

**PIROLISIS SEDERHANA LIMBAH PLASTIK DAN
IMPLEMENTASINYA SEBAGAI SUMBER BELAJAR
BERBASIS *EDUCATION FOR SUSTAINABLE
DEVELOPMENT (ESD)* PADA PEMBELAJARAN KIMIA**

SKRIPSI

Disusun untuk melengkapi syarat-syarat
guna memperoleh gelar Sarjana Pendidikan



AFWU HAYYI AMYYANA

3315130926









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

2017

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

Pirolisis Sederhana Limbah Plastik dan Implementasinya Sebagai Sumber Belajar Berbasis *Education for Sustainable Development* pada Pembelajaran Kimia

Nama : Afwu Hayyi Amyyana
No. Registrasi : 3315130926

| Nama | Tanda Tangan | Tanggal |
|---|--|-----------|
| Penanggung Jawab |  | |
| Dekan : <u>Prof. Dr. Suyono, M.Si.</u> NIP. 19671218 199303 1 005 |  | 11/8-2017 |
| Wakil Penanggung Jawab | | |
| Pembantu Dekan I : <u>Dr. Muktiningsih N., M.Si.</u> NIP. 19640511 198903 2 001 |  | 11/8-2017 |
| Ketua : <u>Dr. Afrizal, M.Si.</u> NIP. 19730416 199903 1 002 |  | 3/8-17 |
| Sekretaris : <u>Drs. Suhartono, M.Kes.</u> NIP. 19550712 198303 1 001 |  | 3/8-17 |
| Anggota | | |
| Penguji : <u>Drs. Darsef Darwis, M.Si.</u> NIP. 19650806 199003 1 004 |  | 2/8-17 |
| Pembimbing I : <u>Dr. Maria Paristiwati, M.Si.</u> NIP. 19671020 199203 2 001 |  | 8/8-2017 |
| Pembimbing II : <u>Dr. Fera Kurniadewi, M.Si.</u> NIP. 19761231 200112 2 002 |  | 8/8-2017 |

Dinyatakan lulus ujian skripsi pada : Jumat, 21 Juli 2017

Surat Pernyataan Keaslian Skripsi

Dengan ini saya yang bertanda tangan di bawah ini, Mahasiswa Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Jakarta :

Nama : Afwu Hayyi Amyyana
No. Registrasi : 3315130926
Jurusan : Kimia
Program Studi : Pendidikan Kimia

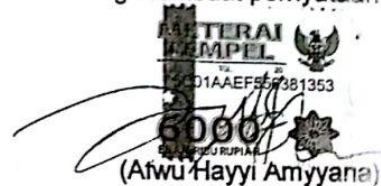
Menyatakan bahwa skripsi yang saya buat dengan judul "**Pirolisis Limbah Plastik dan Implementasinya Sebagai Sumber Belajar Berbasis *Education for Sustainable Development* pada Pembelajaran Kimia**" adalah :

1. Dibuat dan diselesaikan oleh saya sendiri, berdasarkan data yang diperoleh dari hasil penelitian pada semester ganjil tahun ajaran 2016/2017.
2. Bukan merupakan duplikasi skripsi yang pernah dibuat oleh orang lain atau jiplak karya tulis orang lain dan bukan terjemahan karya tulis orang lain.

Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan saya bersedia menanggung segala akibat yang timbul jika pernyataan saya tidak benar.

, Jakarta, 25 Juli 2017

Yang membuat pernyataan


6000
6000 RUPIAH
(Afwu Hayyi Amyyana)

PERSEMBAHAN

Bismillahirrohmanirrohim, dengan menyebut nama Allah SWT yang maha pengasih lagi maha penyayang, tidak ada yang dapat mempersekutukannya dan Maha Suci Allah dengan segala apapun yang mereka persekutukan. Tidak ada maksud yang terang-terangan maupun yang tersembunyi kecuali hanya Dia-lah yang mengetahui segalanya.

Skripsi ini penulis persembahkan kepada :

Orang tua tercinta yaitu Slamet Haryoso (Papa) dan Rusiana (Mama) yang selalu memberikan cinta, kasih sayang, nasihat, semangat, serta dukungan dalam segala hal yang tidak ternilai. Tidak lupa juga doa yang selalu mereka panjatkan untuk kesuksesan dan kebahagiaan anak-anaknya.

Saudara-saudara tersayang, Ghinyya Khaula (Kakak), Ahmad Bachtiar (Kakak), Shyorga Khairu'an (Kakak), Ca'Anna La Roy Bafika (Adik), Pakde, Bude, Pakle, Bulek, Om dan Tante yang selalu menyemangati, mendukung, dan selalu ada disaat penulis membutuhkan bantuan.

Dosen Pembimbing I yaitu Dr. Maria Paristiwati, M.Si dan Dosen Pembimbing II yaitu Dr. Fera Kurniadewi, M.Si atas setiap masukan, nasihat serta ilmu yang bermanfaat dan telah sabar membimbing penulis selama menyelesaikan tugas akhir ini.

Sahabat-sahabat tercinta ; Eriana, Dian Nisa, Cinthia, Mentari, Desy Suharnita, Ani, Soraya, Desi Fitriyani, Suci, Merlinda, Ayu, dan Ossa Alanhar yang tak pernah lelah mendukung, menyemangati dan mendengarkan keluhan penulis selama menyelesaikan skripsi ini.

Mahasiswa Pendidikan Kimia 2013 atas warna kebersamaan selama 4 tahun ini, Admin Jurusan Kimia (Mas Dar) yang selalu siap membantu, Guru khususnya Ibu Roose Sri Ramdhani dan Bapak Steffhanus atas setiap dukungan dan ilmu yang diberikan dari SMA hingga saat ini.

ABSTRAK

AFWU HAYYI AMYYANA. Pirolisis Sederhana Limbah Plastik dan Implementasinya Sebagai Sumber Belajar Berbasis *Education for Sustainable Development* pada Pembelajaran Kimia. **Skripsi.** Jakarta: Program Studi Pendidikan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Jakarta. Juli 2017.

Penelitian ini bertujuan untuk menghasilkan Sumber Belajar pirolisis plastik berupa buku yang berbasis *Education for Sustainable Development*. Penelitian dilakukan di SMAN 1 Jalaksana, SMAN 51 Jakarta dan SMAN 98 Jakarta pada semester gasal tahun ajaran 2016/2017. Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah metode penelitian dan pengembangan (*Research and Development*). Penelitian ini terdiri atas tiga tahap, yaitu tahap analisis kebutuhan, tahap pengembangan, dan tahap uji coba produk. Subjek dalam penelitian ini adalah peserta didik kelas 11 SMA sebanyak 51 orang.

Hasil interpretasi rata-rata uji kelayakan oleh ahli materi dan ahli bahasa sebesar 89,63% yang menunjukkan bahwa buku sudah baik dalam hal kesesuaian materi, teknik penyajian, dan kelayakan bahasa. Sedangkan uji kelayakan media memberikan hasil interpretasi rata-rata sebesar 92,23% yang menunjukkan bahwa buku sudah baik dari segi kualitas instruksional dan kualitas teknis. Hasil interpretasi rata-rata pada peserta didik kelompok kecil adalah 85% yang menunjukkan bahwa buku sudah baik. Berdasarkan penilaian dari peserta didik kelompok kecil tersebut, buku diperbaiki dan dilakukan uji coba kembali pada kelompok besar dan didapatkan hasil interpretasi rata-rata sebesar 91,44% yang menunjukkan buku sudah baik dalam hal ukuran buku, desain kulit buku, kesesuaian materi, teknik penyajian, dan kelayakan bahasa. Hasil interpretasi yang baik dalam pengkajian oleh para ahli dan uji coba yang dilakukan pada peserta didik menunjukkan bahwa sumber belajar pirolisis plastik berupa buku yang berbasis *Education for Sustainable Development* ini layak untuk digunakan.

Kata Kunci: Penelitian Pengembangan, Pirolisis Plastik, *Education for Sustainable Development*.

ABSTRACT

AFWU HAYYI AMYYANA. Plastic Waste Pyrolysis and Implementation of Learning-Based Resources for Sustainable Development. **Thesis.** Jakarta: Chemistry Education Study Program, Faculty of Mathematics and Natural Sciences, State University of Jakarta. July 2017

This research is intended to produce an educational source of plastic pyrolysis based on education for sustainable development. The study was conducted at SMAN 1 Jalaksana, SMAN 51 Jakarta and SMAN 98 Jakarta in the academic year of 2016/2017. The method used in this research is research and development method (Research and Development). This research consists of three stages, namely requirement analysis stage, development stage, and product trial stage. Subjects in this study were XI high school students 51 people.

The results of the interpretation of feasibility tests by material experts and linguists with a range of 77.5% -100% indicate that the book is good in terms of material suitability, presentation techniques, and language eligibility. While media feasibility test gives interpretation result with range of 87,5% -100% indicating that book have good in terms of instructional quality and technical quality. Interpretation results in small group learners are in the range of 73.33%-79.26% indicating that the book is good. Based on the assessment of the small group of learners, selected books and re-tested in large groups and the results of interpretation with a range of 75.7%-81.6% which indicates the book is good in terms of book size, book skin design, presentation techniques, and language feasibility. The results of good interpretation in the assessment by experts and trials conducted on learners indicate the source of learning pyrolysis plastic books based Education for Sustainable Development is feasible to use.

Keywords: Development Research, Plastic Pyrolysis, Education for Sustainable Development.

KATA PENGANTAR

Dengan menyebut nama Allah yang Maha Pengasih lagi Maha Panyayang, saya panjatkan puja dan puji syukur atas kehadiran-Nya, yang telah melimpahkan rahmat, hidayah, dan inayah-Nya, sehingga saya dapat menyelesaikan Skripsi yang berjudul *“Pirolisis Limbah Plastik dan Implementasinya Sebagai Sumber belajar Berbasis ESD pada Pembelajaran Kimia”*.

Adapun Skripsi ini dapat diselesaikan dengan bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada :

1. Dr. Maria Paristiowati, M.Si selaku dosen pembimbing I dan Ketua Program Studi Pendidikan Kimia, atas bimbingan dan motivasi yang telah diberikan.
2. Dr. Fera Kurniadewi, M.Si selaku dosen pembimbing II yang telah memberikan bimbingan dan motivasi.
3. Keluarga yang menjadi motivator terbesar dan selalu mendukung dalam menyelesaikan skripsi ini.
4. Dosen-dosen kimia yang telah memberikan ilmu selama penulis melakukan studi sebagai mahasiswa pendidikan kimia.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari sempurna, baik dari segi penyusunan, pembahasan, ataupun penulisannya. Oleh karena itu, kritik dan saran yang sifatnya membangun sangat penulis harapkan untuk perbaikan.

Akhir kata, semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi pembaca, dan berkontribusi dalam proses pembelajaran yang berdampak pada peningkatan mutu pendidikan dan kehidupan masyarakat.

Jakarta, Juli 2017

Afwu Hayyi Amyyana

DAFTAR ISI

HALAMAN

| | |
|---|------|
| ABSTRAK | ii |
| KATA PENGANTAR | iii |
| DAFTAR ISI | iv |
| DAFTAR GAMBAR | vi |
| DAFTAR TABEL | vii |
| DAFTAR LAMPIRAN | viii |
| BAB I PENDAHULUAN | 1 |
| A. Latar Belakang Masalah | 1 |
| B. Identifikasi Masalah | 5 |
| C. Pembatasan Masalah | 6 |
| D. Rumusan Masalah..... | 6 |
| E. Tujuan Penelitian | 6 |
| F. Manfaat Penelitian | 6 |
| BAB II KAJIAN TEORI | 8 |
| A. Pendidikan untuk Pembangunan Berkelanjutan | 8 |
| B. Pembelajaran Kimia..... | 10 |
| C. Pirolisis Limbah Plastik | 12 |
| D. Sumber Belajar | 15 |
| 1. Pengertian Sumber Belajar..... | 15 |
| 2. Ciri-ciri Sumber Belajar..... | 16 |
| 3. Klasifikasi Sumber Belajar | 17 |
| 4. Fungsi dan Peranan Sumber Belajar..... | 18 |
| 5. Kriteria Pemilihan Sumber Belajar | 19 |

| | |
|---|-----------|
| BAB III METODOLOGI PENELITIAN | 20 |
| A. Tujuan Penelitian | 20 |
| B. Tempat dan Waktu Penelitian..... | 20 |
| C. Subjek Penelitian | 20 |
| D. Metode Penelitian | 20 |
| E. Prosedur Penelitian | 22 |
| F. Teknik Pengumpulan Data..... | 24 |
| G. Instrumen Penelitian | 25 |
| H. Teknik Analisis Data | 26 |
| BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN | 29 |
| A. Analisis Kebutuhan | 29 |
| B. Pengembangan sumber belajar berbasis ESD | 30 |
| C. Tahap Uji Coba..... | 35 |
| 1. Tahap Uji Kelayakan oleh Ahli | 35 |
| 2. Tahap Uji Coba kepada Peserta Didik | 41 |
| BAB V KESIMPULAN DAN SARAN | 46 |
| A. Kesimpulan | 46 |
| B. Saran | 46 |
| DAFTAR PUSTAKA..... | 47 |
| LAMPIRAN..... | 50 |

DAFTAR GAMBAR

HALAMAN

| | |
|--|----|
| Gambar 1. Skema proses pirolisis sederhana | 15 |
| Gambar 2. Skema Penelitian Pengembangan Sumber Belajar ESD | 24 |
| Gambar 3. Rangkaian alat pirolisis sederhana | 31 |
| Gambar 4. Struktur kimia <i>Polyethylene Terephthalate</i> (PET) | 32 |
| Gambar 5. Struktur kimia <i>Polypropilene</i> (PP) | 32 |
| Gambar 6. Sampul depan buku ESD | 34 |
| Gambar 7. Sampul belakang buku ESD | 34 |
| Gambar 8. Proses Pembuatan Alat Pirolisis | 35 |

DAFTAR TABEL

HALAMAN

| | |
|--|----|
| Tabel 1. Klasifikasi Sumber Belajar | 17 |
| Tabel 2. Tahapan Penelitian dan Pengembangan | 23 |
| Tabel 3. Kriteria Skala Likert | 26 |
| Tabel 4. Skala Penilaian Instrumen Penelitian | 26 |
| Tabel 5. Interpretasi Skor <i>Rating Scale</i> | 27 |
| Tabel 6. Kategori ICC | 28 |
| Tabel 7. Hasil percobaan pirolisis sederhana | 31 |
| Tabel 8. Kandungan senyawa dalam minyak pirolisis..... | 33 |
| Tabel 9. Hasil Interpretasi Uji Kelayakan oleh Ahli Materi..... | 36 |
| Tabel 10. Hasil Interpretasi Uji Kelayakan oleh Ahli Media..... | 39 |
| Tabel 11. Hasil Uji Coba pada Peserta Didik Kelompok Kecil | 42 |
| Tabel 12. Hasil Uji Coba pada Peserta Didik Kelompok Besar | 43 |

DAFTAR LAMPIRAN

HALAMAN

| | |
|--|----|
| Lampiran 1. Kisi-kisi instrumen analisis kebutuhan peserta didik | 50 |
| Lampiran 2. Instrumen analisis kebutuhan peserta didik | 51 |
| Lampiran 3. Hasil instrumen analisis kebutuhan peserta didik | 53 |
| Lampiran 4. Kisi-kisi instrumen uji coba oleh ahli materi..... | 55 |
| Lampiran 5. Lembar kuesioner uji coba oleh ahli materi..... | 56 |
| Lampiran 6. Perhitungan kuesioner uji coba oleh ahli materi..... | 58 |
| Lampiran 7. Perhitungan reliabilitas antar rater ahli materi..... | 60 |
| Lampiran 8. Kisi-kisi instrumen uji coba oleh ahli media..... | 62 |
| Lampiran 9. Lembar kuesioner uji coba oleh ahli media | 63 |
| Lampiran 10. Perhitungan kuesioner uji coba oleh ahli media | 65 |
| Lampiran 11. Perhitungan reliabilitas antar rater ahli media | 67 |
| Lampiran 12. Kisi-kisi instrumen uji coba pada peserta didik..... | 68 |
| Lampiran 13. Lembar kuesioner uji coba pada peserta didik..... | 69 |
| Lampiran 14. Perhitungan kuesioner uji coba kelompok kecil | 71 |
| Lampiran 15. Perhitungan kuesioner uji coba kelompok besar..... | 73 |
| Lampiran 16. Sumber belajar pirolisis plastik berbasis ESD | 76 |

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang Masalah

Agenda 21 yang dicanangkan dalam *United Nations Conference on Environment and Development* (UNCED) di Rio de Janeiro, Brazil tahun 1992 memberikan arahan yang jelas tentang keharusan arah pendidikan menuju *Education for Sustainable Development* (ESD) (Burmeister, Rauch & Eilks, 2012). Fokus utama dari ESD adalah untuk mempersiapkan generasi muda menjadi warga Negara yang bertanggung jawab di masa depan.

Untuk membekali peserta didik sesuai dengan harapan tersebut, telah ditelusuri berbagai keterampilan yang diperlukan oleh peserta didik dalam menghadapi masanya, yaitu abad ke-21. Keterampilan ini dirangkum dalam *21st century skill*, yang terdiri dari keterampilan belajar dan berinovasi, keterampilan teknologi informasi dan media, keterampilan hidup dan karir (*Partnership for 21st century skill*, 2013). Para pendidik sains lebih bersepakat bahwa keterampilan yang urgen untuk mewujudkan keterampilan abad 21 ini adalah kemampuan adaptabilitas, keterampilan sosial, manajemen diri, pengembangan diri, kepemimpinan dan tanggung jawab. (Hilton, 2010).

Menurut (Burmeister & Eilks, 2012), pendidikan kimia memiliki peran sentral dalam pendidikan untuk pembangunan berkelanjutan. Hal ini didasarkan bahwa kimia dan industri kimia memiliki peran penting dalam pembangunan berkelanjutan, karena banyak produk dalam kehidupan sehari-hari berhubungan dengan kimia. Industri kimia memiliki potensi besar untuk fokus pada lingkungan baik dari segi proses produksi dan produk akhir.

Oleh karena itu, telah diklaim bahwa pendidikan kimia harus menekankan pemahaman peserta didik tentang peran kimia dalam masyarakat dan meningkatkan kemampuan untuk mengevaluasi bisnis dan produk terkait kimia, seperti bagaimana kimia dapat mempengaruhi masa depan, kontribusi untuk masyarakat dan sumber daya alam yang berkelanjutan (Burmeister & Eilks, 2012).

Pembelajaran kimia sebagaimana telah dijelaskan di atas, sebenarnya lebih ditujukan untuk mempersiapkan peserta didik menghadapi dunianya sendiri di masa depan. Oleh karena itu, perlu adanya pemanfaatan laboratorium dalam pembelajaran kimia di sekolah secara optimal yang ditujukan untuk mempersiapkan peserta didik agar memiliki keterampilan kerja di industri. Perubahan *mindset* ini tidak cukup dengan hanya menggunakan informasi saja, akan tetapi lebih pada bentuk contoh yang konkret.

Mencermati visi yang luas dari pendidikan, tidak sepatutnya jika orientasi pendidikan hanya berfokus pada pencapaian nilai UN. Meskipun perlu diakui bahwa hal itu masih terjadi pada kondisi pembelajaran kimia di SMA di Indonesia, bahkan di banyak Negara lain. Di Indonesia sendiri, lebih banyak guru yang meninggalkan laboratorium karena dianggap tidak mendukung perolehan nilai tinggi dalam ujian akhir nasional (UN). Sebagai pihak yang terkait langsung dengan pendidikan kimia, maka perlu dicari pemikiran dan tindakan konkret untuk mewujudkan misi ini.

Salah satu tindakan konkret untuk memfokuskan ESD pada pembelajaran kimia melalui suatu eksperimen di laboratorium adalah dengan menemukan solusi atas permasalahan sosial ilmiah melalui pendekatan kimia, salah satunya yaitu masalah limbah plastik yang melimpah dan mencemari lingkungan. Menurut Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK), pada tahun 2014 limbah plastik dari 100 toko/gerai anggota APRINDO (Asosiasi Pengusaha Ritel Indonesia) menghasilkan 11 juta lembar limbah kantong plastik.

