

# Pengembangan Buku Pengayaan Pengetahuan Kajian Fisis Fenomena Gunung Berapi untuk Siswa SMA

Nur Qomariyah<sup>1,a)</sup>, Desnita<sup>1,b)</sup>, dan A. Handjoko Permana<sup>1,c)</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Pendidikan Fisika,  
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Jakarta,  
Jl. Rawamangun Muka, Jakarta Timur, Indonesia, 13220

<sup>a)</sup> nurqomariyah1695@gmail.com (corresponding author)

<sup>b)</sup> desywaznadil@gmail.com

<sup>c)</sup> h.permana@yahoo.com

## Abstrak

*Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sumber belajar pengayaan bagi siswa SMA dengan tema fenomena gunung berapi yang diintegrasikan dengan konsep ilmu fisika pada materi suhu, tekanan, dan aliran fluida. Metode yang diterapkan adalah metode penelitian dan pengembangan pendidikan yang mengacu pada model Dick dan Carey yang sudah diadaptasi oleh Borg dan Gall. Studi pendahuluan melalui survei keberadaan buku pengayaan tema gunung berapi di delapan sekolah dan dua toko buku besar di Jakarta maupun penjualan buku online, memberikan informasi bahwa sudah ada buku pengayaan pengetahuan tema terkait namun masih disajikan dalam sudut pandang ilmu pengetahuan populer bukan fisika. Terkait hal tersebut, telah didesain buku pengayaan pengetahuan tema gunung berapi yang sajian materinya merupakan bahan pengayaan untuk Kelas X KD 3.8 yaitu menganalisis pengaruh kalor dan perpindahan kalor pada kehidupan sehari-hari. Penulisan buku pengayaan mengacu pada pedoman penulisan buku non teks pelajaran yang dikeluarkan oleh Pusat Kurikulum dan Perbukuan yang meliputi komponen penyajian, materi, bahasa, dan grafika. Hasil penelitian ini berupa buku pengayaan pengetahuan kajian fisis fenomena gunung berapi untuk siswa SMA.*

*Kata-kata kunci: Buku pengayaan pengetahuan, gunung berapi, kalor, fluida dinamis*

## PENDAHULUAN

Berdasarkan data yang dihimpun dari Badan Geologi, Indonesia memiliki 129 gunung berapi dan 80 diantaranya berbahaya. Salah satu bukti dari bahaya itu adalah terjadinya erupsi Gunung Sinabung yang disertai luncuran awan panas pada 21 Mei 2016 lalu, yang mengakibatkan lahan pertanian milik warga menjadi rusak sehingga gagal panen akibat debu vulkanik yang sangat tebal [1]. Sedangkan luncuran awan panas pada 26 Mei 2016 telah merenggut 9 korban jiwa [2]. Meskipun sering menimbulkan banyak kerugian, letusan gunung berapi juga dapat memberikan keuntungan. Misalnya, wilayah yang terdampak material vulkanik gunung berapi akan menjadi subur. Selain itu, akan muncul sumber air panas dan juga tambang pasir [3].

Sisi positif dan negatif dari letusan gunung berapi sangat penting untuk diketahui oleh masyarakat, termasuk juga kalangan pelajar, agar mereka dapat mengantisipasi bencana maupun memanfaatkan dampak positif dari letusan gunung berapi. Maka dari itu, dibutuhkan sumber belajar yang dapat memperkaya wawasan tentang fenomena gunung berapi, salah satunya berupa buku pengayaan. Terutama yang pembahasannya dikaji dari sudut pandang fisika, karena fenomena gunung berapi sendiri dapat dijelaskan dengan berbagai konsep fisika tertentu [4]. Penggunaan buku pengayaan sendiri telah diatur dalam Permendiknas RI Nomor 2 Tahun 2008 tentang Buku Pasal 6 Ayat 2 dan 3 [5].

Berdasarkan observasi keberadaan buku pengayaan tema gunung berapi di delapan sekolah dan dua toko buku besar di Jakarta serta penjualan buku *online*, didapatkan informasi bahwa buku terkait yang sudah ada

masih disajikan dalam sudut pandang ilmu pengetahuan populer. Oleh karena itu, dalam penelitian ini, penulis mencoba untuk mengembangkan buku pengayaan yang akan membahas kajian fisis fenomena gunung berapi. Dimana dalam penyusunannya akan memperhatikan komponen materi, penyajian, bahasa, dan grafika.

