

**PENGEMBANGAN BAHAN AJAR KIMIA BERBASIS  
EKSPERIMEN BIOGAS SEBAGAI SARANA  
MENANAMKAN NILAI PENDIDIKAN UNTUK  
PEMBANGUNAN BERKELANJUTAN**

**SKRIPSI**

**Disusun untuk melengkapi syarat-syarat guna memperoleh gelar  
Sarjana Pendidikan**



Oleh:

**Fiani Monica Dewi**

**3315133621**

**PROGRAM STUDI PENDIDIKAN KIMIA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA**

**2017**

## ABSTRAK

**FIANI MONICA DEWI.** Pengembangan Bahan Ajar Kimia Berbasis Eksperimen Biogas sebagai Sarana Menanamkan Nilai Pendidikan untuk Pembangunan Berkelanjutan. Skripsi. Jakarta : Program Studi Pendidikan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Jakarta, Juli 2017.

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan bahan ajar kimia berbasis eksperimen biogas sebagai sarana menanamkan nilai pendidikan untuk pembangunan berkelanjutan. Penelitian dilakukan pada semester genap tahun ajaran 2016/2017 di SMA Negeri 98 Jakarta kelas XI. Metode penelitian yang digunakan adalah penelitian dan pengembangan (*Research and Development*) dengan tahapan analisis kebutuhan, pengembangan produk, uji validasi produk oleh ahli, uji coba produk oleh peserta didik, dan revisi produk akhir. Produk yang dihasilkan adalah bahan ajar berupa buku pengayaan pengetahuan. Tahap pengembangan dilakukan penelitian percobaan biogas dengan cara sederhana sebagai dasar pembuatan bahan ajar. Hasil uji kelayakan oleh ahli materi dan bahasa secara indikator keseluruhan memberikan persentase 90% dan persentase untuk ahli media sebesar 92,7% yang keduanya menunjukkan kategori sangat baik. Hasil perhitungan reabilitas oleh ahli materi, bahasa, dan media secara berturut-turut memiliki r sebesar 0,62; 0,70; 0,61 yang menunjukkan bahwa bahan ajar yang dikembangkan termasuk kategori baik. Hasil uji coba bahan ajar kimia kepada peserta didik dilakukan pada kelompok kecil dan kelompok besar. Hasil uji coba bahan ajar oleh peserta didik pada kelompok kecil secara indikator keseluruhan memberikan persentase 80,7% dengan kategori sangat baik. Uji coba bahan ajar oleh peserta didik pada kelompok besar memberikan hasil dengan persentase secara keseluruhan sebesar 80,1% menunjukkan bahwa bahan ajar yang dikembangkan memiliki kategori sangat baik. Berdasarkan hasil yang diperoleh tersebut, maka dapat disimpulkan bahan ajar kimia berbasis eksperimen biogas sebagai sarana menanamkan nilai pendidikan untuk pembangunan berkelanjutan sudah baik dan layak digunakan dalam pembelajaran kimia.

**Kata Kunci:** Bahan Ajar Kimia, Biogas, Pendidikan untuk Pembangunan Berkelanjutan

## ABSTRACT

**FIANI MONICA DEWI.** Development of Teaching Materials biogas experimental-based as a Means to Increase the Value of Education for Sustainable Development. Undergraduate Thesis. Jakarta: Chemistry Education Study Program, Faculty of Mathematics and Sciences, Jakarta State University, July 2017.

This study aims to develop teaching materials chemistry biogas experimental-based as a means of inculcating the value of education for sustainable development. The study was conducted on the even semester of the academic year 2016/2017 at SMA Negeri 98 Jakarta class XI. The method used is a research and development with the stage needs analysis, product development, product validation test by experts, product testing by learners, and product revision. The resulting product is teaching materials. Development stage is biogas experiment research with simple way as basic of making of teaching materials. The results of the validity test by the material and language experts as a whole indicator gives a percentage of 90% and a percentage for the media expert of 92.7% both of which show very good category. The results of calculation of reliability by the material, language, and media experts in continued have  $r$  of 0.62; 0,70; 0,61 indicating that the developed teaching materials are good category. The results of experiments on chemistry to learners are done on small groups and large groups. The results of experimental teaching experiments developed by students in small groups as a whole indicator gives a very good percentage of 80.7%. Trial of teaching materials developed by learners in large groups gives the result with an overall percentage of 80.1% indicates that the developed teaching material has a very good category. Based on the results obtained, it can be concluded that biogas experimental based chemistry materials as a means of inculcating the value of education for sustainable development is good and feasible to be used in chemistry learning.

**Keywords:** Instructional Materials Chemistry, Biogas, Education for Sustainable Development

## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur ke hadirat Allah SWT yang telah memberikan rahmat, karunia, dan hidayah-Nya, sehingga skripsi yang berjudul “Pengembangan Bahan Ajar Kimia Berbasis Eksperimen Biogas sebagai Sarana Menanamkan Nilai Pendidikan untuk Pembangunan Berkelanjutan” dapat diselesaikan. Skripsi ini disusun untuk melengkapi syarat-syarat guna memperoleh gelar Sarjana Pendidikan, Program Studi Pendidikan Kimia Universitas Negeri Jakarta.

Skripsi ini diselesaikan dengan bantuan, bimbingan, dan motivasi serta dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis bermaksud mengucapkan terima kasih kepada:

1. Dr. Maria Paristiowati, M.Si selaku Ketua Program Studi Pendidikan Kimia Universitas Negeri Jakarta, yang juga merupakan dosen pembimbing dan telah banyak memberikan bimbingan serta arahan sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.
2. Dr. Setia Budi, M.Sc selaku dosen pembimbing yang telah memberikan bimbingan dan arahan sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.
3. Hamidillah Ajie, S.Si., M.Ficky Duskarnaen, M.Sc., Cecep Kustandi, M.Pd., Dr. Ika Lestari, M.Pd yang telah menjadi dosen ahli dalam pembuatan bahan ajar kimia.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini jauh dari kesempurnaan, untuk itu penulis mohon maaf apabila terdapat kekurangan dan kesalahan. Akhir kata penulis berharap agar penelitian dan penyusunan skripsi ini dapat bermanfaat bagi pembaca pada umumnya, dan bagi penulis khususnya.

Jakarta, Juli 2017

Penulis

## DAFTAR ISI

	Halaman
<b>ABSTRAK .....</b>	<b>i</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>ii</b>
<b>KATA PENGANTAR .....</b>	<b>iii</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>iv</b>
<b>DAFTAR GAMBAR .....</b>	<b>vi</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>vii</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN .....</b>	<b>viii</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
A. Latar Belakang Masalah .....	1
B. Identifikasi Masalah .....	4
C. Pembatasan Masalah .....	5
D. Perumusan Masalah .....	5
E. Tujuan Penelitian .....	5
F. Manfaat Penelitian .....	5
<b>BAB II KAJIAN TEORI.....</b>	<b>7</b>
A. Deskripsi Konseptual .....	7
1. Bahan Ajar .....	7
2. Biogas.....	10
3. Pembelajaran Kimia.....	14
4. Pendidikan untuk Pembangunan Berkelanjutan .....	15
5. Penelitian Pengembangan.....	18
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN .....</b>	<b>21</b>
A. Tujuan Penelitian .....	21
B. Tempat dan Waktu Penelitian .....	21
C. Objek Penelitian.....	21
D. Metode Penelitian .....	21
E. Prosedur Penelitian.....	22
F. Instrumen Penelitian .....	24
G. Teknik Pengumpulan Data.....	25
H. Teknik Analisis Data .....	26

<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>28</b>
A. Analisis Kebutuhan .....	28
B. Tahap Pengembangan Bahan Ajar Berbasis Eksperimen Biogas.....	29
C. Validasi Oleh Para Ahli .....	33
D. Uji Coba Lapangan .....	40
E. Revisi Bahan Ajar Kimia Berbasis Eksperimen Biogas Akhir	43
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....</b>	<b>45</b>
A. Kesimpulan .....	45
B. Saran .....	45
<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>	<b>47</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>49</b>
<b>TENTANG PENULIS .....</b>	<b>86</b>

## DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1 Reaktor Biogas .....	11
Gambar 2 Reaktor Biogas Sederhana .....	12
Gambar 3 Representasi Pembelajaran Kimia .....	14
Gambar 4 Implementasi ESD .....	16
Gambar 5 Langkah-Langkah R&D.....	20
Gambar 6 Skema Penelitian dan Pengembangan Bahan Ajar Kimia .....	24
Gambar 7 Tampilan Cover Bahan Ajar .....	30
Gambar 8 Tampilan Layout Bahan Ajar.....	31
Gambar 9 Tampilan Halaman Muka Bab Satu .....	31
Gambar 10 Tampilan Halaman Muka Bab 2.....	32
Gambar 11 Tampilan Halaman Kata Pengantar Bahan Ajar .....	32
Gambar 12 Revisi Penambahan Materi Pendidikan Untuk Pembangunan Berkelanjutan.....	35
Gambar 13 Revisi Gambar dalam Bahan Ajar .....	36
Gambar 14 Revisi Penambahan Istilah Dalam Bahan Ajar.....	36
Gambar 15 Hasil Revisi Cover.....	39
Gambar 16 Revisi Konsistensi Paragraf .....	39
Gambar 17 Hasil Revisi Cover dalam Bahan Ajar .....	44

## DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1 Tahapan Penelitian Dan Pengembangan Bahan Ajar.....	22
Tabel 2 Skala Penilaian Instrumen Penelitian.....	25
Tabel 3 Interpretasi <i>Skor Rating Scale</i> .....	26
Tabel 4 Tabel Kategori Reabilitas.....	27
Tabel 5 Persentase Hasil Uji Kelayakan oleh Ahli Materi Dan Bahasa....	34
Tabel 6 Persentase Hasil Uji Kelayakan oleh Ahli Media Tiap Indikator .	37
Tabel 7 Persentase Hasil Uji Kelayakan oleh Peserta Didik Kelompok ...	40
Tabel 8 Persentase Hasil Uji Kelayakan oleh Peserta Didik Kelompok ...	42

## DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1 Kisi-Kisi Instrumen Analisis Kebutuhan Peserta Didik.....	50
Lampiran 2 Instrumen Analisis Kebutuhan Peserta Didik .....	51
Lampiran 3 Kisi-Kisi Instrumen Uji Coba oleh Ahli Materi Dan Bahasa ...	53
Lampiran 4 Lembar Kuesioner Uji Coba oleh Ahli Materi Dan Bahasa....	54
Lampiran 5 Kisi-Kisi Instrumen Uji Coba oleh Ahli Media .....	57
Lampiran 6 Lembar Kuesioner Uji Coba oleh Ahli Media.....	58
Lampiran 7 Indikator Angket Penilaian Peserta Didik terhadap Bahan Ajar.....	60
Lampiran 8 Angket Respon Peserta Didik terhadap Bahan Ajar .....	61
Lampiran 9 Hasil Analisis Kebutuhan Peserta Didik .....	64
Lampiran 10 Tabel Analisis Uji Kelayakan oleh Ahli Materi dan Bahasa .	66
Lampiran 11 Persentase dan Interpretasi Angket Ahli Materi dan Bahasa .....	67
Lampiran 12 Tabel Analisis Uji Kelayakan oleh Ahli Media .....	68
Lampiran 13 Persentase dan Interpretasi Angket Ahli Media .....	69
Lampiran 14 Perhitungan Reabilitas antar Rater Ahli Materi .....	70
Lampiran 15 Perhitungan Reabilitas antar Rater Ahli Bahasa .....	71
Lampiran 16 Perhitungan Reabilitas antar Rater Ahli Media .....	72
Lampiran 17 Tabel Uji Validasi Bahan Ajar oleh Peserta Didik Kelompok Kecil.....	76
Lampiran 18 Persentase Dan Interpretasi Uji Validasi Bahan Ajar Peserta Didik Kelompok Kecil.....	77
Lampiran 19 Tabel Uji Validasi Bahan Ajar oleh Peserta Didik Kelompok Besar .....	78
Lampiran 20 Persentase dan Interpretasi Uji Validasi Bahan Ajar Peserta Didik Kelompok Besar .....	79
Lampiran 21 Tampilan Bahan Ajar Kimia Berbasis Eksperimen Biogas ..	80

# BAB I

## PENDAHULUAN

### A. Latar Belakang Masalah

Dalam beberapa tahun ini, istilah pembangunan berkelanjutan (*Sustainable Development*) merupakan istilah yang sering digunakan di lingkungan masyarakat. Istilah tersebut digunakan di semua bidang termasuk bidang pendidikan. *United Nations* telah menyatakan kepada dunia bahwa tahun 2005 sampai 2014 sebagai *Decade of Education worldwide for Sustainable Development (ESD)* (Burmiester et al, 2012).

Konsep pembangunan berkelanjutan muncul didasari karena aktivitas generasi saat ini yang cenderung kurang bertanggung jawab dalam menggunakan sumber daya alam secara berlebihan. Penggunaan sumber daya alam yang berlebihan dengan sedikit kegiatan daur ulang dan penghijauan, tentu dapat menimbulkan masalah bagi generasi selanjutnya.

Perubahan perilaku atau sikap dapat dilakukan dengan mengubah pola pikir, yang salah satunya dapat dilakukan melalui pendidikan. Pembangunan berkelanjutan sebagai suatu konsep yang dapat diterapkan di semua jenjang dan lingkup pendidikan, termasuk pendidikan kimia. Dengan dideklarasikannya ESD pada tahun 2005 sampai 2014, maka semua mata pelajaran di sekolah diminta untuk berkontribusi dalam gerakan ini termasuk pendidikan kimia (Burmeister et al, 2013). Tujuan dari ESD adalah menggalakkan secara menyeluruh dan terfokus mengenai pendidikan sebagai alat utama untuk menyiapkan peserta didik agar menjadi seorang warga negara yang bertanggung jawab di masa depan (Burmeister et al, 2012).

Minimnya kesadaran terkait pembangunan berkelanjutan yang dimiliki oleh generasi saat ini, membuat mereka terus menghabiskan sumber daya alam yang ada, sehingga menyebabkan timbulnya berbagai masalah lingkungan yang serius. Masalah tersebut di antaranya adalah pemanasan global, krisis energi, meluasnya gurun, krisis keragaman hayati, polusi air dan udara, serta masalah sosial seperti kemiskinan di negara berkembang. Semua masalah tersebut membuat masyarakat sulit bertahan dengan baik dalam lingkup lokal maupun global (Segara, 2015).

Salah satu masalah yang terkait pembangunan berkelanjutan adalah krisis energi, yang menjadi masalah dunia saat ini. Krisis energi terjadi karena proses pengerukan dan produksi sumber energi seperti minyak dan batu bara, yang dilakukan secara ekstrim. Kegiatan produksi minyak mentah dunia dari tahun 1971 sampai 2015 terus bertambah (IEA, 2016). Hal itu terjadi karena kebutuhan energi penduduk dunia yang sangat tinggi. Tingginya tingkat kebutuhan energi penduduk dunia saat ini sudah tidak seimbang dengan ketersediaan sumber daya alam yang ada. Hal tersebut mendorong pemikiran bahwa perlunya sumber-sumber energi alternatif agar terpenuhinya kebutuhan energi tanpa merusak lingkungan. Salah satu alternatif yaitu dengan memanfaatkan *renewable energy* atau energi yang dapat diperbaharui.

Sumber-sumber energi yang dapat diperbaharui bermacam-macam. Salah satunya adalah biogas. Biogas merupakan sumber energi yang dapat diperbaharui yang mampu menyumbangkan andil besar dalam usaha memenuhi kebutuhan bahan bakar. Bahan baku sumber energi ini merupakan bahan non fosil, umumnya adalah limbah atau kotoran ternak yang produksinya tergantung atas ketersediaan rumput dan rumput akan selalu tersedia, karena dapat tumbuh kembali setiap saat selama dipelihara dengan baik. Selain itu, biogas juga dapat dihasilkan dari pengolahan limbah rumah tangga. Dengan demikian biogas memiliki peluang yang besar dalam pengembangannya karena bahannya dapat diperoleh dari sekitar tempat tinggal masyarakat (Sanjaya,dkk, 2015).

Di Indonesia telah banyak dilakukan penelitian mengenai biogas. Hasil Penelitian Sanjaya, Haryanto, & Tamrin (2015) menunjukkan bahwa biogas dapat diproduksi dari campuran kotoran sapi dan kotoran ayam. Sampah organik seperti sisa sayuran juga dapat dimanfaatkan untuk biogas. Hasil penelitian Rahmadian (2012) menunjukkan bahwa komposisi gas yang dihasilkan dalam biogas adalah  $\text{CH}_4$  sebesar 58,13%,  $\text{CO}_2$  sebesar 41,53%,  $\text{O}_2$  sebesar 0,33% dan  $\text{H}_2\text{S}$  sebesar 0,00057% dengan nilai kalor kotoran input digester sebesar 716,75 cal/g dan kotoran output sebesar 795,26 cal/g. Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa limbah kotoran hewan yang ada cukup banyak di Indonesia sehingga dapat diolah dan dimanfaatkan lebih jauh menjadi sumber energi alternatif. Bahan baku yang mudah diperoleh dan juga penelitian mengenai biogas yang telah banyak dilakukan di Indonesia memberikan satu peluang tersendiri untuk masyarakat melakukan pembuatan biogas. Hal ini dapat dimulai dari dunia sekolah. Peserta didik dapat melakukan percobaan biogas di sekolah sehingga peserta didik dapat mengaitkan percobaan biogas sebagai konteks kehidupan dengan materi pembelajaran sehingga terciptanya pembelajaran kontekstual. Dengan mengaitkan materi pembelajaran dengan konteks kehidupan, peserta didik akan meningkatkan motivasi belajarnya serta akan menjadikan proses pembelajaran lebih efektif dan efisien. Untuk itu perlu adanya bahan ajar berbasis eksperimen biogas yang dapat menciptakan pembelajaran kontekstual sehingga dalam proses pembelajaran peserta didik dapat memaknai materi yang sedang dipelajari khususnya materi kimia. Selain itu, dengan peserta didik melakukan percobaan biogas dapat melatih keterampilan dan membantu mensosialisasikan kepada peserta didik agar mengetahui dan memahami pembuatan biogas dengan cara sederhana sebagai sumber energi alternatif untuk solusi masalah krisis energi sehingga dapat mengubah sudut pandang peserta didik agar melakukan pembangunan berkelanjutan seperti menjaga lingkungan dan menghemat energi.

Mengingat penggunaan biogas dapat mengurangi limbah, sampah, dan emisi CO<sub>2</sub>, maka percobaan biogas dapat dimuat dalam suatu bahan bacaan yang mendukung pembangunan berkelanjutan. Dari bahan bacaan tersebut dapat menunjang pembelajaran kimia seperti pada materi termokimia, reaksi kimia, senyawa hidrokarbon, dan minyak bumi yaitu menambah pengetahuan peserta didik mengenai aplikasi materi kimia dalam kehidupan sehari-hari dan juga dapat mendukung kegiatan praktikum di sekolah. Selain itu juga dapat mendukung gerakan literasi sekolah yang diluncurkan oleh Mendikbud pada tahun 2015. Gerakan literasi sekolah dirasa penting karena menurut data *Programme for International Student Assessment (PISA) (2015)* minat membaca buku sains Indonesia berada pada urutan ke-62 dari 70 negara. Urutan tersebut tentu tergolong sangat rendah bila dibandingkan dengan negara lainnya.

Oleh karena itu, pada penelitian ini dilakukan pembuatan bahan ajar dengan topik biogas yang dikaitkan dengan masalah lingkungan saat ini dan pembangunan berkelanjutan. Adanya bahan ajar yang baru tersebut tentu akan menjadi sumbangan besar bagi dunia pendidikan, yang berarti bertambahnya sumber bacaan bagi peserta didik Indonesia. Dan secara tidak langsung ikut mendukung gerakan literasi sekolah.

## **B. Identifikasi Masalah**

Berdasarkan latar belakang yang dikemukakan diatas, maka dapat diidentifikasi beberapa masalah terkait penelitian ini, yaitu:

1. Bagaimana implementasi ESD di Indonesia?
2. Apakah peserta didik telah menunjukkan sikap peduli lingkungan?
3. Bagaimana peran pendidikan kimia dalam menumbuhkan kesadaran lingkungan?
4. Bagaimana perkembangan percobaan biogas di Indonesia?
5. Bagaimana cara membuat biogas sederhana?
6. Apa penggunaan biogas sebagai energi alternatif sudah tersosialisasi di masyarakat?
7. Bagaimana peran pendidikan dalam mensosialisasikan ESD?

8. Bahan ajar seperti apa yang dapat menanamkan ESD dan mendukung gerakan literasi sekolah?

### **C. Pembatasan Masalah**

Berdasarkan identifikasi masalah tersebut maka peneliti ini dibatasi pada pengembangan bahan ajar kimia berbasis eksperimen biogas sebagai sarana menanamkan nilai pendidikan untuk pembangunan berkelanjutan.

### **D. Perumusan Masalah**

Berdasarkan identifikasi dan pembatasan masalah tersebut, masalah dalam penelitian ini dirumuskan sebagai berikut: “Bagaimana mengembangkan bahan ajar kimia berbasis eksperimen biogas sebagai sarana menanamkan nilai pendidikan untuk pembangunan berkelanjutan?”

