

DOI: doi.org/10.21009/0305010212

PENGEMBANGAN BUKU PENGAYAAN PENGETAHUAN “KAJIAN FISIS BATUBARA” UNTUK SISWA SMA

Mia Andina Lubis^{1,*}, Desnita², A. Handjoko Permana³

Program Studi Pendidikan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Jakarta, Jalan Rawamangun Muka No. 1 Jakarta Timur, 13220.

*mia.andina@gmail.com

Abstrak

Penelitian ini bertujuan mengembangkan buku pengayaan pengetahuan “Kajian Fisis Batubara” yang layak untuk SMA. Buku ini ditujukan untuk siswa yang tuntas menguasai materi pelajaran fisika pada Kompetensi Dasar memahami keterbatasan sumber daya energi dan dampaknya bagi kehidupan. Metode Penelitian yang digunakan adalah Research and Development dan mengacu pada model pengembangan ADDIE (*Analysis, Design, Development, Implementation, and Evaluation*). Instrumen penilaian produk dan respon siswa berupa lembar angket yang terdiri atas 4 komponen yaitu kelayakan materi, penyajian, bahasa, dan grafika. Instrumen penilaian yang digunakan berpedoman pada instrumen penilaian buku pengayaan pengetahuan yang diterbitkan oleh Pusat Kurikulum dan Perbukuan (Puskurbuk). Buku ditulis dengan bahasa komunikatif dilengkapi dengan gambar menarik, data serta info faktual batubara. Hasil uji kelayakan oleh ahli materi 92%, pembelajaran 89,3% dan grafika 83,3% dengan interpretasi “sangat baik”, sedangkan ahli media 80,5% dengan interpretasi “baik”. Berdasarkan uji efektivitas diperoleh skor gain 0,35, menunjukkan bahwa buku pengayaan dapat meningkatkan pengetahuan siswa dengan kategori sedang. Berdasarkan uji kelayakan dan uji efektivitas dapat disimpulkan buku pengayaan pengetahuan “Kajian Fisis Batubara” dinyatakan layak sebagai buku pengayaan pengetahuan dan dapat meningkatkan pengetahuan siswa.

Kata Kunci: *Buku Pengayaan Pengetahuan, Sumber Energi, Batubara*

Abstract

This study was conducted to develop the standardized knowledge-enrichment book for Senior High School Students. This book was tended to the students who have completely mastered the Physics materials in comprehending the limitation of energy sources and its effect for human's life, as stated in the Main Competency (*Kompetensi Dasar*) of the existing Curriculum. The research method used is *Research and Development* which refers to ADDIE Development Model (*Analysis, Design, Development, Implementation, and Evaluation*). Questionnaire was given as the assessment-instrument of the study which consists of four indicators; material, language, presentation, and graphic. The standard of assessment-instrument used in this study was in line with the standard of assessment-instrument of knowledge-enrichment book by *Pusat Kurikulum dan Perbukuan (Puskurbuk)* of Indonesian Ministry of Education and Culture. Written in communicative language, interactive pictures, and simplistic explanation about factual information of coal, the book acquired 92% of material-standard, 89.3% of activity-standard, and 83,3% graphic-standard with the “very good” interpretation, while 80.5% for media-standard with the “good” interpretation. Based on the efficacy-standard testing, the book had 0.35 *gain-score*, indicated that it can enhance students' knowledge in the ‘middle’ category. The result strengthened that the knowledge-enrichment book “**Kajian Fisis Batubara**” was appropriate as a standardized and well-intepreted book.

Keywords : *Knowledge-enrichment book, Energy sources, Coal.*

1. Pendahuluan

Energi merupakan komponen penting yang tidak dapat dilepaskan dalam kelangsungan hidup manusia.

Saat ini, hampir semua aktivitas kehidupan manusia sangat tergantung pada ketersediaan energi terutama sumber energi batubara yang dapat memenuhi kebutuhan energi manusia dalam skala yang besar.

Namun, beberapa tahun mendatang penggunaan energi yang berlebihan akan menyebabkan terjadinya masalah kekurangan sumber energi atau krisis energi. Populasi manusia yang terus bertambah mengakibatkan permintaan terhadap energi semakin meningkat. Manusia akan dihadapkan pada situasi semakin menipisnya cadangan sumber energi batubara dan meningkatnya kerusakan lingkungan yang terjadi akibat penggunaan batubara.