## DASAR TEORI

### Buku Pengayaan Pengetahuan

Buku pengayaan adalah buku yang materinya dapat memperkaya dan meningkatkan penguasaan ilmu pengetahuan, teknologi, dan seni (ipteks) serta keterampilan dan juga membentuk kepribadian peserta didik, pendidik, pengelola pendidikan, dan masyarakat lainnya [6]. Buku ini merupakan jenis buku non teks pelajaran yang dapat digunakan di sekolah, namun tidak dijadikan sebagai pegangan pokok dalam kegiatan pembelajaran. Penggunaan buku pengayaan diatur dalam Permendiknas RI Nomor 2 Tahun 2008 tentang Buku Pasal 6 Ayat 2 dan 3. Pada ayat 2 dinyatakan bahwa selain buku teks pelajaran, pendidik dapat menggunakan buku panduan pendidik, buku pengayaan, dan buku referensi. Lalu pada ayat 3 dinyatakan bahwa pendidik dapat menganjurkan peserta didik untuk membaca buku pengayaan dan buku referensi untuk menambah pengetahuan dan wawasan.

Ada tiga jenis buku pengayaan, yaitu buku pengayaan pengetahuan, buku pengayaan keterampilan, dan buku pengayaan untuk pengembangan kepribadian. Buku pengayaan pengetahuan adalah buku yang materinya dapat memperkaya dan meningkatkan penguasaan ipteks pembacanya. Buku jenis ini merupakan buku yang diperlukan oleh peserta didik agar dapat membantu meningkatkan kompetensi kognitifnya.

### Kajian Fisis Fenomena Gunung Berapi

Konsep fisika yang dapat digunakan untuk menjelaskan fenomena gunung berapi adalah materi suhu dan kalor. Selain itu, beberapa konsep fisika lain yang dipergunakan untuk memahami gunung berapi adalah tekanan, dan viskositas. Adapun penjelasan singkat mengenai hal tersebut diuraikan sebagai berikut.

#### 1. Suhu dan Kalor

Konsep suhu dan kalor dapat menjelaskan proses terbentuknya gunung berapi. Gunung berapi terbentuk akibat pergerakan lempeng bumi yang diakibatkan oleh adanya arus konveksi di dalam mantel bumi [7]. Konveksi yang terjadi di dalam lapisan bumi ini merupakan salah satu cara bagi bumi untuk mendinginkan dirinya, karena bumi sendiri memiliki sumber panas di bagian dalamnya yang berasal dari sisa pembentukan bumi dan peluruhan unsur radioaktif. Bumi melepas panas melalui proses konveksi, yang berakibat pada munculnya arus konveksi di dalam mantel bumi yang bersifat plastis dan dapat mengalir lambat. Arus konveksi ini dapat menggerakkan lempeng-lempeng bumi seperti *conveyor belt* yang sedang berjalan sehingga terdapat lempeng yang saling menunjam, dimana lempeng samudera dengan massa jenis lebih berat (massa jenis  $3 \text{ gr/cm}^3$ ) akan menunjam ke bawah lempeng benua yang lebih ringan (massa jenis  $2.7 \text{ gr/cm}^3$ ).

Penunjaman lempeng yang mencapai kedalaman 100 km akan menimbulkan terjadinya proses pelelehan batuan lapisan bumi. Pelelehan batuan dapat terjadi karena pengaruh tekanan dan temperatur yang sangat tinggi di dalam lapisan bumi, dimana semakin menuju ke pusat bumi maka tekanan dan temperatur akan semakin tinggi. Lelehan batuan lapisan bumi bertemperatur sangat tinggi inilah yang disebut sebagai magma. Memenuhi hukum perpindahan panas, magma yang bertemperatur sangat tinggi akan bergerak naik menuju ke permukaan bumi yang bertemperatur lebih rendah. Magma yang bergerak naik ini akan menebalkan lempeng benua dan membuatnya terangkat sehingga terbentuklah gunung berapi.

