fausih, M., & Danang, T. (2015). Pengembangan Media E-Modul Mata Pelajaran Produktif Pokok Bahasan "Instalasi Jaringan Lan (Local Area Network)" Untuk Siswa Kelas Xi Jurusan Teknik Komputer Jaringan Di Smk Negeri 1 Labang. *Jurnal Nasional Pendidikan Teknik Informatika*, 01(01), 1–9.
- Getuno, D. M., Kiboss, J. K., Changeiywo, J. M., & Ogola, L. B. (2015). Effects Of An E-Learning Module On Students ' Attitudes In An Electronics Class. *Journal Of Education And Practice*, 6(36),

80–86.

- Higde, E., Oztekin, C., & Sahin, E. (2017). Turkish Pre-Service Science Teachers' Awareness, Beliefs, Values, And Behaviours Pertinent to Climate Change. *International Research In Geographical And Environmental Education*, 26(3), 253–263. <https://doi.org/10.1080/10382046.2017.1330040>
- Ichsan, I. Z., Iriani, E., & Hermawati, F. M. (2018). Peningkatkan Keterampilan Berpikir Tingkat Tinggi (Higher Order Thinking Skills) Pada Siswa Sekolah Dasar Melalui Video Berbasis Kasus Pencemaran Lingkungan. *Edubiotik: Jurnal Pendidikan, Biologi Dan Terapan*, 3(02), 12–18. <https://doi.org/10.33503/Ebio.V3i02.175>
- Irwansyah, F. S., Lubab, I., Farida, I., & Ramdhani, M. A. (2017). Designing Interactive Electronic Module in Chemistry Lessons. *Journal of Physics: Conference Series*, 895(1), 5–8. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/895/1/012009>
- Ismiyati, Marlita, D., & Saidah, D. (2014). Pencemaran Udara Akibat Emisi Gas Buang Kendaraan Bermotor. *Jurnal Manajemen Transportasi & Logistik (Jmtranslog)*, 01(03), 241–248.
- Ivankovic, A., & Bevanda, A. M. (2017). *Ulasan Dari 12 Prinsip Green Kimia Dalam Praktek*. 6(3), 39–48.
- Karpudewan, M., & Ismail, Z. (2013). Effects Of Green C Hemistry Final Version Published as: The Effects Of "Green Chemistry" On Secondary School Students' Understanding And Motivation Effects Of Green Chemistry 2.Pdf. *Asia-Pacific Eduation Research*, 3(4), 1–9. <https://doi.org/10.1007/S40299-013-0156-Z>
- Krathwohl, D., & Anderson, W.. (2010). *Kerangka Landasan Untuk Pembelajaran, Pengajaran, Dan Asesmen*. Pustaka Belajar.
- Kurniawati, L. (2017). Dampak Penurunan Subsidi Bahan Bakar Minyak: Analisis Sistem Neraca Sosial Ekonomi Indonesia. *Jurnal Info Artha*, 1(2), 91–110.
- Mitarlis, Azizah, U., & Yonata, B. (2018). Pemanfaatan Indikator Alam Dalam Mewujudkan Pembelajaran Kimia Berwawasan Green Chemistry. *Jurnal Penelitian Pendidikan Ipa*, 3(1), 1–7.
- Noma, L. D., Dan Prayitno, B. (2016). Pbl Untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Tingkat Tinggi Siswa Kelas X Sma Problem Based Learning to Improve Hots of High School Students. *Bioedukasi*, 9(2), 62–66. <https://doi.org/https://dx.doi.org/10.1364/Ol.36.003374>
- Nurdin, H., Hasanuddin, H., & Darmawi. (2018). Karakteristik Nilai Kalor Briket Tebu Tibarau Sebagai Bahan Bakar Alternatif. *Invotek: Jurnal Inovasi Vokasional Dan Teknologi*, 18(1), 19–24. <https://doi.org/10.24036/Invotek.V18i1.172>
- Nurzaman, N., Farida, I., & Pitasari, R. (2013). E-Module Pembelajaran Minyak Bumi Berbasis Lingkungan Untuk Mengembangkan Kemampuan Literasi Kimia Siswa. *Simposium Nasional Inovasi Dan Pembelajaran Sains*, 4(Isbn: 978-602-19655-4-2), 3–4.

- Pramitha, R. I., Haryanto, A., & Triyono, S. (2016). Pengaruh Perbandingan Molar Dan Durasi Reaksi Terhadap Rendemen Biodiesel Dari Minyak Kelapa (Coconut Oil) Effect of Molar and Comparative Duration Reaction To Rendemen From Coconut Oil Biodiesel (Coconut Oil). *Teknik Pertanian Lampung*, 5(3), 157–166.
- Salamah, U., & Mursal. (2017). Meningkatkan Keterampilan Proses Sains Peserta Didik Menggunakan Metode Eksperimen Berbasis Inkuiri Pada Materi Kalor. *Jurnal Pendidikan Sains Indonesia (Indonesian Journal of Science Education)*, 5(1), 59–65.
- Sari, S., & Hidayat, R. Y. (2017). Pengembangan Keterampilan Berpikir Kreatif Siswa Pada Praktikum Jenis-Jenis Koloid: Pendekatan Sainstifik. *Jurnal Tadris Kimiya*, 1(1), 32–37. <https://doi.org/10.15575/jta.v1i1.1155>
- Setiarini, K. P., Agustini, K., & Sunarya, I. M. G. (2016). Pengaruh E-Modul Berbasis Metode Pembelajaran Problem Based Learning Terhadap Hasil Dan Motivasi Belajar Siswa Pada Mata Pelajaran Pemrograman Dasar (Studi Kasus: Kelas X Multimedia Di Smk Negeri 3 Singaraja). *Jurnal Pendidikan Teknik*, 5(1), 65–72.
- Subarkah, C. Z., Rahayu, A. S., Deliana, C., Sundari, D., Dan Chusni, M. (2017). Students' Higher-Order Thinking Ability In Electrolysis Cell. Bandung English Language and Teaching Intenational Conference. *Bandung English Language Teaching International Conference*, 1–6.
- Syah, M. (2010). *Psikologi Pendidikan Dengan Pendekatan Baru*. Pt Remaja Rosdakarya.
- Ware, K., & Rohaeti, E. (2018). Penerapan Model Problem Based Learning Dalam Meningkatkan Kemampuan Berpikir Analitis Dan Keterampilan Proses Sains Peserta Didik Sma. *Jurnal Tadris Kimiya*, 3(1), 217–226. <https://doi.org/10.15575/jtk.v3il.2219>
- Wayan, W. (2016). E-Modul Berorientasi Pemecahan Masalah Dalam Pembelajaran Statistik Inferensial. *Seminar Nasional Hasil Penelitian Dan Pengabdian Kepada Masyarakat*, 5(2), 532–540.
- Yusmaita, E., Mudzakir, A., & Hernani. (2017). Pengembangan Model Rekonstruksi Pendidikan Pada Bahan Ajar Sel Elektrokimia Berbasis Green Chemistry. *Jurnal Eksakta Pendidikan (Jep)*, 1(1), 71–78. <https://doi.org/10.24036/jep/vol1-iss1/37>