

## FISIKA PENAMBANGAN BAHAN GALIAN C

Arik Aguk Wardoyo<sup>1</sup>, Lilik Hendrajaya<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Magister Pengajaran Fisika ITB, Jl. Ganesha no. 10, Bandung

<sup>2</sup>Departemen Fisika ITB, Jl. Ganesha no. 10, Bandung

E-mail korespondensi: arikaguk13@gmail.com

**Abstrak:** Indonesia memiliki kekayaan sumber daya alam termasuk mineral. Mineral di dalam maupun di permukaan bumi sebagian besar telah dimanfaatkan untuk kepentingan dan kesejahteraan hidup manusia. Bahan mineral dapat juga disebut bahan galian. Istilah bahan galian C disebut berdasarkan peraturan pemerintah no. 27 tahun 1980 mengenai pembagian bahan galian berdasarkan pentingnya kedudukan bahan galian tersebut. Bahan galian yang dimaksud mengenai bahan bangunan adalah batu (dari tubuh gunung atau dari sungai), pasir, batu kapur, dan tanah liat (lempung). Bahan tersebut akan dikaji tentang proses penambangan dan pengolahannya. Proses penambangan dan pengolahan tersebut dapat dibuat suatu bahan ajar fisika yang terdiri dari kaitan materi fisika dengan tambang bahan galian C, kajian bahan galian C secara fisika, modul praktikum fisika tentang tambang bahan galian C, dan modul pelatihan dan keselamatan kerja di tambang bahan galian C.

**Kata Kunci:** Fisika Penambangan, Bahan Galian C, Fisika Kontekstual, Modul Praktikum.

### PENDAHULUAN

Indonesia memiliki kekayaan sumber daya alam termasuk mineral. Mineral di dalam maupun di permukaan bumi sebagian besar telah dimanfaatkan untuk kepentingan dan kesejahteraan hidup manusia. Bahan mineral dapat juga disebut dengan bahan galian. Bahan galian menurut peraturan pemerintah no. 27 tahun 1980 tentang pentingnya kedudukan bahan galian dibagi menjadi 3 yaitu bahan galian strategis (bahan galian A), bahan galian vital (bahan galian B), dan bahan galian non strategis dan non vital (bahan galian C). Semua bahan galian tersebut yang paling berhubungan langsung dan digunakan sebagai bahan bangunan oleh masyarakat adalah bahan galian C karena selain cadangannya yang sangat melimpah, juga biaya untuk membeli bahan tersebut juga relatif terjangkau.

Bahan bangunan seperti batu belah, pasir, batu kapur, dan tanah liat merupakan bahan galian C yang digunakan untuk membangun rumah, gedung perkantoran, gedung hotel, jembatan, jalan raya, dan sebagainya. Bahan galian C sering ditemukan hampir di seluruh daerah Indonesia karena Indonesia memiliki gunung api yang menyebar hampir diseluruh pulau. Penambangan di daerah bahan galian C juga dilakukan secara skala besar dengan alat berat oleh perusahaan besar dan skala kecil dengan alat sederhana oleh masyarakat sekitar.

Cadangan bahan galian C yang melimpah akan mampu mensejahterakan perekonomian masyarakat sekitar cadangan bahan galian C. Namun kenyataannya masyarakat di sekitar bahan galian C cenderung mengalami perekonomian yang masih belum sejahtera dan lebih menerima dampak bencana dari tambang. Hal ini dikarenakan kurangnya pengetahuan masyarakat sekitar tentang jenis mineral bahan dan teknik penambangan yang aman.

Fisika merupakan bagian dari ilmu sains yang mempelajari tentang kejadian alam dan gejala-gejala yang terjadi dari kejadian alam tersebut secara fisis. Bahan galian C proses terbentuknya terdapat kajian fisika sampai kegiatan penambangannya. Namun kenyataannya fisika masih merupakan pelajaran yang sulit untuk dipelajari karena kegiatan pembelajaran fisika yang cenderung sesuai dengan buku paket pelajaran dan penerapannya kurang mengaitkan dengan lingkungan disekitarnya.