### **E. Tujuan Penelitian**

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan bahan ajar kimia berbasis eksperimen biogas sebagai sarana menanamkan nilai pendidikan untuk pembangunan berkelanjutan

### **F. Manfaat Penelitian**

Hasil penelitian ini diharapkan bermanfaat bagi peserta didik, guru, dan pihak sekolah, yaitu:

#### **1. Bagi Peserta didik**

Bahan ajar kimia ini dapat menjadi bahan ajar yang dapat menciptakan pembelajaran kontekstual, meningkatkan pemahaman dan minat peserta didik terhadap energi alternatif agar memiliki sikap peduli lingkungan serta meningkatkan minat baca sains peserta didik.

## **2. Bagi Guru**

Bahan ajar kimia ini dapat dimanfaatkan guru sebagai bahan ajar tambahan atau pendukung dalam mengajar pada materi Senyawa Hidrokarbon dan Minyak Bumi.

## **3. Bagi Pihak Sekolah**

Hasil penelitian ini yang berupa bahan ajar dapat dijadikan sebagai bahan bacaan yang dapat menunjang kegiatan literasi sekolah yang dapat meningkatkan kompetensi literasi peserta didik di sekolah.

## **BAB II**

### **KAJIAN TEORI**

#### **A. Deskripsi Konseptual**

##### **1. Bahan Ajar**

Bahan ajar merupakan materi, informasi, alat/media yang digunakan pendidik untuk melaksanakan pembelajaran termasuk menciptakan suasana yang memacu peserta didik belajar (Ristekdikti, 2016). Bahan ajar bersifat sistematis yang berarti bahan ajar disusun secara urut agar memudahkan peserta didik belajar. Disamping itu, bahan ajar juga bersifat unik dan spesifik. Unik artinya bahan ajar digunakan untuk sasaran tertentu dan proses pembelajaran tertentu, dan spesifik artinya konten bahan ajar disusun sedemikian rupa untuk mencapai kompetensi dari sasaran tertentu.

Sesuai dengan penulisan modul yang dikeluarkan oleh Direktorat Guruan Menengah Kejuruan Direktorat Jenderal Pendidikan Dasar dan Menengah Departemen Pendidikan Nasional Tahun 2003, Sebuah bahan ajar dapat memudahkan peserta didik untuk mencapai kompetensi yang diharapkan jika memenuhi karakteristik yaitu sebagai berikut:

a. *Self Instructional*

Bahan ajar dapat membuat peserta didik mampu membelajarkan diri sendiri dengan bahan ajar yang dikembangkan. Untuk memenuhi karakter ini, maka di dalam bahan ajar harus terdapat tujuan yang dirumuskan dengan jelas.

b. *Self Contained*

Seluruh materi pelajaran dari satu unit kompetensi atau subkompetensi yang dipelajari terdapat di dalam satu bahan ajar secara utuh. Jadi sebuah bahan ajar haruslah memuat seluruh bagian-bagiannya dalam satu buku secara utuh untuk memudahkan pembaca mempelajari bahan ajar tersebut.

c. *Stand Alone*

Bahan ajar yang dikembangkan tidak tergantung pada bahan ajar lain atau tidak harus digunakan bersama-sama dengan bahan ajar lain. Artinya sebuah bahan ajar dapat digunakan sendiri tanpa bergantung dengan bahan ajar lain.

d. *Adaptive*

Bahan ajar hendaknya memiliki daya adaptif yang tinggi terhadap perkembangan ilmu dan teknologi. Bahan ajar harus memuat materi-materi yang sekiranya dapat menambah pengetahuan pembaca terkait perkembangan zaman atau lebih khususnya perkembangan ilmu dan teknologi.

e. *User friendly*

Setiap intruksi dan penjelasan informasi yang tampil bersifat membantu dan bersahabat dengan pemakainya, termasuk kemudahan pemakai dalam merespon dan mengakses sesuai dengan keinginan. Jadi dengan adanya bahan ajar dapat memudahkan pembaca untuk mendapatkan informasi sejelas-jelasnya.

Dalam proses pembelajaran, bahan ajar sangat dibutuhkan oleh peserta didik dan guru. Tanpa adanya bahan ajar, guru akan mengalami kesulitan dalam meningkatkan efektivitas pembelajaran dan peserta didik akan mengalami kesulitan dalam belajarnya. Oleh karena itu, bahan ajar sangat berperan bagi guru dan peserta didik dapat proses pembelajaran.

Penggunaan bahan ajar dalam proses pembelajaran memiliki peran penting yaitu 1) Bagi guru, bahan ajar berfungsi untuk mengarahkan semua aktivitasnya dalam proses pembelajaran sekaligus merupakan substansi kompetensi yang seharusnya diajarkan kepada peserta didik. 2) Bagi peserta didik, bahan ajar berfungsi untuk menjadi pedoman dalam proses pembelajaran dan merupakan substansi kompetensi yang seharusnya dipelajari.

Selain itu, berdasarkan strategi pembelajaran yang digunakan, peran bahan ajar dapat dibedakan menjadi tiga macam (Prastowo dalam Lestari, 2011: 25- 26), yaitu sebagai berikut:

- a. Peran bahan ajar dalam pembelajaran klasikal, antara lain:
  - 1) Dapat dijadikan sebagai bahan yang tak terpisahkan dari buku utama
  - 2) Dapat dijadikan pelengkap/suplemen buku utama.
  - 3) Dapat digunakan untuk meningkatkan motivasi belajar peserta didik.
  - 4) Dapat dijadikan sebagai bahan yang mengandung penjelasan tentang bagaimana mencari penerapan, hubungan, serta keterkaitan antara satu topik dengan topik lainnya.
- b. Peran bahan ajar dalam pembelajaran individual, antara lain:
  - 1) sebagai media utama dalam proses pembelajaran
  - 2) alat yang digunakan untuk menyusun dan mengawasi proses peserta didik memperoleh informasi.
  - 3) penunjang media pembelajaran individual lainnya.
- c. Peran bahan ajar dalam pembelajaran kelompok, antara lain:
  - 1) sebagai bahan terintegrasi dengan proses belajar kelompok.
  - 2) sebagai bahan pendukung bahan belajar utama

Bahan ajar dapat berupa bahan ajar cetak dan non-cetak. Bahan ajar cetak dapat berbentuk *handout* materi belajar, panduan menyelesaikan soal atau masalah, dan pedoman pembelajaran, sedangkan bahan ajar non-cetak dapat berbentuk audio, video/film, atau multimedia lainnya yang diperlukan dalam proses pembelajaran.

Dari teori-teori yang ada, dapat disimpulkan bahwa bahan ajar merupakan materi yang disusun secara sistematis yang digunakan peserta didik untuk mencapai tujuan atau kompetensi yang diharapkan.

Dalam penelitian ini bahan ajar yang dimaksud adalah buku pengayaan pengetahuan, yang dibuat untuk bahan bacaan peserta didik yang memuat empat bab yang disusun secara sistematis dari materi pembangunan berkelanjutan, krisis energi, biogas, dan materi kimia yang

menunjang percobaan pembuatan biogas. Buku pengayaan pengetahuan yang dibuat bertujuan agar bertambahnya pengetahuan peserta didik tentang energi alternatif biogas sebagai solusi krisis energi yang terjadi saat ini.

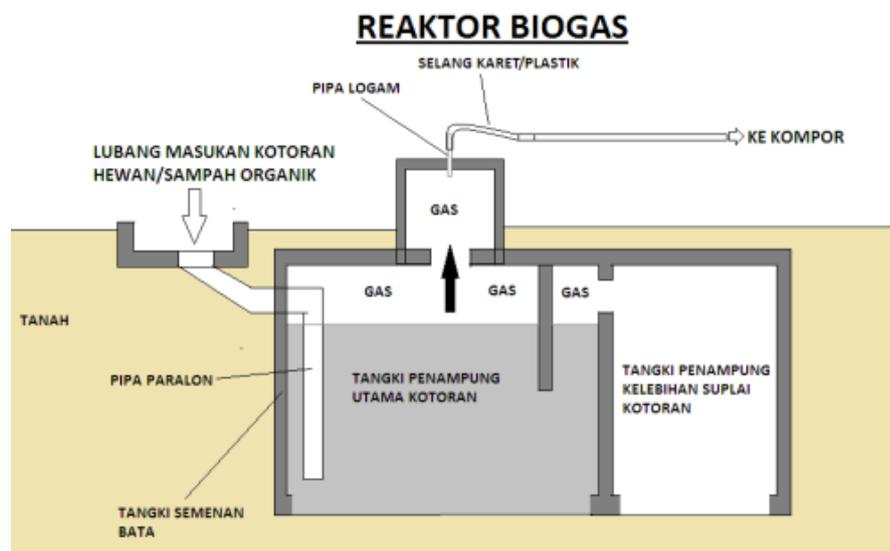
## 2. Biogas

Biogas merupakan bahan bakar gas yang dihasilkan oleh aktivitas anaerobik atau fermentasi. Bahan yang dapat digunakan sebagai bahan baku pembuatan biogas yaitu bahan *biodegradable* seperti biomassa (bahan organik bukan fosil), kotoran, sampah padat hasil aktivitas perkotaan dan lain-lain. Kandungan utama biogas adalah gas metana ( $\text{CH}_4$ ) dengan konsentrasi sebesar 50-80 % vol. Gas dalam biogas yang dapat berperan sebagai bahan bakar yaitu gas metana ( $\text{CH}_4$ ), gas hidrogen ( $\text{H}_2$ ) dan gas karbon monoksida ( $\text{CO}$ ).

Pada proses pembuatan biogas, bahan organik ditampung dalam reaktor. Bahan organik yang terkumpul pada reaktor akan diuraikan menjadi dua tahap dengan bantuan dua jenis bakteri. Tahap pertama bahan organik akan didegradasi menjadi asam lemah dengan bantuan bakteri pembentuk asam. Bakteri ini akan menguraikan bahan organik pada tingkat hidrolisis dan asidifikasi. Hidrolisis adalah penguraian senyawa kompleks atau rantai panjang seperti lemak, protein, karbohidrat menjadi senyawa yang sederhana. Kemudian bakteri metanogenik membentuk gas metana secara anaerob.

Secara ilmiah, biogas yang dihasilkan dari proses fermentasi bahan-bahan organik dengan bantuan bakteri anaerob (bakteri yang hidup dalam kondisi tanpa udara) adalah gas yang mudah terbakar (*flammable*). Pada umumnya, semua jenis bahan organik bisa diproses untuk menghasilkan biogas. Tetapi hanya bahan organik homogen, baik padat maupun cair yang cocok untuk sistem biogas sederhana. Bila sampah-sampah organik tersebut membusuk, akan dihasilkan gas metana ( $\text{CH}_4$ ) dan karbondioksida ( $\text{CO}_2$ ). Tapi, hanya  $\text{CH}_4$  yang dimanfaatkan sebagai bahan bakar.

Ada tiga jenis bahan baku untuk dikembangkan sebagai bahan baku biogas di Indonesia, antara lain kotoran hewan dan manusia, sampah organik, dan limbah cair. Biomassa merupakan sumber bahan baku biogas. Biomassa adalah bahan organik yang dihasilkan melalui proses fotosintetik, baik berupa produk maupun buangan. Contohnya seperti tanaman, pepohonan, rumput, ubi, limbah pertanian, limbah hutan, tinja, dan kotoran ternak. Selain itu, kayu juga dapat dijadikan sumber bahan baku pembuatan biogas.



**Gambar 1 Reaktor Biogas**

*Sumber: Biogasindo, 2014*

Reaktor biogas adalah suatu alat pengolah limbah organik menjadi biogas. Ada beberapa jenis reaktor biogas yang dikembangkan diantaranya adalah reaktor kubah tetap (*Fixed-dome*), reaktor terapung (*Floating drum*), reaktor jenis balon, jenis horizontal, jenis lubang tanah, jenis *ferrocement*. Dan telah dikembangkan juga reaktor jenis balon yang digunakan sebagai reaktor sederhana dalam skala kecil.

Dari segi operasional reaksi yang digunakan, digester terbagi menjadi dua tipe yaitu:

a. Tipe *Batch Digestion*

Pada tipe ini bahan baku dimasukkan ke dalam digester, kemudian dibiarkan bereaksi selama 6-8 minggu. Biogas yang dihasilkan ditampung

dan disimpan dalam penampung gas. Setelah itu digester dikosongkan dan dibersihkan sehingga siap untuk dipakai lagi.

b. Tipe *Continuous Digestion*

Pada tipe ini proses pemasukan bahan baku dan pengeluaran slurry sisa proses dilakukan secara berkala. Jumlah material yang masuk dan keluar harus diatur secara seimbang sehingga jumlah material yang ada di dalam digester selalu tetap.

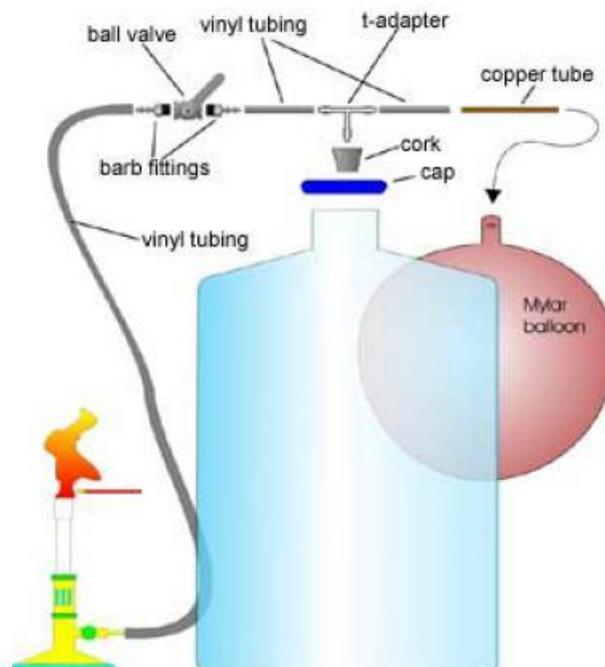
Digester dibagi menjadi dua tipe berdasarkan jumlah tahapan prosesnya, yaitu:

a. *Single Stage* (Satu Tahap)

Seluruh proses pembuatan biogas dilakukan hanya dalam satu digester saja.

b. *Multi Stage* (Multi Tahap)

Proses dilakukan di dalam dua buah digester yang bekerja secara seri. Pada digester pertama berlangsung reaksi *hydrolysis*, *acetogenesis* dan *acidogenesis*. Setelah itu material dipanaskan lalu dipompa ke digester kedua untuk reaksi *methanogenesis*.



**Gambar 2 Reaktor Biogas Sederhana**

Sumber: [www.soncrot.xtgem.com](http://www.soncrot.xtgem.com)

Adapun cara pengoperasian reaktor biogas skala rumah tangga (Mulyati, 2010):

- a. Buat campuran kotoran ternak dan air dengan perbandingan 1:1 (bahan biogas).
- b. Masukkan bahan biogas ke dalam reaktor melalui tempat pengisian sebanyak 2000 liter, selanjutnya akan berlangsung proses produksi biogas ke dalam reaktor.
- c. Setelah kurang lebih 10 hari reaktor gas dan penampung biogas akan terlihat mengembung dan mengeras karena adanya biogas yang dihasilkan. Biogas sudah dapat digunakan sebagai bahan bakar, kompor biogas dapat dioperasikan.
- d. Sekali-sekali reaktor biogas digoyangkan supaya terjadi penguraian yang sempurna dan gas yang terbentuk di bagian bawah naik ke atas, lakukan juga pada setiap pengisian bahan bakar.
- e. Pengisian bahan biogas selanjutnya dapat dilakukan setiap hari, yaitu sebanyak  $\pm$  40 liter setiap pagi dan sore. Sisa pengolahan bahan biogas berupa *sludge* (lumpur) secara otomatis akan keluar dari reaktor setiap kali dilakukan pengisian bahan biogas.

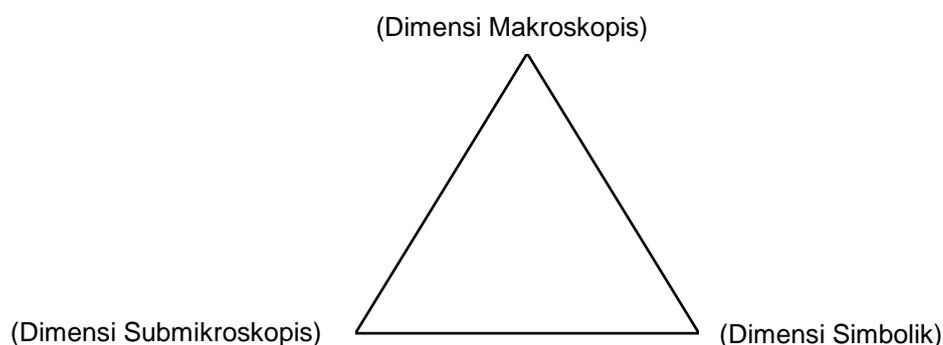
Sisa hasil pengolahan bahan biogas tersebut dapat digunakan langsung sebagai pupuk organik, baik dalam keadaan basah maupun kering. Cara pengoperasian kompor biogas: (1) buka sedikit kran gas yang ada pada kompor; (2) nyalakan korek api dan sulut tepat di atas tungku kompor; (3) apabila menginginkan api yang lebih besar, kran gas dapat dibuka lebih besar lagi, demikian pula sebaliknya. Api dapat distel sesuai dengan kebutuhan dan keinginan.

Pemeliharaan dan perawatan reaktor biogas: (1) hindarkan reaktor dari gangguan anak, tangan jahil ataupun dari ternak yang dapat merusak reaktor dengan cara memagar dan memberi atap supaya air tidak dapat masuk ke dalam galian reaktor; dan (2) isilah selalu pengaman gas dengan air sampai penuh. Jangan biarkan sampai kosong karena gas yang dihasilkan akan terbuang melalui pengaman gas.

Biogas dalam penelitian ini untuk menjadi dasar pembuatan dan pengembangan bahan ajar. Percobaan biogas dalam penelitian ini merupakan percobaan biogas sederhana dengan bahan baku kotoran sapi. Teori-teori, prosedur, alat bahan, dan hasil percobaan biogas yang diperoleh dimasukkan ke dalam bahan ajar. Biogas dijadikan sebagai energi alternatif untuk solusi masalah krisis energi yang terjadi saat ini.

### 3. Pembelajaran Kimia

Pembelajaran kimia merupakan suatu upaya guru dalam menyampaikan ilmu kimia serta penerapannya dalam kehidupan sehari-hari (Hamalik,2008:57). Ilmu kimia direpresentasikan ke dalam tiga level representasi yaitu: a) Representasi makroskopis merupakan representasi terhadap fenomena yang dapat dirasakan dalam kehidupan sehari-hari ketika seseorang mengamati perubahan yang terjadi pada sifat-sifat zat. Contohnya adalah perubahan warna, pH larutan, terbentuknya gas dan endapan saat reaksi kimia, dan lain-lain. b) Representasi submikroskopik (molekular) adalah penjelasan mengenai fenomena pada level partikel (atom, molekul, dan ion). c) Representasi simbolik (lambang) merupakan representasi yang melibatkan simbol-simbol, rumus, persamaan, model-model dan lambang zat kimia. Ketiga level representasi ini saling berkaitan dan merupakan karakter yang penting dalam pembelajaran ilmu kimia (Johnston dalam Chandrasegaran, Treagust, & Mocerino 2007).



**Gambar 3 Representasi Pembelajaran Kimia**

Dari penjelasan di atas dapat diartikan pembelajaran kimia adalah suatu proses belajar dengan upaya guru menyampaikan ilmu kimia yang nantinya dapat diterapkan dalam kehidupan peserta didik. Pembelajaran kimia sangat erat kaitannya dengan kehidupan sehari-hari. Konsep-konsep kimia dapat diaplikasikan dalam berbagai aspek kehidupan. Tetapi karena konsep-konsep kimia bersifat abstrak, maka peserta didik merasa kesulitan dalam mengaitkan konsep kimia yang dipelajari di kelas dengan aplikasinya dalam kehidupan. Apalagi materi kurikulum yang terlalu padat dan pendekatan pembelajaran tradisional yang cenderung menghafal membuat peserta didik sukar menerapkan konsep kimia dalam menyelesaikan masalah-masalah kehidupan sehari-hari. Salah satu cara yang harus dilakukan guru dalam mengembangkan pembelajaran kimia bermakna adalah membangun sikap positif terhadap pembelajaran dan meningkatkan motivasi belajar peserta didik, sehingga mereka mengetahui apa yang sedang mereka pelajari serta kaitannya dengan kehidupan mereka.

Dalam penelitian ini, bahan ajar yang dikembangkan dapat dijadikan sebagai buku bacaan yang dapat meningkatkan pengetahuan peserta didik dan menunjang pembelajaran kimia dalam materi senyawa hidrokarbon dan minyak bumi serta senyawa organik.