#### 2. Tekanan dan Temperatur

Tekanan dan temperatur dapat digunakan untuk menjelaskan proses terbentuknya magma secara lebih spesifik [8]. Batuan dapat meleleh pada rentang temperatur tertentu karena terusun lebih dari satu jenis mineral yang masing-masing memiliki titik lelehnya sendiri. Titik leleh mineral umumnya akan meningkat seiring dengan bertambahnya tekanan. Oleh karena itu, batuan yang meleleh pada temperatur tertentu di permukaan bumi akan membutuhkan temperatur yang lebih tinggi untuk meleleh jika berada jauh di bawah permukaan bumi. Temperatur dimana pelelehan pertama mulai terjadi pada batuan disebut temperatur solidus, sedangkan temperatur dimana batuan telah mencair sepenuhnya disebut temperatur liquidus. Ada tiga proses utama yang memungkinkan terjadinya proses pelelehan batuan di dalam lapisan bumi sehingga terbentuklah magma, yaitu a) memanaskan batuan dan meningkatkan temperatur solidus; b) mengurangi tekanan pada batuan dan menjaga temperaturnya tetap konstan; dan c) mengubah komposisi batuan dengan menambahkan air.

Selain pembentukan magma, tekanan dan temperatur juga dapat menjelaskan proses erupsi gunung berapi. Erupsi gunung berapi adalah peristiwa dimana magma yang berada di dalam gunung berapi telah

mencapai permukaan bumi. Dalam perjalanannya menuju permukaan bumi, tekanan dalam magma akan semakin berkurang. Hal tersebut menyebabkan tekanan pada batas tertentu yang dimiliki oleh magma tidak dapat lagi mengikat gas-gas yang semula terlarut di dalamnya. Akibatnya, terbentuk gelembung gas pada magma dan gelembung tersebut bergerak dengan lebih cepat sampai akhirnya terlepas dari magma. Gas-gas yang terlepas ini terakumulasi sehingga menimbulkan tekanan. Tekanan yang terus-menerus bertambah akan membuat tekanan ini mendorong ke segala arah menuju permukaan bumi.

Tekanan gas yang sudah terakumulasi dalam jumlah yang sangat besar akan memungkinkan untuk menimbulkan retakan dan patahan pada tubuh gunung berapi. Retakan dan patahan akan timbul apabila tubuh gunung berapi sudah tidak mampu menahan tekanan gas yang lepas dari magma. Retakan dan patahan inilah yang menjadi jalan keluar bagi magma untuk mencapai permukaan bumi sehingga terjadilah erupsi gunung berapi.

### 3. Viskositas

Magma dapat dibedakan menjadi tiga jenis, yaitu basalt, andesit, dan ryolit. Magma mengandung silika ( $\text{SiO}_2$ ) yang terbuat dari ion  $\text{SiO}_4^{2-}$ . Ion ini membentuk ikatan kimia yang kuat ketika magma mulai mendingin, yang meningkatkan gaya gesek internal di dalam magma [9]. Oleh karena itu, ketika kandungan silika meningkat, maka tingkat kemampuan magma untuk mengalir menjadi berkurang. Dengan kata lain viskositasnya meningkat. Silika merupakan komposisi utama dalam magma yang mengendalikan viskositas. Didasarkan pada jenisnya, magma basalt memiliki viskositas paling rendah diantara dua lainnya karena memiliki kandungan silika yang paling rendah.

## METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam penelitian ini mengacu pada model penelitian dan pengembangan pendidikan yang dirancang oleh Dick dan Carey [10]. Terdapat sembilan tahapan yang perlu dilakukan, tetapi dalam penelitian ini baru dilakukan tahap 1 – 7. Tahap pertama adalah menganalisis kebutuhan untuk mengidentifikasi tujuan. Pada tahap ini dilakukan studi literatur mengenai dampak positif dan negatif letusan gunung berapi serta diperlukannya sumber belajar pengayaan bagi siswa. Kemudian dilakukan analisis kebutuhan sumber belajar pengayaan fisika tema gunung berapi bagi siswa, sehingga dapat diidentifikasi tujuan penelitian ini adalah mengembangkan buku pengayaan pengetahuan kajian fisis fenomena gunung berapi bagi siswa SMA.

Tahap kedua adalah menganalisis pembelajaran. Tahap ini dilakukan dengan menganalisis kegiatan pembelajaran dimana terdapat program pengayaan yang diperuntukkan bagi siswa yang telah mencapai ketuntasan belajar sebagai tindak lanjut dari proses evaluasi. Kompetensi Dasar yang utamanya digunakan dalam buku pengayaan yang dikembangkan adalah sesuai kurikulum 2013 yaitu kelas X KD 3.8: menganalisis pengaruh kalor dan perpindahan kalor pada kehidupan sehari-hari. Tahap ketiga adalah menganalisis pebelajar dan konteksnya. Siswa sebagai sasaran pembaca untuk buku yang dikembangkan harus telah tuntas mempelajari KD 3.8 kelas X. Tahap keempat adalah menuliskan tujuan instruksional khusus, yaitu merumuskan tujuan-tujuan yang dapat dicapai siswa setelah membaca buku pengayaan pengetahuan yang dikembangkan.