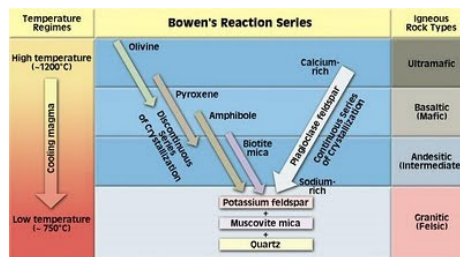
Berdasarkan permasalahan tersebut, maka diperlukan suatu kajian tentang bahan galian C mengenai proses terbentuknya dan penambangannya secara fisika serta penyusunan bahan ajar fisika tentang bahan galian C. Sehingga masyarakat sekitar tambang bahan galian C dapat memahami dan memanfaatkan potensi yang ada disekitarnya. Pemahaman dan pemanfaatan potensi alam oleh masyarakat di daerahnya tentang galian C akan dapat mensejahterakan ekonominya.

Kajian bahan galian C disini difokuskan pada bahan galian yang secara langsung berhubungan dengan pembangunan pada masyarakat yaitu batu belah, pasir, tanah liat, dan batu kapur.

## 1. Batu Belah

Batu belah merupakan batu beku yang terbentuk dari magma gunung api yang keluar ke permukaan bumi (ekstrusif) dan ada yang membeku di dalam perut bumi (intrusif). Magma merupakan lelehan berbagai mineral dari gesekan dua lempeng dengan suhu yang sangat tinggi. Lelehan tersebut terdiri dari unsur-unsur yang kemudian membentuk mineral-mineral silikat ketika ada dipermukaan bumi. Magma yang memiliki berat jenis yang lebih ringan dari batuan sekelilingnya maka akan berusaha untuk naik melalui rekahan-rekahan yang ada dalam litosfer hingga sampai permukaan bumi

Magma dalam perjalanan naik dapat juga mulai kehilangan mobilitasnya ketika masih dalam litosfer dan membentuk dapur magma sebelum mencapai permukaan. Keadaan tersebut magma akan membeku ditempat dan ion-ion didalamnya kehilangan bebas gerak dan menyusun diri membentuk batuan beku didalam permukaan bumi (intrusif). Namun tidak semua jenis mineral yang membentuk batuan secara bersamaan pada kondisi tersebut, ada yang terbentuk lebih awal pada suhu yang tinggi. Terbentuknya batuan tersebut pola kristalisasinya sesuai dengan deret bowen seperti gambar 1 berikut



Gambar 1. Deret Bowen

(sumber : <http://4.bp.blogspot.com/-4feLPGu4rN4/T-tS3ToyyYI/AAAAAAAAAU/0Fbz-18QExU/s400/Bowen+reaction+series2.JPG>)

Energi dari terbentuknya magma secara fisika sesuai dengan hukum I termodinamika (Hendrajaya. 1988) yang menyatakan kenaikan energi internal (U) dari suatu sistem termodinamika sebanding dengan jumlah energi panas yang ditambahkan ke dalam sistem (Q) dikurangi dengan kerja yang dilakukan oleh sistem (W) terhadap lingkungannya (Halliday. 2011). Secara matematis dapat ditulis sebagai berikut.

$$U=Q-W \quad (1)$$

Persamaan (1) perubahan kecilnya dapat ditulis

$$dU=dQ-dW \quad (2)$$

dengan kerja yang dilakukan

$$dW=PdV \quad (3)$$

Penurunan suhu pada tekanan tetap yang terjadi pada magma merupakan proses isobarik maka persamaan (2) dengan substitusi persamaan (3) dapat dituliskan

$$U_2-U_1=\Delta Q-P(V_2-V_1) \quad (4)$$

$$\Delta Q=(U_2+PV_2)-(U_1+PV_1) \quad (5)$$

Fungsi keadaan  $U+PV$  dikenal sebagai entalpi H, maka

$$\Delta Q=(\Delta H)_p \rightarrow dQ=(dH)_p \quad (6)$$

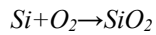
Perubahan entalpi tersebut menyatakan besarnya energi yang dibutuhkan untuk perubahan fasa dari cair menjadi padat pada pembekuan batuan baik secara intrusif maupun ekstrusif.

Batuan beku yang digunakan untuk bahan bangunan sebagian besar adalah batu andesit dan batu basal. Perbedaan batu andesit dan basal adalah pada kandungan silikatnya ( $SiO_2$ ). Batu andesit memiliki kandungan  $SiO_2$  sekitar 65% - 52% sedangkan batu basal memiliki kandungan  $SiO_2$  sekitar 52% - 45% (Djauhari. 2012).