Ini berarti sama dengan sekitar 65,7Ha (sekitar 657.000 m²) kantong plastik atau sekitar 60 kali luas lapangan sepak bola (1 kali luas lapangan bola sekitar 10.800 m²). Menurut *Indonesia Solid Waste Association* (InSWA), sebagaimana dikutip dari Antara, produksi limbah plastik di Indonesia tahun 2008 sekitar 5,4 juta ton. Berdasarkan data Badan Pengelolaan Lingkungan Hidup Daerah (BPLHD), limbah di Jakarta yaitu 6000 ton/hari, dan sekitar 13%nya (kurang lebih 780 ton/hari) adalah limbah plastik. Penanganan limbah plastik harus menggunakan cara-cara yang ramah terhadap lingkungan. Penanganan limbah plastik yang populer selama ini adalah dengan 3R, yakni *reuse* (memakai kembali), *reduce* (mengurangi), dan *recycle* (mendaur ulang) (Surono, 2013).

Sebagai generasi abad 21, penanganan limbah plastik tidak hanya cukup pada pola 3R, namun harus dapat mengubah limbah menjadi barang yang bermanfaat bahkan mendatangkan keuntungan bagi masyarakat. Seperti diungkapkan Syukrul (2011) bahwa saat ini muncul inovasi baru yang disebut 4R, yakni pengelolaan limbah yang ditambah dengan *Replace* (mengganti barang yang dapat merusak lingkungan) dan bisa memberikan nilai tambah (benefit) baru bagi masyarakat. Oleh sebab itu, dalam rangka menunjang ESD pada pembelajaran kimia, pengelolaan limbah plastik dapat dilakukan melalui cara pengubahan limbah plastik menjadi sumber energi alternatif melalui serangkaian proses tertentu, sehingga dapat mengurangi masalah pencemaran lingkungan dan dalam skala besar dapat menjadi potensi baru untuk memenuhi kebutuhan sumber bahan bakar minyak. Atas dasar tersebut, pengetahuan terhadap penanganan limbah plastik secara ramah lingkungan wajib diketahui oleh peserta didik. Tidak hanya itu, yang dibutuhkan peserta didik saat ini adalah kompetensi penanganan limbah-limbah tersebut secara arif dan bijaksana. Penanganan limbah plastik yang tepat guna, yakni limbah yang dapat dimanfaatkan dan berguna bagi masyarakat.

Dalam skala kecil namun nyata, pengolahan limbah menjadi sumber energi alternatif ini telah diaplikasikan oleh sebuah Sekolah Menengah Atas di desa Jalaksana, Kuningan Jawa barat dengan proses pirolisis sederhana menggunakan rangkaian alat yang telah dimodifikasi. Sebagai upaya pengembangan dalam penelitian ini, maka proses pirolisis sederhana tersebut dapat dibahas menjadi suatu sumber belajar untuk digunakan pada proses pembelajaran di sekolah.

Beberapa masalah atau kendala yang muncul dalam usaha pemanfaatan sumber belajar telah dijelaskan beberapa pakar pendidikan, antara lain Ahmad Rohani (2010) dan Abu Ahmadi (2005) yang menyoroti tentang pandangan sempit para guru mengenai sumber belajar bahwa sumber belajar hanya diartikan sebagai buku-buku teks rujukan yang didalamnya hanya berisi materi-materi dan latihan soal yang sebagian besar telah tercantum pada buku pegangan wajib. Menurut Wena (2011) salah satu masalah dalam proses pembelajaran adalah kurang tersedianya buku teks yang berkualitas sehingga peserta didik sulit memahami buku yang dibacanya. Selain itu, buku-buku teks tersebut membosankan sehingga minat baca peserta didik masih sangat rendah. Sebagaimana yang tercantum dalam (Republika, 2014), yaitu menurut data PISA tahun 2015, tingkat literasi warga Indonesia berada di posisi 2 terbawah dari 72 negara dan tingkat membaca peserta didik berada pada urutan 57 dari 65 negara. Sedangkan data UNESCO tahun 2012, indeks minat baca sebesar 0,001 yang berarti setiap 1.000 penduduk hanya satu yang membaca. Data dari Kemendikbud per tahun 2015, sebanyak 3,56% penduduk Indonesia atau dari 5,7 juta orang masih buta aksara (Pikiran Rakyat, 2016).

Salah satu upaya untuk mengubah kondisi ini, pemerintah mengkampanyekan Gerakan Literasi Sekolah (GLS) yang bertujuan untuk membuat peserta didik mencintai budaya membaca.

Berdasarkan pengamatan peneliti yang dilakukan selama Praktek Keterampilan Mengajar (PKM) di SMAN 51 Jakarta, GLS dilakukan dengan pembiasaan membaca 15 menit sebelum kegiatan belajar dimulai. Peserta didik diperbolehkan meminjam buku dari perpustakaan atau milik pribadi untuk dijadikan sumber literasi.

Namun, peserta didik lebih banyak membaca buku-buku fiksi seperti novel daripada buku-buku penunjang pembelajaran karena kurang tersedianya buku bacaan yang berkualitas. Guna mendukung Gerakan Literasi Sekolah untuk pengadaan buku bacaan yang berkualitas bagi peserta didik, maka peneliti membuat suatu sumber belajar yang di dalamnya telah tersaji materi hidrokarbon dan polimer (limbah plastik) yang dikaitkan dengan proses pirolisis sederhana.

Pembuatan sumber belajar ini dirasa penting karena terdapat esensi yang besar terhadap masalah sosial-ilmiah dan diharapkan mampu mengubah pandangan yang sempit mengenai sumber belajar, menumbuhkan sikap peduli peserta didik terhadap lingkungan serta dapat memperbaharui kesadaran peserta didik untuk menunjang pembangunan berkelanjutan. Terlebih jika sumber belajar ini bisa diaplikasikan di sekolah-sekolah menengah atas yang selanjutnya mampu menciptakan kreatifitas peserta didik untuk mencari jalan keluar mengenai permasalahan sosial-ilmiah lainnya melalui pendekatan kimia. Terutama sumber belajar ini dapat berperan sebagai alternatif pengaplikasian *ESD* dalam pembelajaran kimia dan buku bacaan yang berkualitas guna mendukung Gerakan Literasi Sekolah.

B. Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan di atas maka beberapa permasalahan yang dapat diidentifikasi sebagai berikut:

1. Minimnya minat baca peserta didik karena kurang tersedianya buku bacaan yang berkualitas untuk menambah wawasan.

2. Perlu dibuat suatu sumber belajar untuk menumbuhkan sikap peduli peserta didik terhadap lingkungan serta dapat memperbaharui kesadaran peserta didik untuk menunjang pembangunan berkelanjutan.
3. Peserta didik dan guru harus berkontribusi dalam ESD, salah satunya melalui sumber belajar berbasis ESD sebagai bahan pendukung dalam proses pembelajaran kimia.

C. Pembatasan Masalah

Permasalahan penelitian ini dibatasi pada proses pirolisis sederhana limbah plastik dan implementasinya sebagai sumber belajar berbasis *ESD* pada pembelajaran kimia.

D. Rumusan Masalah

Berdasarkan pembatasan masalah yang telah disebutkan di atas, maka perumusan masalah dalam penelitian ini adalah “Bagaimana mengembangkan sumber belajar berbasis ESD pada pembelajaran kimia berdasarkan proses pirolisis sederhana limbah plastik?”

E. Tujuan Penelitian

Sesuai dengan masalah yang telah dirumuskan, maka tujuan dalam penelitian yang dilakukan adalah untuk mengembangkan sumber belajar berbasis *ESD* pada pembelajaran kimia berdasarkan proses pirolisis sederhana limbah plastik.

F. Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dari penelitian yang dilakukan adalah dapat menghasilkan sumber belajar berbasis *ESD* pada pembelajaran kimia dan sumber belajar yang dihasilkan dapat dipertimbangkan oleh praktisi pendidikan khususnya guru mata pelajaran kimia untuk diterapkan dalam lingkungan sekolah sebagai upaya pengaplikasian *ESD* dan menambah koleksi buku bacaan yang berkualitas untuk

mendukung Gerakan Literasi Sekolah. Selain itu, produk hasil penelitian ini diharapkan dapat memperkaya pengetahuan kimia serta mampu menumbuhkan sikap peduli peserta didik terhadap lingkungan dan pembangunan berkelanjutan.

BAB II

KAJIAN TEORI

A. Pendidikan untuk Pembangunan Berkelanjutan

Pembangunan berkelanjutan adalah pembangunan yang memenuhi kebutuhan masa kini tanpa harus mengurangi kemampuannya untuk memenuhi kebutuhan dari generasi yang akan datang. Pembangunan berkelanjutan harus memerhatikan pemanfaatan lingkungan hidup dan kelestarian lingkungannya agar kualitas lingkungan tetap terjaga. (UNESCO, 2012). Semua program pembangunan berkelanjutan harus mempertimbangkan tiga aspek keberlanjutan yaitu lingkungan, sosial, dan ekonomi. Untuk melakukannya, pemerintah dan masyarakat harus mengidentifikasi prioritas dan menciptakan tujuan masa depan yang berkelanjutan.

Pendidikan telah diakui sebagai hal yang sangat diperlukan untuk mencapai pembangunan berkelanjutan (Burmeister & Eilks, 2012). Oleh karena itu, PBB menyatakan dekade 2005-2014 menjadi Dekade Internasional Pendidikan untuk Pembangunan Berkelanjutan atau *Education for Sustainable Development* (ESD) dan akan terus berlanjut kedepan. Idenya adalah bahwa semua pemerintah negara anggota PBB berkomitmen untuk berfokus pada bagaimana pendidikan dapat memberikan kontribusi untuk pembangunan berkelanjutan (UNESCO, 2012).

Pendidikan kimia memiliki peran sentral dalam pendidikan untuk pembangunan berkelanjutan (ESD) (Burmeister & Eilks, 2012). Hal ini didasarkan bahwa kimia dan industri kimia memiliki peran penting dalam pembangunan berkelanjutan, karena banyak produk dalam kehidupan sehari-hari berhubungan dengan kimia. Industri kimia memiliki potensi besar untuk fokus pada lingkungan baik dari segi proses produksi dan produk akhir.

Oleh karena itu, telah diklaim bahwa pendidikan kimia harus menekankan pemahaman peserta didik tentang peran kimia dalam masyarakat dan meningkatkan kemampuan mereka untuk mengevaluasi bisnis dan produk terkait kimia, seperti bagaimana kimia dapat mempengaruhi masa depan, kontribusi untuk masyarakat dan sumber daya alam yang berkelanjutan (Burmeister & Eilks, 2012).

Kimia juga penting dalam isu-isu keberlanjutan luar dunia profesional. Pengetahuan kimia diperlukan orang awam untuk memahami banyak masalah yang berlanjut, seperti mekanisme di balik perubahan iklim dan potensi efek samping pada kehidupan pribadi kita yang disebabkan oleh produksi barang, produksi energi alternatif, dll (Burmeister, Rauch, & Eilks, 2012). Elemen kunci dalam ESD adalah pentingnya mengakui keterkaitan antara dimensi ekologi, sosial dan ekonomi dari setiap masalah.

Menteri Pendidikan dan Kebudayaan Indonesia yaitu Bapak Muhadjir Effendy, menekankan bahwa Pendidikan merupakan salah satu faktor terpenting dalam Pembangunan Berkelanjutan. Hal ini disampaikan setelah menghadiri acara *Report Launch on International Commission on Financing Global Education Opportunity*, yang dilaksanakan pada tanggal 18-19 September 2016, di New York, Amerika Serikat. Dalam laporan yang disampaikan dalam forum tersebut, Mendikbud menekankan bahwa pengembangan pendidikan harus dapat memenuhi landasan Perserikatan Bangsa-Bangsa (PBB) untuk bertindak berdasarkan 12 rekomendasi pola yang disebut dengan "Generasi Pembelajar". Mendikbud berharap bahwa usaha bersama berbagai Negara dalam upaya memajukan pendidikan dapat memberikan kontribusi lebih banyak untuk meningkatkan kualitas hidup manusia. Pemikiran yang sama dari Burmeister *et al.* (2012) menekankan fokus utama ESD adalah untuk mempersiapkan generasi muda menjadi warga negara yang bertanggung jawab di masa depan.

Pada penelitian ini, konsep pembangunan berkelanjutan dikemas dalam sumber belajar kimia yang bertujuan agar peserta didik memahami dan menerapkan pembangunan berkelanjutan dari sumber belajar yang dikembangkan seperti sikap menjaga lingkungan dan pengetahuan mengenai solusi atas masalah sosial-ilmiah yang terjadi melalui pendekatan dari ilmu kimia.

B. Pembelajaran Kimia

Belajar merupakan suatu proses yang dialami manusia dan berlangsung sepanjang hayat. Hasil dari belajar adalah adanya perubahan tingkah laku pada diri seseorang. Perubahan tersebut dapat berupa pengetahuan (kognitif), keterampilan (psikomotor), maupun sikap atau nilai (afektif). Menurut Gagne (Eveline Siregar dan Hartini Nara, 2010), belajar adalah suatu perubahan perilaku yang relatif menetap yang dihasilkan dari pengalaman masa lalu ataupun dari pembelajaran yang bertujuan atau direncanakan. Proses belajar terjadi karena adanya interaksi antara individu dan lingkungannya. Proses ini dapat terjadi kapan saja dan di mana saja, terlepas dengan ada atau tidaknya pengajar.

Menurut UU no.20 tahun 2003 pasal 1 tentang Sistem Pendidikan Nasional, pembelajaran adalah proses interaksi peserta didik dengan pendidik dan sumber belajar pada suatu lingkungan belajar. Dalam bidang pendidikan, istilah belajar sering dikaitkan dengan mengajar. Namun, belajar merupakan proses yang dapat dilakukan dengan atau tanpa adanya orang yang mengajar. Oleh karena itu, mengajar atau pengajaran memiliki arti yang lebih sempit daripada pembelajaran. Slameto (2007) mengemukakan bahwa pembelajaran adalah proses interaksi antara peserta didik dan lingkungannya yang dapat mengakibatkan perubahan perilaku ke arah yang lebih baik. Sedangkan mengajar atau pengajaran memberi kesan sebagai pekerjaan yang dilakukan oleh satu pihak,

yaitu seorang pengajar. Perbedaan antara kedua istilah ini telah mengubah paradigma pendidikan dari yang semula berorientasi *teacher-centered* menjadi *student-centered*.

Pembelajaran kimia tidak lepas dari pengertian pembelajaran dan pengertian ilmu kimia itu sendiri. Kimia adalah ilmu yang mencari jawaban atas apa, mengapa, dan bagaimana gejala-gejala alam yang berkaitan dengan komposisi, struktur dan sifat, perubahan, dinamika, dan energetika zat. Oleh sebab itu, mata pelajaran kimia di SMA/MA mempelajari segala sesuatu tentang zat yang meliputi komposisi, struktur dan sifat, perubahan, dinamika, dan energetika zat yang melibatkan keterampilan dan penalaran. Ada dua hal yang berkaitan dengan kimia yang tidak bisa dipisahkan, yaitu kimia sebagai produk (pengetahuan kimia yang berupa fakta, konsep, prinsip, hukum, dan teori) dan kimia sebagai proses yaitu kerja ilmiah (E. Mulyasa, 2007: 132–133).

Dari penjabaran tersebut, maka pembelajaran kimia merupakan suatu upaya guru dalam menyampaikan ilmu kimia serta penerapannya dalam kehidupan sehari-hari (Hamalik, 2008:57)

Mata pelajaran kimia diklasifikasikan sebagai mata pelajaran yang cukup sulit bagi sebagian siswa SMA/MA (Kasmadi dan Indrapuri, 2010:574). Kesulitan ilmu kimia ini terkait dengan ciri-ciri ilmu kimia itu sendiri yang disebutkan oleh Kean dan Middlecamp (1985), yaitu sebagian besar ilmu kimia bersifat abstrak sehingga diperlukan suatu media pembelajaran yang dapat lebih mengkonkritkan konsep-konsep yang abstrak tersebut. Menurut E. Mulyasa (2007:133–134), mata pelajaran kimia di SMA/MA bertujuan agar siswa memiliki kemampuan sebagai berikut:

- a. Membentuk sikap positif terhadap kimia dan menyadari keteraturan dan keindahan alam serta mengagungkan kebesaran Tuhan Yang Maha Esa.

- b. Memupuk sikap ilmiah yaitu jujur, objektif, terbuka, ulet, kritis, dan dapat bekerja sama dengan orang lain.
- c. Memperoleh pengalaman dalam menerapkan metode ilmiah melalui percobaan atau eksperimen, dimana siswa melakukan pengujian hipotesis dengan merancang percobaan melalui pemasangan instrumen, pengambilan, pengolahan, dan penafsiran data, serta menyampaikan hasil percobaan secara lisan dan tertulis.
- d. Meningkatkan kesadaran tentang terapan kimia yang dapat bermanfaat dan juga merugikan bagi individu, masyarakat, dan lingkungan serta menyadari pentingnya mengelola dan melestarikan lingkungan dan kesejahteraan masyarakat.
- e. Memahami konsep, prinsip, hukum, dan teori kimia serta saling keterkaitannya dan penerapannya untuk menyelesaikan masalah dalam kehidupan sehari-hari dan teknologi.

Kualitas pembelajaran atau ketercapaian tujuan pembelajaran sangat dipengaruhi oleh beberapa faktor. Misalnya, strategi belajar mengajar, metode dan pendekatan pembelajaran, serta sumber belajar yang digunakan baik dalam bentuk buku, modul, lembar kerja, media, dan lain-lain. Penggunaan media dalam pembelajaran dapat membantu keterbatasan guru dalam menyampaikan informasi maupun keterbatasan jam pelajaran di sekolah. Media berfungsi sebagai sumber informasi materi pembelajaran maupun sumber soal-soal latihan. Kualitas pembelajaran juga dipengaruhi oleh perbedaan individu siswa, baik perbedaan gaya belajar, perbedaan kemampuan, perbedaan kecepatan belajar, latar belakang, dan sebagainya.

C. Pirolisis Limbah Plastik

Meluasnya penggunaan bahan plastik telah menyebabkan peningkatan jumlah limbah plastik. *Polyethylene* ($[-CH_2-CH_2-]_n$) adalah plastik yang paling umum digunakan. Secara total, lebih dari 80 juta

ton *polyethylene* yang diproduksi di seluruh dunia (Piringer & Baner, 2008). Berdasarkan kepadatan dan percabangan molekul, *polyethylene* dapat dikategorikan ke dalam beberapa kelas, diantaranya yaitu *high-density polyethylene* (HDPE), *linear low density polyethylene* (LLDPE), dan *low density polyethylene* (LDPE) adalah yang paling penting dalam volume penjualan mereka. Lebih dari 30 juta limbah plastik yang dihasilkan di Amerika Serikat (US EPA, 2008) pertahun dan 10 juta ton limbah plastik yang dihasilkan di Jepang (Nishino *et al.*, 2003) pertahun. Sementara itu, sebanyak 5,4 juta ton plastik yang terbuang di Indonesia pada tahun 2008 (Kementerian Lingkungan Hidup Republik Indonesia, 2008). Dari jumlah yang sangat besar ini maka limbah plastik memiliki potensi besar untuk menjadi masalah lingkungan. Oleh karena itu, manajemen yang lebih baik dan tepat sangat dibutuhkan untuk menangani permasalahan ini. Salah satu alternatif dan metode yang menjanjikan untuk daur ulang limbah plastik adalah pirolisis. Pirolisis adalah proses dekomposisi termokimia dari bahan organik dan sintetis untuk menghasilkan bahan bakar pada suhu yang tinggi tanpa kehadiran oksigen (Syamsiro *et al.*, 2014); Sarker *et al*, 2012).