#### **4. Pendidikan untuk Pembangunan Berkelanjutan**

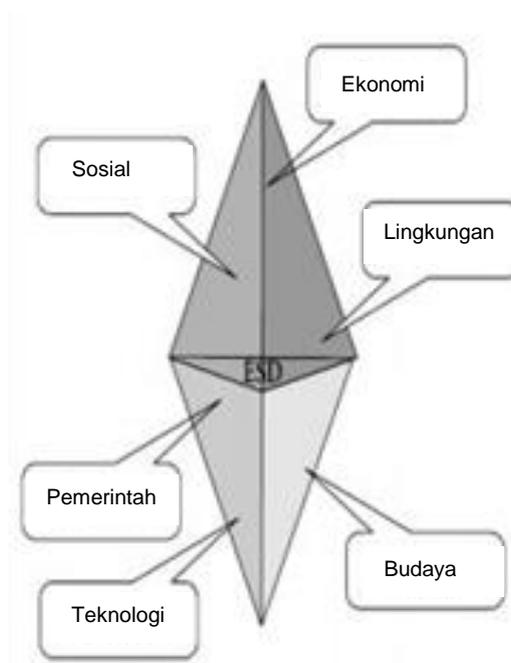
Menurut Shaw *Education for Sustainable Development* (ESD) atau pendidikan untuk pembangunan berkelanjutan adalah proses belajar sepanjang hayat yang bertujuan untuk menginformasikan dan melibatkan penduduk agar kreatif juga memiliki keterampilan menyelesaikan masalah, saintifik, dan sosial literasi, lalu berkomitmen untuk terikat pada tanggung jawab pribadi dan kelompok. Tindakan ini akan menjamin lingkungan makmur secara ekonomi di masa depan.

Jadi ESD sangat potensial untuk menghubungkan jarak yang terpisah antara bisnis dengan kelas yang ada di sekolah, juga antara kelas di sekolah dengan masyarakat. Sehingga dengan hubungan yang erat, lingkungan yang merupakan tempat tinggal manusia diharapkan

akan terus terjaga dan mampu mendukung kebutuhan manusia di masa yang akan datang.

Dari penjelasan diatas dapat diartikan ESD merupakan prose belajar yang memfokuskan untuk mempersiapkan peserta didik bertanggung jawab di masa depan yaitu memenuhi kebutuhan saat ini tanpa mengorbankan kebutuhan dimasa depan.

Awalnya, saat pendekatan klasikal yang digunakan pembangunan berkelanjutan hanya terfokus pada tiga pilar saja, yaitu ekologi lingkungan, ekonomi, dan masyarakat. Pendekatan tersebut nyatanya kurang cukup untuk membangun nilai-nilai keberlanjutan di masyarakat, apalagi untuk menuju persekolahan. Oleh karena itu, dicanangkan pendekatan keberlanjutan dalam sebuah program pendidikan.



**Gambar 4 Implementasi ESD**

Gambar 4 menunjukkan pendekatan yang berbeda setelah pendidikan dimasukan dalam pembangunan berkelanjutan. Jika Jika pada awalnya berpondasi hanya pada 3 pilar, pada pendekatan baru ini terdiri dari 6 pilar yang saling terkait. Pendidikan akan mengikat pemerintah untuk berperan dalam keberlanjutan lingkungan, keragaman budaya dan masyarakat. Teknologi juga dapat menjadi faktor yang menentukan

keberlanjutan lingkungan sehingga masyarakat memperoleh kesejahteraan di bidang ekonomi. Ruang lingkup yang terkait dengan ESD itu cukup luas, meliputi:

- a. Isu lingkungan (perubahan iklim; penanggulangan resiko bencana; biodiversitas; perlindungan lingkungan; sumber daya alam; kerusakan kota; keberlanjutan air bersih)
- b. Isu sosial ekonomi (pertumbuhan ekonomi; kemiskinan; harga makanan; tenaga kerja anak-anak; keadilan; HAM; kesehatan; perbedaan gender; perbedaan budaya; pola konsumsi dan produksi; tanggung jawab perusahaan; pertumbuhan populasi; migrasi).
- c. Isu politik (kewarganegaraan; perdamaian; etika; HAM; demokrasi dan pemerintahan)

Isu-isu yang menjadi ruang lingkup ESD memiliki keterkaitan dengan isu global, juga yang berkaitan dengan keberlanjutan manusia hidup. Masalah yang menjadi isu utama ESD diharapkan akan disadari oleh manusia dan akhirnya akan memunculkan perilaku yang fokus pada pelestarian lingkungan sosial budaya. ESD tidak hanya menuntun manusia untuk sadar terhadap pemulihan dari kerusakan lingkungan yang terjadi sekarang ini, tapi memikirkan bagaimana cara agar pelestarian itu mampu bertahan dan dapat memenuhi kehidupan di masa yang akan datang.

Ruang lingkup ESD yang luas tidak hanya berorientasi pada perlindungan kelestarian lingkungan fisik saja, akan tetapi fokus juga pada permasalahan-permasalahan sosial ekonomi. Dunia saat ini mengalami banyak krisis sosial, pertempuran terjadi di banyak negara, hanya karena perbedaan ras, agama/keyakinan, etnis, bahkan kelas sosial menjadi penyebab dari konflik-konflik itu. *Education for Sustainable Development* juga memasukan permasalahan sosial itu menjadi sebuah ruang lingkungannya.

Upaya menyiapkan peserta didik untuk melaksanakan keberlanjutan dimasa depan, maka kompetensi itu untuk: 1) Konservasi sumber daya alam untuk konsumsi manusia; 2) diakui secara sosial dan

kelingkungan sebagai cara untuk aktivitas ekonomi, mengolah dan kehidupan; 3) menanggulangi kemiskinan di dunia; 4) partisipasi semua orang dalam pendidikan, demokrasi dan pemerintahan yang baik sehingga menjadi kebiasaan dalam kehidupan sendiri. ESD berorientasi pada masa depan yaitu berfokus untuk melindungi lingkungan dan membuat lagi tindakan melestarikan lingkungan secara bersama-sama.

Pada penelitian ini, bahan ajar yang dikembangkan memuat materi pendidikan untuk pembangunan berkelanjutan yang bertujuan agar peserta didik mengetahui pembangunan berkelanjutan dan menerapkan pembangunan berkelanjutan dari bahan ajar yang dikembangkan seperti sikap menjaga lingkungan dan pengetahuan energi alternatif biogas sebagai solusi masalah krisis energi.

## **5. Penelitian Pengembangan**

Konsep penelitian dan pengembangan dalam pendidikan mulai dikenal sejak Robert M. Gagne yang sangat terkenal dengan *Instructional System Development (ISD)* dan *The Condition of Learning (TLC)* tercatat pertama kali menggunakan *Research & Development (R&D)* dalam bidang pendidikan. Sedangkan menurut Sugiyono (2011) penelitian dan pengembangan merupakan metode penelitian yang digunakan untuk menghasilkan produk tertentu dan menguji keefektifan produk tersebut.

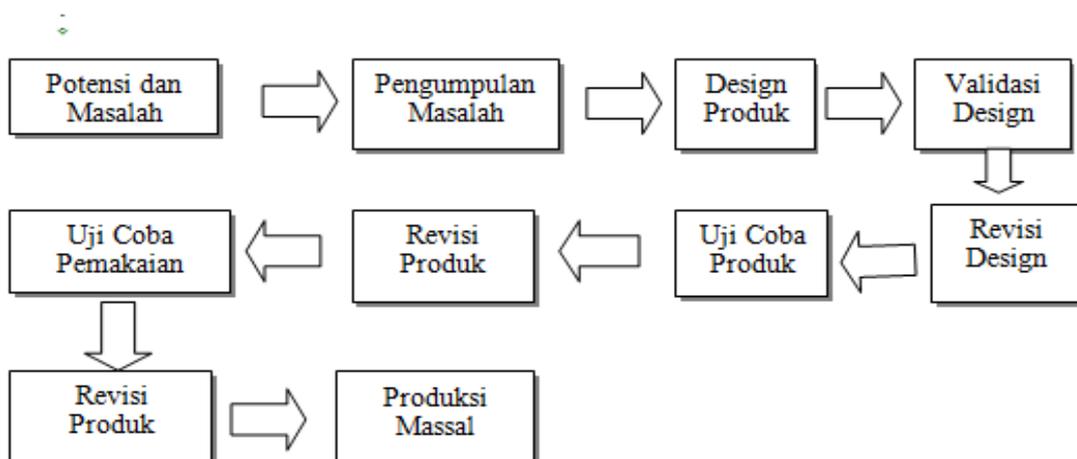
Menurut Borg & Gall (1989) dalam *Educational Research* menjelaskan bahwa R&D dalam pendidikan adalah sebuah model pengembangan berbasis industri dimana temuan penelitian digunakan untuk merancang produk dan prosedur baru, yang kemudian secara sistematis diuji, dievaluasi, dan disempurnakan hingga kriteria tertentu, yaitu efektivitas dan berkualitas.

Dari penjelasan para ahli diatas dapat disimpulkan, penelitian dan pengembangan atau *Research and Development / R&D* merupakan penelitian yang bertujuan untuk mengembangkan atau membuat produk, yang nantinya produk tersebut bermanfaat untuk digunakan dalam bidang-bidang tertentu tertentu.

Borg & Gall (1998: 775) mengembangkan 10 tahapan dalam mengembangkan model, yaitu:

- a. *Research and information collecting*, antara lain studi literatur yang berkaitan dengan permasalahan yang dikaji, pengukuran kebutuhan, penelitian dalam skala kecil, dan persiapan untuk merumuskan kerangka kerja penelitian;
- b. *Planning*, yakni menyusun rencana penelitian yang meliputi merumuskan kecakapan dan keahlian yang berkaitan dengan permasalahan, menentukan tujuan yang akan dicapai pada setiap tahapan, desain atau langkah-langkah penelitian dan jika diperlukan melaksanakan studi kelayakan secara terbatas;
- c. *Develop preliminary form of product*, yaitu mengembangkan bentuk permulaan dari produk yang akan dihasilkan. Termasuk dalam langkah ini adalah persiapan komponen pendukung, menyiapkan pedoman atau buku petunjuk, dan melakukan evaluasi terhadap kelayakan alat-alat pendukung;
- d. *Preliminary field testing*, yaitu melakukan uji coba lapangan awal dalam skala terbatas, dengan melibatkan 1-3 sekolah, dengan jumlah 6-12 subyek. Pada langkah ini pengumpulan dan analisis data dilakukan dengan cara wawancara, observasi, atau angket;
- e. *Main product revision*, yaitu melakukan perbaikan terhadap produk awal yang dihasilkan berdasarkan hasil ujicoba awal.
- f. *Main field testing*, biasanya disebut uji coba utama yang melibatkan khalayak lebih luas, yaitu 5-15 sekolah, dengan jumlah subyek 30-100 orang. Pengumpulan data dilakukan secara kuantitatif, terutama dilakukan terhadap kinerja sebelum dan sesudah penerapan uji coba.
- g. *Operational product revision*, yaitu melakukan perbaikan/penyempurnaan terhadap hasil ujicoba lebih luas, sehingga produk yang dikembangkan sudah merupakan desain model operasional yang siap divalidasi;

- h. *Operational field testing*, yaitu langkah uji validasi terhadap model operasional yang telah dihasilkan. Tujuan langkah ini adalah untuk menentukan apakah suatu model yang dikembangkan benar-benar siap dipakai di sekolah tanpa harus dilakukan pengarahan atau pendampingan oleh peneliti/pengembang model;
- i. *Final product revision*, yaitu melakukan perbaikan akhir terhadap model yang dikembangkan guna menghasilkan produk akhir (final);
- j. *Dissemination and implementation*, yaitu langkah menyebarluaskan produk/model yang dikembangkan kepada khalayak/masyarakat luas, terutama dalam kancah pendidikan. Sugiyono (2011) menjelaskan langkah-langkah R&D sebagai berikut:



**Gambar 5 Langkah-Langkah R&D**

Secara ringkas penelitian R&D berawal dari adanya potensi dan masalah, selanjutnya dilakukan pengumpulan informasi sebagai bahan untuk perencanaan. Melalui penelitian awal dihasilkan desain produk dan divalidasi untuk penilaian. Saran dari validasi digunakan untuk perbaikan/revisi desain. Kemudian dilakukan uji coba produk untuk kelompok kecil. Berdasarkan uji coba kelompok kecil, dilakukan revisi produk. Selanjutnya, dilakukan uji coba kembali untuk kelompok besar. Apabila ada kekurangan, produk direvisi kembali. Setelah direvisi, hasil akhir produk siap diproduksi secara massal.

## **BAB III**

### **METODOLOGI PENELITIAN**

#### **A. Tujuan Penelitian**

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan bahan ajar kimia berbasis eksperimen biogas sebagai sarana menanamkan nilai pendidikan untuk pembangunan berkelanjutan.

#### **B. Tempat dan Waktu Penelitian**

Penelitian ini dilakukan di SMAN 98 Jakarta, tahun ajaran 2016/2017. Waktu penelitian dilakukan pada Januari-Mei 2017.

#### **C. Objek Penelitian**

Objek penelitian ini adalah bahan ajar kimia berupa buku pengayaan pengetahuan yang di ujicobakan kepada peserta didik kelas XI SMA Negeri 98 Jakarta sebagai responden pada tahap analisis kebutuhan peserta didik dan tahap uji coba bahan ajar kelompok kecil dan kelompok besar.

#### **D. Metode Penelitian**

Metode penelitian yang dilakukan adalah metode penelitian dan pengembangan (*Research and Development / R&D*). Secara umum, model R&D telah dikembangkan oleh beberapa ahli. Salah satu ahli tersebut adalah Borg and Gall (1983). Model yang dikembangkan oleh Borg and Gall melalui sepuluh tahapan, yaitu:

1. Penelitian dan pengumpulan data (*Research & Information Collecting*)
2. Perencanaan Penelitian (*Planing*)
3. Pengembangan desain (*Develop Preliminary of Product*)
4. Uji coba lapangan awal (*Preliminary Field Testing*)
5. Merevisi hasil uji coba (*Main Product Testing*)

6. Uji coba lapangan (*Main Field Testing*)
7. Revisi hasil uji lapangan (*Operational Product Revision*)
8. Uji kelayakan (*Operational Field Testing*)
9. Revisi produk akhir (*Final Product Revision*)
10. Diseminasi dan implementasi produk (*Dissemination and Implementation*)

Model-model yang dikembangkan oleh para ahli sebenarnya merupakan hasil bentuk modifikasi dari model Borg and Gall (1983), salah satunya bentuk modifikasi oleh Sugiono (2006) dalam I Gede Rasagama, 2011 yaitu sebagai berikut:

1. *Need Analysis* (Analisis Kebutuhan)
2. Pengembangan Produk Awal
3. Validasi Ahli
4. Ujicoba Lapangan
5. Revisi Produk Akhir

#### **E. Prosedur Penelitian**

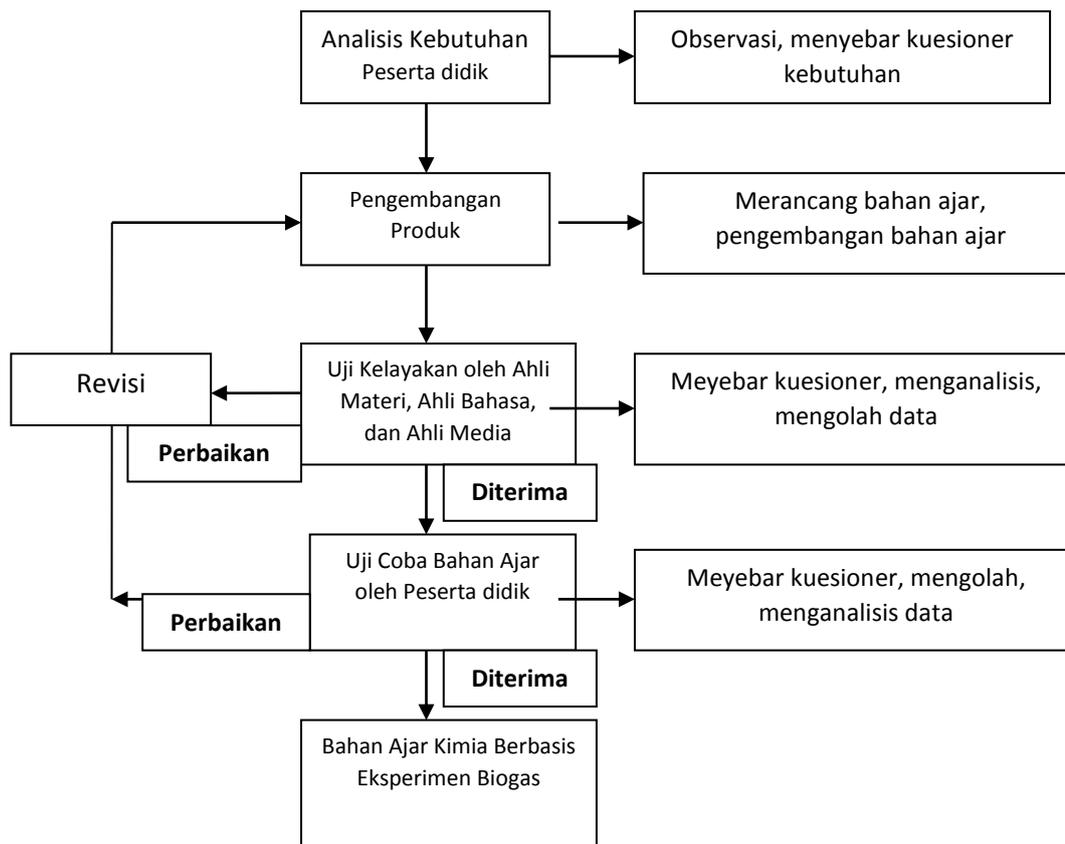
Pada penelitian ini, kesepuluh tahapan Borg and Gall (1983) dimodifikasi oleh Sugiono (2006) menjadi lima tahap seperti pada Tabel 1. Langkah pertama yaitu analisis kebutuhan peserta didik, langkah kedua yaitu pengembangan produk awal, langkah ketiga yaitu validasi produk oleh ahli materi dan ahli bahasa, langkah keempat yaitu uji coba bahan ajar oleh peserta didik dan langkah terakhir yaitu revisi bahan ajar.

**Tabel 1 Tahapan Penelitian dan Pengembangan Bahan Ajar**

<b>No.</b>	<b>Tahapan</b>	<b>Tujuan</b>	<b>Kegiatan</b>	<b>Perangkat</b>
1.	Analisis Kebutuhan	Mengidentifikasi kebutuhan dalam membuat bahan ajar	Melakukan analisis kebutuhan oleh peserta didik	Instrumen analisis kebutuhan peserta didik

No.	Tahapan	Tujuan	Kegiatan	Perangkat
2.	Pengembangan Produk	Menghasilkan rancangan bahan ajar Menghasilkan bahan ajar berbasis eksperimen biogas untuk mendukung ESD	Melakukan penelitian mengenai eksperimen biogas Menganalisis materi biogas , energi alternatif untuk mendukung ESD	Bahan ajar kimia yang sesuai rancangan
3.	Uji Kelayakan Bahan Ajar oleh Para Ahli	Memperoleh informasi berupa perbaikan, saran, dan kritik yang membangun untuk evaluasi dan revisi bahan ajar kimia	Menganalisis hasil uji ahli materi dan bahasa(masing-masing berjumlah 3 orang Mengolah dan merevisi sesuai analisa data.	Instumen uji kelayakan oleh ahli materi dan bahasa
4.	Uji Coba Bahan Ajar oleh Peserta didik	Mengetahui pendapat peserta didik mengenai media pembelajaran yang dibuat berupa bahan ajar kimia, untuk evaluasi selanjutnya.	Melakukan uji coba kepada peserta didik Mengolah, menganalisis data	Instrumen uji coba peserta didik evaluasi peserta didik
5.	Revisi Bahan Ajar Akhir (penyempurnaan produk)	Menghasilkan bahan ajar kimia sesuai dengan masukan yang diperoleh berdasarkan uji coba yang dilakukan	Mengolah dan menganalisis data hasil uji coba, dan melakukan perbaikan produk serta menulis laporan akhir	

Secara singkat, langkah-langkah dan pengembangan bahan ajar kimia yang dilakukan dalam penelitian ini dapat digambarkan melalui skema (Gambar 6) berikut ini:



**Gambar 6 Skema Penelitian dan Pengembangan Bahan Ajar Kimia**

## F. Instrumen Penelitian

Instrumen yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari instrumen analisis kebutuhan, instrumen validasi bahan ajar oleh ahli materi dan ahli bahasa, serta instrumen uji coba bahan ajar oleh peserta didik.

### 1. Instrumen Analisis Kebutuhan

Instrumen ini berupa kuesioner yang berisi pertanyaan-pertanyaan yang diajukan kepada peserta didik yang bertujuan untuk mengetahui kebutuhan peserta didik dalam pengembangan bahan ajar yang diinginkan.

Instrumen pada analisis kebutuhan dibuat dengan menggunakan skala Guttman. Skala Guttman adalah skala pengukuran yang akan diperoleh jawaban tegas yaitu “ya atau tidak”.

## 2. Instrumen Kelayakan Oleh Ahli Materi Bahasa dan Media

Instrumen uji kelayakan oleh ahli berupa kuesioner untuk menilai bahan ajar yang diberikan kepada ahli materi dan bahasa, serta ahli media. Ahli materi dan bahasa serta ahli media pada tahap ini, menilai bahan ajar yang dihasilkan sebelum dipublikasikan. Tahap ini dilakukan untuk menilai apakah bahan ajar yang dihasilkan telah memenuhi syarat atau belum dan untuk memperoleh masukan dalam perbaikan buku.

Skala yang digunakan pada kuesioner validasi ini adalah skala Likert 4 tingkatan (Sugiyono, 2011). Adapun kriteria dari masing-masing skala penilaian tersebut antara lain:

- a) Skala 1, jika validator memberikan penilaian sangat tidak setuju,
- b) Skala 2, jika validator memberikan penilaian tidak setuju,
- c) Skala 3, jika validator memberikan penilaian setuju,
- d) Skala 4, jika validator memberikan penilaian sangat setuju.