Batubara adalah sedimen batuan organik yang mudah terbakar dan terbentuk dari sisa-sisa tumbuhan selama periode waktu yang panjang (puluhan hingga berjuta tahun lamanya). Dengan pengaruh tekanan dan mikroba disertai beberapa peristiwa kimia dan fisika ataupun keadaan geologi sisa-sisa tumbuhan ini akan hancur, menggumpal, bersatu dengan lainnya dan akhirnya membentuk sedimen batuan organik yang disebut batubara.

Sumber energi batubara banyak diminati terutama di bidang industri contohnya pembangkit listrik tenaga uap (PLTU) dengan batubara sebagai bahan bakar utamanya. Instalasi pembangkit listrik menggunakan mesin turbin dengan menghasilkan energi listrik dengan bahan bakar batubara. PLTU batubara sendiri adalah sumber utama listrik dunia saat ini. Sekitar 60% listrik dunia bergantung pada batubara karena biaya PLTU batubara sangat terjangkau.

Batubara mempunyai empat sifat umum yaitu *peat*, *lignite*, *sub-bituminous*, *bituminous*, dan *anthracite*. Bahan bakar yang digunakan pada PLTU adalah *sub-bituminous* dan *bituminous* yang nilai kalornya 4200-6900 Kcal/kg. Sumber energi batubara termasuk ke dalam energi tak terbarukan dimana ketersediaannya terbatas, dan apabila habis tidak dapat diperbaharui kembali. Masyarakat dinilai perlu untuk mengetahui tentang sumber energi batubara, mengingat sumber energi batubara ini sangat penting di kehidupan sehari-hari dan menyangkut hidup orang banyak. Jika masyarakat mengetahui pengetahuan tentang batubara, maka dalam menggunakannya bisa lebih hemat menggunakan listrik dan menyadari akan pentingnya batubara sebagai sumber energi tak terbarukan.

Selain masyarakat, pelajar juga membutuhkan sumber informasi mengenai sumber energi batubara. Hal ini sesuai dengan prinsip belajar di sekolah yang sebelumnya guru menjadi satu-satunya sumber belajar, berubah menjadi belajar berbasis aneka sumber belajar. Bagi peserta didik yang telah memenuhi standar kompetensi, dapat dilaksanakan program pengayaan (*enrichment*). Menurut Permendiknas RI Nomor 2 tahun 2008 pasal 6 ayat 3 menyatakan bahwa pendidik dapat menganjurkan peserta didik untuk membaca pengayaan dan buku referensi untuk menambah pengetahuan dan wawasan peserta didik.

Buku pengayaan merupakan buku yang memuat materi yang dapat memperkaya dan meningkatkan

penguasaan IPTEK, keterampilan, membentuk kepribadian peserta didik, guru, pengelola pendidikan, dan masyarakat lainnya. Buku pengayaan termasuk ke dalam buku nonteks pelajaran yang berisi materi pendukung dan pelengkap buku teks pelajaran. Salah satu jenis buku pengayaan yaitu buku pengayaan pengetahuan yang memuat materi yang dapat memperkaya dan meningkatkan penguasaan ipteks. Ciri-ciri buku pengayaan pengetahuan adalah (1) Materi/isi buku bersifat kenyataan, (2) Pengembangan isi tulisan tidak terikat pada kurikulum, (3) Pengembangan materi bertumpu pada perkembangan ilmu terkait, (4) Bentuk penyajian berupa deskriptif dan dapat disertai gambar, (5) Penyajian isi buku dilakukan secara populer.

Guna memenuhi kebutuhan masyarakat dan pelajar, guru sebagai fasilitator memiliki kewajiban memfasilitasi proses pembelajaran, salah satunya adalah memfasilitasi siswa untuk membaca buku pengayaan. Buku pengayaan yang telah dibuat perlu diteliti kelayakannya sebagai bahan ajar program pengayaan untuk siswa SMA.

2. Metode Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode penelitian dan pengembangan. Model yang diterapkan yaitu penelitian pengembangan ADDIE yang meliputi lima tahap, yaitu *Analysis* (analisis), *Design* (perencanaan), *Development* (pengembangan), *Implementation* (implementasi), dan *Evaluation* (evaluasi). Fokus penelitian adalah mengembangkan buku pengayaan pengetahuan yang layak tentang kajian fisis batubara. Untuk melakukan uji kelayakan maka disusun lembar validasi berupa angket berdasarkan instrumen penilaian oleh pusat kurikulum dan perbukuan (Puskurbuk). Kelayakan buku divalidasi oleh beberapa validator atau penguji kelayakan.