Sudah banyak penelitian tentang pirolisis limbah plastik dalam sektor *engineering*, salah satunya penelitian yang dilakukan oleh jurusan teknik kimia UGM pada tahun 2015 yang berjudul "*Pyrolysis of Plastic Waste to Product Pyrolytic Oil as an Alternative Fuel*". Metode dalam penelitian ini yaitu Sekitar satu kilogram limbah plastik dimuat ke dalam ruang reaktor dan *pyrolyzed*. Unit reaktor dilengkapi dengan pemanas listrik, suhu *controller*, *kondensor*, dan sistem *flare*. Proses pirolisis dilakukan pada kisaran suhu (300-450)°C. Percobaan berakhir setelah satu jam, waktu direkam dari munculnya api *flare*. Produk minyak dikumpulkan dari bagian bawah kondensor, dan volumenya diukur. Sifat fisik minyak, seperti berat jenis, viskositas kinematik, *gross heating value*, *flash point*, dan kadar air, dievaluasi

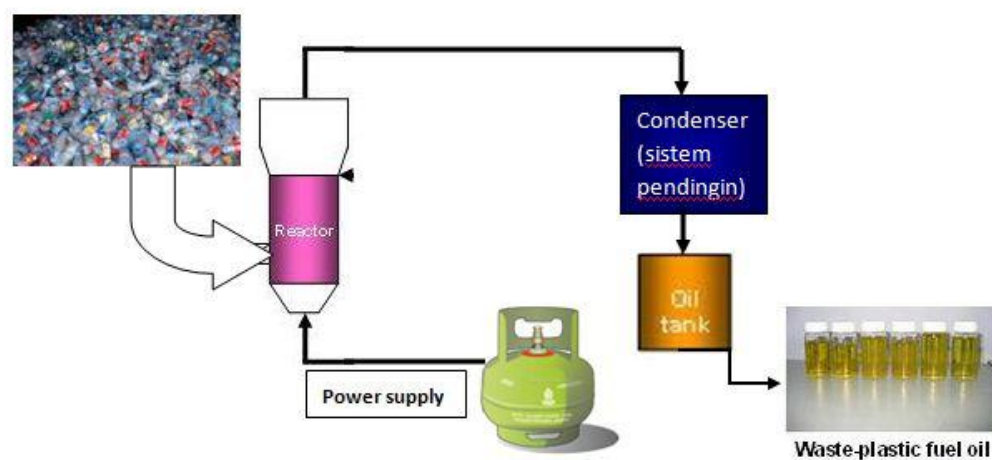
dan dibandingkan dengan bahan bakar komersial lainnya. Hasil percobaan menunjukkan bahwa suhu optimum untuk pirolisis limbah plastik adalah 350°C. Pada suhu ini, hasil minyak yang diperoleh adalah 52,6% (vol/w). Selain itu, sifat fisik hasil analisis menunjukkan bahwa sifat produk minyak relatif lebih dekat dengan minyak tanah dibandingkan dengan yang bahan bakar komersial lainnya.

Penelitian mengenai penanganan limbah plastik lainnya dilakukan oleh *Department of Polymer Technology, College of engineering and technology Akola* pada tahun 2013 yang berjudul “*Thermofuel-Pyrolysis of waste plastic to produce Liquid Hydrocarbons*”. *Thermofuel* adalah proses yang mengubah limbah plastik menjadi produk hidrokarbon cair berharga yang dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi untuk berbagai tujuan seperti mesin diesel, generator, kendaraan, dan lain-lain. Produk yang diperoleh dalam proses dapat digunakan untuk keperluan rumah tangga dan menjalankan turbin gas. Dengan demikian proses *thermofuel* dapat dianggap sebagai sumber energi non-konvensional lain. *Thermofuel* adalah solusi penanganan limbah yang berkelanjutan dengan mengalihkan limbah plastik dari tempat pembuangan limbah, memanfaatkan konten energi yang terkandung dari plastik dan memproduksi komoditas yang sangat berguna karena karakteristik pembakaran yang bersih, dengan sendirinya lebih ramah lingkungan dibandingkan distilat konvensional.

Dalam sektor pendidikan, penelitian mengenai pirolisis limbah plastik masih jarang dilakukan di lingkungan sekolah. Namun salah satu Sekolah Menengah Atas di daerah Kuningan Jawa barat yaitu SMA Negeri 1 Jalaksana telah membuat sebuah alat pirolisis sederhana dengan memodifikasi bahan bekas melalui serangkaian proses tertentu untuk mendapatkan sumber energi alternatif baru.

Dalam penelitian ini, proses pirolisis sederhana dikembangkan sebagai dasar pembuatan sumber belajar kimia yang dapat

menumbuhkan sikap positif peserta didik terhadap kimia dan berperan aktif untuk pembangunan berkelanjutan dalam sektor pendidikan. Percobaan pirolisis yang dilakukan yaitu mengubah jenis plastik *Polypropylene* (*cup* air mineral) dan plastik *Polyethylene Terephthalate* (botol air mineral) menjadi minyak pirolisis yang dapat digunakan sebagai bahan bakar sekelas minyak tanah.



Gambar 1. Skema proses pirolisis sederhana

D. Sumber Belajar

1. Pengertian Sumber Belajar

AECT (*Association of Education and Communication Technology*) mendefinisikan sumber belajar adalah segala sesuatu yang mendukung terjadinya proses belajar, termasuk sistem pelayanan, bahan pembelajaran, dan lingkungan. Sumber belajar tidak hanya terbatas pada bahan dan alat, tetapi juga mencakup tenaga, biaya, dan fasilitas. Dalam kegiatan belajar mengajar, sumber belajar dapat digunakan, baik secara terpisah maupun terkombinasi, sehingga mempermudah peserta didik dalam mencapai tujuan belajar atau kompetensi yang harus dicapai (Tim pengembang pendidikan, 2007).

Sumber belajar dalam pengertian luas dikemukakan oleh Edgar Dale yang menyatakan bahwa pengalaman itu adalah sumber belajar. Sumber belajar dalam pengertian ini menjadi sangat luas maknanya, seluas hidup itu sendiri, karena segala sesuatu yang dialami peserta didik dianggap sebagai sumber belajar, sepanjang hal itu memberi pengalaman yang menyebabkan seseorang belajar.

2. Ciri-ciri Sumber Belajar

Menurut (Sudjana, 1989:80), ciri-ciri sumber belajar yaitu:

- a. Sumber belajar mempunyai daya atau kekuatan yang dapat memberikan sesuatu yang diperlukan dalam proses pengajaran.
- b. Sumber belajar dapat merubah tingkah laku yang lebih sempurna, sesuai dengan tujuan.
- c. Sumber belajar dapat dipergunakan secara sendiri-sendiri (terpisah), tetapi tidak dapat digunakan secara kombinasi (gabungan). Misalnya sumber belajar material dapat dikombinasi dengan *devices* dan strategi (metode).
- d. Sumber belajar secara bentuk dapat dibedakan menjadi dua, yaitu sumber belajar yang dirancang (*by designed*), dan sumber belajar yang tinggal pakai (*by utilization*). Sumber belajar yang dirancang adalah sesuatu yang memang dari semula dirancang untuk keperluan belajar. Sedangkan sumber belajar yang tinggal pakai adalah sesuatu yang pada mulanya tidak dimaksudkan untuk kepentingan belajar, tetapi kemudian dimanfaatkan untuk kepentingan belajar. Ciri utama sumber belajar yang tinggal pakai adalah: tidak terorganisir dalam bentuk isi yang sistematis, tidak memiliki tujuan pembelajaran yang eksplisit, hanya dipergunakan menurut tujuan tertentu dan bersifat insidental, dan dapat dipergunakan untuk berbagai

tujuan pembelajaran yang relevan dengan sumber belajar tersebut.

3. Klasifikasi Sumber Belajar

Secara lebih jelas berikut klasifikasi jenis-jenis sumber belajar.

Tabel 1. Klasifikasi Sumber Belajar Menurut AECT (*Association of Education and Communication Technology*)

| Jenis Sumber Belajar | Pengertian | Contoh | |
|--|---|--|---|
| | | Dirancang | Dimanfaatkan |
| Pesan (<i>Message</i>) | Informasi yang harus disalurkan oleh komponen lain berbentuk ide, fakta, arti, dan data. | Bahan-bahan pelajaran | Cerita rakyat, dongeng, nasihat. |
| Manusia (<i>People</i>) | Orang yang menyimpan informasi atau menyalurkan informasi. Tidak termasuk yang menjalankan fungsi pengembangan dan pengelolaan sumber belajar. (teknisi ilmu kurikulum) | Guru, aktor, siswa, pembicara, pemain. | pemuka masyarakat, pimpinan kantor. |
| Bahan (<i>materials</i>) | Sesuatu, bisa disebut <i>media/ software</i> yang mengandung pesan untuk disajikan melalui pemakaian alat. | <i>film, slides, tape</i> , buku, gambar dan lain-lain. | <i>Relief</i> , candi, arca, peralatan tehnik. |
| Peralatan (<i>device</i>) | Sesuatu, bisa disebut <i>media/ hardware</i> yang menyalurkan pesan untuk disajikan yang ada di dalam <i>software</i> . | OHP, proyektor, <i>slides</i> , film, TV, kamera, papan tulis. | Generator, mesin. Alat-alat, mobil. |
| Tehnik/ Metode (<i>technique</i>) | Prosedur yang disiapkan dalam mempergunakan bahan pelajaran, peralatan, situasi, dan orang untuk menyampaikan pesan. | Ceramah, Diskusi, sosiodrama, simulasi, kuliah, | Permainan, sarasehan, percakapan biasa/ spontan |
| Lingkungan (<i>setting</i>) | Situasi sekitar di mana pesan disalurkan/ ditransmisikan. | kelas, studio, perpustakaan, auditorium, aula | Taman, kebun, pasar, museum, toko |

Klasifikasi lain yang biasa dilakukan terhadap sumber belajar adalah sebagai berikut:

- a. Sumber belajar tercetak. Contohnya: buku, majalah, brosur, koran, poster, denah, ensiklopedi, kamus, booklet, dan lain-lain.
- b. Sumber belajar non cetak. Contohnya: *film*, *slides*, *video*, model, *relief*, dan lain-lain.
- c. Sumber belajar yang berbentuk fasilitas. Contohnya: perpustakaan, ruangan belajar, *carrel*, studio, lapangan olah raga dan lain-lain.
- d. Sumber belajar berupa kegiatan. Contohnya: wawancara, kerja kelompok, *observasi*, simulasi, permainan dan lain-lain.
- e. Sumber belajar berupa lingkungan di masyarakat. Contohnya: taman, terminal, pasar, toko, pabrik, museum dan lain-lain

4. Fungsi dan Peranan Sumber Belajar dalam (Isbani,1987:10) yaitu:

- a. Meningkatkan produktifitas pendidikan dengan jalan:
 - 1) Membantu guru untuk menggunakan waktu secara lebih baik dan efektif.
 - 2) Meningkatkan laju kelancaran belajar.
 - 3) Mengurangi beban guru dalam penyajian informasi.
- b. Memberikan kemungkinan pendidikan yang sifatnya lebih individual dengan jalan:
 - 1) Mengurangi fungsi kontrol guru yang sifatnya kaku dan tradisional.
 - 2) Memberikan kesempatan pada siswa untuk berkembang sesuai dengan kemampuannya.
- c. Memberikan dasar-dasar pengajaran yang lebih ilmiah, dengan jalan:
 - 1) Merencanakan program pendidikan secara lebih sistematis.
 - 2) Mengembangkan bahan pengajaran melalui upaya penelitian terlebih dahulu.

- d. Meningkatkan pemantapan pengajaran dengan jalan:
 - 1) Meningkatkan kemampuan manusia dengan berbagai media komunikasi.
 - 2) Menyajikan informasi maupun data secara lebih mudah, jelas dan kongkrit

5. Kriteria Pemilihan Sumber Belajar

Menurut (Soeharto,2003:80-82), kriteria pemilihan sumber belajar yang perlu diperhatikan yaitu :

- a. Tujuan yang ingin dicapai: Sumber belajar dipergunakan untuk menimbulkan motivasi, untuk keperluan mengajar, untuk keperluan penelitian, ataukah untuk pemecahan masalah.
- b. Ekonomis: Sumber belajar harus diperhitungkan dengan jumlah pemakai, lama pemakaian, langka tidaknya peristiwa itu terjadi dan akurat tidaknya pesan yang disampaikan.
- c. Praktis dan sederhana: Sumber belajar yang sederhana, tidak memerlukan peralatan khusus, tidak mahal harganya, dan tidak membutuhkan tenaga terampil yang khusus.
- d. Mudah didapat: Sumber belajar yang baik adalah yang ada di sekitar kita dan mudah untuk mendapatkannya.
- e. Fleksibel atau luwes: Sumber belajar yang baik adalah sumber belajar yang dapat dimanfaatkan dalam berbagai kondisi dan situasi.

Sumber belajar dalam penelitian ini termasuk ke dalam sumber belajar tercetak yaitu berupa buku bacaan yang didalamnya memuat penjelasan mengenai pendidikan untuk pembangunan berkelanjutan, proses pirolisis dan cara pembuatan alat pirolisis limbah plastik yang disertai dengan berbagai informasi tentang plastik diantaranya proses pembuatan plastik, jenis-jenis plastik, bahaya plastik, dan lain-lain.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

A. Tujuan Penelitian

Tujuan khusus penelitian ini adalah mengembangkan dan menguji kelayakan sumber belajar berbasis *ESD* pada pembelajaran kimia guna mendukung upaya pemerintah dalam Gerakan Literasi Sekolah.

B. Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan di SMAN 51 JAKARTA dan SMAN 98 JAKARTA tahun ajaran 2016/2017. Waktu penelitian dilakukan pada bulan Desember 2016–Mei 2017.

C. Subjek Penelitian

Subjek penelitian ini adalah peserta didik kelas XI SMA serta tim ahli yang terdiri dari ahli materi dan ahli media.

D. Metode Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode *Research and Development (R&D)* yang mengacu pada model pengembangan Borg & Gall (1989), yaitu metode penelitian yang digunakan untuk menghasilkan suatu produk tertentu dan menguji keefektifan produk tersebut. Model pengembangan Borg & Gall terdiri atas 10 tahapan, yaitu :

1. Pengumpulan informasi (*information collecting*)
2. Perencanaan (*planning*)
3. Pengembangan produk awal (*develop preliminary product*)
4. Uji coba awal (*preliminary field testing*)
5. Revisi produk awal (*main product revision*)
6. Uji coba lapangan (*main field testing*)
7. Revisi produk akhir (*operasional product revision*)

8. Uji kelayakan (*operasional field testing*)
9. Penyempurnaan produk akhir (*final product revision*)
10. Diseminasi dan implementasi produk (*dissemination and implementation*).

Tahapan-tahapan dalam metode ini kemudian direduksi menjadi tiga tahap sebagaimana dijelaskan oleh Waldopo (2002). Ketiga langkah tersebut adalah analisis kebutuhan (*need assessment*), perencanaan dan pengembangan produk, dan uji coba produk, berikut uraian ketiga tahap tersebut:

1. Analisis Kebutuhan (*Need Assesment*)

Analisis Kebutuhan (*Need Assesment*) merupakan langkah awal yang harus dilakukan dalam kegiatan penelitian di bidang pengembangan. Analisis tersebut bertujuan untuk mengetahui kebutuhan apa saja yang diperlukan guna mengatasi masalah yang ditemui dalam kegiatan pendidikan atau pembelajaran. Dengan demikian diharapkan produk yang dihasilkan benar-benar produk yang sesuai dengan kebutuhan (*based on need*).

2. Perencanaan dan Pengembangan Produk

Pada langkah ini, produk yang akan digunakan dalam kegiatan pembelajaran harus direncanakan dan dikembangkan lebih dahulu. Untuk mengembangkan produk tersebut diperlukan keterlibatan dari berbagai ahli, yaitu ahli materi dan ahli media.

3. Uji Coba Produk

Produk yang dihasilkan sebelum dimanfaatkan secara massal, perlu dievaluasi terlebih dahulu melalui proses uji coba. Uji coba ini bertujuan untuk memperoleh masukan-masukan maupun koreksi tentang produk yang telah dihasilkan, kemudian produk ini direvisi atau diperbaiki berdasarkan masukan-masukan dan koreksi tersebut. Tiga kelompok penting yang perlu dijadikan subjek uji coba produk penelitian pengembangan yaitu: ahli, sasaran kelompok kecil dan kelompok besar.

a. Uji Coba kepada Ahli (*Expert Judgement*)

Ahli diminta untuk mencermati produk yang telah dihasilkan, kemudian ahli diminta untuk memberikan masukan-masukan tentang produk tersebut. Pada tahap ini digunakan instrumen uji ahli materi dan ahli media.

b. Uji Coba kepada Kelompok Kecil (*Small Group Try-Out*)

Kelompok kecil dapat diartikan sebagai kumpulan sekitar 10 sampai 15 responden untuk mengaplikasikan produk yang telah dihasilkan, kemudian responden diminta memberikan masukan tentang produk yang telah digunakan. Pada tahap ini digunakan instrumen uji coba oleh peserta didik.

c. Uji Coba Lapangan (*Field Try-out*)

Uji coba pada tahap ini ditujukan kepada jumlah responden yang lebih banyak yaitu lebih dari 15 responden untuk mengaplikasikan produk yang telah dihasilkan, kemudian responden diminta untuk memberikan masukan tentang produk yang telah digunakan.

Masukan-masukan dari hasil uji coba lapangan inilah yang menjadi dasar terakhir bagi perbaikan dan penyempurnaan produk. Setelah diperbaiki sesuai masukan dari lapangan, maka produk dianggap telah siap untuk disebarakan atau digunakan oleh semua pihak melalui tahap diseminasi produk.

E. Prosedur Penelitian

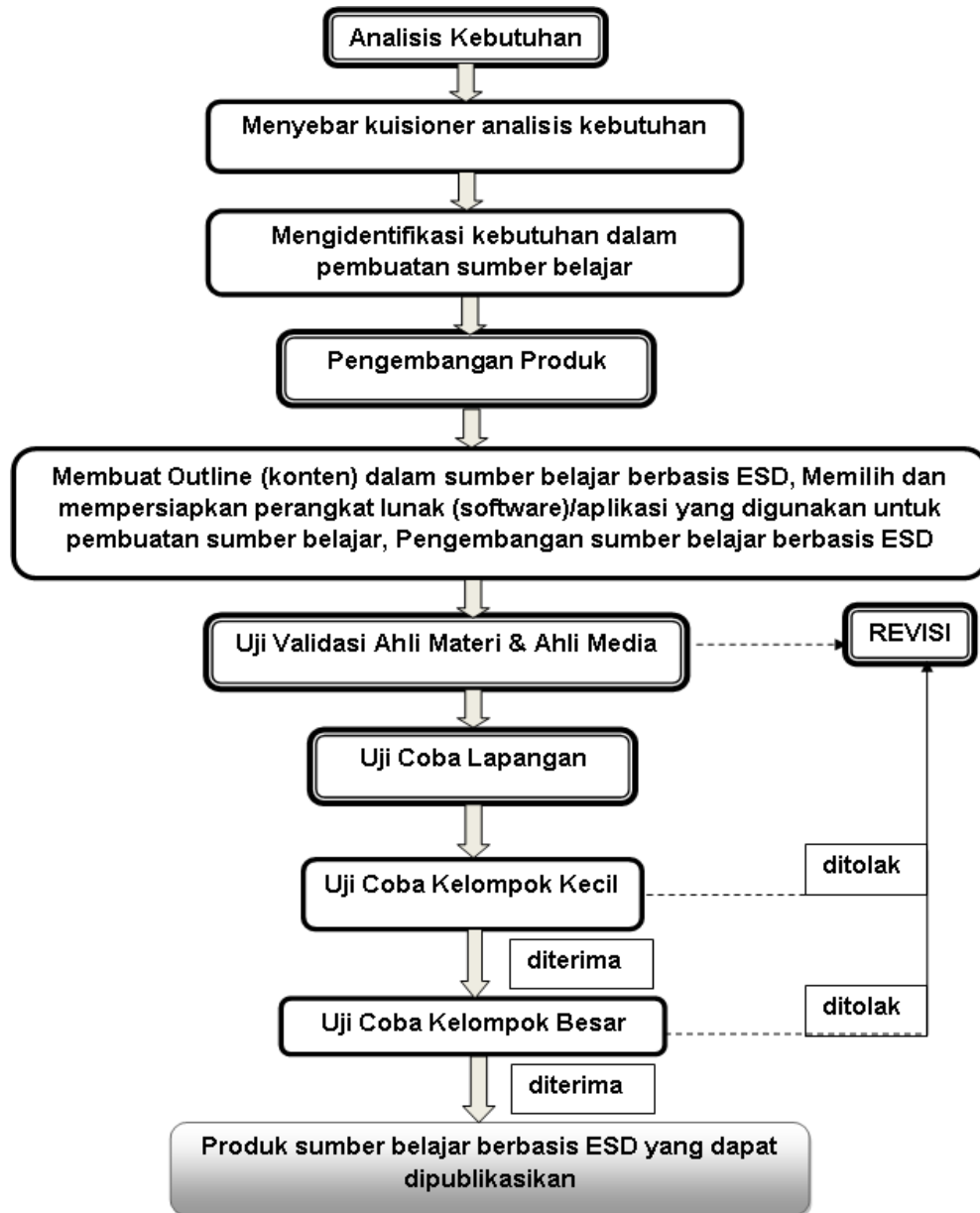
Prosedur dalam penelitian ini meliputi tiga langkah seperti prosedur penelitian pengembangan yang dilakukan oleh Waldopo (2002). Langkah pertama dalam penelitian ini adalah analisis kebutuhan (*need assessment*). Langkah kedua adalah pengembangan produk yaitu sumber belajar berbasis *ESD*, dan langkah terakhir adalah uji coba produk yang meliputi uji coba kepada

ahli dan uji coba kepada peserta didik. Prosedur penelitian ini secara rinci dijabarkan dalam tabel berikut :