## 3. Instrumen Uji Coba Produk

Instrumen ini diberikan kepada peserta didik yang akan menggunakan bahan ajar yang telah dikembangkan. Instrumen pada kuesioner uji coba produk menggunakan skala Likert dengan 4 tingkatan sesuai pada Tabel 2. dibawah ini:

**Tabel 2 Skala Penilaian Instrumen Penelitian**

Jawaban	Bobot Skor
Sangat Setuju	4
Setuju	3
Tidak Setuju	2
Sangat Tidak Setuju	1

## G. Teknik Pengumpulan Data

Tehnik pengumpulan data dalam penelitian ini diawali dengan melakukan pengamatan (observasi) proses pembelajaran dan penyebaran kuesioner analisis kebutuhan peserta didik. Selanjutnya, melakukan penyebaran kuesioner kelayakan produk kepada ahli materi bahasa, ahli

media serta penyebaran kuesioner uji coba produk kepada peserta didik. Pengumpulan data menggunakan instrumen yang dikembangkan oleh peneliti.

#### H. Teknik Analisis Data

Teknik analisis data dalam penelitian ini dilakukan secara kualitatif yaitu dengan menghitung persentase dari jawaban angket atau instrumen uji coba yang digunakan, yaitu meliputi instrumen uji kelayakan oleh para ahli, uji coba produk oleh peserta didik. Data yang diperoleh selanjutnya dianalisis untuk memperoleh kesimpulan dari penelitian yang dilakukan. Kemudian, untuk mengetahui kualitas bahan ajar yang dikembangkan, instrumen uji coba produk oleh peserta didik dan validasi produk oleh para ahli diinterpretasi dengan menggunakan:

$$\text{Persen Kelayakan} = \frac{\text{Jumlah Skor Total Jawaban}}{\text{Jumlah Skor Total Maksimum Tiap Indikator}} \times 100\%$$

Data yang diperoleh selanjutnya diinterpretasi berdasarkan *rating scale*, seperti terlihat pada Tabel 3.

**Tabel 3 Interpretasi Skor *Rating Scale***

<b>Persentase</b>	<b>Interprestasi</b>
0 % - 20%	Sangat Kurang Baik
20,1 % - 40 %	Kurang Baik
40,1 % - 60 %	Cukup Baik
60,1 % - 80 %	Baik
80,1 % - 100 %	Sangat Baik

Uji reliabilitas dilakukan pada instrumen validasi ahli (materi bahasa dan media). Tujuan uji reliabilitas antar rater untuk mengetahui kekonsistenan pendapat rater (ahli) dalam menilai bahan ajar yang dikembangkan. Uji yang digunakan adalah uji realibilitas antar rater *Intraclass Correlation Coeficient* (ICC) dari Fleiss Kappa. ICC adalah sebuah pengukuran untuk menguji kekonsistensian rata-rata kesepakatan

pendapat lebih dari dua orang rater dalam sebuah variabel penelitian. Cara mengukur rata-rata kesepakatan antar rater dengan ICC menggunakan rumus  $r$ , yaitu:

$$r = \frac{RJKb - RJKe}{RJKb}$$

**Keterangan :**

- $r$  = Koefisien kesepakatan antar *rater* (Reabilitas kesesuaian observer)  
 $RJKb$  = Jumlah kuadrat baris  
 $RJKe$  = Jumlah kuadrat *error*

Setelah didapatkan nilai rata-rata kesepakatan antar rater, nilai tersebut sesuai pada Tabel 4.

**Tabel 4 Tabel Kategori Reabilitas**

<b>r</b>	<b>Kesepakatan</b>
0.0 – 0.20	Sangat Kurang Baik
0.21 - 0.40	Kurang Baik
0.40 – 0.60	Cukup
0.61 – 0.80	Baik
0.81 - 100	Sangat Baik

## **BAB IV**

### **HASIL DAN PEMBAHASAN**

Hasil penelitian “Pengembangan Bahan Ajar Kimia Berbasis Eksperimen Biogas Sebagai Sarana Menanamkan Nilai Pendidikan untuk Pembangunan Berkelanjutan” akan diuraikan berdasarkan tahapan-tahapan, yaitu tahap analisis kebutuhan, tahapan pengembangan produk, tahapan uji validasi ahli, tahapan uji coba lapangan, dan tahapan revisi produk akhir.

#### **A. Analisis Kebutuhan**

Tahap analisis kebutuhan dilakukan di SMA Negeri 98 Jakarta untuk memperoleh informasi tentang kegiatan belajar kimia di SMA Negeri 98 Jakarta. Tahap analisis kebutuhan dilakukan untuk mengetahui permasalahan peserta didik dalam pembelajaran kimia khususnya dalam aplikasi kimia dalam kehidupan sehari-hari dan untuk mengetahui permasalahan mengenai krisis energi dalam sudut pandang peserta didik sehingga dapat dicari solusi yang tepat untuk menyelesaikan permasalahan tersebut. Pada tahap ini dilakukan melalui observasi lapangan dan menyebarkan kuesioner analisis kebutuhan pada peserta didik XI IPA 2. Kisi-kisi instrumen dan lembar kuesioner untuk analisis kebutuhan ini dapat dilihat pada Lampiran 1 dan 2 halaman 57. Berdasarkan hasil analisis kebutuhan peserta didik, diperoleh informasi mengenai pembelajaran kimia pada materi senyawa hidrokarbon dan bahan ajar seperti apa yang diinginkan oleh peserta didik. Hasil yang diperoleh pada analisis kebutuhan peserta didik tertera pada lampiran 9 halaman 71. Berdasarkan hasil analisis kebutuhan peserta didik diketahui bahwa semua peserta didik telah mempelajari materi senyawa hidrokarbon, namun hanya 56% peserta didik yang menjawab bahwa mereka telah mengenal senyawa hidrokarbon yang ada dalam kehidupan,

sebab itu 67% peserta didik tidak mempunyai ketertarikan yang lebih untuk mempelajari aplikasi materi senyawa hidrokarbon dalam kehidupan mungkin karena bahan ajar yang mereka gunakan tidak membahas aplikasi materi kimia dalam kehidupan sehari-hari yang menarik yang tentunya sangat bermanfaat bagi mereka. Kemudian analisis kebutuhan dari permasalahan krisis energi, semua peserta didik menjawab bahwa krisis energi merupakan permasalahan dunia saat ini. Namun, hanya beberapa yang menjawab beberapa solusi krisis energi tersebut yakni dengan memanfaatkan energi alternatif. Salah satu energi alternatif yaitu biogas dengan memanfaatkan kotoran sapi sebagai bahan baku dalam pembuatannya dan 86% peserta didik menjawab mereka tertarik untuk mengetahui proses pengolahan kotoran sapi menjadi bahan bakar alternatif dan 86% peserta didik setuju dalam pembuatan bahan ajar pengolahan kotoran sapi menjadi bahan bakar alternatif.

Berdasarkan data yang diperoleh tersebut, maka penelitian ini akan mengembangkan bahan ajar kimia yakni bahan ajar berbasis eksperimen biogas kemudian dari buku tersebut dapat menjadi sarana dalam meningkatkan nilai-nilai pendidikan untuk pembangunan berkelanjutan yakni meningkatkan keterampilan, sikap peduli lingkungan, dan pengetahuan tentang bahan bakar alternatif.

## **B. Tahap Pengembangan Bahan Ajar Berbasis Eksperimen Biogas**

Bahan ajar yang dibuat harus melalui tahap perencanaan dan pengembangan. Pada tahap perencanaan, peneliti melakukan eksperimen biogas. Eksperimen dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui lebih dalam proses pembuatan biogas dari limbah ternak sapi yang kemudian digunakan sebagai dasar pembuatan dan pengembangan bahan ajar. Penelitian ini dilakukan dengan studi literatur dari berbagai video yang peneliti dapatkan dari situs *youtube* untuk membuat alat percobaan biogas yang dapat dipraktikkan langsung oleh peserta didik. Pada tahap ini, peneliti juga melakukan uji coba alat biogas dan didapatkan hasil berupa 1) Gas yang dihasilkan tidak berwarna dan tidak berbau; 2) Dihasilkan api

yang menyala saat sumber api disulutkan ke selang pengeluaran gas. Dari penelitian tersebut dapat diketahui bahwa limbah ternak sapi dapat dijadikan sebagai bahan baku pembuatan biogas yaitu dapat menghasilkan gas metana yang ditandai dengan ciri tidak berbau dan tidak berwarna. Dan setelah dilakukan uji nyala pada gas yang dihasilkan. Ternyata dapat menghasilkan nyala api. Uji nyala api merupakan salah satu indikator berhasil atau tidaknya proses fermentasi pada biogas (Sanjaya dkk, 2015). Setelah eksperimen selesai peneliti mengembangkan bahan ajar. Pengembangan bahan ajar ini dilakukan dengan membuat desain bahan ajar. Peneliti mencoba membuat sendiri desain bahan ajar berdasarkan selera peserta didik saat ini. Proses pembuatan bahan ajar ini, tidak terlepas dari bimbingan beberapa dosen dan teman sejurusan maupun berbeda jurusan yang memberikan masukan agar bahan ajar ini lebih layak dipakai oleh peserta didik. Langkah-langkah yang dilakukan, yaitu:

### 1. Membuat cover (halaman sampul)

Berikut ini adalah *screen capture* dari cover yang dihasilkan:



**Gambar 7** Tampilan cover bahan ajar

## 2. Membuat Layout

Layout dibuat dengan memperhatikan aspek warna dan komposisi.

## 3. Memasukan Materi

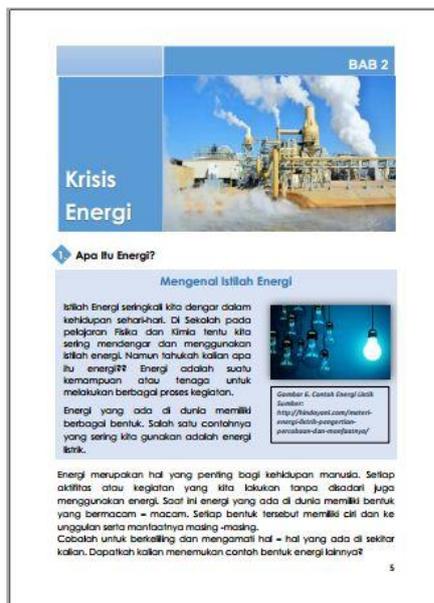
Layout yang telah dibuat lalu diisi dengan materi. Materi yang ada di dalam buku ini terdiri dari empat bab yaitu pendidikan untuk pembangunan berkelanjutan, krisis energi, biogas, dan materi kimia dalam pembuatan biogas.



Gambar 8 Tampilan layout bahan ajar



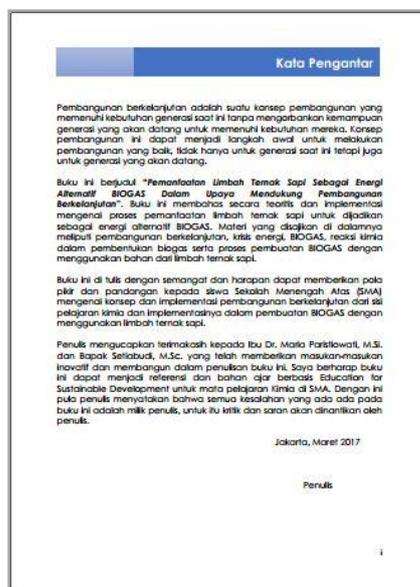
Gambar 9 Tampilan halaman muka bab satu



Gambar 10 Tampilan halaman muka bab 2

#### 4. Pemberian Ilustrasi

Buku diberi gambar yang dapat menunjang materi, dilengkapi dengan kata pengantar, daftar isi, glosarium, dan daftar pustaka.



Gambar 11 Tampilan halaman kata pengantar bahan ajar

Setelah pengembangan bahan ajar, peneliti mendiskusikan bahan ajar yang telah dikembangkan kepada dosen pembimbing. Diskusi tersebut mencakup tampilan, materi, dan bahasa yang digunakan dalam

bahan ajar yang dikembangkan. Dan terdapat beberapa perbaikan dari dosen pembimbing dari segi materi dan bahasa. Kemudian, peneliti memperbaiki bahan ajar secara keseluruhan. Setelah penyempurnaan bahan ajar dari segi bahasa dan tampilan, serta kesepakatan dari dosen pembimbing bahwa bahan ajar sudah siap dicetak untuk dilakukan tahapan validasi.

### **C. Validasi Oleh Para Ahli**

Tahap validasi bahan ajar merupakan tahap penilaian bahan ajar yang telah dikembangkan peneliti oleh beberapa ahli. Tahap validasi bertujuan untuk mengetahui penilaian beberapa ahli terhadap bahan ajar yang dikembangkan, koreksi, dan saran dari ahli agar bahan ajar yang dihasilkan memiliki kualitas yang baik. Ahli yang memvalidasi bahan ajar, yaitu ahli materi dan bahasa serta ahli media. Ahli materi dan bahasa terdiri dari tiga dosen dari jurusan kimia dan dua guru kimia dari SMA Negeri 98 Jakarta. Ahli media terdiri dari dua orang dosen dari prodi pendidikan teknologi informasi dan komunikasi FT UNJ, dua dosen dari jurusan teknologi pendidikan FIP UNJ, dan satu guru dari SMA Negeri 98 Jakarta.

#### **1. Validasi Pada Ahli Materi dan Bahasa**

Validasi bahan ajar oleh ahli materi dan bahasa bertujuan untuk menguji kelayakan kualitas materi dan bahasa dari bahan ajar yang telah dikembangkan serta mengetahui koreksi dan masukan materi terhadap bahan ajar tersebut. Ahli materi dan bahasa yang memvalidasi bahan ajar tersebut adalah tiga dosen dari jurusan kimia dan dua guru kimia dari SMA Negeri 98 Jakarta.

Kuesioner validasi bahan ajar oleh ahli materi dan bahasa berisi 23 pernyataan seperti terlampir pada Lampiran 4 halaman 61. Berdasarkan hasil perhitungan reabilitas antar rater ahli materi dan bahasa secara berturut-turut menunjukkan nilai 0,62 dan 0,70. Hal ini dapat diartikan bahwa kesesuaian antar penilai dalam menilai kualitas bahan ajar sudah baik yang didasarkan oleh kategori reabilitas yang ada di Bab III.

Sedangkan berdasarkan hasil penelitian tiap indikator pada kuesioner oleh ahli materi dapat diketahui bahwa indikator keseluruhan memiliki interpretasi yang sangat baik. Persentase yang didapat dari setiap indikator pada tabel.

**Tabel 5 Persentase hasil uji kelayakan oleh ahli materi dan bahasa tiap indikator**

No	Indikator	Persentase Kelayakan	Interpretasi
1.	Kelayakan isi	93,6%	Sangat baik
2.	Komponen penyajian	85,8%	Sangat baik
3.	Gaya Bahasa	88,3%	Sangat baik
4.	Tata Bahasa	92,5%	Sangat baik
	Keseluruhan	90%	Sangat baik

Berikut adalah penjabaran persentase kuesioner bahan ajar kepada ahli materi untuk tiap indikator maupun keseluruhan seperti yang tertera pada tabel di atas.

a. Kelayakan isi

Persentase untuk indikator ini diperoleh sebesar 93,6% dengan interpretasi sangat baik. Hal ini menunjukkan bahwa materi pada bahan ajar memiliki isi materi yang sangat baik.

b. Komponen penyajian

Persentase untuk indikator ini diperoleh sebesar 85,58% dengan interpretasi sangat baik. Hal ini menunjukkan bahwa materi pada bahan ajar tergolong sangat baik untuk disajikan pada peserta didik.

c. Gaya bahasa

Persentase untuk indikator ini diperoleh sebesar 88,3% dengan interpretasi sangat baik. Hal ini menunjukkan bahwa bahan ajar yang digunakan memiliki gaya bahasa yang sangat baik meliputi bahasa yang lugas, pemilihan kata, bahasa yang komunikatif, dan istilah yang benar.

d. Tata bahasa

Persentase untuk indikator ini diperoleh sebesar 92,5% dengan interpretasi sangat baik. Hal ini menunjukkan bahwa bahan ajar yang

digunakan memiliki tata bahasa yang sangat baik meliputi ejaan yang tepat, tata bahasa yang benar, kalimat yang efektif, dan simbol yang benar.

Demikian dapat disimpulkan berdasarkan data *rating scale* dan reabilitas antar rater ahli materi dan bahasa bahwa bahan ajar berbasis eksperimen biogas secara materi dan bahasa layak digunakan. Selain diperoleh penilaian bahan ajar, pada tahap ini juga diperoleh masukan dari para ahli materi dan bahasa yaitu:

- a. Materi pendidikan untuk pembangunan berkelanjutan perlu ditambahkan lagi.
- b. Gambar-gambar mengenai energi yang harus sedikit diperbaiki.
- c. Gambar harus lebih diperjelas.
- d. Istilah-istilah perlu dilengkapi pengertiannya.



**Gambar 12 Revisi Penambahan Materi Pendidikan untuk Pembangunan Berkelanjutan**

### Hukum Kekekalan Energi

Apakah kalian pernah mendengar Hukum Kekekalan Energi? Hukum kekekalan energi dirumuskan oleh James Prescott Joule pada tahun 1847. Teori yang ia ungkapkan, yaitu: "Energi tidak dapat diciptakan ataupun dimusnahkan, tetapi hanya bisa diubah dari satu bentuk ke bentuk lainnya".

Dari beberapa contoh sebelumnya kita mengetahui bahwa kehidupan dan aktifitas kita tidak lepas dari penggunaan energi. Saat ini energi memiliki bentuk yang bermacam-macam. Berikut ini adalah bentuk-bentuk energi secara umum yang telah diketahui oleh manusia.

**Energi kimia**



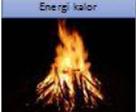
(Sumber: <https://niniweb.wordpress.com/>)

**Energi listrik**



(Sumber: [kemaku.com](http://kemaku.com))

**Energi kalor**



(Sumber: <http://balaryahnota.blogspot.co.id>)

**Energi nuklir**



(Sumber: [eksis.sindonews.com](http://eksis.sindonews.com))

Energi listrik dapat dimanfaatkan sebagai penerangan, sumber energi, sarana hiburan, penghasil panas dan penghasil gerak. Satuan listrik yang masyarakat gunakan yaitu kilowatt.hours atau KWh

 Blogas Sebagai Energi Alternatif Dari Limbah Tembak Sapi

13

Gambar 13 Revisi Gambar dalam Bahan Ajar

e) **Treating**

Treating adalah proses pemurnian fraksi minyak bumi melalui eliminasi bahan-bahan pengotor yang terikat dalam proses pengolahan atau yang berasal dari bahan baku minyak mentah. Bahan-bahan pengotor yang dihilangkan dalam proses treating tersebut antara lain bau tidak sedap melalui *copper sweetening* dan *doctor treating*, lumpur dan warna melalui *acid treatment*, parafin melalui *dewaxing*, aspal melalui *deasphalting*, dan belerang melalui *desulfurizing*, yakni:

- *Copper sweetening* dan *doctor treating*, yaitu proses penghilangan pengotor yang dapat menimbulkan bau yang tidak sedap.
- *Acid treatment*, yaitu proses penghilangan lumpur dan perbaikan warna.
- *Dewaxing* yaitu proses penghilangan wax (n parafin) dengan berat molekul tinggi dari fraksi minyak pelumas untuk menghasilkan minyak pelumas dengan *pour point* yang rendah.
- *Deasphalting* yaitu penghilangan aspal dari fraksi yang digunakan untuk minyak pelumas
- *Desulfurizing (desulfurisasi)*, yaitu proses penghilangan unsur belerang.

f) **Blending**

Blending adalah tahapan yang dilakukan untuk meningkatkan kualitas produk melalui penambahan bahan-bahan aditif ke dalam fraksi minyak bumi. Bahan-bahan aditif yang digunakan tersebut salah satunya adalah *tertio ethyl lead (TEL)*. TEL adalah bahan aditif yang digunakan untuk menaikkan bilangan oktan bensin.

Minyak bumi merupakan sumber energi yang masyarakat gunakan hingga sekarang. Minyak bumi dapat dijadikan sumber energi sebagai bahan bakar dan keperluan lainnya, namun minyak bumi merupakan energi yang tidak dapat diperbaharui sehingga jika digunakan terus menerus lambat laun akan habis.



 Blogas Sebagai Energi Alternatif Dari Limbah Tembak Sapi

21

Gambar 14 Revisi Penambahan Istilah dalam Bahan Ajar

## 2. Validasi Pada Ahli Media

Validasi bahan ajar oleh ahli media bertujuan untuk menguji kelayakan media yang disajikan. Bahan ajar ini divaliasi oleh ahli media yang terdiri dari dua orang dosen dari prodi pendidikan teknologi informasi dan komunikasi FT UNJ, dua dosen dari jurusan teknologi pendidikan FIP UNJ, dan satu guru dari SMA Negeri 98 Jakarta.