3. Hasil dan Pembahasan

a. Studi Pendahuluan

Studi pendahuluan dilakukan di beberapa sekolah dan toko buku ternama di Jakarta. Berdasarkan survei ke sekolah belum ditemukan buku pengayaan yang membahas secara khusus mengenai sumber energi batubara, selain itu, hasil survei didapatkan 50% sekolah mempunyai buku pengayaan di bidang IPA dan 50% dari sekolah yang diobservasi belum memenuhi kebutuhan siswa dalam memfasilitasi buku pengayaan untuk proses pembelajaran.

Observasi lainnya dilakukan pada penerbit dan toko buku ternama di Jakarta. Dan berdasarkan observasi yang sudah dilakukan, belum ditemukan buku

pengayaan pengetahuan yang membahas khusus batubara.

b. Buku pengayaan pengetahuan

Hasil penelitian ini berupa buku pengayaan pengetahuan yang membahas tentang konsep fisis batubara. Buku pengayaan ini terdiri dari enam bab yaitu pada bab 1 pendahuluan berisi pengetahuan umum tentang definisi batubara dan sifat-sifat umumnya, bab dua berisi tentang pembentukan batubara, bab tiga berisi tentang sifat fisika dan kimia batubara, bab empat berisi karakterisasi batubara, bab lima berisi pemanfaatan dan dampak penggunaan batubara, dan bab terakhir berisi sumber energi sederhana pengganti batubara.

Konsep fisis pada batubara dimana pada pembagian-pembagian sifat umum berdasarkan nilai kalor, pembentukan batubara yang dipengaruhi oleh tekanan, suhu, dan waktu, sifat fisika yaitu mempunyai massa jenis dan mempunyai nilai kalor, dan pada saat batubara dimanfaatkan untuk pembangkit listrik tenaga uap sebagai bahan bakar dapat menjadi energi listrik.



Gambar 1. Tampilan cover depan dan belakang buku pengayaan

Isi buku pengayaan terdapat beberapa komponen dalam buku yang membedakan dengan buku lain seperti “info kecil” yang berisi informasi-informasi yang belum diketahui sebelumnya seperti peristiwa besar, kosa kata ilmiah atau fakta-fakta menarik yang berhubungan dengan batubara, selain itu terdapat “mari mencoba” dimana berisi percobaan sederhana yang mengajak pembaca untuk melakukan kegiatan yang diperintahkan, mengenai aplikasi perhitungan dan gagasan-gagasan dalam lingkungan hidup. Buku ini berisi gambar-gambar di setiap halamannya yang membuat pembaca merasa tertarik dan termotivasi untuk belajar. Bahasa yang digunakan menggunakan bahasa yang komunikatif sehingga pembaca tidak merasa bosan.

Persamaan menjadi

Rumus: $S = v \cdot t$
 $s = \frac{1}{2} a t^2$
 $v = \frac{s}{t}$
 $s = v \cdot t$

Keterangan:
 S = besar jarak (m^2 atau dm^2/cm^2)
 v = besar benda (m atau dm)
 t = volume benda (m^3 atau cm^3)
 Jadi, besar jarak benda adalah hasil kali antara massa jenis dengan percepatan gravitasi.

2. Kalor Bakar

Nilai kalor merupakan salah satu parameter penting kualitas batubara. Sebagai bahan energi yang dihasilkan per satuan massa. Bomb kalorimeter adalah alat ukur untuk mengetahui nilai kalor batubara. Banyaknya jumlah kalor yang dihasilkan oleh batubara pada satuan berat diukur dalam kalori. Metode penentuan nilai kalor batubara menggunakan bomb kalorimeter dilakukan dengan cara pembakar sampel batubara dalam jumlah kecil dengan oksigen dipanaskan tersebut untuk energi yang ditimbulkan dalam bomb kalorimeter. Selanjutnya bahan tersebut dimasukkan ke dalam bejana berongga yang telah berisi untuk membakar jaker di dalam rongga dinding bejana dilu dengan air. Hal ini bertujuan untuk mempelekatkan panas antara bomb kalorimeter dengan lingkungan. Kemudian sampel batubara tersebut dibakar dengan bantuan listrik, dan proses pembakaran sampel tersebut menghasilkan panas yang dipanaskan kemudian dibakar dengan cara mengokupkan sampel air dalam kalorimeter sebelum dan sesudah hal itu dilakukan dengan jenis air (3 mg/kg). Di bawah ini adalah rumus untuk mencari nilai kalor.