Tahap kelima adalah mengembangkan instrumen penilaian, yaitu menyusun instrumen penilaian tes tulis berupa *pre test* dan *post test*. Dari hasil *pre test* dan *post test* dapat diketahui apakah pengetahuan siswa bertambah atau tidak dengan menghitungnya menggunakan uji gain ternormalisasi. Tahap keenam adalah mengembangkan strategi instruksional. Pada tahap ini dilakukan perencanaan program pengayaan dengan media pembelajaran berupa buku pengayaan pengetahuan yang dikembangkan. Tahap ketujuh adalah mengembangkan bahan instruksional, yaitu dilakukan pengembangan buku pengayaan pengetahuan kajian fisis fenomena gunung berapi. Adapun tahap kedelapan adalah merancang dan melakukan evaluasi formatif, lalu tahap kesembilan adalah merevisi pembelajaran.

## HASIL DAN DISKUSI

### Pemilihan Tema Materi

Fisika dikenal sebagai cabang ilmu yang mempelajari fenomena alam. Berbagai fenomena alam yang terjadi dalam kehidupan sehari-hari dapat dijelaskan dengan menggunakan konsep fisika tertentu. Salah satu fenomena alam yang berpotensi besar terjadi di Indonesia dan dapat dijelaskan dengan konsep fisika adalah fenomena gunung berapi. Fenomena ini dapat dijelaskan dengan konsep suhu dan kalor. Dengan mengangkat tema fenomena gunung berapi, diharapkan buku ini tidak hanya akan menambah wawasan dan pengetahuan tentang kajian fisis gunung berapi, tetapi juga dapat menumbuhkan rasa kepedulian sosial dan berpikir kritis. Berdasarkan analisis materi yang telah dilakukan, maka ditentukan bahwa pembahasan tema gunung berapi merupakan bahan pengayaan untuk materi fisika bab suhu dan kalor. Oleh karena itu, kompetensi dasar yang

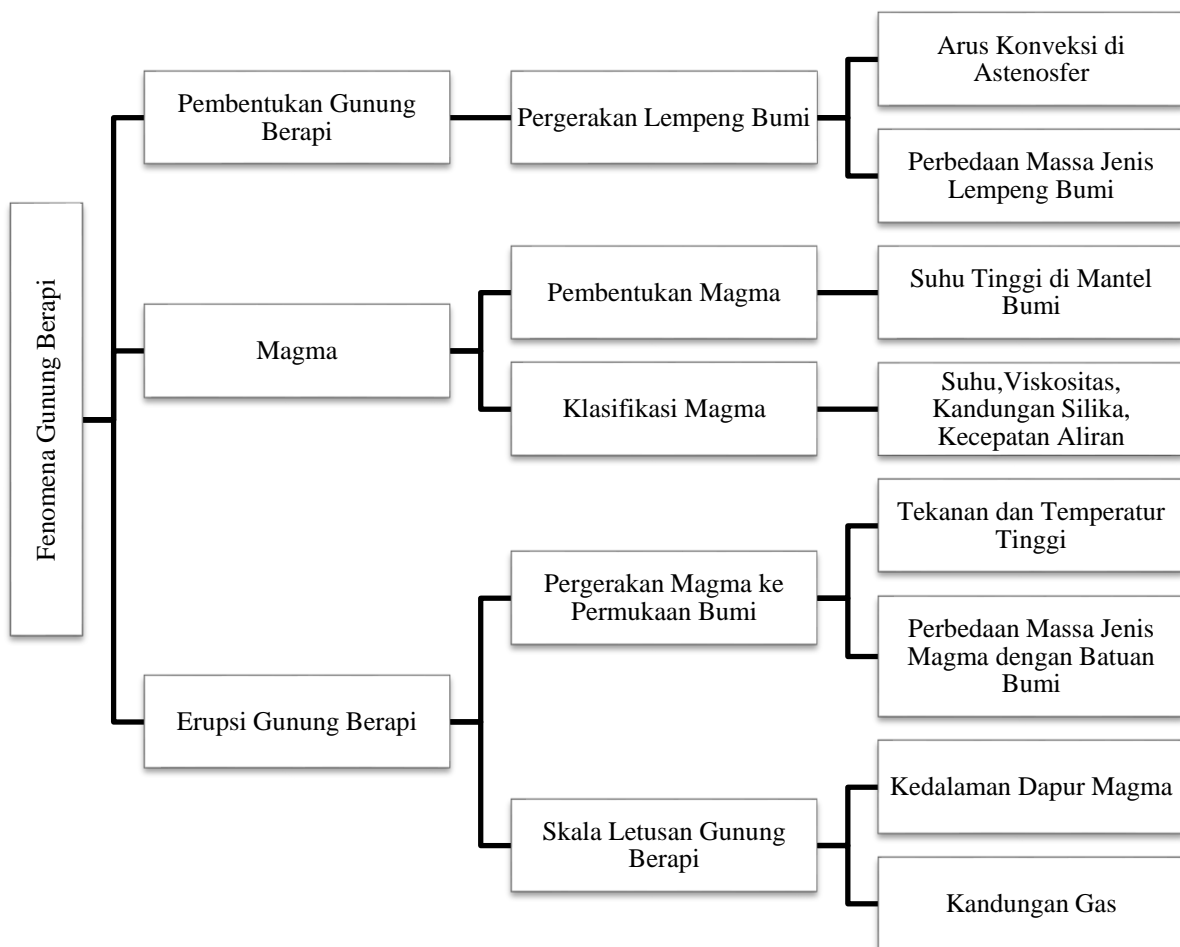
digunakan adalah KD 3.8 kelas X: menganalisis pengaruh kalor dan perpindahan kalor pada kehidupan sehari-hari.