Kuesioner validasi bahan ajar oleh ahli media berisi 15 pernyataan seperti tertera pada Lampiran 6 halaman 65. Berdasarkan hasil perhitungan reabilitas antar rater ahli media yang tertera pada lampiran halaman menunjukkan nilai 0,61. Hal ini dapat diartikan bahwa kesesuaian antar penilai dalam menilai kualitas bahan ajar sudah baik yang didasarkan oleh kategori reabilitas di Bab III. Sedangkan berdasarkan hasil penelitian tiap indikator pada kuesioner oleh ahli media dapat diketahui bahwa indikator secara keseluruhan memiliki interpretasi yang sangat baik. Persentase yang didapat dari setiap indikator pada tabel berikut:

**Tabel 6 Persentase Hasil Uji Kelayakan Oleh Ahli Media Tiap Indikator**

No.	Indikator	Persentase kelayakan	Interpretasi
1.	Ukuran bahan ajar	95%	Sangat baik
2.	Tata Letak	88,7%	Sangat baik
3.	Jenis Huruf	98,3%	Sangat baik
4.	Ilustrasi dan Istilah	87,5%	Sangat baik
6.	Desain	100%	Sangat baik
7.	Kualitas Keseluruhan	100%	Sangat baik
	Keseluruhan	92,7%	Sangat baik

Berikut ini adalah penjabaran persentase kuesioner bahan ajar kepada ahli media untuk tiap indikator maupun secara keseluruhan seperti tertera pada Tabel di atas:

a. Ukuran bahan ajar

Persentase untuk tiap indikator ini diperoleh sebesar 95% dengan interpretasi sangat baik. Hal ini menunjukkan bahwa bahan ajar sangat sesuai dengan ukuran buku.

b. Tata letak

Persentase untuk tiap indikator ini diperoleh sebesar 88,75% dengan interpretasi sangat baik. Hal ini menunjukkan bahwa tata letak bahan ajar sangat baik meliputi penampilan, konsistensi, keharmonisan, dan kelengkapan.

c. Jenis Huruf

Persentase untuk tiap indikator ini diperoleh sebesar 98,33% dengan interpretasi sangat baik. Hal ini menunjukkan bahwa jenis huruf yang digunakan bahan ajar sangat baik meliputi huruf pada halaman muka dan variasi huruf bagian isi.

d. Ilustrasi dan istilah

Persentase untuk tiap indikator ini diperoleh sebesar 87,5% dengan interpretasi sangat baik. Hal ini menunjukkan bahwa ilustrasi dan istilah yang digunakan dalam bahan ajar sangat baik.

e. Desain

Persentase untuk tiap indikator ini diperoleh sebesar 100% dengan interpretasi sangat baik. Hal ini menunjukkan bahwa desain yang digunakan bahan ajar sangat baik.

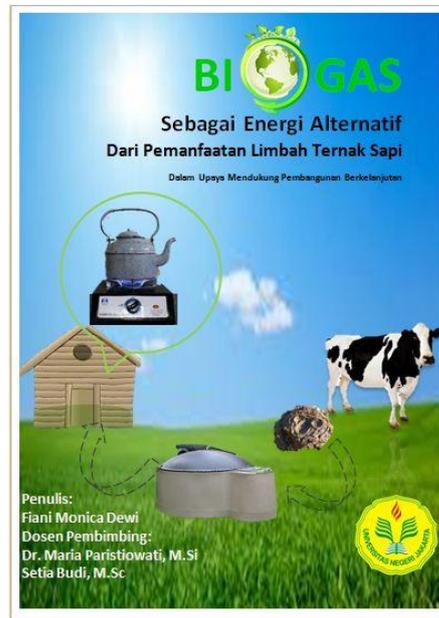
f. Kualitas keseluruhan

Persentase untuk tiap indikator ini diperoleh sebesar 100% dengan interpretasi sangat baik. Hal ini menunjukkan bahwa kualitas bahan ajar secara keseluruhan sangat baik.

Demikian dapat disimpulkan berdasarkan data *rating scale* dan reabilitas antar rater ahli media bahwa bahan ajar berbasis eksperimen biogas secara media layak digunakan. Selain diperoleh penilaian bahan ajar, pada tahap ini juga diperoleh masukan dari para ahli media yaitu:

- a. Cover yang kurang berwarna sehingga kurang menarik dan perlu mencantumkan logo universitas dan nama dosen pembimbing

- b. Konsistensi jenis paragraf dan jenis tulisan
- c. Konsistensi jarak spasi keterangan gambar dan sumber gambar menjadi 1 spasi



Gambar 15 Hasil Revisi Cover



Gambar 16 Revisi Konsistensi Paragraf

#### D. Uji Coba Lapangan

Uji coba lapangan oleh peserta didik dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui kelayakan bahan ajar yang dikembangkan. Uji coba lapangan dilakukan kepada para peserta didik kelas XI IPA yang terdiri dari kelompok kecil dan kelompok besar.

##### 1. Uji Coba Pada Peserta Didik Kelompok Kecil

Uji coba peserta didik kelompok kecil dilakukan kepada 15 peserta didik kelas XI MIPA 2 di SMA Negeri 98 Jakarta yang telah menerima materi senyawa hidrokarbon. Uji ini dilakukan sebelum dilakukan uji coba kelompok besar. Hasil penilaian uji coba ini juga digunakan untuk perbaikan bahan ajar. Hasil analisis kuesioner uji coba bahan ajar kepada peserta didik kelompok kecil dapat dilihat pada tabel berikut:

**Tabel 7 Persentase hasil uji kelayakan oleh peserta didik kelompok kecil tiap indikator**

No.	Indikator	Persentase kelayakan	Interpretasi
1.	Ukuran buku	83,3	Sangat Baik
2.	Desain kulit buku	81,7	Sangat Baik
3.	Kesesuaian materi	81,1	Sangat Baik
4.	ESD	80	Baik
5.	Tehnik penyajian	80,6	Sangat baik
6.	Kelayakan bahasa	79,2	Baik
Keseluruhan		80,7%	Sangat baik

Perhitungan hasil analisis kuesioner peserta didik kelompok kecil lebih jelas dapat dilihat pada Lampiran 8 halaman 68. Berikut ini adalah penjabaran hasil analisis kuesioner peserta didik kelompok kecil untuk tiap indikator maupun secara keseluruhan:

##### a. Ukuran buku

Hasil analisis untuk indikator ini diperoleh persentase secara keseluruhan yaitu 83,3% dengan interpretasi sangat baik. Hal ini menunjukkan bahwa ukuran buku sesuai dengan bahan ajar yang digunakan peserta didik.

b. Desain kulit buku

Hasil analisis untuk indikator ini diperoleh persentase secara keseluruhan yaitu 81,7% dengan interpretasi sangat baik. Hal ini menunjukkan bahwa desain kulit buku memiliki daya tarik bagi peserta didik.

c. Kesesuaian materi

Hasil analisis untuk indikator ini diperoleh persentase secara keseluruhan yaitu 81,1% dengan interpretasi sangat baik. Hal ini menunjukkan bahwa materi yang ada di dalam buku sesuai dengan materi tingkat peserta didik SMA yang ada dalam kurikulum 2013 yakni materi hidrokarbon dan minyak bumi.

d. ESD

Hasil analisis untuk indikator ini diperoleh persentase secara keseluruhan yaitu 80% dengan interpretasi baik. Hal ini menunjukkan bahwa buku tersebut dapat meningkatkan peserta didik tentang nilai-nilai pendidikan untuk pembangunan berkelanjutan seperti nilai keterampilan, kesadaran dalam menjaga lingkungan, dan pengetahuan tentang bahan bakar alternatif.

e. Tehnik penyajian

Hasil analisis untuk indikator ini diperoleh persentase secara keseluruhan yaitu 80,6% dengan interpretasi sangat baik. Hal ini menunjukkan bahwa buku tersebut memiliki penyajian yang baik.

f. Kelayakan bahasa

Hasil analisis untuk indikator ini diperoleh persentase secara keseluruhan yaitu 79,2% dengan interpretasi baik. Hal ini menunjukkan bahwa bahasa yang digunakan tepat untuk ukuran, huruf, dan susunan kata.

Selain itu hasil analisis di atas, dari uji coba bahan ajar kepada peserta didik kelompok kecil juga diperoleh beberapa masukan, yaitu:

a. Cover yang digunakan harus lebih menarik lagi

b. Penjajaran paragraf lebih baik rata kanan kiri agar lebih rapih

## 2. Uji Coba Pada Peserta Didik Kelompok Besar

Uji coba bahan ajar pada peserta didik kelompok besar dilakukan setelah uji coba bahan ajar pada peserta didik kelompok kecil. Uji coba ini dilakukan kepada 36 peserta didik kelas XI IPA 1 di SMA Negeri 98 Jakarta yang telah menerima materi senyawa hidrokarbon. Hasil penilaian uji coba ini juga digunakan untuk mengetahui penilaian bahan ajar yang dikembangkan. Hasil analisis kuesioner uji coba bahan ajar kepada peserta didik kelompok besar dapat dilihat pada tabel berikut:

**Tabel 8 Persentase hasil uji kelayakan oleh peserta didik kelompok besar tiap indikator**

No.	Indikator	Persentase kelayakan	Interpretasi
1.	Ukuran buku	81,3%	Sangat Baik
2.	Desain kulit buku	80,6%	Sangat Baik
3.	Kesesuaian materi	81,5%	Sangat Baik
4.	ESD	76,7%	Baik
5.	Tehnik penyajian	79,7%	Baik
6.	Kelayakan bahasa	81,3%	Sangat Baik
Keseluruhan		80,1%	Sangat Baik

Perhitungan hasil analisis kuesioner peserta didik kelompok kecil lebih jelas dapat dilihat pada Lampiran 8 halaman 68. Berikut ini adalah penjabaran hasil analisis kuesioner peserta didik kelompok kecil untuk tiap indikator maupun secara keseluruhan:

### a. Ukuran buku

Hasil analisis untuk indikator ini diperoleh persentase secara keseluruhan yaitu 81,3% dengan interpretasi sangat baik. Hal ini menunjukkan bahwa ukuran buku sesuai dengan bahan ajar yang digunakan peserta didik.

### b. Desain kulit buku

Hasil analisis untuk indikator ini diperoleh persentase secara keseluruhan yaitu 80,6% dengan interpretasi sangat baik. Hal ini menunjukkan bahwa desain kulit buku memiliki daya tarik bagi peserta didik.

c. Kesesuaian materi

Hasil analisis untuk indikator ini diperoleh persentase secara keseluruhan yaitu 81,5% dengan interpretasi sangat baik. Hal ini menunjukkan bahwa materi yang ada di dalam buku sesuai dengan materi tingkat peserta didik SMA yang ada dalam kurikulum 2013 yakni materi hidrokarbon dan minyak bumi.

d. ESD

Hasil analisis untuk indikator ini diperoleh persentase secara keseluruhan yaitu 76,7% dengan interpretasi baik. Hal ini menunjukkan bahwa buku tersebut dapat meningkatkan peserta didik tentang nilai-nilai pendidikan untuk pembangunan berkelanjutan seperti nilai keterampilan, kesadaran dalam menjaga lingkungan, dan pengetahuan tentang bahan bakar alternatif.

e. Teknik penyajian

Hasil analisis untuk indikator ini diperoleh persentase secara keseluruhan yaitu 79,7% dengan interpretasi baik. Hal ini menunjukkan bahwa buku tersebut memiliki penyajian yang baik.

f. Kelayakan bahasa

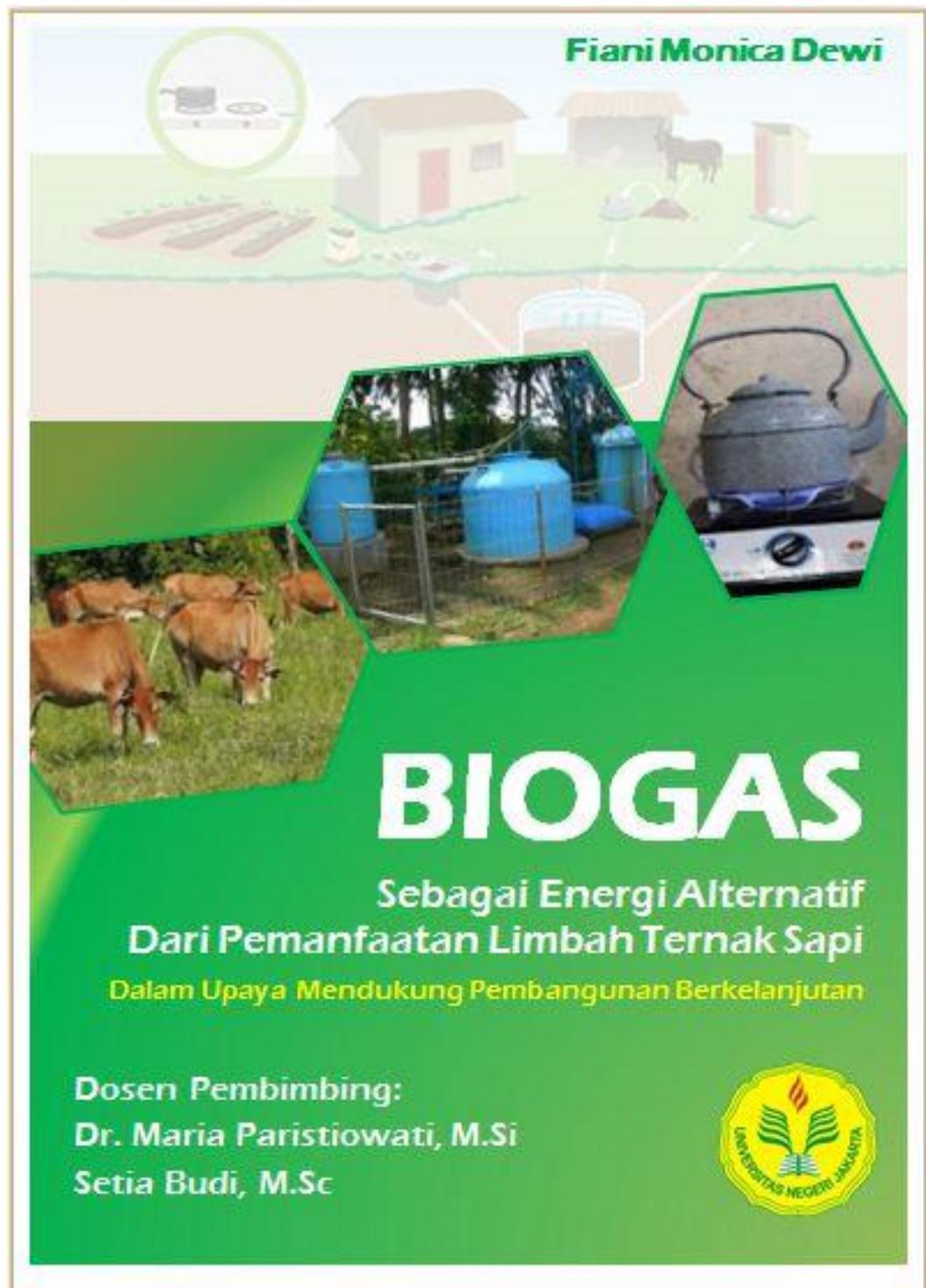
Hasil analisis untuk indikator ini diperoleh persentase secara keseluruhan yaitu 81,3% dengan interpretasi sangat baik. Hal ini menunjukkan bahwa bahasa yang digunakan tepat untuk ukuran, huruf, dan susunan kata.

Selain itu hasil analisis di atas, dari uji coba bahan ajar kepada peserta didik kelompok kecil juga diperoleh beberapa masukan, yaitu:

- a. Cover yang digunakan harus lebih menarik lagi
- b. Penjajaran paragraf lebih baik rata kanan kiri agar lebih rapih

## **E. Revisi Bahan Ajar Kimia Berbasis Eksperimen Biogas Akhir**

Revisi bahan ajar oleh peneliti dilakukan dengan tujuan memperbaiki bahan ajar yang dikembangkan sesuai dengan saran peserta didik. Namun, ada beberapa saran peserta didik yang tidak diperbaiki karena mempertimbangkan pendapat dari beberapa ahli media.



Gambar 17 Hasil Revisi Cover dalam Bahan Ajar

## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **A. Kesimpulan**

Bahan ajar berbasis eksperimen biogas sebagai sarana menanamkan nilai pendidikan untuk pembangunan berkelanjutan telah berhasil disusun. Bahan ajar berbasis eksperimen biogas disusun oleh peneliti melalui penelitian pengembangan yang di modifikasi oleh Sugiono (2006) dengan lima tahapan yaitu analisis kebutuhan, pengembangan bahan ajar, uji validasi bahan ajar oleh para ahli, uji coba bahan ajar oleh peserta didik, dan revisi bahan ajar akhir.

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa bahan ajar yang dikembangkan memiliki kategori baik, dilihat dari tercapainya indikator bahan ajar yang diinginkan. Selain itu juga dapat dilihat dari nilai koefisien antar rater yang mencapai kategori baik dari ahli materi dan bahasa, serta media. Berdasarkan data tersebut, dapat disimpulkan bahan ajar kimia berbasis eksperimen biogas sebagai sarana menanamkan nilai pendidikan untuk pembangunan berkelanjutan memiliki kategori baik dan layak untuk digunakan dalam proses pembelajaran di sekolah maupun dilakukan oleh peserta didik sendiri secara mandiri sebagai bahan bacaan.

#### **B. Saran**

Berdasarkan proses penelitian dan pengembangan bahan ajar kimia berbasis eksperimen biogas sebagai sarana menanamkan nilai pendidikan untuk pembangunan berkelanjutan, maka disarankan beberapa hal berikut:

1. Mengembangkan bahan ajar kimia lainnya dengan eksperimen-eksperimen lainnya
2. Melakukan penelitian tindak lanjut untuk menguji efektivitas bahan ajar kimia pada proses pembelajaran
3. Melanjutkan penelitian berbasis teknologi *software* sehingga tidak hanya dalam bentuk *hardware* saja.

## DAFTAR PUSTAKA

- Biogasindo. 2014. *Cara Membuat Reaktor Biogas Sederhana*.  
[www.biogasindo.blogspot.co.id/2014/10/cara-membuat-reaktor-biogas-sederhana.html](http://www.biogasindo.blogspot.co.id/2014/10/cara-membuat-reaktor-biogas-sederhana.html), 6 Januari 2017.
- Borg, WR. dan Gall, M.D. 1983. *Education Research: An Introduction*.  
New York: Longman.
- Burmeister, M., Schmit, S., dkk. 2012. *Education for Sustainable Development (ESD) and chemistry education*. *Chemistry Education Research and Practice*, 13, 59-68.
- Burmeister, M., Rauch, F., Eilks, I. 2013. *German chemistry teachers' understanding of sustainability and education for sustainable development —An interview case study*. *Chemistry Education Research and Practice*, 14: 169-176.
- Chandrasegaran, A. L., dkk. 2007. *The developmet of a two-tier multiple choice diagnostic instrument for evaluating secondary school student's ability to describe and explain chemical reactions using multiple levels representation*. *Chemistry Education Research and Practice*, 8 (3): 293-307.
- Ford, S. 2007. *Advances in Biogas*. Surrey: Pira Interantional Ltd
- Hamalik, O. 1995. *Kurikulum dan Pembelajaran*. Jakarta: Bumi Aksara
- Haryati, S. 2012. *Research and Development (R&D) sebagai Salah Satu Model Penelitian dalam Bidang Pendidikan.*, 37(1), 11-26.
- Haryati, T. 2006. *Biogas: Limbah Peternakan Yang Menjadi Sumber Energi Alternatif*. *WARTAZOA Indonesian Bulletin of Animal and Veterinary Sciences*, 16(3), 160-161.
- IEA. (2016). *Key World Energy Statistics*. Paris.
- Lestari, Ika. (2013). *Pengembangan Bahan Ajar Berbasis Kompetensi: Sesuai dengan Kurikulum Tingkat Satuan Pendidikan*. Padang: Akademia.

- Mulyati, Meylinda. 2010. *Desain Alat Biogas Dari Kotoran Sapi Skala Rumah Tangga*. Jurnal Teknik Industri STT Palembang.
- OECD. (2016). *PISA 2015*. Paris.
- Pratiwi, I. 2013. *Rancang Bangun Unit Bioreaktor Metanogenesis Sebagai Bahan Bakar*. Politeknik Negeri Sriwijaya. Palembang.
- Kemendikbud. 2015. *Permendikbud No.21 tentang Penumbuhan Budi Pekerti*. Jakarta: Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan.
- Rahmadian, B. 2012. *Studi Tekno Ekonomi Pembuatan Biogas di PT. SHGW (STICHTING HET GROENE WOUDT) Bio Tea Indonesia*. Jurnal Energi Alternatif.
- Rasagama, I. 2011. *Memahami Implementasi "Education Research and Development"*. Makalah pada Kegiatan Pelatihan Metodologi Penelitian Kuantitatif Untuk Dosen Unit Pelayanan Mata Kuliah Umum dan Unit Lainnya Politeknik Negeri Bandung, Bandung.
- Ristekdikti. 2016. *Panduan Program Intensif Bahan Ajar dan Pedoman Pembelajaran*. Jakarta: Kementerian Riset, Teknologi, dan Pendidikan Tinggi.
- Sanjaya, D., A. Haryanto, dan Tamrin. 2015. *Produksi Biogas Dari Campuran Kotoran Sapi Dengan Kotoran Ayam*. Jurnal Teknik Pertanian Lampung Vol. 4(2): 127-136.
- Segara, N, B,. 2015. *Education for Sustainable Development (ESD) Sebuah Upaya Mewujudkan Kelestarian Lingkungan*. Social Science Education Journal, 2(1), 22-30.
- Sugiyono. 2011. *Metode Penelitian Kuantitatif Kualitatif dan R&D*. Jakarta: Alfabeta
- UN. (1987). *Report of the World Commission on Environment and Development*. [www.un-documents.net/wced-ocf-02.html](http://www.un-documents.net/wced-ocf-02.html), 5 Januari 2017.
- Wahyu Sasongko. 2009. *Biogas Generator*. [www.soncrot.xtgem.com](http://www.soncrot.xtgem.com), 6 Januari 2017.