Rumus: $Q = m \cdot c \cdot \Delta t$
 $Q = c \cdot m \cdot \Delta t$
 $C = \frac{Q}{m \cdot \Delta t}$

Keterangan:
 Q = kalor yang diterima suatu zat (Joule)
 m = massa zat (kilogram)
 c = kalor jenis zat (Joule/kg $^{\circ}C$)
 Δt = perubahan suhu ($^{\circ}C$) ($t_2 - t_1$)
 C = kapasitas kalor (Joule/ $^{\circ}C$)

3. Kekerasan

Kekerasan batubara berkaitan dengan struktur batubara yang ada. Ilmu atau seberapa batubara juga tergantung pada komposisi dan jenis batubaranya. Uji kekerasan batubara dapat dilakukan dengan mesin Hardgrove Grindability Index (HGI). Nilai kekerasan batubara dapat diukur dengan nilai HGI. Nilai HGI berbanding terbalik dengan kekerasan batubara. Batubara tersebut semakin lunak apabila nilai HGI semakin tinggi. Dan sebaliknya, jika nilai HGI batubara tersebut semakin rendah maka batubara tersebut semakin keras.

HGI atau Hardgrove Index adalah angka yang menyatakan kemampuan sifat geser dari batubara. Harga Hardgrove Index bervariasi dari 20 sampai lebih besar dari 130, dimana semakin tinggi harga Hardgrove index ini maka batubara semakin mudah digerus.

Suatu PTV biasanya dipakai untuk mengukur kapasitas pengangkutan terhadap suatu jenis batubara pada HGI tertentu dengan memencang kinerja pulveriser atau HGI. Untuk HGI lebih rendah, kapasitasnya akan terpengaruh lebih rendah dari nilai standarnya untuk menghasilkan tingkat leluhan (flow) yang sama. Berikut ini adalah rumus harga HGI.

Rumus: $HGI = 13.6 + 6.9 W$

Dimana, W adalah berat gram dari batubara tersebut berukuran 200 mesh. Makin tinggi harga HGI maka lunak batubara tersebut. Makin kecil bilangannya maka lebih keras kualitas batubaranya.

Penggunaan kekerasan batubara berdasarkan nilai HGI yaitu:

Tingkat ketahanan	Nilai
Sangat keras	<40
Keras	40-50
Sedang	>50

Sumber: Karna, 2016

4. Dampak Penambangan Batubara

Ada beberapa dampak yang ditimbulkan karena adanya aktifitas pertambangan batubara, diantaranya yaitu:

a) Dampak Terhadap Lingkungan

Banyak dampak negatif yang ditimbulkan oleh kegiatan pertambangan batu bara, mulai kerusakan di terhadap lingkungan sehingga dapat memunculkan standar lingkungan agar dapat diterima pasar. Akibat kelayakan kemudi hasil tambang batubara diolah dalam bentuk bahan mentah sehingga harga jual-mahal dalam pengangkutan karena bila para pembakar mengetahui bahan mentah yang dibeli memunculkan lingkungan, maka dapat diolah terhadap industri pertambangan. Seperti halnya aktifitas pertambangan di Indonesia, Pertambangan batubara juga telah menimbulkan dampak kerusakan lingkungan hutan yang cukup besar. Ada itu air, tanah, udara, dan hutan. Air Pertambangan Batubara secara langsung menyebabkan pencemaran antara lain:

a) Pencemaran air

Pencemaran batubara yang mengandung gas (gas sulfid) berwujud gas air menghasilkan asam sulfat yang tinggi sehingga berakumulasi ke dalam sungai, tumbuhan, dan juga air yang sangat terhadap perubahan pH yang drastis. Batubara yang mengandung arsenik, merkuri, kadmium, dan kromium, dan berakumulasi dalam konsentrasi rendah, beracun, dan dapat berakumulasi yang berakumulasi secara alam yang jika dibuang akan mengakibatkan kontaminasi radiasi. Merkuri, arsenik berakumulasi ke dalam konsentrasi rendah namun akan membuat dampak signifikan jika dibuang ke lingkungan dalam jumlah yang besar. Emisi merkuri ke lingkungan berkontribusi karena merkuri berakumulasi melalui rantai makanan dan diwariskan menjadi merkuri metil, yang merupakan senyawa berbahaya dan memusnahkan manusia.