Tabel 2. Tahapan Penelitian dan Pengembangan Sumber belajar Berbasis ESD

| No | Tahap | Tujuan | Kegiatan | Perangkat |
|----|---|---|--|--|
| 1 | Analisis kebutuhan | <ul style="list-style-type: none"> Mengidentifikasi kebutuhan dalam membuat sumber belajar | Melakukan analisis kebutuhan dan menyebarkan kuesioner kepada peserta didik | Lembar Kuisiner Analisis Kebutuhan |
| 2 | Pengembangan produk | <ul style="list-style-type: none"> Menghasilkan produk sumber belajar berbasis ESD | <ul style="list-style-type: none"> Melakukan percobaan pirolisis limbah plastik Membuat Outline (konten) dalam sumber belajar berbasis ESD Memilih dan mempersiapkan software/aplikasi untuk membuat sumber belajar Membuat produk sumber belajar berbasis ESD | <ul style="list-style-type: none"> Silabus Kimia Kelas XI Kurikulum 2013 Buku-buku referensi penunjang materi Software/aplikasi penunjang pembuatan sumber belajar berbasis ESD |
| 3 | Uji coba produk <ul style="list-style-type: none"> Uji kelayakan produk oleh Ahli Uji coba media kepada peserta didik | <ul style="list-style-type: none"> Memperoleh feedback berupa kritik dan saran konstruktif guna evaluasi untuk bahan revisi produk Menganalisis pendapat responden terhadap sumber belajar berbasis ESD yang dikembangkan | <ul style="list-style-type: none"> Menganalisis data dari kuesioner yang diberikan kepada Ahli dan peserta didik. Merevisi produk (sumber belajar berbasis ESD) sesuai dengan hasil evaluasi | Instrumen penelitian : <ul style="list-style-type: none"> Lembar kuesioner uji kelayakan oleh Ahli Lembar kuesioner uji coba produk oleh peserta didik |
| 4 | Revisi produk (penyempurnaan sumber belajar berbasis ESD) | Menghasilkan produk yang sesuai dengan hasil evaluasi berdasarkan kritik dan saran responden. | Merevisi produk dan mengolah data menjadi kesimpulan | |

Secara singkat prosedur penelitian tersebut dapat digambarkan melalui skema penelitian berikut.



Gambar 2. Skema Penelitian Pengembangan Sumber Belajar Berbasis ESD

F. Teknik Pengumpulan Data

Dalam penelitian ini, data yang digunakan berupa data hasil percobaan pirolisis sederhana menggunakan variasi volume dan jenis plastik, teknik pengumpulan data selanjutnya dilakukan dengan menggunakan kuisisioner. Kuisisioner terdiri dari kuisisioner analisis

kebutuhan, kuisisioner uji kelayakan produk oleh ahli materi dan ahli media serta kuisisioner uji coba produk oleh peserta didik. Pengumpulan data menggunakan instrumen yang dikembangkan oleh peneliti.

G. Instrumen Penelitian

Instrumen yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari instrumen analisis kebutuhan, instrumen validasi produk oleh ahli, dan instrumen uji coba produk oleh peserta didik.

1) Instrumen Analisis Kebutuhan

Instrumen ini berisi pertanyaan-pertanyaan yang diajukan pada peserta didik yang sudah mempelajari materi hidrokarbon untuk mengetahui kebutuhan peserta didik terhadap pengembangan sumber belajar yang sesuai dengan pembelajaran. Instrumen ini dibuat dengan skala Guttman, yaitu jawaban tegas dari setiap pertanyaan berupa “Ya” atau “Tidak”. Instrumen analisis kebutuhan terdapat pada lampiran.

2) Instrumen Validasi Ahli

Instrumen ini diajukan kepada ahli materi dan ahli media sebelum produk di publikasikan. Instrumen validasi berisi kuisisioner untuk mengetahui kelayakan produk. Instrumen yang digunakan merujuk pada kriteria sumber belajar yang baik yang diterbitkan oleh Badan Standar Nasional Pendidikan (BSNP).

Ahli materi dan ahli media yang akan melakukan uji kelayakan produk adalah:

- a. Ahli materi : dosen jurusan kimia Fakultas MIPA Universitas Negeri Jakarta dan guru kimia Sekolah Menengah Atas.
- b. Ahli media : dosen jurusan Teknologi Pendidikan Universitas Negeri Jakarta, dosen fakultas Ilmu Pendidikan Universitas Negeri Jakarta, dosen jurusan Teknik Elektro (bagian

Pustikom) Universitas Negeri Jakarta dan guru seni rupa Sekolah Menengah Atas.

Skala yang digunakan pada kuisioner validasi ini adalah skala *likert* 4 tingkatan (Sugiyono, 2011). Adapun kriteria dari masing-masing dari skala penilaian tersebut tercantum dalam tabel.

Tabel 3. Kriteria Skala *Likert*

| Skala | Keterangan |
|-------|---------------------|
| 1 | Sangat tidak setuju |
| 2 | Tidak setuju |
| 3 | Setuju |
| 4 | Sangat setuju |

3) Instrumen Uji Coba Produk

Instrumen ini diberikan kepada peserta didik kelas XI SMA yang telah mempelajari materi hidrokarbon sebagai subjek yang akan menggunakan produk berupa sumber belajar yang telah dikembangkan. Melalui tahap ini dapat diketahui respon peserta didik terhadap sumber belajar ESD yang dikembangkan.

H. Teknik Analisis Data

Instrumen dalam penelitian ini menggunakan skor *rating scale* dengan poin 1 sampai 4, sesuai dengan tabel 4 di bawah ini.

Tabel 4. Skala Penilaian Instrumen Penelitian

| No. | Alternatif jawaban | Bobot Skor Pertanyaan |
|-----|---------------------|-----------------------|
| 1. | Sangat Setuju | 4 |
| 2. | Setuju | 3 |
| 3. | Tidak Setuju | 2 |
| 4. | Sangat Tidak setuju | 1 |

Data yang diperoleh selanjutnya diinterpretasikan skornya berdasarkan *skor rating scale*, seperti terlihat pada tabel 6.

Tabel 5. Interpretasi *Skor Rating Scale*

| No. | Presentase | Interpretasi |
|-----|--------------|--------------------|
| 1. | 75,1% - 100% | Sangat Baik |
| 2. | 50,1% - 75% | Baik |
| 3. | 25,1% - 50% | Kurang Baik |
| 4. | 0% - 25% | Sangat Kurang Baik |

Hasil persen skor tersebut diperoleh berdasarkan rumus:

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

Pada tahap analisis data, dilakukan pengujian reliabilitas antar rater. Fungsi uji reliabilitas ini adalah untuk mengetahui kekonsistensian rater dalam menilai sumber belajar. Reliabilitas yang digunakan adalah uji reliabilitas 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:

$$r = \frac{RJK_b - RJK_e}{RJK_b}$$

Keterangan: RJK_b = rata – rata jumlah kuadrat baris
 RJK_e = rata – rata jumlah kuadrat error
 r = koefisien kesepakatan antar rater.

Setelah didapatkan nilai rata-rata kesepakatan antar rater, nilai tersebut dibandingkan dengan nilai kategori kesepakatan menurut

Fleiss 1981 (Widhiarso, 2005). Kategori tersebut dinyatakan dalam tabel berikut.

Tabel 6. Kategori ICC

| ICC | Kesepakatan |
|-------------|--------------------|
| < 0,40 | Buruk |
| 0,40 – 0,60 | Cukup |
| 0,61 – 0,75 | Baik |
| > 0,75 | Sangat Baik |

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian pembuatan sumber belajar berbasis *Education for Sustainable Development* ini dilakukan melalui metode penelitian dan pengembangan yang terdiri dari tiga tahapan penelitian yaitu tahap analisis kebutuhan, tahap pengembangan produk (tahap perencanaan dan tahap pengembangan), dan tahap uji coba produk.

Berikut ini hasil yang diperoleh beserta pembahasan dari analisis kebutuhan, perencanaan dan pengembangan, uji kelayakan oleh ahli, dan uji coba pada peserta didik.

A. Analisis Kebutuhan

Tahap analisis kebutuhan dilakukan untuk memperoleh informasi mengenai kebutuhan peserta didik mengenai sumber belajar yang dapat mendukung pembelajaran berbasis *Education for Sustainable Development*. Tahap analisis kebutuhan ini dilakukan dengan menyebarkan kuesioner kepada 32 peserta didik kelas XI SMAN 51 Jakarta yang sudah mempelajari materi hidrokarbon. Kisi-kisi instrumen, lembar instrumen, dan hasil analisis kebutuhan terdapat pada lampiran 1, 2, dan 3.

Berdasarkan hasil kuesioner, diperoleh beberapa informasi mengenai sumber belajar yang biasa digunakan. Sebanyak 87,5% responden memahami konsep dalam sumber belajar, sebanyak 72% responden menemukan aplikasi materi sumber belajar dalam kehidupan, dan sebanyak 90,6% responden merasakan keefektifan belajar jika sumber belajar yang digunakan sesuai dengan materi dan kehidupan.

Pendapat tentang materi hidrokarbon pun diperoleh, yaitu sebanyak 72% responden telah mengenal senyawa hidrokarbon dalam kehidupan, sebanyak 53,13% responden memahami manfaat mempelajari hidrokarbon, dan sebanyak 43,8% responden tertarik untuk mempelajari aplikasi materi hidrokarbon dalam kehidupan sehari-hari.

Selanjutnya, peneliti juga memperoleh informasi mengenai sejauh mana peserta didik mengetahui tentang salah satu contoh senyawa hidrokarbon yang dalam hal ini mengenai plastik. Hasilnya, sebanyak 43,8% responden menyatakan bahwa plastik termasuk senyawa hidrokarbon, dan sebanyak 90,6% responden menyatakan bahwa plastik menyebabkan dampak yang besar bagi lingkungan. Adapun upaya yang responden ketahui tentang penanganan limbah plastik yaitu *reduce*, *reuse*, dan *recycle*. Sebanyak 84,4% responden bersedia untuk mengaplikasikan ilmu yang didapatkan untuk menangani permasalahan limbah plastik.

Informasi mengenai pengolahan limbah plastik menjadi bahan bakar alternatif juga diperoleh, sebanyak 50% responden mengetahui proses pengolahan limbah plastik menjadi bahan bakar alternatif sedangkan 50% responden lainnya tidak mengetahui. Sebanyak 81,25% responden tertarik untuk mengetahui proses pengolahan limbah plastik menjadi bahan bakar alternatif, dan sebanyak 84,4% responden mendukung untuk pembuatan sumber belajar pengolahan limbah plastik menjadi bahan bakar alternatif. Berdasarkan hasil kuesioner tersebut, peneliti menyimpulkan bahwa perlu dibuat sumber belajar yang menarik mengenai pengolahan limbah plastik yang dalam hal ini juga dapat menunjang *Education for Sustainable Development*.

B. Pengembangan sumber belajar berbasis ESD

Tahap pengembangan ini terdiri dari tahap perencanaan dan tahap pengembangan.

1. Tahap Perencanaan

Tahap perencanaan dilakukan dengan melakukan studi literatur mengenai proses pengolahan limbah plastik menjadi bahan bakar alternatif. Peneliti melakukan penelitian di SMAN 1 Jalaksana, menggunakan rancangan alat pirolisis sederhana limbah plastik yang dirancang sendiri oleh guru. Selama penelitian, peneliti mewawancarai

guru yang membuat alat pirolisis tersebut. Dari wawancara, peneliti memperoleh informasi mengenai alat dan bahan yang digunakan, biaya yang dibutuhkan, prosedur percobaan serta mekanisme kerja alat. Selain itu, peneliti melakukan percobaan pirolisis sederhana dengan menggunakan variasi volume dan jenis plastik. Berikut adalah rangkaian alat pirolisis sederhana limbah plastik



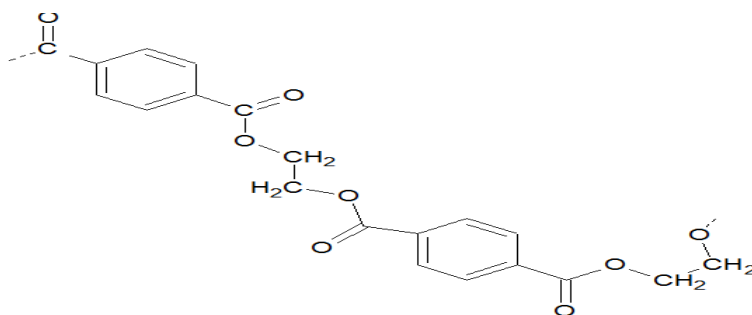
Gambar 3. Rangkaian alat pirolisis sederhana

Adapun hasil percobaan pirolisis sederhana dengan menggunakan variasi volume bahan dan jenis plastik dapat dilihat pada tabel 7 berikut:

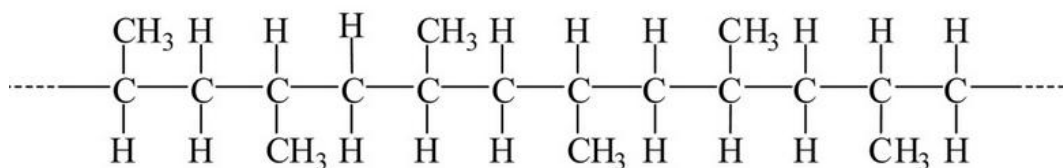
Tabel 7. Hasil percobaan pirolisis sederhana

| No | Jenis Plastik | Massa bahan | Volume Produk | Waktu |
|----|--|-------------|---------------|-------|
| 1. | PET (<i>Polyethylene Terephthalate</i>) ($C_{10}H_8O_4$) _n – botol air mineral | 100 gram | 20 mL | 2'00" |
| | | 200 gram | 31 mL | 2'10" |
| | | 300 gram | 40 mL | 2'20" |
| | | 400 gram | 62 mL | 2'45" |
| 2. | PP (<i>Polypropylene</i>) (C_3H_6) _n – cup air mineral | 100 gram | 20 mL | 1'50" |
| | | 200 gram | 35 mL | 2'08" |
| | | 300 gram | 46 mL | 2'15" |
| | | 400 gram | 65 mL | 2'30" |

Dari data tersebut, dapat diketahui bahwa jenis plastik PP/cup air mineral menghasilkan volume produk yang lebih banyak dengan waktu yang lebih cepat. Hal ini dikarenakan oleh struktur molekul plastik PP dan PET yang berbeda. PP (*Polypropylene*) merupakan hasil polimerisasi monomer *propylene* membentuk senyawa rantai panjang (alifatik). Sedangkan PET (*Polyethylenterephthalat*) adalah hasil polimerisasi monomer asam tereftalat yang merupakan senyawa aromatik dan mempunyai ikatan rangkap terkonjugasi. Senyawa yang terkandung dalam PET merupakan turunan benzena yang mempunyai ketegaran ikatan dalam molekul, selain itu ikatan rangkap merupakan ikatan yang tegar (rigid) (Fessenden, 1986). Karena ketegaran ikatan inilah yang menyebabkan titik didih PET lebih tinggi dari PP, sehingga membutuhkan waktu yang lebih lama untuk memutuskan ikatan dalam senyawa PET.



Gambar 4. Struktur kimia unit polimer *Polyethylenterephthalat* (PET)



Gambar 5. Struktur kimia unit polimer *Polypropilene* (PP)

Dalam suatu jurnal penelitian didapatkan titik didih PP sebesar 160°-190° dan titik didih PET sebesar 270°-320° (Iman, 2008). Hasil analisis kandungan senyawa dalam minyak pirolisis dengan menggunakan teknik pirolisis *microwave* tercantum pada tabel di bawah ini.

Tabel 8. Kandungan senyawa dalam minyak pirolisis dengan menggunakan teknik pirolisis *microwave*. Tabel a. PET, Tabel b. PP

(<https://www.intechopen.com/books/microwave-heating/microwave-pyrolysis-of-polymeric-materials>)

| A. Senyawa dalam Minyak Pirolisis PET | Komposisi (%) | B. Senyawa dalam Minyak Pirolisis PP | Komposisi (%) |
|---|---------------|--|---------------|
| Benzena (C ₆ H ₆) | 32,03 | 4-metilheptana (C ₈ H ₁₈) | 3,78 |
| Toluena (C ₆ H ₅ -CH ₃) | 9,40 | 2,6-dimetil-2-oktena (C ₁₀ H ₂₀) | 3,69 |
| 1,2-dimetilbenzena (C ₈ H ₁₀) | 4,29 | 1,3,5-trimetilsikloheksana (C ₈ H ₁₇) | 4,88 |
| 1,3-dimetilbenzena (C ₈ H ₁₀) | 3,70 | 3,7-dimetil-1-oktena (C ₁₀ H ₂₀) | 57,3 |
| 1,2,3-trimetilbenzena (C ₉ H ₁₂) | 4,71 | 1,2,4-trimetilsikloheksana (C ₈ H ₁₇) | 5,17 |
| Limonena (C ₁₀ H ₁₆) | 14,51 | 3,5,6-trimetilsikloheksana (C ₈ H ₁₇) | 3,45 |
| 1H-indena | 2,44 | 1-nonena (C ₉ H ₁₈) | 18,93 |
| Stirena (C ₈ H ₈) | 3,43 | Total | 97,20 |
| Pentilbenzena (C ₆ H ₅ -C ₅ H ₈) | 2,10 | | |
| Asam Benzoat (C ₇ H ₆ O ₂) | 5,15 | | |
| Bifenil (C ₁₂ H ₁₀) | 3,66 | | |
| Total | 85,42 | | |

2. Tahap Pengembangan

Pada tahap ini, proses pirolisis sederhana limbah plastik dan beberapa literatur pendukung lainnya disusun menjadi satu untuk menjadi suatu sumber belajar. Penyusunan sumber belajar ini dilakukan menggunakan *microsoft office word* dan *canva*. Sumber belajar ini disusun menjadi beberapa bagian, yaitu :

- a. Pendahuluan yang berisi pengenalan mengenai Pendidikan untuk Pembangunan Berkelanjutan.
- b. Inti yang berisi pembahasan mendalam mengenai plastik diantaranya bahan dasar plastik yang merupakan senyawa hidrokarbon, proses pembuatan plastik, jenis-jenis plastik, bahaya plastik, proses pirolisis limbah plastik menjadi bahan bakar dan cara pembuatan alat pirolisis limbah plastik.

- c. Penutup yang berisi info-info pengetahuan dan penelitian pirolisis dalam bidang teknik.

Materi dalam sumber belajar ini lebih difokuskan pada bahasan permasalahan sosial ilmiah yang sedang terjadi di lingkungan sekitar dan disajikan suatu solusi melalui pendekatan kimia atas permasalahan tersebut, yang dalam hal ini mengenai limbah plastik. Hal ini juga bertujuan untuk menunjang *education for sustainable development* di sekolah-sekolah.

Materi dalam sumber belajar ini diperoleh dari berbagai sumber literatur, disajikan dengan bahasa yang komunikatif dan sesuai dengan aturan penulisan bahasa Indonesia yang benar. Sumber belajar berbasis ESD ini dicetak dengan bahan kertas *Art Paper* (kertas majalah) dengan tampilan berwarna dan dilengkapi berbagai gambar yang sesuai dengan materi (tampilan majalah). Jenis huruf yang digunakan pada penulisan adalah *Arial*, *Calibri* dan *Bodoni MT Black* dengan ukuran huruf yang disesuaikan.