# LAMPIRAN

## Lampiran 1

### KISI-KISI INSTRUMEN ANALISIS KEBUTUHAN PESERTA DIDIK TERHADAP BAHAN AJAR BERBASIS BIOGAS UNTUK MENANANAMKAN NILAI PENDIDIKAN UNTUK PEMBANGUNAN BERKELANJUTAN

Tujuan : Memperoleh Informasi Mengenai Bahan Ajar Berbasis  
Eksperimen Biogas

Tempat :

Waktu :

No	Indikator	Pernyataan	Butir soal
1.	Bahan Ajar	- Intensitas Penggunaan Bahan Ajar	1
		- Efektifitas Sumber belajar dalam Pembelajaran	2,3,4,5
2.	Materi Hidrokarbon	- Pengetahuan tentang hidrokarbon	6
		- Ketertarikan terhadap materi hidrokarbon	7,8,9
3.	Kotoran Sapi dan Krisis Energi	- Pengetahuan mengenai krisis energi	10,11,12,13
		- Penanganan yang dilakukan untuk menangani permasalahan krisis energi	14,15
4.	Bahan Bakar Alternatif	- Pemahaman mengenai bahan bakar alternatif - Pengolahan kotoran sapi menjadi bahan bakar alternatif	16, 17 18, 19
5.	Bahan Ajar Berbasis Eksperimen Biogas	- Pembuatan Bahan Ajar Berbasis Eksperimen Biogas	20

## Lampiran 2

### INSTRUMEN ANALISIS KEBUTUHAN PESERTA DIDIK TERHADAP BAHAN AJAR BERBASIS EKSPERIMEN BIOGAS SEBAGAI SARANA MENANAMKAN NILAI PENDIDIKAN UNTUK PEMBANGUNAN BERKELANJUTAN

Tujuan : Memperoleh Informasi Mengenai Bahan Ajar Berbasis  
Eksperimen Biogas

Tempat : SMAN 98 Jakarta

Waktu :

No	Pertanyaan	Jawab	
		Ya	Tidak
1	Bahan ajar apa yang sering anda gunakan dalam pembelajaran?		
	a. Bahan ajar tercetak (contoh: buku)		
	b. Bahan ajar non cetak (contoh: aplikasi, video)		
2	Apakah Anda memahami konsep dari materi yang terdapat dalam bahan ajar yang Anda gunakan?		
3	Apakah Guru Anda menerangkan materi yang berkaitan dengan bahan ajar yang anda gunakan?		
4	Dari bahan ajar yang anda gunakan, apakah anda menemukan aplikasi materi untuk kehidupan anda?		
5	Bila menggunakan bahan ajar yang sesuai dengan materi dan kehidupan sehari-hari, apakah anda merasakan belajar yang efektif?		
6	Apakah Anda sudah mempelajari materi hidrokarbon?		
7	Jika Anda menjawab "Ya" pada pertanyaan nomor 6, apakah anda sudah mengenal senyawa hidrokarbon yang ada dalam kehidupan?		
8	Apakah Anda memahami manfaat mempelajari hidrokarbon?		
9	Apakah anda memiliki ketertarikan yang lebih untuk mempelajari aplikasi materi hidrokarbon dalam kehidupan?		

10	Menurut Anda, apakah kotoran sapi termasuk senyawa hidrokarbon?		
11	Apakah kotoran sapi memiliki banyak kegunaan dalam kehidupan?		
12	Menurut Anda, apakah krisis energi telah menjadi permasalahan dunia?		
13	Menurut Anda, apakah kotoran sapi dapat menangani permasalahan krisis energi?		
14	Upaya apa saja yang anda ketahui dalam penanganan krisis energi?		
15	Sebagai peserta didik, bersediakah anda untuk mengaplikasikan ilmu yang anda dapatkan untuk menangani permasalahan lingkungan, yang dalam hal ini mengenai krisis energi?		
16	Menurut anda, apa yang dimaksud dengan bahan bakar alternatif?		
17	Apa saja bahan bakar alternatif yang anda ketahui?		
18	Tahukah anda proses pengolahan kotoran sapi menjadi bahan bakar alternatif?		
19	Apakah anda tertarik untuk mengetahui proses pengolahan kotoran sapi menjadi bahan bakar alternatif?		
20	Apakah anda setuju dengan Pembuatan Bahan Ajar Pengolahan Kotoran Sapi menjadi Bahan Bakar Alternatif?		

*Terima kasih atas kesediaan Anda mengisi kuesioner untuk membantu menyelesaikan penelitian ini*

## Lampiran 3

## KISI-KISI INSTRUMEN UJI COBA OLEH AHLI MATERI

No	Indikator	Sub-Indikator	Butir Nomor
1.	Kesesuaian materi	- Kelengkapan materi	1,2
		Keakuratan materi	3
		- Kemutakhiran materi	4,5
		- Materi dapat meningkatkan kemampuan peserta didik	6,7
2.	Tehnik Penyajian	- Materi mengikuti sistematika keilmuan	8,9,10
		- Materi meningkatkan keterampilan dan kreatifitas peserta didik	11,12
		- Materi merangsang rasa ingin tahu peserta didik	13
3.	Gaya bahasa	- Penggunaan bahasa yang lugas	14,15
		- Pemilihan kata (Diksi)	16,17
		- Penggunaan bahasa yang komunikatif	18
		- Penggunaan istilah yang benar	19
4.	Tata bahasa	- Penggunaan ejaan yang tepat	20
		- Penggunaan kalimat yang efektif	21
		- Penggunaan tata bahasa yang benar	22
		- Penggunaan simbol yang benar	23

## Lampiran 4

### LEMBAR KUESIONER UJI COBA OLEH AHLI MATERI

Nama : .....

NIP : .....

Instansi : .....

Aspek penilaian buku ini diadaptasi dari komponen penilaian aspek kelayakan isi, kelayakan penyajian, dan kelayakan kebahasaan oleh Badan Standar Nasional Pendidikan (BNSP)

Petunjuk:

1. Penilaian diberikan rentangan mulai dari tidak setuju sampai dengan sangat setuju dengan simbol berikut:
  - a. 1 = tidak setuju
  - b. 2 = kurang setuju
  - c. 3 = setuju
  - d. 4 = sangat setuju
2. Mohon beri tanda check list (√) pada kolom 1,2,3 atau 4 sesuai pendapat bapak/Ibu secara objektif.
3. Mohon dituliskan komentar atau saran bapak/Ibu pada kolom yang disediakan.
4. Kolom keterangan diisi dengan jelas, baik penilaian yang bersifat negatif atau positif.

No.	Indikator	Tingkat penilaian				Catatan
		1	2	3	4	
1.	Materi yang disajikan sesuai dengan materi SMA Kimia					
2.	Keluasan atau kedalaman materi yang disajikan baik					
3.	Contoh yang disajikan dalam buku sesuai dengan materi					
4.	Materi yang disajikan dapat terkait dengan ilmu terkini					
5.	Materi yang disajikan dalam buku mengaplikasikan konsep secara umum					

6.	Buku kimia berbasis eksperimen biogas ini mengidentifikasi objek dan fenomena dalam sistem yang ada di alam				
7.	Ilustrasi dalam materi yang disajikan memberikan pemahaman peserta didik				
8.	Bahan ajar kimia berbasis eksperimen biogas ini menekankan pada pengalaman langsung				
9.	Materi yang disajikan sistematis				
10.	Bahan ajar kimia kimia berbasis eksperimen biogas ini mengembangkan keterampilan proses				
11.	Materi yang disajikan dapat meningkatkan kreatifitas				
12.	Materi yang disajikan dapat mendorong peserta didik mengaplikasikan percobaan biogas				
13.	Materi yang disajikan dapat merangsang keingintahuan peserta didik				
14.	Bahasa yang digunakan lugas				
15.	Pesan yang disampaikan mudah dipahami peserta didik				
16.	Kata/kalimat yang digunakan tepat				
17.	Penggunaan kata dalam buku bervariasi				
18.	Penggunaan bahasa dalam buku komunikatif				
19.	Istilah yang digunakan benar				
20.	Ejaan yang digunakan tepat				
21.	Kalimat yang digunakan efektif				
22.	Tata bahasa yang digunakan benar				
23.	Simbol/lambang yang digunakan benar				

- Menurut Bapak/Ibu, hal-hal apa saja yang diperlu dilakukan untuk memperbaiki bahan ajar kimia berbasis eksperimen biogas ini agar tampil lebih sempurna?

.....

.....

.....

.....

2. Bagaimana kesan Bapak/Ibu setelah membaca dan menelaah bahan ajar kimia berbasis eksperimen biogas ini?

.....  
.....  
.....  
.....

Jakarta,.....

(.....)

NIP.

## Lampiran 5

## KISI-KISI INSTRUMEN UJI COBA OLEH AHLI MEDIA

No.	Indikator	Sub indikator	Butir Nomor
1.	Ukuran buku	- Kesesuaian ukuran modul dengan standar ISO	1
		- Kesesuaian ukuran dengan materi isi modul	2
2.	Tata letak	- Penampilan unsur tata letak	3
		- Konsistensi tata letak	7
		- Unsur tata letak harmonis	8
		- Unsur tata letak lengkap	9
3.	Jenis huruf	- Huruf yang digunakan pada halaman muka menarik dan mudah dibaca	4
		- Variasi jenis huruf bagian isi	11,12
4.	- Ilustrasi dan istilah	- Keakuratan ilustrasi dan istilah	5,6
		- Ilustrasi isi	13,14
5.	Desain	- Kesesuaian desain bagian isi	10
5.	Kualitas keseluruhan	- Kualitas buku keseluruhan	15

## Lampiran 6

### LEMBAR KUESIONER UJI COBA OLEH AHLI MEDIA

Nama : .....

NIP : .....

Instansi : .....

Aspek penilaian buku ini diadaptasi dari komponen penilaian aspek kelayakan isi, kelayakan penyajian, dan kelayakan kebahasaan oleh Badan Standar Nasional Pendidikan (BNSP)

Petunjuk:

1. Penilaian diberikan rentangan mulai dari tidak setuju sampai dengan sangat setuju dengan simbol berikut:
  - a. 1 = tidak setuju
  - b. 2 = kurang setuju
  - c. 3 = setuju
  - d. 4 = sangat setuju
2. Mohon beri tanda check list (√) pada kolom 1,2,3 atau 4 sesuai pendapat bapak/Ibu secara objektif.
3. Mohon dituliskan komentar atau saran bapak/Ibu pada kolom yang disediakan.
4. Kolom keterangan diisi dengan jelas, baik penilaian yang bersifat negatif atau positif.

No.	Indikator	Tingkat penilaian				Catatan
		1	2	3	4	
1.	Ukuran buku sesuai dengan standar ISO					
2.	Ukuran buku sesuai dengan isi buku					
3.	Penampilan dan warna unsur tata letak harmonis dan sesuai					
4.	Huruf yang digunakan pada halaman muka menarik dan mudah dibaca					

5.	Keakuratan gambar, diagram, dan iustrasi					
6.	Keakuratan istilah-istilah (bentuk, warna, dan ukuran)					
7.	Penempatan unsur tata letak konsisten berdasarkan pola					
8.	Bidang cetak, spasi dan margin proporsional					
9.	Kelengkapan unsur tata letak (judul, sub judul, ilustrasi dan keterangan gambar)					
10.	Kesesuaian desain bagian isi					
11.	Variasi huruf pada bagian isi yang digunakan tepat					
12.	Ukuran dan jenis huruf sesuai dengan isi dan ukuran buku					
13.	Teks dan ilustrasi disajikan secara seimbang					
14.	Ilustrasi isi mampu mengungkap makna/arti dari objek					
15.	Kualitas buku secara keseluruhan baik					

1. Menurut Bapak/Ibu, hal-hal apa saja yang diperlu dilakukan untuk memperbaiki bahan ajar berbasis eksperimen biogas ini agar tampil lebih sempurna?

.....  
 .....

2. Bagaimana kesan Bapak/Ibu setelah membaca dan menelaah bahan ajar berbasis eksperimen biogas ini?

.....  
 .....

### KESIMPULAN

Buku belum dapat digunakan	
Buku dapat digunakan dengan revisi	
Buku dapat digunakan tanpa revisi	

Jakarta, .....

(.....)

## Lampiran 7

**INDIKATOR ANGKET PENILAIAN PESERTA DIDIK  
 BUKU BIOGAS SEBAGAI ENERGI ALTERNATIF DARI  
 PEMANFAATAN LIMBAH TERNAK SAPI  
 DALAM UPAYA Mendukung PEMBANGUNAN BERKELANJUTAN**

No.	Indikator	Sub Indikator	Butir
1	Ukuran Buku	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kesesuaian ukuran buku dengan buku pelajaran peserta didik</li> </ul>	1
2	Desain Kulit Buku	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Penampilan unsur tata letak pada kulit muka, punggung dan belakang, sesuai dan memberikan kesan yang menarik</li> <li>• Kesesuaian judul buku dengan materi</li> </ul>	2 3
3	Kesesuaian materi	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kelengkapan materi</li> <li>• Kedalaman materi</li> <li>• Keakuratan materi</li> <li>• Kemutakhiran materi</li> <li>• Materi dapat meningkatkan kompetensi peserta didik</li> <li>• Sesuai dengan penalaran pembaca</li> </ul>	4 5 6 7 10 12
4.	ESD	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Wawasan ESD</li> <li>• Menambah keterampilan</li> <li>• Mendorong peserta didik peduli lingkungan</li> </ul>	8 9 11
5.	Teknik penyajian	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Menggunakan sistematika penyajian</li> <li>• Kemudahan dipahami</li> <li>• Merangsang pengembangan keingintahuan</li> <li>• Menumbuhkan motivasi untuk mengembangkan lebih jauh</li> </ul>	13 14,15,16 17 18
6.	Kelayakan Bahasa	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ketepatan bahasa</li> <li>• komunikatif</li> </ul>	19 20

## Lampiran 8

**ANGKET RESPON PESERTA DIDIK TERHADAP BUKU  
BIOGASSEBAGAI ENERGI ALTERNATIF DARI PEMANFAATAN  
LIMBAH TERNAK SAPI DALAM UPAYA Mendukung  
Pembangunan Berkelanjutan**

Nama Peserta didik : .....

Kelas : .....

Tanggal : .....

**Petunjuk:**

1. **Berilah tanda cek (√) sesuai kolom nomor persetujuan (1, 2, 3, 4) yang Anda berikan berdasarkan setiap pertanyaan atau pernyataan yang diberikan di sampingnya, sebagai tanggapan atau respon Anda,**

**Dengan kriteria:**

**1 = Sangat tidak setuju; 2 = Tidak Setuju; 3 = Setuju; 4 = Sangat Setuju**

2. **Berikanlah penjelasan, alasan, atau saran yang jelas, ringkas pada pertanyaan atau pernyataan yang membutuhkan penjelasan, alasan atau saran.**
3. **Responlah setiap butir pernyataan atau pertanyaan yang diberikan sesuai dengan penilaian atau sikap pribadi Anda sendiri dan bukan karena dorongan orang lain.**
4. **Jawablah dengan jujur sesuai hati nurani masing-masing tanpa merasa ada tekanan dari siapapun.**

**Butir pertanyaan dan pilihan responnya:**

No	Pertanyaan	Pilihan Respon			
		1	2	3	4
1	Buku memiliki ukuran yang cocok sebagai buku belajar peserta didik				
2	Kulit buku memiliki desain yang menarik				
3	Judul buku sesuai dengan materi yang disajikan di dalam buku				
4	Materi yang digunakan untuk menjelaskan suatu pokok bahasan di dalam buku disajikan secara				

	lengkap dan sistematis				
5	Materi yang disusun dapat mendukung materi belajar peserta didik				
6	Wacana dan informasi yang disajikan sesuai dengan pokok bahasan				
7	Materi yang disajikan sesuai dengan kenyataan (faktual) atau data mutakhir				
8	Materi yang disajikan di dalam buku menambahkan pengetahuan dan wawasan peserta didik mengenai pembangunan yang berkelanjutan				
9	Materi dan ilustrasi yang di sajikan di dalam buku menambahkan keterampilan dalam pembuatan bahan bakar alternatif				
10	Materi dan ilustrasi yang disajikan di dalam buku menambahkan pengetahuan dan wawasan peserta didik mengenai senyawa hidrokarbon				
11	Materi yang ada di dalam buku mendorong peserta didik untuk lebih bertanggung jawab dalam menjaga lingkungan				
12	Materi yang disajikan di dalam buku mengembangkan pengetahuan, kreativitas, berpikir kritis, kesadaran serta tanggung jawab				
13	Pokok bahasan disajikan secara berkesinambungan				
14	Penyajian materi di dalam buku familiar bagi peserta didik dan berkaitan dengan kehidupan sehari-hari				
15	Penyajian materi menimbulkan suasana menyenangkan dan mudah dipahami				
16	Penyajian materi dilengkapi dengan gambar atau ilustrasi yang sesuai dan mengikuti perkembangan IPTEK				
17	Penyajian materi mendorong keingintahuan peserta didik untuk mencoba hal positif				
18	Penyajian materi mendorong minat untuk mengumpulkan informasi lebih jauh				
19	Isi buku menggunakan ejaan, kata, dan kalimat secara benar				
20	Materi yang disusun di dalam buku menggunakan bahasa yang komunikatif dan menarik				

1. Menurut Anda, hal-hal apa saja yang diperlu dilakukan untuk memperbaiki bahan ajar berbasis eksperimen biogas ini agar tampil lebih sempurna?

.....

.....

.....

.....

2. Bagaimana kesan Anda setelah membaca buku berbasis eksperimen biogas ini?

.....

.....

.....

.....

## Lampiran 9

**HASIL ANALISIS KEBUTUHAN PESERTA DIDIK TERHADAP BAHAN AJAR BERBASIS EKSPERIMEN BIOGAS SEBAGAI SARANA MENANAMKAN NILAI PENDIDIKAN UNTUK PEMBANGUNAN BERKELANJUTAN**

Tujuan : Memperoleh Informasi Mengenai Bahan Ajar Berbasis Eksperimen Biogas

Tempat :

Waktu :

No	Pertanyaan	Jawab	
		%Ya	%Tidak
1	Bahan Ajar apa yang sering anda gunakan dalam pembelajaran? a. Bahan ajar tercetak (contoh : buku) 86% b. Bahan ajar non cetak (contoh : aplikasi, video)14%		
2	Apakah Anda memahami konsep dari materi yang terdapat dalam bahan ajar yang Anda gunakan?	94%	6%
3	Apakah Guru Anda menerangkan materi yang berkaitan dengan bahan ajar yang anda gunakan?	92%	8%
4	Dari bahan ajar yang anda gunakan, apakah anda menemukan aplikasi materi untuk kehidupan anda?	64%	36%
5	Bila menggunakan bahan ajar yang sesuai dengan materi dan kehidupan sehari-hari, apakah anda merasakan belajar yang efektif?	89%	11%
6	Apakah Anda sudah mempelajari materi hidrokarbon?	100%	0%
7	Jika Anda menjawab "Ya" pada pertanyaan nomor 6, apakah anda sudah mengenal senyawa hidrokarbon yang ada dalam kehidupan?	56%	44%
8	Apakah Anda memahami manfaat mempelajari hidrokarbon?	67%	33%
9	Apakah anda memiliki ketertarikan yang lebih untuk mempelajari aplikasi materi hidrokarbon dalam kehidupan?	33%	67%
10	Menurut Anda, apakah kotoran sapi termasuk senyawa hidrokarbon?	89%	11%

No	Pertanyaan	Jawab	
		%Ya	%Tidak
11	Apakah kotoran sapi memiliki banyak kegunaan dalam kehidupan?	94%	6%
12	Menurut Anda, apakah krisis energi telah menjadi permasalahan dunia?	100%	0%
13	Menurut Anda, apakah kotoran sapi dapat menangani permasalahan krisis energi?	94%	6%
14	Upaya apa saja yang anda ketahui dalam penanganan krisis energi? Menggunkan energi alternatif (11%)		
15	Sebagai peserta didik, bersedialah anda untuk mengaplikasikan ilmu yang anda dapatkan untuk menangani permasalahan lingkungan, yang dalam hal ini mengenai krisis energi?	89%	11%
16	Menurut anda, apa yang dimaksud dengan bahan bakar alternatif?		
17	Apa saja bahan bakar alternatif yang anda ketahui?		
18	Tahukah anda proses pengolahan kotoran sapi menjadi bahan bakar alternatif?	86%	14%
19	Apakah anda tertarik untuk mengetahui proses pengolahan kotoran sapi menjadi bahan bakar alternatif?	86%	14%
20	Apakah anda setuju dengan Pembuatan Bahan Ajar Pengolahan Kotoran Sapi menjadi Bahan Bakar Alternatif?	100%	0%

**Lampiran 10**

**TABEL ANALISIS UJI KELAYAKAN OLEH AHLI MATERI DAN BAHASA**

Ahli	Nomor Angket																						
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
1	4	4	4	4	4	4	3	3	3	3	4	4	4	3	4	4	3	2	4	4	4	4	3
2	4	4	4	4	4	4	4	3	4	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
3	4	3	3	4	3	2	2	3	3	3	3	3	2	3	4	4	3	2	4	3	3	3	3
4	4	4	4	4	4	4	3	3	3	3	4	4	3	3	3	3	3	2	4	4	4	4	3
5	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Jumlah	20	19	19	20	19	18	16	16	17	16	18	19	17	17	19	19	17	14	20	19	19	19	17