Gambar 2. Contoh isi buku pengayaan

c. Uji kelayakan

Buku pengayaan pengetahuan yang sudah dikembangkan diuji kelayakannya kepada empat orang ahli, yakni ahli materi, media, pembelajaran dan grafika. Penilaian dan saran dari para ahli akan menjadi bahan pertimbangan untuk merevisi dan memperbaiki buku “Kajian Fisis Batubara” sehingga produk yang dihasilkan memiliki kualitas yang lebih baik lagi. Adapun hasil skor untuk masing-masing para ahli, yaitu:

Tabel 1. Hasil Uji Kelayakan

No.	Ahli	Rata-Rata skor
1.	Materi	92%
2.	Media	80,5%
3.	Pembelajaran	89,3%
4.	Grafika	83,3%

Berdasarkan hasil uji kelayakan oleh beberapa ahli diperoleh interpretasi “Baik” sampai dengan “Sangat Baik” sehingga dapat diperoleh buku pengayaan pengetahuan “Kajian Fisis Batubara” yang dikembangkan dinyatakan layak sebagai sebagai sumber belajar.

Uji coba Penggunaan Produk

Uji coba produk melibatkan 15 orang siswa kelas XI dan XII SMA Negeri 12 Jakarta dengan menggunakan instrumen yang telah dibuat sebelumnya. Uji coba dilakukan untuk mengetahui keefektifan buku pengayaan dalam proses pembelajaran serta pendapat peserta didik mengenai buku pengayaan pengetahuan *Kajian Fisis Batubara*. Berdasarkan uji coba penggunaan produk, diperoleh presentase untuk masing-masing komponen, yaitu:

Tabel 2. Hasil Uji Coba Penggunaan produk

No.	Komponen	Rata-Rata skor
1.	Materi	81,3%
2.	Bahasa	73,7%
3.	Penyajian	83,1%

Selanjutnya, untuk mengetahui efektivitas buku maka dilakukan uji coba produk. Uji coba dilakukan oleh 15 orang kelas XI dan XII yang telah mengetahui konsep sumber energi batubara. Untuk materi sumber energi seharusnya diujicobakan kepada siswa kelas XII yang sudah mempelajarinya pada bab terakhir, tetapi dikarenakan kondisi yang sudah tidak memungkinkan maka diujicobakan ke kelas XI dengan syarat sudah mengetahui sumber energi batubara secara umum. Sebelum membaca buku, para peserta didik diminta untuk mengerjakan *pre test* berupa soal pilihan ganda sebanyak 10 soal. Setelah mengerjakan *pre test* peserta didik diminta untuk membaca buku dan berdiskusi dengan teman sebangkunya. Di akhir pembelajaran peserta didik mengerjakan *post test* berupa soal pilihan ganda sebanyak 10 soal dengan tingkat kesukaran yang sama dengan *pre test*. Setelah *post test* peserta didik diminta mengisi angket untuk mengetahui pendapatnya mengenai buku pengayaan yang telah dibaca. Berdasarkan hasil *pre test* dan *post test* disimpulkan terdapat peningkatan pengetahuan peserta didik setelah pembelajaran. Hal ini dibuktikan dengan uji gain yang memperoleh hasil 0,35. Dari hasil yang didapat dapat disimpulkan bahwa buku pengayaan pengetahuan yang dikembangkan dapat menambah pengetahuan peserta didik dengan kategori "sedang".

4. Kesimpulan

Pada penelitian ini telah berhasil dikembangkan buku pengayaan pengetahuan yang berjudul kajian fisis batubara dan hasil yang didapat dari hasil validasi beberapa ahli dapat disimpulkan bahwa buku pengayaan pengetahuan layak dijadikan sebagai sumber belajar pendukung di SMA dan dapat meningkatkan menambah pengetahuan peserta didik

Daftar Acuan

- [1] Aladin, Andi. 2011. *Sumber Daya Alam Batubara*. Bandung: Lubuk Agung.
- [2] Arsyad, Azhar. 2014. *Media Pembelajaran*. Depok: RajaGrafindo Persada
- [3] Marsudi, Ditjeng. 2011. *Pembangkitan Energi Listrik*. Jakarta: Erlangga
- [4] Pusat kurikulum dan Perbukuan. 2015. *Panduan Rapat Kerja Pelatihan dan Penilaian Buku Nonteks*
- [5] Republik Indonesia. 2008. *Peraturan Menteri Pendidikan*. Jakarta: Sekretariat Negara
- [6] Rofiah, Aan. 2015. *Pengembangan Buku Pengayaan Pengetahuan Berbasis Kontekstual PadaMateri Optik*. *Jurnal SNF*, 4, 1-4.
- [7] Sukandarrumidi. 2006. *Batubara dan Pemanfaatannya*. Yogyakarta: Gajah Mada University Press