Berikut ini adalah gambar desain sumber belajar berbasis *Education for Sustainable Development*.



Gambar 6. Sampul depan buku ESD



Gambar 7. Sampul belakang buku ESD



Gambar 8. Proses Pembuatan Alat Pirolisis

C. Tahap Uji Coba

Tahap ini bertujuan untuk memperoleh kritik dan masukan mengenai sumber belajar berbasis ESD yang telah dihasilkan. Tahap uji coba sumber belajar dibagi menjadi dua, yaitu uji kelayakan oleh para ahli dan uji coba kepada peserta didik kelompok kecil dan kelompok besar (uji lapangan). Berikut ini penjelasan dari masing-masing uji coba yang telah dilakukan.

1. Tahap Uji Kelayakan oleh Ahli

Uji kelayakan oleh ahli dilakukan dengan menyerahkan sumber belajar kepada ahli yang memiliki kompetensi di bidangnya. Pengkajian oleh ahli ini umumnya membutuhkan waktu 1–3 minggu untuk setiap ahli menelaah dan menilai sumber belajar. Pada tahap ini, ahli memberi kritik dan masukan atas kekurangan yang masih terdapat dalam sumber belajar. Selain itu pengkajian oleh ahli bertujuan untuk mengetahui kelayakan sumber belajar berbasis ESD sebelum diujicobakan pada peserta didik.

Uji kelayakan oleh ahli pada sumber belajar berbasis ESD dilakukan oleh ahli materi, dan ahli media. Instrumen penilaian yang digunakan merupakan instrumen yang telah dikembangkan oleh Badan Standar Nasional Pendidikan (BSNP). Hasil uji ahli digunakan sebagai acuan untuk perbaikan sumber belajar berbasis ESD.

a. Hasil Uji Kelayakan oleh Ahli Materi

Pengkajian oleh ahli materi dilakukan untuk mengetahui kelayakan sumber belajar berbasis ESD ditinjau dari segi materi. Kesesuaian konsep yang disajikan dalam sumber belajar dievaluasi secara menyeluruh untuk menguji kelayakan materi. Uji materi dilakukan oleh lima orang rater (penilai) yang kompeten di bidangnya. Penilai akan menelaah dan mengevaluasi materi yang terdapat di dalam sumber belajar berbasis ESD. Rater untuk uji materi ini adalah tiga orang dosen jurusan Kimia FMIPA UNJ dan dua guru kimia SMA.

Indikator yang dinilai pada uji kelayakan oleh ahli materi terdiri dari indikator kesesuaian materi, teknik penyajian, dan kelayakan bahasa. Kisi-kisi, lembar instrumen, dan hasil interpretasi uji coba sumber belajar oleh ahli materi dapat dilihat pada lampiran 4, 5, dan 6.

Berikut ini adalah hasil uji kelayakan sumber belajar oleh ahli materi.

Tabel 9. Hasil Interpretasi Uji Kelayakan oleh Ahli Materi

| No | Indikator | Nomor Angket | % (Persentase) | | | | | Interpretasi | | | | |
|----|-------------------|-------------------------------|----------------|--------|--------|--------|--------|--------------|--------|--------|--------|--------|
| | | | Ahli 1 | Ahli 2 | Ahli 3 | Ahli 4 | Ahli 5 | Ahli 1 | Ahli 2 | Ahli 3 | Ahli 4 | Ahli 5 |
| 1 | Kesesuaian Materi | 1,2,3,4,5,6,7 | 85,7 | 82,1 | 100 | 100 | 89,3 | SB | SB | SB | SB | SB |
| 2 | Teknik Penyajian | 8,9,10,11,12,13 | 91,7 | 83,3 | 100 | 87,5 | 87,5 | SB | SB | SB | SB | SB |
| 3 | Kelayakan bahasa | 14,15,16,17,18,19,20,21,22,23 | 82,5 | 77,5 | 97,5 | 100 | 80 | SB | SB | SB | SB | SB |

Keterangan : B = Baik ; SB = Sangat Baik

Hasil tersebut didapatkan dari masukan-masukan yang telah diberikan oleh para ahli materi selama pengujian sumber belajar. Beberapa masukan yang diberikan oleh para penilai dari segi materi, diantaranya:

1. Tambahkan proses pembuatan plastik dari minyak mentah.
2. Tambahkan perkembangan topik *Sustainable Development* dari tahun 1972.
3. Perbaiki urutan pembahasan materi dalam satu bab.
4. Meminimalisir penggunaan istilah asing.
5. Menonjolkan pirolisis pada sampul muka.

Dari tabel 9 di atas dapat disimpulkan bahwa interpretasi untuk semua indikator pada uji coba ahli materi tergolong sangat baik. Data tersebut menunjukkan bahwa sumber belajar berbasis ESD memiliki kelayakan yang baik dari segi isi atau materi. Interpretasi uji coba oleh ahli materi dapat dijabarkan sebagai berikut:

1. Kesesuaian materi

Hasil penilaian ahli materi menunjukkan bahwa sumber belajar berbasis ESD memiliki kesesuaian materi yang dinilai sangat baik, dengan persentase 82,1%-100%. Hal ini didapatkan karena pembuatan sumber belajar ini mengacu pada materi ajar kimia kelas XI SMA dalam kurikulum 2013. Sumber belajar ini berisi materi senyawa hidrokarbon dan minyak bumi, serta makromolekul (polimer). Dalam silabus kurikulum 2013 tertera kegiatan pembelajaran seperti membahas proses pembentukan minyak bumi, proses penyulingan minyak bumi secara destilasi bertingkat, membahas masalah lingkungan yang disebabkan oleh penggunaan minyak bumi sebagai bahan bakar. Mengamati objek (atau gambarnya) yang mengandung polimer; misalnya tali plastik, paralon, tempat makan dan minum dari stirofom, bakelit. Membahas pembentukan polimerisasi adisi dan polimerisasi kondensasi. Mengumpulkan data dan menyajikan dampak penggunaan polimer sintesis dalam kehidupan dan cara penanggulangannya.

2. Teknik penyajian

Hasil penilaian ahli materi menunjukkan bahwa sumber belajar berbasis ESD memiliki teknik penyajian yang dinilai sangat baik, dengan persentase 83,3%-100%. Hal ini didapatkan karena materi dalam sumber belajar ini dapat meningkatkan kemampuan peserta didik, menekankan pada pengalaman langsung dengan adanya cara pembuatan alat pirolisis. Materi disajikan secara sistematis, sehingga dapat memberikan pemahaman kepada peserta didik. Selain itu, sumber belajar ini dilengkapi dengan materi-materi pendukung yang bertujuan untuk mengembangkan kreatifitas dan mendorong keingintahuan peserta didik.

3. Gaya bahasa dan tata bahasa

Hasil penilaian ahli materi menunjukkan bahwa sumber belajar berbasis ESD memiliki gaya bahasa dan tata bahasa yang dinilai sangat baik, dengan persentase 77,5%-100%. Hal ini didapatkan karena pembuatan sumber belajar ini mengikuti aturan Ejaan yang Disempurnakan (EYD), menggunakan bahasa yang komunikatif sehingga dapat memberikan pemahaman kepada peserta didik, dan bahasa yang digunakan lugas sehingga tidak menimbulkan persepsi/makna yang lain.

Berdasarkan hasil perhitungan diperoleh reliabilitas antar rater dengan nilai r sebesar 0,8. Hal ini menunjukkan bahwa kesesuaian penilaian antar rater adalah sangat baik berdasarkan penafsiran Fleiss. Hasil perhitungan reliabilitas antar rater ahli materi dapat dilihat pada lampiran 7 halaman 60. Dengan hasil persentase dan interpretasi yang sangat baik serta kekonsistensian antar penilai yang dinyatakan sangat baik, dapat disimpulkan bahwa sumber belajar ini memiliki kualitas yang baik dari segi materi.

b. Hasil Uji Kelayakan oleh Ahli Media

Pengkajian oleh ahli media dilakukan untuk menguji kelayakan sumber belajar berbasis ESD ditinjau dari segi tampilan. Pengkajian oleh

ahli media dilakukan oleh lima orang penilai yang memiliki kompetensi di bidangnya yang terdiri dari satu orang dosen FIP UNJ, satu orang dosen jurusan Teknologi Pendidikan FIP UNJ, satu orang guru seni rupa SMA dan dua orang dosen jurusan Teknik Elektro UNJ (bidang Pustikom).

Indikator yang dinilai pada uji ahli media terdiri dari indikator kualitas instruksional, dan kualitas teknis. Kisi-kisi, lembar kuesioner, dan interpretasi uji coba oleh ahli media dapat dilihat pada lampiran 8, 9, dan 10.

Berikut ini adalah hasil uji coba sumber belajar oleh ahli media.

Tabel 10. Hasil Interpretasi Uji Kelayakan oleh Ahli Media

| No | Indikator | Nomor Angket | % (Persentase) | | | | | Interpretasi | | | | |
|----|------------------------|---|----------------|--------|--------|--------|--------|--------------|--------|--------|--------|--------|
| | | | Ahli 1 | Ahli 2 | Ahli 3 | Ahli 4 | Ahli 5 | Ahli 1 | Ahli 2 | Ahli 3 | Ahli 4 | Ahli 5 |
| 1 | Kualitas instruksional | 1, 2 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | SB | SB | SB | SB | SB |
| 2 | Kualitas teknis | 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15 | 83,8 | 100 | 86,7 | 96,7 | 86,3 | SB | SB | SB | SB | SB |

Keterangan : B = Baik ; SB = Sangat Baik

Hasil tersebut didapatkan dari masukan-masukan yang telah diberikan oleh para ahli media selama pengujian sumber belajar. Beberapa masukan yang diberikan oleh para penilai dari segi media, diantaranya:

1. Perbaiki penempatan teks dan pemilihan gambar.
2. Tambahkan keterangan dan sumber pada gambar.
3. Pemilihan desain yang lebih netral (cocok untuk bahan bacaan laki-laki dan perempuan).
4. Gunakan jenis font dan warna font yang sesuai.
5. Tambahkan deskripsi buku pada sampul belakang.

Dari tabel di atas dapat disimpulkan bahwa interpretasi untuk semua indikator pada uji coba ahli media tergolong sangat baik. Data tersebut menunjukkan bahwa sumber belajar berbasis ESD memiliki kelayakan yang baik dari segi media. Interpretasi uji coba oleh ahli media dapat dijabarkan sebagai berikut:

1. Kualitas Instruksional

Hasil penilaian ahli media menunjukkan bahwa sumber belajar berbasis ESD memiliki kesesuaian ukuran buku dengan standar ISO (*International Organization for Standardization*) dan kesesuaian ukuran buku dengan materi isi buku yang tergolong sangat baik, dengan persentase 100%. Ukuran buku yang sesuai dengan standar ISO diantaranya A4 (210 x 297 mm), A5 (148 x 210 mm) dan B5 (176 x 250 mm). Sumber belajar berbasis ESD ini dicetak dengan bahan kertas *Art Paper* (kertas majalah) dengan ukuran kertas B5 (176 x 250 mm). Berdasarkan hasil ini dapat disimpulkan bahwa sumber belajar berbasis ESD dinilai sudah baik dari segi kualitas instruksional.

2. Kualitas Teknis

Kualitas teknis terdiri dari beberapa indikator yaitu

- a). Penampilan unsur tata letak: konsistensi, harmonisasi, dan kelengkapan unsur tata letak dapat memperjelas materi/isi buku. Penempatan unsur tata letak (judul, subjudul, teks, ilustrasi, keterangan gambar, nomor halaman, dll) pada bidang cetak proporsional. Susunan teks pada akhir paragraf terpisah dengan jelas, dapat berupa jarak (pada susunan teks rata kanan-kiri) ataupun dengan inden (pada susunan teks dengan alenia), juga tidak terlalu rapat atau terlalu renggang.
- b). Kesesuaian huruf pada halaman: Judul buku harus dapat memberikan informasi secara sepat tentang materi isi buku, judul buku ditampilkan lebih menonjol daripada warna latar belakangnya. Menggunakan 2-3 jenis huruf agar lebih komunikatif dalam menyampaikan informasi yang disampaikan, dapat menggunakan

variasi seri huruf untuk kombinasi tampilan huruf. Penggunaan variasi huruf (*bold, italic, capital, small capital*) tidak berlebihan.

- c). Keakuratan ilustrasi dan istilah: Ilustrasi dapat dengan cepat memberikan gambaran tentang materi ajar tertentu. Objek yang ditampilkan sesuai dengan bentuk, warna, dan ukuran sehingga tidak menimbulkan salah penafsiran dan pemahaman peserta didik. Ilustrasi mampu memperjelas penyajian materi baik dalam bentuk, ukuran yang proporsional serta warna yang menarik sehingga mampu menambah pemahaman dan pengertian peserta didik pada informasi yang disampaikan. Keterangan gambar ditempatkan berdekatan dengan ilustrasi menggunakan model yang berbeda dari huruf teks. Bentuk dan ukuran ilustrasi harus realistis dan sesuai dengan kehidupan sehari-hari.

Hasil penilaian ahli media menunjukkan bahwa sumber belajar berbasis ESD memiliki kualitas teknis yang tergolong sangat baik, dengan persentase 83,8%-100%. Berdasarkan hasil perhitungan diperoleh reliabilitas antar rater dengan nilai r sebesar 0,77. Hal ini menunjukkan bahwa kesesuaian penilaian antar rater adalah sangat baik berdasarkan penafsiran Fleiss. Hasil perhitungan reliabilitas antar rater ahli media dapat dilihat pada lampiran 11 halaman 67. Dengan hasil persentase dan interpretasi yang sangat baik serta kekonsistensian antar penilai yang dinyatakan sangat baik, dapat disimpulkan bahwa sumber belajar ini memiliki kualitas yang baik dari segi media.

2. Tahap Uji Coba kepada Peserta Didik

Tahap ini bertujuan untuk mengetahui kelayakan, memperoleh pendapat serta saran dari peserta didik tentang sumber belajar berbasis ESD yang telah dihasilkan. Uji coba dilakukan di SMAN 98 Jakarta dengan cara memberikan sumber belajar berbasis ESD yang sudah melalui tahap pengkajian oleh para ahli. Uji coba dilakukan dua tahap, yaitu tahap uji coba kelompok kecil dan uji lapangan (kelompok besar).

a. Tahap Uji Coba Kelompok Kecil

Uji coba kelompok kecil bertujuan untuk menguji kelayakan dan mengetahui pendapat peserta didik tentang sumber belajar berbasis ESD yang telah dikembangkan sebelum diujicobakan pada kelompok besar. Tahap uji coba kelompok kecil dilakukan kepada 15 peserta didik kelas XI SMA. Masing-masing peserta didik diberikan sumber belajar berbasis ESD dan mengisi kuesioner penilaian. Hasil analisis kelompok kecil dijadikan bahan revisi untuk tahap uji coba lapangan (kelompok besar).

Uji coba kelompok kecil yang dilakukan oleh peserta didik terhadap sumber belajar berbasis ESD mencakup indikator kesesuaian ukuran buku, desain kulit buku, kesesuaian materi, teknik penyajian, dan kelayakan bahasa. Kisi-kisi, lembar instrumen, dan hasil interpretasi uji coba kelompok kecil dapat dilihat pada lampiran 12, 13, dan 14 pada halaman 68, 69, dan 71. Berikut ini adalah hasil persentase uji coba sumber belajar pada peserta didik kelompok kecil dengan menghitung persentase setiap item sesuai dengan indikatornya:

Tabel 11. Hasil Interpretasi Uji Coba pada Peserta Didik Kelompok Kecil

| No | Indikator | Nomor Angket | % (Persentase) | Interpretasi |
|----|-------------------|--------------------------|-------------------|--------------|
| 1. | Ukuran Buku | 1 | 83,33 | Sangat Baik |
| 2. | Desain Kulit Buku | 2,3 | 84,17 | Sangat Baik |
| 3. | Kesesuaian Materi | 4,5,6,7,8,9,10, 11,12 | 87,04 | Sangat Baik |
| 4. | Teknik Penyajian | 13,14,15,16, 17,18 | 85,3 | Sangat Baik |
| 5. | Kelayakan Bahasa | 19,20 | 84,17 | Sangat Baik |

Berdasarkan hasil uji coba pada peserta didik, dapat disimpulkan bahwa sumber belajar berbasis ESD telah memiliki kelayakan sangat baik. Meskipun hasil interpretasi sumber belajar berbasis ESD pada peserta

didik kelompok kecil sudah dinilai sangat baik, namun para peserta didik tetap memberikan beberapa saran agar sumber belajar dapat dikemas dalam format yang lebih baik lagi.

Saran-saran yang disampaikan oleh peserta didik antara lain:

1. Tampilan agar dibuat lebih menarik.
2. Pemilihan gambar yang berkualitas tinggi.
3. Meringkas materi dengan jelas dan rapi.
4. Merapikan penempatan gambar.
5. Tambahkan gambar-gambar dan ilustrasi yang menarik.

b. Tahap Uji Coba Kelompok Besar

Setelah dilakukan perbaikan sumber belajar dari masukan yang didapatkan dari uji coba kelompok kecil, maka dilakukan uji coba kelompok besar. Tahap uji coba kelompok besar bertujuan untuk mengetahui kelayakan serta pendapat peserta didik tentang sumber belajar berbasis ESD dalam skala besar.

Uji coba ini dilakukan dengan memberikan sumber belajar berbasis ESD dan mengisi kuesioner penilaian kepada siswa XI SMA satu kelas yang terdiri dari 36 peserta didik. Berikut ini adalah hasil persentase uji coba sumber belajar pada peserta didik kelompok besar dengan menghitung persentase setiap item sesuai dengan indikatornya.

Tabel 12. Hasil Interpretasi Uji Coba pada Peserta Didik Kelompok Besar

| No | Indikator | Nomor Angket | % | Interpretasi |
|----|-------------------|----------------------|-------|--------------|
| 1. | Ukuran Buku | 1 | 90,03 | Sangat Baik |
| 2. | Desain Kulit Buku | 2,3 | 91,32 | Sangat Baik |
| 3. | Kesesuaian Materi | 4,5,6,7,8,9,10,11,12 | 90,51 | Sangat Baik |
| 4. | Teknik Penyajian | 13,14,15,16, 17,18 | 93,05 | Sangat Baik |
| 5. | Kelayakan Bahasa | 19,20 | 92,01 | Sangat Baik |

Hasil yang diperoleh dari uji coba kelompok besar ini menunjukkan interpretasi sangat baik pada setiap indikator. Meskipun hasil interpretasi sumber belajar berbasis ESD pada kelompok besar sudah dinilai sangat baik, namun para peserta didik tetap memberikan beberapa saran agar sumber belajar dapat dikemas dalam format yang lebih baik lagi. Saran-saran yang disampaikan oleh peserta didik antara lain:

1. Sebaiknya ditambahkan kuis sejenis teka-teki silang dan diberikan hadiah untuk pemenangnya.
2. Tambahkan *profile* penulis.

Selain saran, dari tahap uji coba ini pun diperoleh beberapa kesan yang disampaikan peserta didik setelah membaca sumber belajar berbasis ESD, diantaranya yaitu:

1. Tampilan yang menarik, sehingga tidak membosankan
2. Setelah membaca sumber belajar ini, saya menjadi lebih peduli dan bertanggungjawab terhadap kelestarian alam dan lingkungan.
3. Menjadi lebih tahu bagaimana limbah plastik bisa digunakan dan diolah kembali dan tidak menjadi limbah yang tidak berguna.
4. Sangat bermanfaat, menambah pengetahuan dan kesadaran tentang pentingnya ESD dan menjalankan program pemeliharaan lingkungan hidup demi lestarnya ekosistem di bumi.

Berdasarkan hasil uji coba kelompok besar ini, dapat disimpulkan bahwa sumber belajar berbasis ESD yang dikembangkan sudah baik dan layak digunakan sebagai buku bacaan berwawasan dan menarik yang dapat menunjang pendidikan untuk pembangunan berkelanjutan .