**Pembahasan Kajian Fisis Fenomena Gunung Berapi**

Mulai dari proses pembentukan, terjadinya erupsi, hingga dampak yang diakibatkannya, fenomena gunung berapi dapat dijelaskan dengan berbagai konsep fisika tertentu. Sebelumnya, telah disebutkan bahwa materi fisika yang digunakan adalah bab suhu dan kalor. Meskipun demikian, pada kenyataannya fenomena gunung berapi dapat dijelaskan dengan beberapa konsep fisika lainnya. Misalnya, tekanan dan aliran fluida.

Secara singkat, kajian fisis fenomena gunung berapi telah dijelaskan di bagian dasar teori. Seperti proses pembentukan gunung berapi yang dapat dijelaskan dengan konsep suhu dan kalor, pembentukan magma dan erupsi gunung berapi yang dapat dijelaskan dengan konsep tekanan dan temperatur, serta kandungan silika pada magma yang ternyata dapat mempengaruhi viskositas magma.

Penjelasan tersebut merupakan contoh bahasan dalam buku pengayaan pengetahuan kajian fisis fenomena gunung berapi yang dikembangkan. Sebagian ringkasan kajian fisis fenomena gunung berapi dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Bagan kajian fisis fenomena gunung berapi

**Pengembangan Buku Pengayaan Pengetahuan Kajian Fisis Fenomena Gunung Berapi**

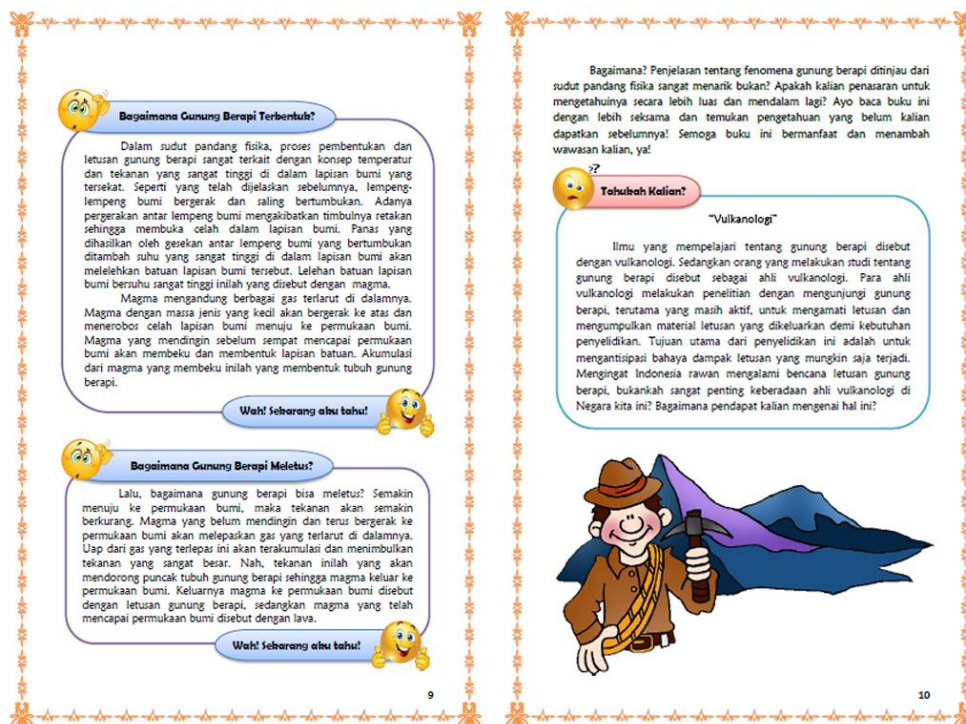
Penulisan buku pengayaan pengetahuan mengacu pada panduan penulisan buku non teks pelajaran yang dikeluarkan oleh Pusat Kurikulum dan Perbukuan. Ada empat komponen yang harus diperhatikan, yaitu: materi, penyajian, bahasa, dan grafika. Telah disusun draft buku pengayaan dengan mengacu pada ketentuan tersebut. Materi disajikan dengan menggunakan bahasa yang komunikatif sehingga siswa seperti diajak berbicara dua arah dengan penulis buku. Terdapat banyak gambar dan ilustrasi yang terkait sehingga dapat

memudahkan siswa untuk memahami materi yang disajikan. Selain itu, tampilan buku dibuat semenarik mungkin agar dapat menarik minat dan motivasi belajar siswa. Dalam buku ini juga dilengkapi bagian penting seperti: Tahukah Kamu, Uji Diri, dan Ayo Mencoba. “Tahukah Kamu” merupakan informasi tambahan bagi siswa. “Uji Diri” berisi pertanyaan untuk menuntun siswa berpikir kritis. Sedangkan “Ayo Mencoba” merupakan kegiatan sederhana yang dapat dilakukan oleh siswa berkaitan dengan materi yang disajikan.