## Lampiran 11

### PERSENTASE DAN INTERPRETASI ANGKET AHLI MATERI DAN BAHASA

No	Indikator	Nomor Angket	Skor maks.	Ahli 1		Ahli 2		Ahli 3		Ahli 4		Ahli 5	
				Σ	%	Σ	%	Σ	%	Σ	%	Σ	%
1.	Kesesuaian materi	1,2,3,4,5,6,7	28	27	96,4	28	100	21	75	27	96,4	28	100
2.	Tehnik penyajian	8,9,10,11,12,13	24	21	87,5	21	88	17	71	20	83,3	24	100
3.	Gaya Bahasa	14,15,16,17,18,19	24	20	83,3	24	100	20	83	18	75	24	100
4.	Tata Bahasa	20,21,22,23	16	15	93,8	16	100	12	75	15	93,8	16	100

Keterangan:

$$\% = \frac{\sum \text{Skor yang dijawab}}{\sum \text{Skor maksimum indikator}} \times 100\%$$

Interpretasi Skor:

0 % - 20 % = Sangat kurang baik

20,1 % - 40 % = Kurang baik

40,1 % - 60 % = Cukup baik

60,1 % - 80 % = Baik

80,1 % - 100 % = Sangat baik

Lampiran 12

TABEL ANALISIS UJI KELAYAKAN OLEH AHLI MEDIA

Ahli	Nomor Angket														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	4	4	4	3	4	4	4	3	3	4	4	4	4	4	4
2	4	4	4	3	4	3	4	3	3	4	4	4	4	3	4
3	4	4	4	4	3	3	3	4	4	4	4	3	4	3	4
4	4	4	4	3	4	3	4	3	3	4	4	4	4	3	4
5	3	3	3	4	4	3	4	3	4	4	4	4	3	3	4
Jumlah	19	19	19	17	19	16	19	16	17	20	20	19	19	16	20

### Lampiran 13

#### PERSENTASE DAN INTERPRETASI ANGKET AHLI MEDIA

No	Indikator	Nomor Angket	Skor maks.	Ahli 1		Ahli 2		Ahli 3		Ahli 4		Ahli 5	
				Σ	%	Σ	%	Σ	%	Σ	%	Σ	%
1.	Kesesuaian ukuran	1,2	8	8	100	8	100	8	100	8	100	6	75
2.	Tata Letak	3,7,8,9	16	14	87,5	14	87,5	15	93,8	14	87,5	14	87,5
3.	Jenis Huruf	4,11,12	12	11	91,7	11	91,67	11	91,7	11	91,7	12	100
4.	Ilustrasi dan Istilah	5,6,13,14	16	16	100	14	87,5	13	81,3	14	87,5	13	81,25
6.	Desain	10	4	4	100	4	100	4	100	4	100	4	100
7.	Kualitas Keseluruhan	15	4	4	100	4	100	4	100	4	100	4	100

Keterangan:

$$\% = \frac{\sum \text{Skor yang dijawab}}{\sum \text{Skor maksimum indikator}} \times 100\%$$

Interpretasi Skor:

0 % - 20 %	= Sangat kurang baik
20,1 % - 40 %	= Kurang baik
40,1 % - 60 %	= Cukup baik
60,1 % - 80 %	= Baik
80,1 % - 100 %	= Sangat baik

## Lampiran 14

**PERHITUNGAN REABILITAS ANTAR RATER  
AHLI MATERI**

No.	Responden										Xi	Xi <sup>2</sup>
	A	Xij <sup>2</sup>	B	Xij <sup>2</sup>	C	Xij <sup>2</sup>	D	Xij <sup>2</sup>	E	Xij <sup>2</sup>		
1	4	16	4	16	4	16	4	16	4	16	20	400
2	4	16	4	16	3	9	4	16	4	16	19	361
3	4	16	4	16	3	9	4	16	4	16	19	361
4	4	16	4	16	4	16	4	16	4	16	20	400
5	4	16	4	16	3	9	4	16	4	16	19	361
6	4	16	4	16	2	4	4	16	4	16	18	324
7	3	9	4	16	2	4	3	9	4	16	16	256
8	3	9	3	9	3	9	3	9	4	16	16	256
9	3	9	4	16	3	9	3	9	4	16	17	289
10	3	9	3	9	3	9	3	9	4	16	16	256
11	4	16	3	9	3	9	4	16	4	16	18	324
12	4	16	4	16	3	9	4	16	4	16	19	361
13	4	16	4	16	2	4	3	9	4	16	17	289
X <sub>j</sub>	48		49		38		47		52		234	4238
X <sub>j</sub> <sup>2</sup>	2304		2401		1444		2209		2704		11062	
ΣX <sub>ij</sub> <sup>2</sup>		180		187		116		173		208	864	

$$N = N_b \times N_k = 13 \times 5 = 65$$

$$\begin{aligned} JK_{\text{Total}} &= \sum X_{ij}^2 - \frac{(\sum X_{ij})^2}{N} \\ &= 864 - \frac{(234)^2}{65} = 21,6 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} JK_{\text{Baris}} &= \frac{1}{N_k} \sum X_i^2 - \frac{(\sum X_{ij})^2}{N} \\ &= \left( \frac{1}{5} \times 4238 \right) - \frac{(234)^2}{65} \\ &= 5,2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} JK_{\text{Kolom}} &= \frac{1}{N_b} \sum X_j^2 - \frac{(\sum X_{ij})^2}{N} \\ &= \left( \frac{1}{13} \times 11062 \right) - \frac{(234)^2}{65} \\ &= 8,5 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} JK_{\text{Error}} &= JK_T - JK_b - JK_k \\ &= 21,6 - 5,2 - 8,5 = 7,9 \end{aligned}$$

$$db_b = b - 1 = 13 - 1 = 12$$

$$db_k = k - 1 = 5 - 1 = 4$$

$$\begin{aligned} db_e &= (b - 1) \times (k - 1) = 12 \times 4 \\ &= 48 \end{aligned}$$

$$RJK_b = \frac{JK_b}{db_b} = \frac{5,2}{12} = 0,43$$

$$RJK_e = \frac{JK_e}{db_e} = \frac{7,9}{48} = 0,16$$

$$\begin{aligned} r &= \frac{RJK_b - RJK_e}{RJK_b} = \frac{0,43 - 0,16}{0,43} \\ &= 0,62 \text{ (Baik)} \end{aligned}$$

## Lampiran 15

**PERHITUNGAN REABILITAS ANTAR RATER  
AHLI BAHASA**

No.	Responden										Xi	Xi <sup>2</sup>
	A	Xij <sup>2</sup>	B	Xij <sup>2</sup>	C	Xij <sup>2</sup>	D	Xij <sup>2</sup>	E	Xij <sup>2</sup>		
14	3	9	4	16	3	9	3	9	4	16	17	289
15	4	16	4	16	4	16	3	9	4	16	19	361
16	4	16	4	16	4	16	3	9	4	16	19	361
17	3	9	4	16	3	9	3	9	4	16	17	289
18	2	4	4	16	2	4	2	4	4	16	14	196
19	4	16	4	16	4	16	4	16	4	16	20	400
20	4	16	4	16	3	9	4	16	4	16	19	361
21	4	16	4	16	3	9	4	16	4	16	19	361
22	4	16	4	16	3	9	4	16	4	16	19	361
23	3	9	4	16	3	9	3	9	4	16	17	289
Xj	35		40		32		33		40		180	3268
Xj <sup>2</sup>	1225		1600		1024		1089		1600		6538	
ΣXij <sup>2</sup>		127		160		106		113		160	666	

$$N = N_b \times N_k = 10 \times 5 = 50$$

$$\begin{aligned} JK_{\text{Total}} &= \sum X_{ij}^2 - \frac{(\sum X_{ij})^2}{N} \\ &= 666 - \frac{(180)^2}{50} = 18 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} JK_{\text{Baris}} &= \frac{1}{N_k} \sum X_i^2 - \frac{(\sum X_{ij})^2}{N} \\ &= \left( \frac{1}{5} \times 3268 \right) - \frac{(180)^2}{50} \\ &= 5,6 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} JK_{\text{Kolom}} &= \frac{1}{N_b} \sum X_j^2 - \frac{(\sum X_{ij})^2}{N} \\ &= \left( \frac{1}{10} \times 6538 \right) - \frac{(180)^2}{50} \\ &= 5,8 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} JK_{\text{Error}} &= JK_T - JK_b - JK_k \\ &= 18 - 5,6 - 5,8 = 6,6 \end{aligned}$$

$$db_b = b - 1 = 10 - 1 = 9$$

$$db_k = k - 1 = 5 - 1 = 4$$

$$\begin{aligned} db_e &= (b - 1) \times (k - 1) = 9 \times 4 \\ &= 36 \end{aligned}$$

$$RJK_b = \frac{JK_b}{db_b} = \frac{5,6}{9} = 0,622$$

$$RJK_e = \frac{JK_e}{db_e} = \frac{6,6}{36} = 0,183$$

$$\begin{aligned} r &= \frac{RJK_b - RJK_e}{RJK_b} = \frac{0,622 - 0,183}{0,622} \\ &= 0,705 \text{ (Baik)} \end{aligned}$$

## Lampiran 16

## PERHITUNGAN REABILITAS ANTAR RATER AHLI MEDIA

No.	Responden									Xij2	Xi	Xi2
	A	Xij2	B	Xij2	C	Xij2	D	Xij2	E			
1	4	16	4	16	4	16	4	16	3	9	19	361
2	4	16	4	16	4	16	4	16	3	9	19	361
3	4	16	4	16	4	16	4	16	3	9	19	361
4	3	9	3	9	4	16	3	9	4	16	17	289
5	4	16	4	16	3	9	4	16	4	16	19	361
6	4	16	3	9	3	9	3	9	3	9	16	256
7	4	16	4	16	3	9	4	16	4	16	19	361
8	3	9	3	9	4	16	3	9	3	9	16	256
9	3	9	3	9	4	16	3	9	4	16	17	289
10	4	16	4	16	4	16	4	16	4	16	20	400
11	4	16	4	16	4	16	4	16	4	16	20	400
12	4	16	4	16	3	9	4	16	4	16	19	361
13	4	16	4	16	4	16	4	16	3	9	19	361
14	4	16	3	9	3	9	3	9	3	9	16	256
15	4	16	4	16	4	16	4	16	4	16	20	400
Xj	57		55		55		55		53		275	5073
Xj2	3249		3025		3025		3025		2809		15133	
$\Sigma Xij2$		219		205		205		205		191	1025	

$$N = N_b \times N_k = 15 \times 5 = 75$$

$$\begin{aligned} JK_{\text{Total}} &= \sum X_{ij}^2 - \frac{(\sum X_{ij})^2}{N} \\ &= 1025 - \frac{(275)^2}{75} = 16,667 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} JK_{\text{Baris}} &= \frac{1}{N_k} \sum X_i^2 - \frac{(\sum X_{ij})^2}{N} \\ &= \left( \frac{1}{5} \times 5073 \right) - \frac{(275)^2}{75} = 6,2667 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} JK_{\text{Kolom}} &= \frac{1}{N_b} \sum X_j^2 - \frac{(\sum X_{ij})^2}{N} \\ &= \left( \frac{1}{15} \times 15133 \right) - \frac{(275)^2}{75} \\ &= 0,5333 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} JK_{\text{Error}} &= JK_T - JK_b - JK_k \\ &= 16,667 - 6,2667 \\ &\quad - 0,5333 = 9,867 \end{aligned}$$

$$db_b = b - 1 = 15 - 1 = 14$$

$$db_k = k - 1 = 5 - 1 = 4$$

$$\begin{aligned} db_e &= (b - 1) \times (k - 1) \\ &= 14 \times 4 = 56 \end{aligned}$$

$$RJK_b = \frac{JK_b}{db_b} = \frac{6,2667}{14} = 0,4476$$

$$RJK_e = \frac{JK_e}{db_e} = \frac{9,867}{56} = 0,1762$$

$$\begin{aligned} r &= \frac{RJK_b - RJK_e}{RJK_b} \\ &= \frac{0,4476 - 0,1762}{0,4476} \end{aligned}$$

$$= 0,6063 \sim \mathbf{0,61 \text{ (Baik)}}$$

Lampiran 17

**TABEL UJI VALIDASI BAHAN AJAR OLEH PESERTA DIDIK KELOMPOK KECIL**

No	Nomor Angket																			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	4	3	4	4	3	3	4	4	4	4	4	3	3	4	3	3	4	4	3	3
2	3	2	3	3	4	4	3	3	3	3	3	4	3	3	4	4	3	3	3	4
3	3	2	4	4	4	3	3	3	3	3	3	3	4	3	3	4	4	4	4	4
4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	3	3	3	2	2	3	3	2	3	2
5	3	3	3	4	3	3	4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
6	3	3	3	4	3	3	4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
7	3	4	4	4	4	4	4	4	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
8	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2	3	2	3	3	2	3	3	3
9	3	3	3	3	4	4	3	4	4	4	4	3	3	3	3	4	4	3	3	3
10	4	4	4	3	4	3	3	4	3	3	3	3	4	4	3	3	3	4	3	3
11	4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
12	4	4	3	4	3	3	3	4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
13	3	3	3	3	4	4	3	3	3	3	3	4	3	3	4	4	3	3	3	4
14	3	4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
15	4	4	4	3	3	3	4	4	4	3	4	3	3	3	3	4	4	4	3	3
Σ	50	48	50	51	49	49	50	48	48	46	48	47	48	46	47	51	49	49	47	48

## Lampiran 18

### PERSENTASE DAN INTERPRETASI UJI VALIDASI BAHAN AJAR OLEH PESERTA DIDIK KELOMPOK KECIL

No.	Indikator	Nomor angket	Skor maks	Skor jawaban	%	Interpretasi
1.	Ukuran buku	1	60	50	83,3	Sangat Baik
2.	Desain kulit buku	2,3	120	98	81,7	Sangat Baik
3.	Kesesuaian materi	4,5,6,7,10,12	360	292	81,1	Sangat Baik
4.	ESD	8,9,11	180	144	80	Baik
5.	Tehnik penyajian	13,14,15,16,17,18	360	290	80,6	Sangat baik
6.	Kelayakan bahasa	19,20.	120	95	79,2	Baik

Keterangan:

$$\% = \frac{\sum \text{Skor yang dijawab}}{\sum \text{Skor maksimum indikator}} \times 100\%$$

Interpretasi Skor:

0 % - 20 %	= Sangat kurang baik
20,1 % - 40 %	= Kurang baik
40,1 % - 60 %	= Cukup baik
60,1 % - 80 %	= Baik
80,1 % - 100 %	= Sangat baik

Lampiran 19

TABEL UJI VALIDASI BAHAN AJAR OLEH PESERTA DIDIK KELOMPOK BESAR

No	Nomor Angket																			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	3	3	4	3	4	2	2	3	3	3	4	3	3	4	3	3	3	4	3	4
2	4	3	4	4	3	3	4	4	4	4	4	3	3	4	3	3	4	4	3	3
3	3	2	3	3	4	4	3	3	3	3	3	4	3	3	4	4	3	3	3	4
4	4	4	4	3	3	4	3	3	3	3	3	3	3	3	4	3	3	4	4	4
5	4	4	4	3	3	4	3	3	3	3	2	3	3	3	3	3	4	4	3	4
6	3	3	4	3	3	4	3	3	3	3	3	4	3	3	3	3	3	4	4	3
7	3	3	4	3	3	4	3	3	2	3	3	4	3	3	3	3	3	3	4	3
8	3	2	4	4	4	3	3	3	3	3	3	3	4	3	3	4	4	4	4	4
9	3	4	4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	4	3	3	3	3	3
10	2	2	3	3	3	3	3	4	3	3	3	4	3	3	3	3	3	3	3	4
11	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	3	3	3	2	2	3	3	2	3	2
12	3	4	3	4	4	4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	4	3	3	3	4
13	3	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	4	4	3	3	4
14	3	3	3	4	3	3	4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
15	3	2	3	3	4	4	3	3	3	3	3	4	3	3	4	4	3	3	3	4
16	3	2	3	3	4	4	3	3	4	4	3	4	3	3	4	4	3	3	3	4

17	3	3	3	4	3	3	4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
18	3	4	4	4	4	4	4	4	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
19	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2	3	2	3	3	2	3	3	3
20	4	3	3	4	3	3	3	4	3	4	4	3	3	3	4	4	3	3	3	3
21	3	3	3	3	4	4	3	4	4	4	4	3	3	3	3	4	4	3	3	3
22	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
23	4	4	4	3	4	3	3	4	3	3	3	3	4	4	3	3	3	4	3	3
24	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
25	3	3	4	3	3	4	3	3	2	3	3	4	3	3	3	3	3	3	4	3
26	4	4	4	4	4	4	4	4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
27	3	3	3	3	4	4	3	3	3	3	4	3	3	4	4	3	3	3	3	4
28	4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
29	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	4	4	3	3	3	3
30	4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	4	3	3	3
31	4	4	3	4	3	3	3	4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
32	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
33	3	3	3	3	4	4	3	3	3	3	3	4	3	3	4	4	3	3	3	4
34	3	4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
35	3	3	3	3	3	3	3	4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	4	3	4
36	4	4	4	3	3	3	4	4	4	3	4	3	3	3	3	4	4	4	3	3
Σ	117	112	120	119	122	122	114	110	110	111	112	116	111	110	117	120	115	116	114	120

## Lampiran 20

### PERSENTASE DAN INTERPRETASI UJI VALIDASI BAHAN AJAR OLEH PESERTA DIDIK KELOMPOK BESAR

No.	Indikator	Nomor angket	Skor maks	Skor jawaban	%	Interpretasi
1.	Ukuran buku	1	144	117	81,3	Sangat Baik
2.	Desain kulit buku	2,3	288	232	80,6	Sangat Baik
3.	Kesesuaian materi	4,5,6,7,10,12	864	704	81,5	Sangat Baik
4.	ESD	8,9,11	432	332	76,9	Baik
5.	Tehnik penyajian	13,14,15,16,17,18	864	689	79,7	Baik
6.	Kelayakan bahasa	19,20.	288	234	81,3	Sangat Baik

Keterangan:

$$\% = \frac{\sum \text{Skor yang dijawab}}{\sum \text{Skor maksimum indikator}} \times 100\%$$

Interpretasi Skor:

0 % - 20 % = Sangat kurang baik

20,1 % - 40 % = Kurang baik

40,1 % - 60 % = Cukup baik

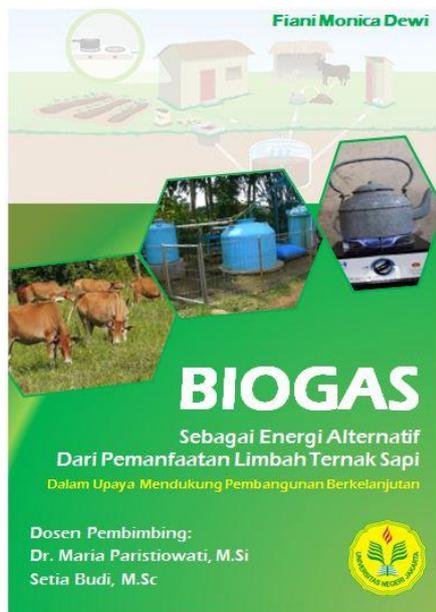
60,1 % - 80 % = Baik

80,1 % - 100 % = Sangat baik

## Lampiran 21

## TAMPILAN BAHAN AJAR KIMIA BERBASIS EKSPERIMEN BIOGAS

## Tampilan cover buku



## Tampilan Kata Pengantar



## Tampilan Daftar Isi

DAFTAR ISI	
KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	ii
DAFTAR GAMBAR	iii
BAB 1 PENDIDIKAN UNTUK PEMBANGUNAN BERKELANJUTAN	1
BAB 2 KRISIS ENERGI	11
BAB 3 BIOGAS	27
BAB 4 KIMIA DALAM PEMBUATAN BIOGAS	39
GLOSARIUM	51
DAFTAR PUSTAKA	53
TENTANG PENULIS	55

ii

Biogas Sebagai Energi Alternatif Dari Limbah Ternak Sapi

## Tampilan Halaman Pembuka

## Bab 1



## Tampilan Isi Bab 1

prinsip dasar pembangunan berkelanjutan.

Menurut laporan yang berjudul *Brundtland Report* pembangunan berkelanjutan didefinisikan sebagai proses pembangunan untuk memenuhi kebutuhan pada masa sekarang dengan tidak mengorbankan kemampuan generasi yang akan datang untuk memenuhi kebutuhannya.

**Tahukah Kalian?**

Istilah pembangunan berkelanjutan baru populer setelah Komisi Dunia untuk Lingkungan dan Pembangunan mempublikasikan *Brundtland Report* melalui *World Conference on Environment and Development (WCED)* pada tahun 1987.