Beberapa penelitian mengenai pembuatan bahan ajar dengan tampilan majalah seperti sumber belajar berbasis ESD ini sudah pernah dilakukan, salah satunya oleh mahasiswa jurusan pendidikan biologi Universitas Negeri Padang (2013). Hasil penelitian yang didapat yaitu, bahan ajar dengan tampilan majalah memotivasi dan diminati peserta didik karena dilengkapi dengan gambar dan tulisan berwarna, sebab

menurut Buzan (2010 : 127), warna yang lebih menarik akan merangsang proses pemikiran kreatif.

Hasil uji praktikalitas bahan ajar oleh guru dan peserta didik adalah 83,26% dan 83,95% dengan kategori praktis. Ditinjau dari aspek kemudahan dalam penggunaan, dihasilkan nilai rata-rata 80,00% oleh guru dan 83,70% oleh siswa dengan kategori praktis. Hal ini menunjukkan bahwa bahan ajar yang dikembangkan mudah digunakan oleh guru dan peserta didik. Materi pada bahan ajar sudah disajikan secara jelas dan penggunaan huruf serta tulisan sudah jelas, sesuai dengan pendapat Prastowo (2011: 26) bahwa tujuan pembuatan bahan ajar adalah untuk memudahkan guru dalam mengajar, membantu peserta didik belajar mandiri, melengkapi materi pelajaran dari buku teks maupun dari penjelasan guru, menyediakan bahan ajar yang bervariasi sehingga mencegah timbulnya rasa bosan dan menjadikan pembelajaran lebih menarik. Ditinjau dari aspek efisiensi waktu pembelajaran dan manfaat dalam proses pembelajaran, bahan ajar yang digunakan dikategorikan praktis oleh guru dan peserta didik dengan nilai rata-rata aspek efisiensi waktu pembelajaran 83,25% oleh guru dan 85,50% oleh peserta didik, serta ditinjau dari manfaat dalam proses pembelajaran dikategorikan sangat praktis oleh guru dan praktis oleh peserta didik dengan rata-rata 86,55% oleh guru dan 82,66% oleh peserta didik. Hal ini menunjukkan bahwa bahan ajar dengan tampilan majalah lebih efektif dan efisien saat proses pembelajaran, sesuai dengan pendapat Prastowo (2011: 26) bahwa fungsi bahan ajar bagi guru dan peserta didik yaitu untuk menghemat waktu guru dalam mengajar, mengubah peran guru dari seorang pengajar menjadi seorang fasilitator, meningkatkan proses pembelajaran menjadi lebih efektif dan interaktif, membantu peserta didik belajar sesuai dengan kemampuannya masing-masing, dan membantu potensi peserta didik untuk menjadi pribadi yang mandiri.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Sumber belajar berbasis ESD telah dikembangkan. Sumber belajar yang dikembangkan memuat: kata pengantar, daftar isi, materi (pendidikan untuk pembangunan berkelanjutan, plastik, pirolisis plastik, serta info-info pengetahuan lainnya), dan daftar pustaka.

Sumber belajar ini telah diuji kelayakan oleh para ahli (ahli materi dan media) dan diuji coba pada peserta didik. Hasil interpretasi uji kelayakan oleh para ahli dan uji coba pada peserta didik menunjukkan bahwa kualitas sumber belajar yang dihasilkan baik. Begitu pula nilai reliabilitas antar rater pada uji kelayakan materi, dan media masing-masing menunjukkan bahwa konsistensi antar rater sangat baik. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa sumber belajar berbasis ESD yang dikembangkan layak untuk digunakan dalam pembelajaran di sekolah maupun digunakan sebagai buku bacaan mandiri.

B. Saran

Ada beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam penelitian selanjutnya, diantaranya yaitu:

1. Perlu dikembangkan teknik pirolisis yang lebih efektif untuk skala sekolah
2. Mengembangkan sumber belajar berbasis ESD untuk topik-topik pembelajaran kimia lainnya.
3. Melakukan penelitian tindak lanjut untuk menguji efektivitas sumber belajar berbasis ESD pada proses pembelajaran kimia

DAFTAR PUSTAKA

- Abu Ahmadi. 2005. *Strategi Belajar Mengajar*. Bandung: Pustaka Setia.
- Ahmad, Rohani. 2010. *Pengelolaan Pembelajaran*. Jakarta: PT Rineka Cipta
- Ahmad, Agus Prasetya, Muhammad A. A. 2015. *Pyrolysis of Plastic Waste to Product Pyrolytic Oil as an Alternative Fuel*. Universitas Gadjah Mada. Indonesia
- Andrea Undri, Luca Rosi, Marco Frediani and Piero Frediani. 2011. *Microwave Pyrolysis Of Polymeric Materials*. Dipublikasikan pada 27 Juli 2011. <https://www.intechopen.com/books/microwave-heating/microwave-pyrolysis-of-polymeric-materials>
- Antaranews. 2014. Produksi Sampah Plastik Indonesia 5,4 Juta Ton Per tahun. <http://www.antaranews.com/berita/417287/produksi-sampah-plastik-indonesia-54-juta-ton-per-tahun>. Diwartakan oleh Ella Syafputri pada 4 Februari 2016
- Borg and Gall. 1989. *Education Research, An Introduction*. New York & London: Longman Inc.
- Burmeister M., Rauch F. and Eilks I. 2012. *Education for Sustainable Development (ESD) and chemistry education, Chem. Educ. Res. Pract.*, 13, 59–68.
- Djaali., Muljono, P. 2004. *Pengukuran Dalam Bidang Pendidikan*. Jakarta : Program Pascasarjana Universitas Negeri Jakarta.
- Dr. P.V. Thorat, Sandhya Warulkar, Harshal Sathone. 2013. *Thermofuel - Pyrolysis of waste plastic to produce Liquid Hydrocarbons*. College of engineering and technology Akola. India
- Eilks I. 2014. *Science education and education for sustainable development – justifications, models, practices and perspectives*. University of Bremen. Germany.
- Fessenden, R.J dan Fessenden, J.S 1986. *Kimia Organik, Jilid 1. Edisi Ketiga Terjemahan Aloysius Hadyana Pudjaatmaka Ph.D*. Jakarta : Erlangga
- Hilton, M. 2010. *Exploring the intersection of science education and 21st century skill*. NEC: Washington DC

- Isbani, Robert. 1987. *Media Pendidikan*. Surakarta: UNS
- Juntunen M. and Aksela M., (in press), *Education for sustainable development in chemistry – challenges, possibilities and pedagogical models in Finland and elsewhere*, *Chem. Educ. Res. Pract.*, 2014.
- Kasmadi Supardi dan Indraspuri Rahning Putri. 2010. *Pengaruh Penggunaan Artikel Kimia dari Internet Pada Model Pembelajaran Creative Problem Solving Terhadap Hasil Belajar Kimia*. Vol 4. No 1
- Kean, Elizabeth dan Middlecamp, Catherine. 1985. *A Survival Manual for General Chemistry (Panduan Belajar Kimia Dasar)*. Penerjemah: A. Hadyana Pudjaatmaka. Jakarta: Gramedia
- Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan. 2016. *Silabus Mata Pelajaran Kimia (SMA/MA)*
- Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan. 2016. *Mendikbud: Pendidikan Faktor Penting dalam Pembangunan Berkelanjutan*. www.kemdikbud.go.id . Dipublikasikan pada 20 September 2016.
- Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan. 2016. *Menyambut Hari Peduli Sampah Nasional 2016*, siaran pers. <http://www.menlhk.go.id/siaran-34-menyambut-hari-peduli-sampah-nasional-2016.html>. Dipublikasikan oleh Novrizal-Kepala Biro Hubungan Masyarakat
- Mujiarto, iman. 2005. *Sifat Dan Karakteristik Material Plastik Dan Bahan Aditif Traksi*. Vol. 3. No. 2. Staf Pengajar AMNI Semarang
- Mulyasa, E. 2007. *Menjadi Guru Profesional Menciptakan Pembelajaran Kreatif dan Menyenangkan*. Bandung : Rosdakarya
- Nishino, J., Iloh, M., Ishinomori, T., Kubola, N., and Uemichi, Y., 2003. *Development of a Catalytic Cracking Process for Converting Waste Plastics to Petrochemicals*. *J. Mater. Cycle. Waste. Manag.*, 5, 89-93
- Partnership for 21th century skill. 2016. *Framework for 21th century learning*. www.P21.org. Dipublikasikan pada januari 2016.
- Pikiran rakyat. 2016. *3,56% Penduduk Indonesia Buta Aksara*. www.pikiran-rakyat.com. Dipublikasikan oleh Siska Nurmala Puspitasari pada 9 September 2016
- Republika. 2014. *Literasi Indonesia Sangat Rendah*. <http://www.republika.co.id/berita/koran/didaktika/14/12/15/ngm3q840-literasi-indonesia-sangat-rendah>

- Sarker, M., Rashid, M. M. (2013). *Mixture of LDPE, PP and PS Waste Plastics into Fuel by Thermolysis Process. International Journal of Engineering and Technology Research*, Vol. 1, No. 1.
- Schmidt, G., & Wolfe, J. 2009. *Climate change: Picturing the science*. New York, NY: W.W. Norton.
- Siregar, Eveline dan Nara, Hartini. 2010. *Teori Belajar dan Pembelajaran*. Bogor : PT Ghalia Indonesia
- Slameto. 2007. *Pembelajaran Aktif (Active Learning)*. Salatiga : BK FKIP UKSW
- Soeharto, Karti. 2003. *Teknologi Pembelajaran Pendekatan Sistem, Konsepsi dan Model, SAP, Evaluasi Sumber Belajar dan Media*. Surabaya: SIC
- Sudjana, N. 1989. *Dasar-Dasar Proses Belajar Mengajar*. Bandung. Sinarbaru
- Sugiyono. 2011. *Metode Penelitian Pendidikan: Pendekatan Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D*. Bandung: Alfabeta.
- Surono, U. 2013. *Berbagai Metode Konversi Sampah Plastik menjadi Bahan Bakar Minyak*. Jurusan Teknik Mesin Universitas Janabadra, Yogyakarta ;Jurnal Teknik vol. 3 no. 1/April 2013.
- Summers, M., Childs, A., & Corney, G. (2005). *Education for sustainable development in initial teacher training: Issues for interdisciplinary collaboration. Environmental Education Research*, 11(5), 623- 647.
- Suwarti. 2013. *Pengembangan Handout dengan Tampilan Majalah pada Materi Sistem Pernapasan Manusia untuk Siswa SMP*. Skripsi tidak diterbitkan. Padang: Pendidikan Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. STKIP PGRI Sumatera Barat.
- Syamsiro, M., Cheng, S., Hu, W., Saptoadi, H., Pratama, N.N., Trisunaryanti, W., Yoshikawa, K. 2014. *Liquid and Gaseous Fuels from Waste Plastics by Sequential Pyrolysis and Catalytic Reforming Processes over Indonesian Natural Zeolite Catalysts*, Waste Technology, 2(2), pp. 44-51.
- Syukrul. 2011. *Manajemen Pengelolaan Sampah Berbasis Mandiri*. Jakarta: Sustaining Partnership

Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 20 Tahun 2003 Tentang
Sistem Pendidikan Nasional
<https://kemenag.go.id/file/dokumen/UU2003.pdf>

UNESCO. 2012. *Education for Sustainable Development Source Book*.
Paris: Place de Fontenoy.

United States Environmental Protection Agency. 2006. Integrated risk
information system (IRIS). US EPA, Office of Research and
Development, National Center for Environmental Assessment.

Waldopo. 2002. *Penelitian Pengembangan: Pendekatan dalam
Mengembangkan Produk-Produk di Bidang Pendidikan
Pembelajaran*. <http://www.Pustekom.gald/teknodik/t11/11-1/html>.
Diakses pada hari minggu, 10 Maret 2013 pk. 13.15 WIB

Wena, Made. 2011. *Strategi Pembelajaran Inovatif Kontemporer; Suatu
Tinjauan Konseptual Operasional*. Jakarta: Bumi Aksara. hlm: 34-48.

Widhiarso, W. 2005. *Mengestimasi Reliabilitas*. Yogyakarta: Fakultas
Psikologi UGM.

Lampiran 1

KISI-KISI INSTRUMEN ANALISIS KEBUTUHAN PESERTA DIDIK TERHADAP SUMBER BELAJAR PENGOLAHAN LIMBAH PLASTIK BERBASIS ESD

Tujuan : Memperoleh Informasi Mengenai Sumber Belajar Pengolahan Limbah Plastik
Tempat : SMAN 51 JAKARTA
Waktu : Desember 2016

| No | Indikator | Pernyataan | Butir soal |
|----|--|---|-------------|
| 1. | Sumber Belajar | - Intensitas Penggunaan Sumber belajar | 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. | Limbah Plastik | - Pengetahuan mengenai limbah plastik | 10,11,12,13 |
| | | - Penanganan yang dilakukan untuk menangani permasalahan limbah plastik | 14,15 |
| 4. | Bahan Bakar Alternatif | - Pemahaman mengenai bahan bakar alternatif | 16, 17 |
| | | - Pengolahan limbah plastik menjadi bahan bakar alternatif | 18, 19 |
| 5. | Sumber belajar Pengolahan Limbah Plastik | - Pembuatan Sumber Belajar Pengolahan Limbah Plastik | 20 |

Lampiran 2

INSTRUMEN ANALISIS KEBUTUHAN PESERTA DIDIK TERHADAP SUMBER BELAJAR PENGOLAHAN LIMBAH PLASTIK BERBASIS ESD

Tujuan : Memperoleh Informasi Mengenai Sumber belajar Pengolahan Limbah Plastik
Tempat : SMAN 51 Jakarta
Waktu : Desember 2016

| No | Pertanyaan | Jawab | |
|----|--|-------|-------|
| | | Ya | Tidak |
| 1 | Sumber belajar apa yang sering anda gunakan dalam pembelajaran? a. Sumber belajar tercetak (contoh : buku) b. Sumber belajar non cetak (contoh : aplikasi) c. Sumber belajar yang berbentuk fasilitas (contoh : laboratorium) d. Sumber belajar berupa kegiatan (contoh : permainan) e. Sumber belajar berupa lingkungan di masyarakat (contoh : pasar) | | |
| 2 | Apakah Anda memahami konsep dari materi yang terdapat dalam sumber belajar yang Anda gunakan? | | |
| 3 | Apakah Guru Anda menerangkan materi yang berkaitan dengan sumber belajar yang anda gunakan? | | |
| 4 | Dari sumber belajar yang anda gunakan, apakah anda menemukan aplikasi materi untuk kehidupan anda? | | |
| 5 | Bila menggunakan sumber belajar 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 plastik termasuk senyawa hidrokarbon? | | |

| No | Pertanyaan | Jawab | |
|----|--|-------|-------|
| | | Ya | Tidak |
| 11 | Apakah plastik memiliki banyak kegunaan dalam kehidupan? | | |
| 12 | Namun, apakah limbah plastik dapat terurai secara alami? | | |
| 13 | Menurut Anda, apakah limbah plastik menyebabkan dampak yang besar bagi lingkungan? | | |
| 14 | Upaya apa saja yang anda ketahui dalam penanganan limbah plastik? | | |
| 15 | Sebagai peserta didik, bersediakah anda untuk mengaplikasikan ilmu yang anda dapatkan untuk menangani permasalahan lingkungan, yang dalam hal ini mengenai limbah plastik? | | |
| 16 | Menurut anda, apa yang dimaksud dengan bahan bakar alternatif? | | |
| 17 | Apa saja bahan bakar alternatif yang anda ketahui? | | |
| 18 | Tahukah anda proses pengolahan limbah plastik menjadi bahan bakar alternatif? | | |
| 19 | Apakah anda tertarik untuk mengetahui proses pengolahan limbah plastik menjadi bahan bakar alternatif? | | |
| 20 | Apakah anda setuju dengan Pembuatan Sumber Belajar Pengolahan Limbah Plastik? | | |

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

Lampiran 3

HASIL ANALISIS KEBUTUHAN PESERTA DIDIK TERHADAP SUMBER BELAJAR PENGOLAHAN LIMBAH PLASTIK BERBASIS ESD

Tujuan : Memperoleh Informasi Mengenai Sumber belajar Pengolahan Limbah Plastik
Tempat : SMAN 51 Jakarta
Waktu : Desember 2016

| No | Pertanyaan | Jawab | |
|----|---|--------|--------|
| | | Ya | Tidak |
| 1 | Sumber belajar apa yang sering anda gunakan dalam pembelajaran? a. Sumber belajar tercetak (contoh : buku) = 64,51% b. Sumber belajar non cetak (contoh : aplikasi) = 51,61% c. Sumber belajar yang berbentuk fasilitas (contoh : laboratorium) = 35,48% d. Sumber belajar berupa kegiatan (contoh : permainan) = 9,67% e. Sumber belajar berupa lingkungan di masyarakat (contoh : pasar) = 6,45% | | |
| 2 | Apakah Anda memahami konsep dari materi yang terdapat dalam sumber belajar yang Anda gunakan? | 87,5% | 12,5% |
| 3 | Apakah Guru Anda menerangkan materi yang berkaitan dengan sumber belajar yang anda gunakan? | 90,6% | 9,4% |
| 4 | Dari sumber belajar yang anda gunakan, apakah anda menemukan aplikasi materi untuk kehidupan anda? | 72% | 28% |
| 5 | Bila menggunakan sumber belajar yang sesuai dengan materi dan kehidupan sehari-hari, apakah anda merasakan belajar yang efektif? | 90,6% | 9,4% |
| 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? | 72% | 28% |
| 8 | Apakah Anda sudah memanfaatkan mempelajari hidrokarbon? | 53,13% | 46,87% |
| 9 | Apakah Anda memiliki ketertarikan yang lebih untuk mempelajari aplikasi materi hidrokarbon dalam kehidupan? | 43,8% | 56,2% |
| 10 | Menurut Anda, apakah plastik termasuk senyawa hidrokarbon? | 43,8% | 56,2% |

| No | Pertanyaan | Jawab | |
|----|--|------------|------------|
| | | Ya | Tidak |
| 11 | Apakah plastik memiliki banyak kegunaan dalam kehidupan? | 81,25 % | 18,75 % |
| 12 | Namun, apakah limbah plastik dapat terurai secara alami? | 78,13 % | 21,87 % |
| 13 | Menurut Anda, apakah limbah plastik menyebabkan dampak yang besar bagi lingkungan? | 90,6% | 9,4% |
| 14 | Upaya apa saja yang anda ketahui dalam penanganan limbah plastik? <i>Reduce, Reuse, Recycle</i> | | |
| 15 | Sebagai peserta didik, bersediakah anda untuk mengaplikasikan ilmu yang anda dapatkan untuk menangani permasalahan lingkungan, yang dalam hal ini mengenai limbah plastik? | 84,4% | 15,6% |
| 16 | Menurut anda, apa yang dimaksud dengan bahan bakar alternatif? Bahan Bakar Pengganti | | |
| 17 | Apa saja bahan bakar alternatif yang anda ketahui? Biogas | | |
| 18 | Tahukah anda proses pengolahan limbah plastik menjadi bahan bakar alternatif? | 50% | 50% |
| 19 | Apakah anda tertarik untuk mengetahui proses pengolahan limbah plastik menjadi bahan bakar alternatif? | 81,25% | 18,75% |
| 20 | Apakah anda setuju dengan Pembuatan Sumber Belajar Pengolahan Limbah Plastik? | 84,4% | 15,6% |

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

Lampiran 4

KISI-KISI INSTRUMEN UJI COBA BAHAN AJAR PIROLISIS PLASTIK 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 siswa | 6,7 |
| 2. | Teknik Penyajian | - Materi mengikuti sistematika keilmuan | 8,9,10 |
| | | - Materi meningkatkan keterampilan dan kreatifitas siswa | 11,12 |
| | | - Materi merangsang rasa ingin tahu siswa | 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 5

LEMBAR KUISIONER UJI COBA BAHAN AJAR PIROLISIS PLASTIK OLEH AHLI MATERI

Nama :

NIP :

Instansi :

Aspek penilaian modul 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 pirolisis limbah plastik ini mengidentifikasi objek dan fenomena dalam sistem yang ada di alam | | | | | |
| 7. | Ilustrasi dalam materi yang disajikan memberikan pemahaman siswa | | | | | |
| 8. | Bahan ajar kimia pirolisis limbah plastik ini menekankan pada pengalaman langsung | | | | | |
| 9. | Materi yang disajikan sistematis | | | | | |

| | | | | | |
|-----|--|--|--|--|--|
| 10. | Bahan ajar kimia pirolisis limbah plastik ini mengembangkan keterampilan proses | | | | |
| 11. | Materi yang disajikan dapat meningkatkan kreatifitas | | | | |
| 12. | Materi yang disajikan dapat mendorong siswa mengaplikasikan percobaan pirolisis limbah plastik | | | | |
| 13. | Materi yang disajikan dapat merangsang keingintahuan siswa | | | | |
| 14. | Bahasa yang digunakan lugas | | | | |
| 15. | Pesan yang disampaikan mudah dipahami siswa | | | | |
| 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 pirolisis limbah plastik ini agar tampil lebih sempurna?
.....
.....
.....
.....
- Bagaimana kesan Bapak/Ibu setelah membaca dan menelaah bahan ajar pirolisis limbah plastik ini?
.....
.....
.....
.....