Berikut ini adalah tampilan buku pengayaan kajian fisis fenomena gunung berapi yang sedang dikembangkan.



Gambar 2. Tampilan sampul depan dan belakang buku pengayaan



(a)

mengali informasi tentang struktur lapisan bumi. Benarkah demikian? Untuk mengetahuinya lebih lanjut, mari kita simak ulasan berikut ini.

Ketika gempa bumi terjadi, gelombang seismik yang merambat di dalam lapisan dalam bumi mengalami perubahan kelajuan dan arah. Saat gelombang seismik menempuh lapisan bumi yang memiliki massa jenis berbeda, maka kecepatannya akan berubah, sehingga menyebabkan gelombang ini mengalami refleksi dan refraksi. Kalian tentunya tak lupa bukan apa itu refleksi dan refraksi? Ayo coba ingat kembali!

Ketika cahaya yang datang dari udara masuk ke dalam air, maka cahaya tersebut akan dipantulkan dan dibelokkan. Hal serupa terjadi pada gelombang seismik ketika merambat dari lapisan bumi yang satu ke lapisan bumi yang lainnya. Dengan mengukur gelombang seismik yang dipantulkan dan dibelokkan kembali ke permukaan bumi, para peneliti mampu menentukan lokasi batas antara material yang berbeda di dalam lapisan bumi. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa bumi terdiri dari empat lapisan utama yang tersusun dari material yang berbeda-beda. Empat lapisan bumi tersebut dapat dilihat pada gambar berikut ini.

Secara umum, bumi terdiri dari empat lapisan. Dari lapisan paling dalam hingga paling luar, bumi terdiri dari: 1) Inti Dalam (*inner core*); 2) Inti Luar (*outer core*); 3) Mantel atau Selubung Bumi (*mantle*); dan 4) Kerak Bumi (*crust*). Masing-masing lapisan bumi memiliki sifat fisis yang berbeda-beda.

**Klasifikasi Magma**

Dari pembahasan sebelumnya, kita telah mengetahui pengertian dari magma dan proses pembentukannya. Sekarang, mari kita pelajari tentang magma lebih jauh lagi. Berdasarkan sifat fisiknya, magma diklasifikasikan menjadi tiga jenis. Ketiga jenis magma memiliki karakteristik yang berbeda-beda. Klasifikasi dan karakteristik magma dapat dilihat pada gambar berikut ini.