Beberapa Konferensi Tingkat Dunia lainnya yang mendasari pembangunan berkelanjutan:

- Rio de Janeiro, Brazil (Juni 1992)**  
Konferensi Tingkat Tinggi (KTT) Bumi (Earth Summit) di Rio de Janeiro, Brazil, pada 1992, merupakan upaya global untuk mengkomponikan kepentingan pembangunan dan lingkungan. Jargon "Think globally, act locally", yang menjadi tema KTT Bumi menjadi populer untuk mengekspresikan kekhawatiran terhadap lingkungan.
- Geneva, Swiss (Juli 1996)**  
Berisi 10 butir deklarasi antara lain berisi ajakan kepada semua pihak untuk mendukung pengembangan protokol dan instrumen legal lainnya yang didasarkan atas temuan ilmiah. Deklarasi ini juga menginstruksikan kepada semua perwakilan para pihak untuk mempercepat negosiasi terhadap teks protokol.
- Johannesburg, Afrika Selatan (2002)**  
Penyelenggaraan KTT Pembangunan Berkelanjutan (World Summit on Sustainable Development) ini, ditekankan pada *plan of implementation* yang mengintegrasikan elemen ekonomi, ekologi, dan sosial yang didasarkan pada tata penyelenggaraan pemerintahan yang baik (*good governance*).
- Bali, Indonesia (Desember 2007)**  
Penyelenggaraan KTT Pemanasan Global di Nusa Dua, Bali pada tanggal 13 – 15 Desember 2007 merupakan momentum dalam upaya untuk membangun kesadaran semua warga bumi untuk berbuat sekecil apapun demi menyelamatkan bumi, tempat yang menjadi sumber hidup dan hidup kita bersama.

2  Biogas Sebagai Energi Alternatif Dari Limbah Tembak Sapi

Dalam konteks ini secara jelas nampak bahwa pendidikan sangat diperlukan dalam implementasi pembangunan berkelanjutan, baik secara formal dipensekolahan, nonformal maupun informal di masyarakat. Disisi lain pendidikan saat ini pendekatan pembelajaran kurang efektif menyebabkan pendidikan masih berdampak lemah pada pembentukan pemahaman secara mendalam terhadap isu-isu lingkungan dan penumbuhan kesadaran lingkungan dikalangan siswa. Orientasi pendidikan yang terlalu berpusat pada pengetahuan (*Hard skill*) dan melupakan sikap dan kecenderungan berperilaku (*soft skill*) dalam permasalahan lingkungan turut menyebabkan pendidikan lingkungan hidup kurang efektif dalam mengembangkan manusia penjaga lingkungan.

Dengan demikian ESD dapat dikatakan secara sederhana sebagai proses belajar untuk mempersiapkan siswa agar bertanggung jawab di masa depan dalam upaya pembangunan yang meliputi segi ekonomi, sosial, lingkungan, dan budaya dengan tidak mengorbankan kebutuhan di masa mendatang untuk memenuhi kebutuhan saat ini.

Fokus utama ESD adalah menyiapkan generasi muda menjadi masyarakat yang bertanggung jawab di masa depan. Siswa dapat ikut serta dalam masyarakat demokratis dan membantu membentuk masa depan masyarakat secara keberlanjutan yaitu mempelajari untuk bertanggung jawab terhadap diri sendiri dan generasi mendatang, berdasarkan konsep pembangunan berkelanjutan (de Haan, 2008).

Pendidikan kimia merupakan salah satu bagian yang penting untuk mewujudkan sikap peduli terhadap lingkungan siswa. Melalui pendidikan kimia, dapat ditanamkan sikap peduli terhadap lingkungan. Salah satu penerapan ESD dapat dilakukan dengan menggunakan prinsip "Green Chemistry" dalam pembelajaran kimia.

**Tahukah Kalian?**

Istilah ESD sebenarnya telah muncul sejak tahun 1997 bersamaan dengan Deklarasi Tesaurosani di Yaman. ESD sendiri sebenarnya evolusi dari Pendidikan Lingkungan yang mulai di dngungkan pada tahun 1972.

3  Biogas Sebagai Energi Alternatif Dari Limbah Tembak Sapi

## Tampilan Halaman Pembuka

### Bab 2

2

Krisis Energi



**Mengenal Energi**

Istilah Energi seringkali kita dengar dalam kehidupan sehari-hari. Di Sekolah pada pelajaran Fisika dan Kimia tentu kita sering mendengar dan menggunakan istilah energi. Namun tahukah kalian apa itu energi??

Energi adalah suatu kemampuan atau tenaga untuk melakukan berbagai proses kegiatan.



Gambar 2.2. Gardu Listrik (Sumber: www.dpmpt.kab.go.id)

Energi merupakan hal yang penting bagi kehidupan manusia. Setiap aktifitas atau kegiatan yang kita lakukan tanpa disadari juga menggunakan energi. Saat ini energi yang ada di dunia memiliki bentuk yang bermacam-macam. Setiap bentuk tersebut memiliki ciri dan keunggulannya serta manfaatnya masing-masing. Cobalah untuk berkeliling dan mengamati hal – hal yang ada di sekitar kalian. Dapatkah kalian menemukan contoh bentuk energi lainnya?

21  Biogas Sebagai Energi Alternatif Dari Limbah Tembak Sapi

## Tampilan Isi Bab 2

**Krisis Energi di Indonesia**

Berikut ini adalah artikel yang menggambarkan bahwa fenomena krisis energi adalah suatu fenomena yang telah akan terjadi dan perlu diwaspadai.

**Pada 2020 – 2030, Indonesia Terancam Krisis Energi**



**TEMPO.CO, Jakarta 24-05-2016-** Menteri Perindustrian Saleh Husin mengatakan Indonesia sedang menghadapi ancaman krisis energi pada 2020-2030. "Indonesia akan terjebak sebagai negara *middle income trap* (negara tertinggal)," kata Menteri Saleh saat diakuai terkait dengan energi (monum di kantornya pada Selasa, 24 Mei 2016). Saleh menjelaskan, saat ini Indonesia baru dapat memasok listrik ke warganya sebesar 210 watt per orang. Jumlah ini lebih rendah dibanding dengan standar pasokan listrik terpasang yang mencapai 500 watt per orang. Artinya, pertumbuhan sektor industri tidak memungkinkan terjadi dalam waktu dekat. Harapan ini akan membuat investor berpikir ulang untuk berinvestasi di Indonesia. Padahal kebutuhan produk domestik bruto terhadap sektor industri cukup besar. Idealnya, kata dia, sektor industri dapat memberikan kontribusi 30-40 persen terhadap produk domestik bruto.

23  Biogas Sebagai Energi Alternatif Dari Limbah Tembak Sapi

## Tampilan Isi Bab 2

### Bagaimana Krisis Energi Dapat Terjadi?

Banyak faktor yang dapat menjadi penyebab terjadinya krisis energi. Berikut ini merupakan beberapa faktor yang menjadi penyebab krisis energi:

- Sikap individu yang terlalu boros dalam penggunaan energi
- Tidak seimbanginya ketersediaan sumber energi dengan kebutuhan yang ada
- Minimnya sikap dan upaya pemanfaatan sumber energi terbarukan
- Pemanfaatan sumber energi yang terpusat pada satu energi saja

Selain itu, krisis energi dapat terjadi karena adanya ketidakseimbangan antara kebutuhan energi dengan ketersediaan sumber energi yang ada saat ini. Dikarenakan jumlah penduduk yang semakin hari semakin bertambah sehingga ketersediaan sumber energi tidak dapat mencukupi kebutuhan energi yang ada.

Kita seringkali mendengar Indonesia adalah sebuah negara kepulauan yang memiliki banyak sumber energi. Pernahkah kalian bertanya mengapa Indonesia yang memiliki banyak sumber energi dapat mengalami krisis energi?

Menurut pendapat Dr. Abdul Muin seorang pakar Migas pada acara TNI mendengar tajuk "Ketahanan di Bidang Energi dengan Berbagai Permasalahan dan Solusinya" pada tanggal 12 Maret 2015 lalu penyebab terjadinya krisis energi di Indonesia adalah sebagai berikut:

1. Tidak adanya kebijakan pengelolaan energi strategis yang komprehensif dan terpadu
2. Tidak adanya suatu perencanaan jangka panjang yang memadai, workable, konsisten, berkelanjutan dan berimbang dengan kepentingan publik lainnya
3. Kebijakan dari berbagai departemen masih bersifat sektoral, terlalu berorientasi pada target jangka pendek, tumpang tindih dan lemah koordinasi
4. Pengelolaan pelistrikan yang relatif parah di mana pengadaan pembangkit listrik di masa lalu dominan berbasiskan energi fosil yang "murah"
5. Kebijakan untuk menyiapkan "space capacity" yang memadai untuk mengamankan kebutuhan minyak dan gas untuk domestik dalam situasi "emergency" masih terabaikan

24 Biogas Sebagai Energi Alternatif Dari Limbah Ternak Sapi

## Tampilan Halaman Pembuka Bab

### 3

# 3

## BIOGAS

### Mengenal BIOGAS

"Pernahkah Kalian mendengar biogas dan menelusuri lebih dalam mengenai apa itu biogas?"

Biogas adalah campuran gas yang dihasilkan dari proses fermentasi senyawa organik oleh bantuan bakteri metanogenik secara alami dalam kondisi anaerobik. Kandungan terbesar biogas adalah gas metana (CH<sub>4</sub>). Gas metana inilah yang akan digunakan sebagai bahan bakar.

Biogas merupakan salah satu energi alternatif yang dapat digunakan sebagai bahan bakar. Biogas dapat menggantikan LPG (Liquified Petroleum Gas) sebagai bahan bakar yang digunakan masyarakat untuk memenuhi kebutuhan memasak sehari-hari.

Seperti yang sudah diketahui bahwa sebelumnya bahwa biogas merupakan campuran gas. Gas Metana merupakan komponen gas terbesar yang ada di dalam biogas.

Berikut ini adalah campuran gas yang terdapat di dalam biogas:

No	Nama Gas	Rumus Kimia	Jumlah
1	Gas metana	CH <sub>4</sub>	54%-70%
2	Karbon dioksida	CO <sub>2</sub>	27%-45%
3	Nitrogen	N <sub>2</sub>	3%-5%
4	Hidrogen	H <sub>2</sub>	1%-2%
5	Karbon monoksida	CO	0,1%
7	Oksigen	O <sub>2</sub>	0,1%
	Hidrogen Sulfida	H <sub>2</sub> S	sedikit

Tabel 1. Komponen Biogas (Sumber: www.pangertionani.com)

25 Biogas Sebagai Energi Alternatif Dari Limbah Ternak Sapi

## Tampilan Isi Bab 3

### Bahan Baku Pembuatan BIOGAS

Bahan baku pembuatan biogas adalah bahan organik yang kita jumpai dalam kehidupan kita sehari-hari. Diperkirakan ada tiga jenis bahan baku yang dapat dikembangkan sebagai bahan baku pembuatan biogas di Indonesia, antara lain kotoran hewan dan manusia, sampah organik, dan limbah cair.

Kotoran sapi dapat dijadikan sebagai bahan baku pembuatan biogas yang dapat menghasilkan gas metana cukup banyak yaitu sekitar 50-60%.

Gambar 24. Sapi sebagai hewan yang dapat menghasilkan bahan baku biogas (Sumber: rumahsapi.com)

**Tahukah Kalian?**

Selain biogas, terdapat energi alternatif lainnya yang dapat digunakan sebagai bahan bakar seperti bioetanol, biodiesel, dan bioplastik.

Gambar 25. Eoeng gondok sebagai bahan baku biogas (Sumber: http://partonion.untirta.ac.id)

Eoeng gondok juga dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku biogas karena memiliki kandungan 43% hemiselulosa dan selulosa sebesar 17%. Hemiselulosa akan dihidrolisis menjadi glukosa oleh bakteri melalui proses anaerobik digestion, menghasilkan gas metan (CH<sub>4</sub>) dan karbondioksida (CO<sub>2</sub>) sebagai biogas.

### Reaktor Biogas

Proses pembuatan biogas terjadi di dalam reaktor dengan menciptakan suatu sistem kedap udara. Di dalam reaktor terkandung bakteri metanogenik yang akan mengolah limbah organik dalam reaksi kimia sehingga menghasilkan biogas berupa gas metana. Berikut ini merupakan jenis-jenis reaktor saat ini yang digunakan untuk membuat biogas:

28 Biogas Sebagai Energi Alternatif Dari Limbah Ternak Sapi

### Pembuatan BIOGAS

#### Reaktor yang digunakan

Berbagai macam reaktor biogas dapat dibuat dan digunakan dengan baik. Untuk memulai pembuatan biogas ini dapat digunakan reaktor skala rumah tangga yakni reaktor biogas sederhana yang dapat dibuat dengan biaya yang terjangkau dan mudah.

Reaktor biogas dari polyethylene dan menggunakan penampung gas jenis balon. Berikut ini terdapat percobaan biogas sederhana yang dapat dilakukan untuk memulai produksi biogas rumah tangga.

#### Alat

- Satu Buah Galon Air Bekas
- Satu Buah Ban dalam motor/mobil
- Selang Ukuran N 2 meter
- Satu Buah Lem Superglue
- Penghubung Y
- Kran Besi Ukuran N
- PVC +- 45 cm
- Tutup PVC
- Sarung Tangan
- Gergaji Besi Kecil
- Masker
- Tutup Galon
- Laktan
- Kuas
- Solder Listrik
- Corong
- Ember

#### Bahan

- Kotoran Sapi 23 Kg
- Air 23 Liter
- Lem Tembak / Lembakar
- Cat Hitam

#### Prosedur Pembuatan

##### Persiapkan Alat

1. Siapkan pipa. Lalu potong setinggi kepala galon dengan gergaji besi.
2. Siapkan galon. Kemudian lubangi bagian atas galon sebesar diameter pipa dengan solder listrik. Lalu, rapikan dengan gergaji besi.

(Dokumen pribadi)

29 Biogas Sebagai Energi Alternatif Dari Limbah Ternak Sapi

## Tampilan Halaman Pembuka Bab 4

# 4

## Kimia Dalam Pembuatan BIOGAS



### Mengenal Reaksi Kimia

**Tahukah Kalian?**

Reaksi kimia adalah suatu proses di mana suatu zat mengalami perubahan kimia untuk membentuk zat yang berbeda.

Reaksi kimia terjadi sepanjang waktu di dalam kehidupan kita, contohnya logam berkarat, kayu terbakar, dan baterai yang menghasilkan listrik.

Saat ini terdapat beberapa jenis reaksi kimia yang telah diketahui. Berikut ini adalah beberapa contoh jenis reaksi kimia:

**Jenis-Jenis Reaksi Kimia**

**Reaksi Sintesis**  
Salah satu reaksi dimana dua zat bergabung untuk membentuk zat baru

**Reaksi Dekomposisi**  
Reaksi dimana zat yang kompleks terurai untuk membentuk dua zat terpisah

**Reaksi Oksigenasi**  
Reaksi yang terjadi ketika oksigen bergabung dengan senyawa lain untuk membentuk air dan karbon dioksida dan menghasilkan energi panas

**Reaksi Fotokimia**  
Reaksi yang melibatkan foton dari cahaya, contohnya adalah fotosintesis

**Reaksi Perpindahan Tunggal**  
Reaksi di mana satu senyawa mengambil substansi dari senyawa lain

 Biogas Sebagai Energi Alternatif Dari Limbah Ternak Sapi
 39

## Tampilan Isi Bab 4

Untuk mengetahui lebih lanjut mengenai polisakarida, baca uraian berikut:





(Sumber: <http://nabiona.staff.uoec.ac.id/>)

Kata karbohidrat berasal dari kata karbon dan air. Secara sederhana karbohidrat diartikan sebagai polimer gula. Karbohidrat adalah senyawa karbon yang mengandung sejumlah besar gugus hidroksil. Berdasarkan pengertian diatas berarti diketahui bahwa karbohidrat terdiri atas atom C, H, dan O. Adapun rumus kimia dari karbohidrat adalah:

$C_n(H_2O)_n$  atau  $C_nH_{2n}O_n$

Karbohidrat banyak terdapat pada tumbuhan dan hewan yang berperan struktural dan metabolik, sedangkan pada tumbuhan untuk sintesis  $CO_2 + H_2O$  yang akan menghasilkan amilum atau selulosa melalui fotosintesis, sedangkan hewan tidak dapat menghasilkan karbohidrat sehingga tergantung tumbuhan. Fungsi utama karbohidrat yaitu sebagai sumber dan cadangan energi yang melalui proses metabolisme.



(Sumber: [www.monbiot.com/mangotasi.com](http://www.monbiot.com/mangotasi.com))

 Biogas Sebagai Energi Alternatif Dari Limbah Ternak Sapi
 43

## Tampilan Bab 4

### Tahukah Kalian??



Gas yang dihasilkan pada percobaan biogas merupakan senyawa hidrokarbon yaitu gas metana.

yang tidak berwarna dan tidak berbau.

Gas metana ( $CH_4$ ) termasuk kedalam golongan alkana dengan rumus umum  $C_nH_{2n+2}$ . Senyawa alkana merupakan senyawa hidrokarbon alifatik jenuh yaitu hidrokarbon dengan rantai terbuka dan semua ikatan antar atom karbonnya merupakan ikatan tunggal. Yang mempunyai sifat fisik dan sifat kimia sebagai berikut:

**Sifat Fisik dan Sifat Kimia**

- Merupakan senyawa nonpolar, sehingga tidak larut dalam air
- Makin banyak atom C (rantainya makin panjang), maka titik didih makin tinggi
- Pada tekanan dan suhu biasa,  $CH_4 - C_{10}H_{22}$  berwujud gas,  $C_{11}H_{24} - C_{17}H_{36}$  berwujud cair, diatas  $C_{18}H_{38}$  berwujud padat
- Mudah mengalami reaksi substitusi dengan atom-atom halogen ( $F_2, Cl_2, Br_2$  atau  $I_2$ )
- Dapat mengalami oksidasi (reaksi pembakaran)

Senyawa hidrokarbon dapat dikelompokkan menjadi dua kelompok besar, yaitu senyawa karbon alifatik dan karbon siklik.

 Biogas Sebagai Energi Alternatif Dari Limbah Ternak Sapi
 47

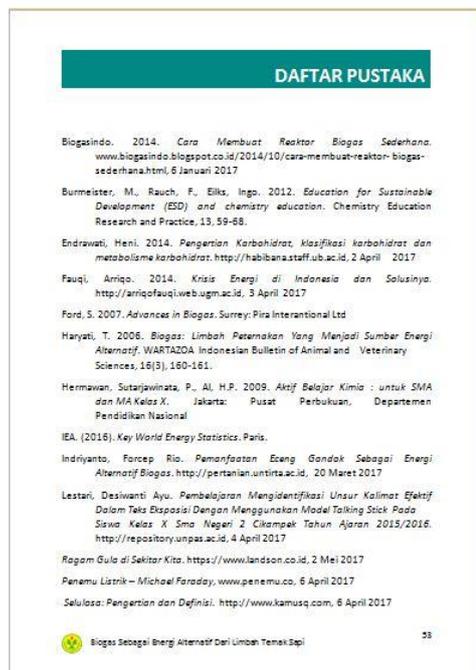
## Tampilan Glosarium

GLOSARIUM

1. Acid Treatment : Proses penghilangan lumpur dan perbaikan warna.
2. Alkalisasi : Penambahan jumlah atom dalam molekul menjadi molekul yang lebih panjang dan bercabang
3. Asidifikasi : Proses pembentukan asam
4. Barrel : Disingkat bbl, nama untuk salah satu satuan volume
5. Bilangan Oktan : Angka yang menunjukkan seberapa besar tekanan yang bisa diberikan sebelum bensin terbakar secara spontan.
6. Brutland Report : Laporan Brutland dari PBB, 1987 tentang pembangunan berkelanjutan
7. Copper Sweetening : Proses penghilangan pengotor yang menimbulkan bau tidak sedap.
8. Cracking : Penguraian (pemecahan) molekul-molekul senyawa hidrokarbon yang besar menjadi molekul-molekul senyawa yang lebih kecil
9. Deasphalting : Proses untuk mengekstraksi aspal dan resin dari gas
10. Desulfurizing : Proses penghilangan unsur belerang.
11. Dewaxing : Proses penghilangan wax yang dilakukan pada produk minyak pelumas
12. Doctor Treating : Proses penghilangan pengotor yang menimbulkan bau tidak sedap.
13. Elektrokimia : Reaksi redoks yang bersangkut paut dengan listrik
14. Elektromagnetisme : Cabang fisika tent yang mempelajari mengenai medan listrik dan medan magnet.
15. Fraksi : Bagian kecil atau kelompok
16. Hidrolisis : Pemecahan senyawa kimia melalui penambahan air
17. Interaksi : Hubungan sosial yang dinamis antara orang perseorangan dan orang Perseorangan, antara perseorangan dan kelompok, dan antara kelompok dan kelompok

 Biogas Sebagai Energi Alternatif Dari Limbah Ternak Sapi
 51

## Tampilan Daftar Pustaka



## Tampilan Halaman Punggung Buku



## TENTANG PENULIS



Fiani Monica Dewi, lahir di Jakarta pada 15 Oktober 1995, dari pasangan Aswandi dan Rohidah, merupakan anak kedua dari 6 bersaudara.

Tamat pendidikan SD di SDN 10 Ciracas tahun 2007; SMP Negeri 106 Jakarta tahun 2010; SMA Negeri 58 Jakarta tahun 2013.

Sejak masuk Universitas Negeri Jakarta khususnya Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, ia menghabiskan waktunya untuk kegiatan Badan Eksekutif Mahasiswa Jurusan Kimia (BEMJ Kimia) dalam bidang Pengembangan Profesi Keilmiah dan Akademik (P2KA), mengikuti Tim Aksi Kampus MIPA (TanK MIPA) serta Badan Eksekutif Fakultas MIPA (BEMF MIPA).

Kini, ia tidak lagi mengikuti organisasi kampus maupun luar kampus. Ia menyibukkan dirinya dengan mengajar di Sekolah dan privat.