Terima kasih atas kesediaan Bapak/Ibu mengisi kuisisioner ini untuk membantu menyelesaikan penelitian ini

Jakarta,

(.....)

Lampiran 6

PERHITUNGAN KUESIONER UJI COBA OLEH AHLIMATERI

| Ahli | Nomor Angket | | | | | | | | | | |
|--------|--------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
| 1 | 4 | 3 | 3 | 4 | 3 | 3 | 4 | 4 | 3 | 4 | 3 |
| 2 | 3 | 3 | 3 | 4 | 3 | 3 | 4 | 3 | 3 | 4 | 3 |
| 3 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 |
| 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 3 | 3 | 4 | 4 |
| 5 | 3 | 4 | 4 | 3 | 4 | 3 | 4 | 3 | 3 | 4 | 4 |
| Jumlah | 18 | 18 | 18 | 19 | 18 | 17 | 20 | 17 | 16 | 20 | 18 |

| Ahli | Nomor Angket | | | | | | | | | | | |
|--------|--------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 |
| 1 | 4 | 4 | 3 | 3 | 4 | 3 | 3 | 4 | 3 | 3 | 3 | 4 |
| 2 | 4 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| 3 | 4 | 4 | 4 | 4 | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 |
| 4 | 4 | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 |
| 5 | 4 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 4 |
| Jumlah | 20 | 17 | 17 | 17 | 17 | 17 | 17 | 18 | 17 | 17 | 17 | 19 |

| No. | Indikator | No. Angket | Skor Maksimum | 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 | 24 | 85,7 | 23 | 82,1 | 28 | 100 | 28 | 100 | 25 | 89,3 |
| 2 | Teknik Penyajian | 8,9,10,11,12,13 | 24 | 22 | 91,7 | 20 | 83,3 | 24 | 100 | 21 | 87,5 | 21 | 87,5 |
| 3 | Kelayakan Bahasa | 14,15,16,17,18,19,20,21,22,23 | 40 | 33 | 82,5 | 31 | 77,5 | 39 | 97,5 | 40 | 100 | 32 | 80 |

INTERPRETASI SKOR :

| Persentase | Interpretasi |
|------------|--------------|
| 0 - 25 | Kurang |
| 25,1 - 50 | Cukup |
| 50,1 - 75 | Baik |
| 75,1 - 100 | Sangat baik |

KETERANGAN :

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

Lampiran 7

PERHITUNGAN RELIABILITAS ANTAR RATER AHLI MATERI

| No. | A | Xij ² | B | Xij ² | C | Xij ² | D | Xij ² | E | Xij ² | Xi | Xi ² |
|-------------------------------|------|------------------|------|------------------|------|------------------|------|------------------|------|------------------|-------|-----------------|
| 1 | 4 | 16 | 3 | 9 | 4 | 16 | 4 | 16 | 3 | 9 | 18 | 324 |
| 2 | 3 | 9 | 3 | 9 | 4 | 16 | 4 | 16 | 4 | 16 | 18 | 324 |
| 3 | 3 | 9 | 3 | 9 | 4 | 16 | 4 | 16 | 4 | 16 | 18 | 324 |
| 4 | 4 | 16 | 4 | 16 | 4 | 16 | 4 | 16 | 3 | 9 | 19 | 361 |
| 5 | 3 | 9 | 3 | 9 | 4 | 16 | 4 | 16 | 4 | 16 | 18 | 324 |
| 6 | 3 | 9 | 3 | 9 | 4 | 16 | 4 | 16 | 3 | 9 | 17 | 289 |
| 7 | 4 | 16 | 4 | 16 | 4 | 16 | 4 | 16 | 4 | 16 | 20 | 400 |
| 8 | 4 | 16 | 3 | 9 | 4 | 16 | 3 | 9 | 3 | 9 | 17 | 289 |
| 9 | 3 | 9 | 3 | 9 | 4 | 16 | 3 | 9 | 3 | 9 | 16 | 256 |
| 10 | 4 | 16 | 4 | 16 | 4 | 16 | 4 | 16 | 4 | 16 | 20 | 400 |
| 11 | 3 | 9 | 3 | 9 | 4 | 16 | 4 | 16 | 4 | 16 | 18 | 324 |
| 12 | 4 | 16 | 4 | 16 | 4 | 16 | 4 | 16 | 4 | 16 | 20 | 400 |
| 13 | 4 | 16 | 3 | 9 | 4 | 16 | 3 | 9 | 3 | 9 | 17 | 289 |
| 14 | 3 | 9 | 3 | 9 | 4 | 16 | 4 | 16 | 3 | 9 | 17 | 289 |
| 15 | 3 | 9 | 3 | 9 | 4 | 16 | 4 | 16 | 3 | 9 | 17 | 289 |
| 16 | 4 | 16 | 3 | 9 | 3 | 9 | 4 | 16 | 3 | 9 | 16 | 256 |
| 17 | 3 | 9 | 3 | 9 | 4 | 16 | 4 | 16 | 3 | 9 | 17 | 289 |
| 18 | 3 | 9 | 3 | 9 | 4 | 16 | 4 | 16 | 3 | 9 | 17 | 289 |
| 19 | 4 | 16 | 3 | 9 | 4 | 16 | 4 | 16 | 3 | 9 | 17 | 324 |
| 20 | 3 | 9 | 3 | 9 | 4 | 16 | 4 | 16 | 3 | 9 | 17 | 289 |
| 21 | 3 | 9 | 3 | 9 | 4 | 16 | 4 | 16 | 3 | 9 | 17 | 289 |
| 22 | 3 | 9 | 3 | 9 | 4 | 16 | 4 | 16 | 3 | 9 | 17 | 289 |
| 23 | 4 | 16 | 3 | 9 | 4 | 16 | 4 | 16 | 4 | 16 | 19 | 361 |
| X _j | 79 | | 73 | | 91 | | 89 | | 77 | | 409 | 7301 |
| X _j ² | 6241 | | 5329 | | 8281 | | 7921 | | 5929 | | 33701 | |
| ΣX _{ij} ² | | 277 | | 235 | | 361 | | 347 | | 263 | 1483 | |

$$N = N_b \times N_k = 23 \times 5 = 115$$

$$JK_{\text{Total}} = \sum X_{ij}^2 - \frac{(\sum X_{ij})^2}{N}$$

$$= 1483 - \frac{(409)^2}{115} = 28,39$$

$$JK_{\text{Baris}} = \frac{1}{N_k} \sum X_i^2 - \frac{(\sum X_{ij})^2}{N}$$

$$JK_{\text{Error}} = JK_T - JK_b - JK_k$$

$$= 28,39 - 5,59 - 17,75 = 5,05$$

$$db_b = b - 1 = 23 - 1 = 22$$

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

$$db_e = (b - 1) \times (k - 1) = 22 \times 4 = 88$$

$$RJK_b = \frac{JK_b}{db_b} = \frac{5,59}{22} = 0,254$$

$$RJK_e = \frac{JK_e}{db_e} = \frac{5,05}{88} = 0,057$$

$$\begin{aligned}
&= \left(\frac{1}{5} \times 7301\right) - \frac{(409)^2}{115} = 5,59 \\
JK_{\text{Kolom}} &= \frac{1}{N_b} \sum X_j^2 - \frac{(\sum X_{ij})^2}{N} \\
&= \left(\frac{1}{23} \times 33701\right) - \frac{(409)^2}{115} \\
&= 17,75
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
r &= \frac{RJK_b - RJK_e}{RJK_b} = \frac{0,254 - 0,057}{0,254} \\
&= 0,78 \sim \mathbf{0,8 \text{ (Sangat Baik)}}
\end{aligned}$$

Lampiran 8

KISI-KISI INSTRUMEN UJI COBABAHAN AJAR PIROLISIS PLASTIK OLEH AHLI MEDIA

| No. | Indikator | 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 |
| 6. | Kualitas Keseluruhan | - Kualitas buku keseluruhan | 15 |

Lampiran 9

LEMBAR KUISIONER UJI COBABAHAN AJAR PIROLISIS PLASTIK OLEH AHLI MEDIA

Nama :

NIP :

Instansi :

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

Petunjuk:

5. Penilaian diberikan rentangan mulai dari tidak setuju sampai dengan sangat setuju dengan simbol berikut:
 - e. 1 = tidak setuju
 - f. 2 = kurang setuju
 - g. 3 = setuju
 - h. 4 = sangat setuju
6. Mohon beri tanda check list (√) pada kolom 1,2,3 atau 4 sesuai pendapat bapak/Ibu secara objektif.
7. Mohon dituliskan komentar atau saran bapak/Ibu pada kolom yang disediakan.
8. 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 (tebal, miring, kapital) | | | | | |
| 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 | | | | | |

3. Menurut Bapak/Ibu, hal-hal apa saja yang diperlu dilakukan untuk memperbaiki bahan ajar pirolisis limbah plastik ini agar tampil lebih sempurna?

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

4. Bagaimana kesan Bapak/Ibu setelah membaca dan menelaah bahan ajar pirolisis limbah plastik ini?

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

Jakarta,

KESIMPULAN

| | |
|-------------------------------------|--|
| Modul Belum Dapat Digunakan | |
| Modul Dapat Digunakan Dengan Revisi | |
| Modul Dapat Digunakan Tanpa Revisi | |

(.....)

Terima kasih atas kesediaan Bapak/Ibu mengisi kuisisioner ini untuk membantu menyelesaikan penelitian ini

Lampiran 10

PERHITUNGAN KUESIONER UJI COBA OLEH AHLI MEDIA

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

Interpretasi Uji Coba Ahli Media

| No. | Indikator | No. Angket | Skor Maksimum | Ahli 1 | | Ahli 2 | | Ahli 3 | | Ahli 4 | | Ahli 5 | |
|-----|-----------------------|------------|---------------|--------|------|--------|-----|--------|------|--------|------|--------|------|
| | | | | ∑ | % | ∑ | % | ∑ | % | ∑ | % | ∑ | % |
| 1 | Ukuran Buku | 1,2 | 8 | 8 | 100 | 8 | 100 | 8 | 100 | 8 | 100 | 8 | 100 |
| 2 | Tata Letak | 3,7,8,9 | 16 | 13 | 81,3 | 16 | 100 | 13 | 81,3 | 16 | 100 | 14 | 87,5 |
| 3 | Jenis Huruf | 4,11,12 | 12 | 9 | 75 | 12 | 100 | 10 | 83,3 | 10 | 83,3 | 9 | 75 |
| 4 | Ilustrasi dan Istilah | 5,6,13,14 | 16 | 14 | 87,5 | 16 | 100 | 15 | 93,8 | 16 | 100 | 15 | 93,8 |
| 5 | Desain | 10 | 4 | 4 | 100 | 4 | 100 | 4 | 100 | 4 | 100 | 4 | 100 |

| | | | | | | | | | | | | | |
|---|----------------------|----|---|---|----|---|-----|---|----|---|-----|---|----|
| 6 | Kualitas Keseluruhan | 15 | 4 | 3 | 75 | 4 | 100 | 3 | 75 | 4 | 100 | 3 | 75 |
|---|----------------------|----|---|---|----|---|-----|---|----|---|-----|---|----|

INTERPRETASI SKOR :

| Persentase | Interpretasi |
|------------|--------------|
| 0 - 25 | Kurang |
| 25,1 - 50 | Cukup |
| 50,1 - 75 | Baik |
| 75,1 - 100 | Sangat baik |

KETERANGAN :

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

Lampiran 11

PERHITUNGAN RELIABILITAS ANTAR RATER AHLI MEDIA

| No. | A | X _{ij} ² | B | X _{ij} ² | C | X _{ij} ² | D | X _{ij} ² | E | X _{ij} ² | X _i | X _i ² |
|-------------------------------|------|------------------------------|------|------------------------------|------|------------------------------|------|------------------------------|------|------------------------------|----------------|-----------------------------|
| 1 | 4 | 16 | 4 | 16 | 4 | 16 | 4 | 16 | 4 | 16 | 20 | 400 |
| 2 | 4 | 16 | 4 | 16 | 4 | 16 | 4 | 16 | 4 | 16 | 20 | 400 |
| 3 | 3 | 9 | 4 | 16 | 3 | 9 | 4 | 16 | 4 | 16 | 18 | 324 |
| 4 | 3 | 9 | 4 | 16 | 4 | 16 | 3 | 9 | 3 | 9 | 17 | 289 |
| 5 | 3 | 9 | 4 | 16 | 4 | 16 | 4 | 16 | 4 | 16 | 19 | 361 |
| 6 | 4 | 16 | 4 | 16 | 4 | 16 | 4 | 16 | 4 | 16 | 20 | 400 |
| 7 | 3 | 9 | 4 | 16 | 3 | 9 | 4 | 16 | 3 | 9 | 17 | 289 |
| 8 | 4 | 16 | 4 | 16 | 4 | 16 | 4 | 16 | 4 | 16 | 20 | 400 |
| 9 | 3 | 9 | 4 | 16 | 3 | 9 | 4 | 16 | 3 | 9 | 17 | 289 |
| 10 | 4 | 16 | 4 | 16 | 4 | 16 | 4 | 16 | 4 | 16 | 20 | 400 |
| 11 | 3 | 9 | 4 | 16 | 3 | 9 | 3 | 9 | 3 | 9 | 16 | 256 |
| 12 | 3 | 9 | 4 | 16 | 3 | 9 | 4 | 16 | 3 | 9 | 17 | 289 |
| 13 | 3 | 9 | 4 | 16 | 3 | 9 | 4 | 16 | 3 | 9 | 17 | 289 |
| 14 | 4 | 16 | 4 | 16 | 4 | 16 | 4 | 16 | 4 | 16 | 20 | 400 |
| 15 | 3 | 9 | 4 | 16 | 3 | 9 | 4 | 16 | 3 | 9 | 17 | 289 |
| X _j | 51 | | 60 | | 53 | | 58 | | 53 | | 275 | 5075 |
| X _j ² | 2601 | | 3600 | | 2809 | | 3364 | | 2809 | | 15183 | |
| ΣX _{ij} ² | | 177 | | 240 | | 191 | | 226 | | 191 | 1025 | |

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

$$JK_{\text{Total}} = \sum X_{ij}^2 - \frac{(\sum X_{ij})^2}{N}$$

$$= 1025 - \frac{(275)^2}{75} = 16,67$$

$$JK_{\text{Baris}} = \frac{1}{N_k} \sum X_i^2 - \frac{(\sum X_{ij})^2}{N}$$

$$= \left(\frac{1}{5} \times 5075\right) - \frac{(275)^2}{75} = 6,67$$

$$JK_{\text{Kolom}} = \frac{1}{N_b} \sum X_j^2 - \frac{(\sum X_{ij})^2}{N}$$

$$= \left(\frac{1}{15} \times 15183\right) - \frac{(275)^2}{75}$$

$$= 3,87$$

$$JK_{\text{Error}} = JK_T - JK_b - JK_k$$

$$= 16,67 - 6,67 - 3,87$$

$$= 6,13$$

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

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

$$db_e = (b - 1) \times (k - 1) = 14 \times 4 = 56$$

$$RJK_b = \frac{JK_b}{db_b} = \frac{6,67}{14} = 0,47$$

$$RJK_e = \frac{JK_e}{db_e} = \frac{6,13}{56} = 0,109$$

$$r = \frac{RJK_b - RJK_e}{RJK_b} = \frac{0,47 - 0,109}{0,47}$$

$$= 0,768 \sim \mathbf{0,77 \text{ (Sangat Baik)}}$$

Lampiran 12

KISI-KISI INSTRUMEN UJI COBABAHAN AJAR PIROLISIS PLASTIKPADA PESERTA DIDIK

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

Lampiran 13

LEMBAR KUISIONER UJI COBABAHAN AJAR PIROLISIS PLASTIKOLEH PESERTA DIDIK

Nama Siswa :

Kelas :

Tanggal :

Petunjuk:

1. **Berilah tanda cek (v) 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 siswa | | | | |
| 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 siswa | | | | |
| 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 siswa 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 siswa mengenai senyawa hidrokarbon | | | | |
| 11 | Materi yang ada di dalam buku mendorong siswa 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 siswa 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 siswa 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 pirolisis limbah plastik ini agar tampil lebih sempurna?

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

2. Bagaimana kesan anda setelah membaca dan menelaah bahan ajar pirolisis limbah plastik ini?

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

Terima kasih atas kesediaannya mengisi kuisisioner ini untuk membantu menyelesaikan penelitian ini

Jakarta,

Lampiran 14

HASIL PERHITUNGAN UJI COBA PADA PESERTA DIDIK (KELOMPOK KECIL)

| R | 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 | 4 | 4 | 3 | 4 | 4 | 3 | 3 | 4 | 3 | 4 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 4 |
| 2 | 4 | 3 | 3 | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 | 3 | 4 | 4 | 3 | 3 | 3 | 4 | 3 | 3 | 3 | 4 | 3 |
| 3 | 3 | 3 | 4 | 4 | 3 | 3 | 3 | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| 4 | 4 | 4 | 4 | 3 | 4 | 3 | 3 | 4 | 3 | 4 | 3 | 3 | 3 | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 | 3 | 3 |
| 5 | 3 | 3 | 4 | 4 | 3 | 4 | 4 | 4 | 3 | 3 | 3 | 4 | 3 | 3 | 3 | 4 | 4 | 3 | 4 | 4 |
| 6 | 4 | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 3 | 4 | 3 | 4 | 3 | 3 |
| 7 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| 8 | 3 | 4 | 3 | 3 | 4 | 4 | 4 | 3 | 3 | 4 | 3 | 3 | 4 | 3 | 4 | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 |
| 9 | 3 | 3 | 3 | 4 | 3 | 3 | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 3 | 4 | 3 | 4 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| 10 | 4 | 3 | 3 | 3 | 4 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 4 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| 11 | 4 | 3 | 4 | 3 | 3 | 4 | 4 | 3 | 4 | 3 | 3 | 3 | 3 | 4 | 4 | 3 | 3 | 4 | 3 | 3 |
| 12 | 3 | 3 | 4 | 4 | 4 | 3 | 3 | 4 | 3 | 4 | 4 | 4 | 3 | 3 | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 | 3 |
| 13 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 | 3 | 4 | 3 | 3 | 4 | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 |
| 14 | 3 | 3 | 4 | 3 | 4 | 3 | 3 | 4 | 3 | 4 | 4 | 3 | 3 | 3 | 3 | 4 | 4 | 4 | 3 | 3 |
| 15 | 3 | 3 | 4 | 4 | 3 | 3 | 3 | 4 | 3 | 3 | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 | 3 | 3 | 3 | 4 | 4 |
| Jumlah | 50 | 47 | 54 | 52 | 53 | 51 | 52 | 55 | 50 | 53 | 53 | 51 | 51 | 51 | 50 | 52 | 51 | 52 | 51 | 50 |

| No. | Indikator | No. Angket | Skor Jawaban | Skor Maksimum | % | Interpretasi |
|-----|-------------------|------------------------------|--------------|---------------|-------|--------------|
| 1 | Ukuran Buku | 1 | 50 | 60 | 83,33 | Sangat Baik |
| 2 | Desain Kulit Buku | 2,3 | 101 | 120 | 84,17 | Sangat Baik |
| 3 | Kesesuaian Materi | 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12 | 470 | 540 | 87,04 | Sangat Baik |
| 4 | Teknik Penyajian | 13, 14, 15, 16, 17, 18 | 307 | 360 | 85,3 | Sangat Baik |
| 5 | Kelayakan Bahasa | 19, 20 | 101 | 120 | 84,17 | Sangat Baik |