Jenis Magma	Basalt	Andesit	Ryolit
Kandungan Silika	48 - 52%	52 - 68%	68 - 77%
Kandungan Gas	Rendah	Sedang	Tinggi
Temperatur	1000 - 1200°C	800 - 1000°C	650 - 800°C
Viskositas	Rendah	Sedang	Tinggi
Sifat Aliran	Mudah mengalir (encer)		Sulit mengalir (kental)

Skala warna magma dalam °C  
1200 °C — 650 °C

Dari tabel di atas, kita dapat mengetahui bahwa ketiga jenis magma memiliki sifat fisis yang berbeda-beda. Kandungan silika dalam magma akan mempengaruhi viskositas atau kekentalan magma. Silika tercipta dari ion  $SiO_2$  yang membentuk ikatan kimia yang kuat ketika magma mulai mendingin, yang mengakibatkan meningkatnya gesekan internal di dalam magma. Bila kandungan silika ( $SiO_2$ ) dalam magma meningkat, maka kemampuan magma untuk mengalir menjadi berkurang. Dengan kata lain, silika memiliki peran penting dalam mengatur gesekan internal dan viskositas magma.

(b)

Gambar 3. Tampilan isi buku pengayaan yang terdiri dari (a) penjelasan singkat mengenai proses pembentukan gunung berapi dan erupsi gunung berapi berdasarkan sudut pandang fisika (kiri) serta bagian penting “Tahukah Kamu?” mengenai vulkanologi (kanan), dan (b) yang berisi penjelasan cara penentuan lapisan bumi menggunakan gelombang seismik (kiri) dan klasifikasi magma (kanan).

## KESIMPULAN

Hasil penelitian ini masih berupa draf buku pengayaan pengetahuan kajian fisis fenomena gunung berapi. Penelitian ini masih harus ditindaklanjuti dengan tahap penyempurnaan dan evaluasi.

## UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Ibu Dr. Desnita, M.Si selaku dosen pembimbing I dan Bapak Drs. A. Handjoko Permana, M.Si selaku dosen pembimbing II yang telah membantu dalam penelitian ini. Penulis juga mengucapkan terimakasih kepada keluarga dan teman-teman Pendidikan Fisika Reguler 2012 atas dukungan dan diskusinya yang bermanfaat.

## REFERENSI

1. S. Jefri, *Debu Vulkanik Gunung Sinabung, Ginting Tuai Kerugian Ratusan Juta Imbas Gagal Panen*, (2016).  
<http://medan.tribunnews.com/2016/05/24/debu-vulkanik-gunung-sinabung-ginting-tuai-kerugian-ratusan-juta-imb-ags-gagal-panen>
2. S. Arnold, *Jumlah Korban Tewas Sinabung Jadi 9 Orang*, (2016).  
<http://www.beritasatu.com/nasional/367508-jumlah-korban-tewas-erupsi-sinabung-jadi-9-orang.html>
3. A. Sobih AW, *Potensi Bencana dan Kemakmuran Indonesia di Jalur Cincin Api*, (2016).  
<http://news.metrotvnews.com/news/Rb1731zK-potensi-bencana-dan-kemakmuran-indonesia-di-jalur-cincin-api>
4. P. Ellen J. *Sains dan Sifat Gempa Bumi, Gunung Berapi, dan Tsunami*. Bandung: Pakar Raya (2006).

5. Republik Indonesia, *Peraturan Menteri Pendidikan Nasional No. 2 Tahun 2008 tentang Buku*, Jakarta (2008).
6. Pusat Kurikulum dan Perbukuan Kementerian Pendidikan Nasional, *Pedoman Penilaian Buku Nonteks Pelajaran*, Jakarta, Puskurbuk (2014).
7. Reichard, James S. *Environmental Geology*. USA: McGraw-Hill (2014).
8. Parfitt, Elizabeth dan Lionel Wilson. *Fundamentals of Physical Volcanology*. UK: Blackwell Publishing (2008).
9. Carlson, Diane H, Charles C. Plummer, dan Lisa Hammersley. *Physical Geology Earth Revealed*. USA: McGraw-Hill (2011).
10. Borg & Gall. *Educational Research: An Introduction*. USA: Pearson Education (2003).