INTERPRETASI SKOR :

| Persentase | Interpretasi |
|------------|--------------|
| 0 - 25 | Kurang |
| 25,1 - 50 | Cukup |
| 50,1 - 75 | Baik |
| 75,1 - 100 | Sangat baik |

KETERANGAN :

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

Lampiran 15

HASIL PERHITUNGAN UJI COBA PADA PESERTA DIDIK (KELOMPOK BESAR)

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

| R | Nomor Angket | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------|--------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 |
| 23 | 4 | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 | 3 | 4 | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 | 3 | 4 | 4 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| 24 | 3 | 3 | 4 | 4 | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 | 3 | 4 | 3 | 3 | 4 | 4 | 4 | 3 | 4 | 3 | 3 |
| 25 | 4 | 4 | 3 | 3 | 4 | 4 | 4 | 3 | 4 | 4 | 3 | 4 | 4 | 3 | 4 | 3 | 3 | 4 | 4 | 4 |
| 26 | 3 | 3 | 4 | 4 | 4 | 3 | 3 | 4 | 3 | 3 | 4 | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 3 | 3 |
| 27 | 4 | 4 | 4 | 3 | 4 | 3 | 3 | 4 | 4 | 4 | 3 | 4 | 3 | 4 | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 |
| 28 | 3 | 3 | 3 | 4 | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 3 | 3 | 4 | 4 | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 |
| 29 | 4 | 4 | 4 | 4 | 3 | 3 | 3 | 4 | 3 | 3 | 4 | 4 | 3 | 3 | 4 | 3 | 3 | 4 | 3 | 4 |
| 30 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 3 | 4 | 4 | 3 | 4 | 4 | 4 | 3 | 4 | 4 |
| 31 | 3 | 3 | 3 | 3 | 4 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 4 | 4 | 3 | 3 | 3 | 3 | 4 | 3 |
| 32 | 4 | 4 | 4 | 4 | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 |
| 33 | 4 | 4 | 3 | 3 | 4 | 4 | 4 | 3 | 3 | 3 | 4 | 3 | 3 | 4 | 3 | 4 | 4 | 3 | 3 | 3 |
| 34 | 3 | 3 | 4 | 4 | 3 | 3 | 3 | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 |
| 35 | 4 | 4 | 4 | 3 | 3 | 4 | 4 | 4 | 3 | 4 | 4 | 4 | 3 | 3 | 4 | 4 | 3 | 4 | 4 | 4 |
| 36 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 3 | 4 | 4 | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 3 | 4 | 3 |
| Jumlah | 130 | 130 | 133 | 128 | 131 | 129 | 131 | 132 | 131 | 131 | 129 | 131 | 132 | 129 | 133 | 132 | 130 | 132 | 132 | 133 |

| No. | Indikator | No. Angket | Skor Jawaban | Skor Maksimum | % | Interpretasi |
|-----|-------------------|---------------------------------|--------------|---------------|-------|--------------|
| 1 | Ukuran Buku | 1 | 130 | 144 | 90,3 | Sangat Baik |
| 2 | Desain Kulit Buku | 2,3 | 263 | 288 | 91,32 | Sangat Baik |
| 3 | Kesesuaian Materi | 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12 | 1173 | 1296 | 90,51 | Sangat Baik |
| 4 | Teknik Penyajian | 13, 14, 15, 16, 17, 18 | 804 | 864 | 98,05 | Sangat Baik |
| 5 | Kelayakan Bahasa | 19, 20 | 265 | 288 | 92,01 | Sangat Baik |

INTERPRETASI SKOR :

| Persentase | Interpretasi |
|------------|--------------|
| 0 - 25 | Kurang |
| 25,1 - 50 | Cukup |
| 50,1 - 75 | Baik |
| 75,1 - 100 | Sangat baik |

KETERANGAN :

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

KATA PENGANTAR

Pada abad 21 ini, kemajuan dalam segala sektor terus ditingkatkan untuk semakin memenuhi kebutuhan manusia baik dari sektor kesehatan, pendidikan, teknik, kebudayaan, ekonomi, dan lain-lain. Namun dari kemajuan itu, tidak menutup kemungkinan akan timbul berbagai permasalahan baru yang lebih serius. Maka dari itu, perlu diperhatikan bagaimana setiap manusia harus bertanggungjawab atas apa yang telah dikerjakan, terlebih untuk kelangsungan hidup masa depan.

Konsep Pembangunan Berkelanjutan lahir sebagai solusi agar kehidupan di bumi ini lebih baik untuk masa kini maupun masa depan.

Terciptanya buku ini berawal dari keprihatinan penulis terhadap permasalahan yang sedang terjadi. Maka dari itu, penulis ingin berkontribusi untuk pembangunan berkelanjutan dalam bidang pendidikan khususnya bagaimana masalah limbah plastik dapat diselesaikan melalui pendekatan kimia. Selain itu, buku ini juga diharapkan dapat menumbuhkan kepekaan dan sikap peduli siswa terhadap berbagai permasalahan yang terjadi di lingkungan mereka. Dengan itu, mari bersama-sama menciptakan kehidupan yang lebih baik untuk masa kini maupun masa mendatang.

Terimakasih atas segala dukungan dan masukan dari semua pihak yang telah membantu dalam pembuatan buku ini. Tidak lupa kritik dan saran sangat penulis nantikan.

Salam,
Penulis

(tampilan kata pengantar buku ESD)

DAFTAR ISI

Dari buku ini, kalian akan mengetahui :

- **Pembangunan Berkelanjutan (1)**
- **Bahan Dasar Plastik (11)**
- **Polimer (25)**
- **Polimer & Plastik (31)**
- **Bahaya Plastik (39)**
- **Teknik Pirolisis Limbah Plastik (46)**
- **Info-Info Pengetahuan (ada di setiap bagian)**

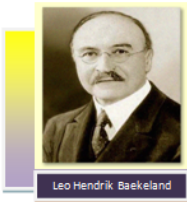
(tampilan daftar isi buku ESD)



(tampilan pembuka bab)

PROSES PEMBUATAN PLASTIK DAN MANFAATNYA

Plastik terbentuk dari unsur-unsur seperti karbon, oksigen, hidrogen, klorin, belerang dan nitrogen.



Leo Hendrik Baekeland tercatat sebagai penemu plastik pertama kali. Merupakan ahli kimia warga Amerika berkebangsaan Belgia. Baekeland lahir di Ghent, Belgia, pada tahun 1863. Bakelit, merupakan plastik tahan panas yang ditemukannya, yang penamaannya diambil dari nama Baekeland

Bakelit sebenarnya bukanlah temuan yang pertama karena sebelumnya ia sudah menemukan kertas foto yang dinamakan Velox. Tahun 1910, Baekeland mendirikan pabrik plastik sekaligus menjadi direktur utamanya sampai tahun 1939. Bakelit atau plastik tahan panas ini disebut dari kondensasi termal dengan fenol. Awalnya plastik digunakan untuk membuat kotak radio, kancing, bola biliar, dan beberapa jenis barang lainnya. Tetapi, berbeda dengan sekarang, dimana hampir semua barang yang kita temui terbuat dari plastik.

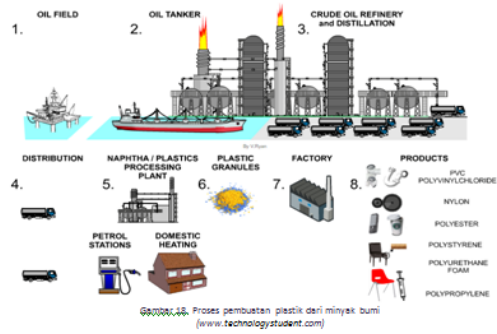


Gambar 16. Instalasi Listrik dari Bakelit (www.lampnigt.de)



Gambar 17. Kertas Foto Velox (www.plastik101.com)

Perkembangan selanjutnya penemuan revolusioner terjadi pada tahun 1951, yaitu plastik dibuat dari produk petrokimia dari pemurnian minyak dan gas bumi jenis polipropilena dan polietilena. Penemuan ini membuka jalan bagi beraneka ragam produk plastik. Plastik yang kita kenal hingga sekarang ini, plastik sudah menjadi bagian dari kehidupan sehari-hari manusia.



Proses pembuatan plastik dari minyak bumi secara singkat adalah minyak bumi yang baru dieksploitasi dari perut bumi dipompa keluar dari dalam tanah diangkut ke kilang minyak. Pada kilang minyak tersebut minyak bumi harus melalui proses pemurnian bersama dengan gas alam. Kelompok alkana seperti etana, propana, dan berbagai produk petrokimia lainnya dihasilkan oleh proses pemurnian tersebut. Selanjutnya etana dan propana dipisahkan dengan menggunakan turunku berwujud tinjasi, sehingga terbentuk etilena dan propilena. Selanjutnya etilena dan propilena yang terbentuk digabungkan dengan katalisa untuk membentuk zat seperti tepung. Zat yang seperti tepung ini mirip dengan deterjen bubuk, zat ini merupakan polimer plastik.

Dalam pencampuran yang dilakukan secara terus menerus beberapa aditif digabungkan dengan polimer, selanjutnya dilakukan proses ekstrusi dimana plastik berada dalam bentuk cair. Plastik yang berada dalam bentuk cair ini dibiarkan mendingin dan kemudian pelatizer digunakan untuk membentuk polimer menjadi selat-selat kecil (bubih plastik). Bubih plastik ini kemudian dikirim ke para pelanggan atau industri untuk selanjutnya dibuat menjadi aneka produk plastik. Pada saat ini banyak produk plastik yang sangat dibutuhkan dan banyak manfaatnya bagi kehidupan manusia.

Informasi ini didapatkan dari jurnal bumi

(proses pembuatan plastik)

POLIMER

Polimer merupakan zat yang terbentuk dari molekul-molekul kecil (monomer) yang dihubungkan hingga membentuk rantai panjang. Minyak mentah dan gas alam merupakan sumber pembuat monomer-monomer yang melalui dari jenis etilena, vinil klorida dan vinil asetat hingga membentuk polimer sintesis (plastik). Selain polimer sintesis yang telah disebutkan sebelumnya, terdapat pula polimer alam, seperti karet, pati, wol, dan sutera, serta tentu saja rambut di kepalamu.



Gambar 23. Bola Plastik (www.pabrikbolaplastik.com)

Bola plastik dibuat dengan menuangkan polimer leleh ke dalam cetakan. Ketika mendingin, bentuknya menjadi padat

INFO PENGETAHUAN

Kamu dapat membuat polimermu sendiri. Masukkan satu sendok makan air ke dalam cana-krir dan samakan satu sendok teh putih telur dan satu sendok soda kue. Aduk hingga merata, kemudian teteskan satu sendok teh asam sitrat ke dalam campuran tersebut dan aduk perlahan.

Soda kue akan bereaksi dengan asam sitrat, yang kemudian akan menghasilkan gas karbon dioksida (CO₂) dan mengubah campuran tersebut menjadi buih. Ketika hal tersebut terjadi, monomer-monomer di dalam putih telur akan berikatan dan membentuk polimer

MEMBUAT PLASTIK

Plastik merupakan polimer sintesis yang mudah dicetak, yang dibuat dari senyawa organik yang ditemukan di dalam minyak mentah. Banyak jenis plastik, seperti polietilena, PVC (Poli Vinil Klorida) dan polistirena, dibuat dengan menggunakan etena yang masuk ke dalam kelompok senyawa organik yang disebut alkana.

Polimer dibuat dengan menanakakan rantai monomer melalui metode yang bernama termosetting dan termoplastik.

Polietilena dan polistirena dapat dicetak untuk membuat benda-benda seperti botol minuman.



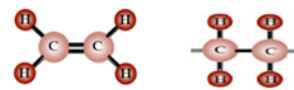
Ilustrasi memakan polimer

POLIMERISASI

Polimerisasi adalah reaksi pembentukan polimer dari molekul-molekul kecil yang disebut monomer.

Sebagai contoh, dengan menggunakan panas, tekanan, dan katalisa, monomer-monomer etena dibuat untuk bereaksi bersama. Etena memiliki ikatan ganda yang akan terbuka dan atom-atom karbon akan bergabung membentuk rantai panjang yang merupakan molekul raksasa polietilena.

Jenis plastik yang berbeda-beda dapat dibuat dengan mengubah beberapa atom di dalam monomer-monomernya. Sebagai contoh dengan menggantikan atom hidrogen di dalam etena dengan atom klorin, maka terbentuklah monomer kloro etena. Rantai panjang dari monomer tersebut akan membentuk PVC (polivinilklorida).



Setiap monomer etena (C₂H₄) mengandung dua atom karbon yang terhubung dengan ikatan ganda

Ikatan ganda terbuka dan membentuk ikatan dengan monomer lain untuk membentuk polimer.

Molekul raksasa polietilena mengandung hingga 20.000 atom karbon.

PVC merupakan bahan yang ringan, kuat, dan dapat diwarnai dengan mudah. Miniatur mainan anak-anak ini memiliki sifat-sifat tersebut.

Untuk lebih mengenal PVC, kunjungi link berikut → www.pvcinformation.org/



Informasi ini didapatkan dari buku yang

(materi polimer)

BAHAYA BAHAN PLASTIK.. !!!

Ada bahan-bahan yang terkandung baik pada plastik maupun styrofoam. Bahan-bahan tersebut yaitu:



- Zat Pewarna**
Biasanya.....produksi.....mensewakan pewarna.....profesi.....atau.....pewarna yang tidak aman bagi makanan. Banyak kandungan.....berbahaya.....dari.....kantong plastik.....karena.....bisa.....mengontaminasi makanan. Bila terkena suhu tinggi pigmen warna kantong plastik akan bermigrasi ke makanan.
- Zat beracun dalam Plastik tanpa warna**
Semakin kecil, bening, dan bersih plastik tersebut.....semakin.....baik.....karena.....kandungan zat beracun yang beresiko sangat kecil atau bahkan tidak ada.
- Diocetyl phthalate (DOP)**
Lantas.....kandungan.....DOP.....dari.....bahan.....plastik.....adalah.....seberapa.....banyak.....?.....Sekarang, bayangkan bila unsur-unsur zat itu masuk ke tubuh melalui kemasan makanan dari bahan plastik maupun styrofoam (gabus). Tentu saja.....adanya.....pewarna.....juga.....sangat.....berbahaya.....
- Formalin**
Dalam sebuah penelitian juga disebutkan pada pembungkus berbahan dasar resin atau plastik rata-rata mengandung 5 ppm formalin. Satu ppm adalah setara dengan satu miligram per kilogram. Namun, zat racun tersebut baru akan luruh ke dalam makanan akibat kondisi panas, seperti saat terkena air atau minyak panas.
- Zat benzene**
Ditambah lagi pada jenis bahan jeli justru ditemukan kandungan yang mengandung zat benzene, suatu larutan kimia yang sulit diuap, oleh sistem peredaran benzen ini juga tidak bisa dikeluarkan melalui feses (kotoran) atau urine (air kencing). Akibatnya, zat ini semakin lama.....semakin.....banyak.....dan.....terakumulasi.....dalam.....tubuh.....dan.....dapat.....menyebabkan.....kanker.....
- Zat kimia karsinogen (dapat menyebabkan kanker).**
Divisi Keamanan Pangan Jepang, Juli 2001, mengungkapkan bahwa styrofoam dalam makanan sangat berbahaya. Zat tersebut dapat menyebabkan radionukleida, seperti.....radium.....sangat.....berbahaya.....yang.....terjadi.....akibat.....adanya.....bahan.....kimia.....karsinogen.....dalam.....makanan.....
- Logam berat Zn (seng)**
Belum.....lagi.....styrofoam.....ini.....juga.....mengandung.....logam.....berat.....Zn.....(seng).....yang.....biasanya.....diberikan.....pada.....plastik.....sebagai.....bahan.....terutama.....untuk.....plastik.....
- PCB (polychlorinated biphenyl)**
Bahan pembuat plastik umumnya adalah polimer.....sangat.....berbahaya.....dan.....sangat.....sulit.....untuk.....diuraikan.....oleh.....organisme.....hidup.....Seperti.....kita.....ketahui.....bahwa.....DDT.....adalah.....sebagai.....racun.....pembasmi.....insektisida.....pertanian.....dengan.....sifat.....racunnya.....yang.....berbahaya.....dan.....sekarang.....sudah.....dilarang.....penggunaannya.....

Informasi ini didapatkan dari buku yang

Gambar di samping ini adalah salah satu dari ribuan poster betapa plastik menjadi masalah terbesar yang sedang dihadapi dunia saat ini.

Demikianlah bukan hanya masalah, tapi juga persoalan kita. Baca dan perhatikan!!!

- Mengeluarkan zat berbahaya dan beracun ke udara saat plastik dibakar.
- Tercemarnya tanah, air tanah dan makhluk bawah tanah.
- Racun-racun dari partikel plastik yang masuk ke dalam tanah akan membunuh hewan-hewan pengurai di dalam tanah seperti cacing.
- Bahan pembuat plastik PCB (polychlorinated biphenyl) yang tidak dapat terurai meskipun terkandung oleh binatang maupun tanaman akan menjadi racun berantai sesuai urutan rantai makanan.
- Kantong plastik akan mengganggu jalur air yang meresap ke dalam tanah.
- Menurunkan kesuburan tanah karena plastik juga menghalangi sirkulasi udara di dalam tanah dan ruang gerak makhluk bawah tanah yang mampu meyuburkan tanah.
- Kantong plastik yang sukar diurai, mempunyai umur panjang, dan ringan akan mudah diterbangkan angin hingga ke laut sekalipun.
- Hewan-hewan dapat terjerat dalam tumpukan plastik.
- Hewan-hewan laut seperti lumba-lumba, penyu laut dan anjing laut menganggap kantong-kantong plastik tersebut makanan dan akhirnya mati karena tidak dapat mencernanya.
- Ketika hewan mati, kantong plastik yang berada di dalam tubuhnya tetap tidak akan hancur menjadi bangkai dan dapat meracuni hewan lainnya.

(bahaya plastik)



ALAT KERJA PIROLISIS SEDERHANA



ALAT DAN BAHAN

1. LPG (Liquified Petroleum Gas), sebagai penyuplai energi untuk proses pirolisis.
2. Selang gas + regulator
3. Kompor gas, sebagai alat untuk proses pembakaran.
4. Tabung Reaktor, berfungsi sebagai tempat terjadinya reaksi cracking limbah plastik. Terbuat dari tabung elpiji bekas yang dimodifikasi di bagian depan (mulut tabung) sebagai tempat memasukkan bahan limbah plastik, dan di bagian atas tabung sebagai tempat mengalirnya gas hasil reaksi.

(proses pembuatan alat pirolisis plastik)

RIWAYAT HIDUP PENULIS



Afwu Hayyi Amyyana. Lahir di Jakarta, 08 Mei 1996. Anak ketiga dari pasangan Slamet Haryoso dan Rusiana ini telah menyelesaikan pendidikan S1 di Program Studi Pendidikan Kimia FMIPA Universitas Negeri Jakarta pada Juli 2017. Saat ini penulis tinggal di Jalan kalibata Timur, Kalibata, Pancoran – Jakarta Selatan.

Hayyi, begitulah panggilan akrabnya. Kesenangannya mengikuti berbagai kegiatan dalam kampus maupun luar kampus semakin menambah pengetahuan dan wawasan bagi penulis. Mengajar privat dan menjadi tutor sebuah lembaga pendidikan, relawan di organisasi Indo Relawan, Staff administrasi kantor – Yayasan Pembaharuan Indonesia yang bergerak dibidang pendidikan dan kesehatan, mengikuti pengkajian tentang keislaman di Iniislam.net bersama H. U. Zubaedi Dj., S. Ag. dan berbagai kegiatan lainnya semakin menjadi penyeimbang kehidupan penulis saat ini.

Besar harapan penulis agar skripsi ini dapat bermanfaat bagi setiap orang yang membaca dan mengaplikasikan isi dari penelitian ini. Skripsi ini merupakan karya terbaik yang dapat penulis berikan bagi seluruh civitas akademika UNJ.

Jika ada yang ingin memberikan saran, masukan, dapat dihubungi melalui email afwu.amyyana@gmail.com. Penulis sangat terbuka dan senang untuk bertukar pikiran dengan orang-orang baru dalam hal yang positif.