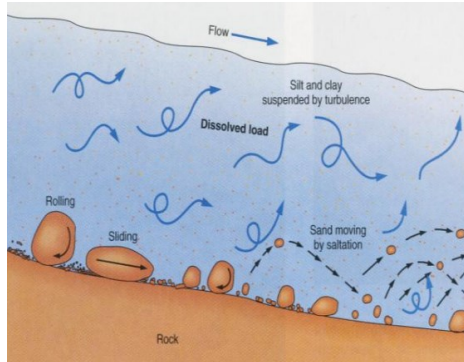
## 2. Pasir

Pasir yang digunakan dalam bahan bangunan berdasarkan terbentuknya dibedakan menjadi 2, yaitu pasir hasil letusan gunung api dan pasir hasil dari pelapukan batuan.

Pasir gunung api merupakan abu vulkanik hasil letusan gunung api yang berukuran 2 – 0,05 mm (National Employee Development Staff. 1987). Pasir gunung api di Indonesia sebagian besar mengandung silikat ( $SiO_2$ ) merupakan hasil reaksi kimia dari atom silika (Si) dengan Oksigen ( $O_2$ ) ketika berada di atas mulut gunung api.



Kenyataannya, pasir gunung api tidak hanya unsur silika saja tetapi juga mengandung unsur yang lain. Ambil contoh gunung merapi di Yogyakarta, secara umum unsur kimia yang terkandung dalam pasir gunung merapi adalah silika (>60%), alumina (17%) dan unsur lain seperti besi, kalsium, dan magnesium dengan jumlah yang relatif kecil (Lasino. 2011). Pasir gunung api tersebut kemudian akan jatuh di sekitar gunung api setelah terbawa oleh angin. Kemudian pasir yang mengendap di sekitar gunung api akan ikut mengalir terbawa oleh air yang mengalir baik dari air hujan maupun sungai. Pola gerakan pasir dalam aliran air dapat dilihat gambar 2 berikut.



Gambar 2. Pola gerak partikel dalam air (Djauhari. 2012)

Gerak pasir pada gambar 2 bisa dengan gerak sliding (meluncur), roling (menggelinding), dan sebagainya. Jika ditinjau secara fisika dengan menganggap pasir adalah suatu titik dan tidak ada pengaruh dari aliran sungai, untuk gerakan pasir secara sliding di bidang miring berlaku persamaan gerak sebagai berikut.

$$\Sigma F = m a \quad (7)$$

$$F - f_g = m a \quad (8)$$

$$m g \sin \theta - \mu_k m g \cos \theta = m a \quad (9)$$

$$a = g (\sin \theta - \mu_k \cos \theta) \quad (10)$$

dengan  $a$  : kecepatan gerak pasir ( $m/s^2$ );  $g$  : percepatan gravitasi ( $m/s^2$ );  $\alpha$  : sudut kemiringan sungai; dan  $\mu_k$  : koefisien gesek. Sedangkan untuk gerak roling pada bidang miring dengan menganggap bentuk pasir adalah suatu bola, seperti persamaan (8) dengan  $f_g = I \left( \frac{a}{R^2} \right)$  maka:

$$m g \sin \theta - I \left( \frac{a}{R^2} \right) = m a \quad (9)$$

$$m a + I \left( \frac{a}{R^2} \right) = m g \sin \theta \quad (10)$$

dengan  $I_{bola} = \frac{1}{2} m R^2$

$$m a + \frac{1}{2} m a = m g \sin \theta \quad (11)$$

$$a = \frac{2}{3} g \sin \theta \quad (12)$$

dengan  $I$  : momen Inersia;  $R$  : jari-jari bola (m).

Kenyataan gerak pasir disungai secara sliding, dan roling tidak semudah seperti persamaan di atas karena ada pengaruh lain yang jelas terlihat seperti kecepatan aliran air, kekentalan fluida, dan sebagainya. Untuk itu perlu ada kajian lebih lanjut dari pola gerak partikel tersebut.

### 3. Tanah Liat

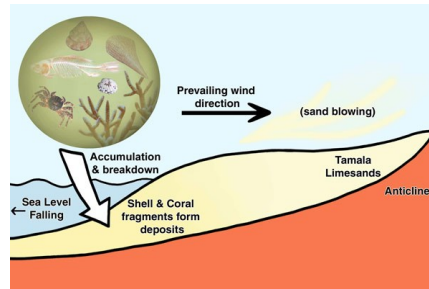
Tanah liat merupakan bagian dari lempung yang memiliki sifat mengeliat jika terkena air. Tanah liat terjadi karena proses pelapukan pada batuan seperti terbentuknya pasir menggunakan diagram bowen secara terbalik. Tanah liat memiliki bentuk seperti gambar 2.8 dan ukurannya lebih kecil dari pasir yaitu sekitar  $<0,002$  mm (National Employee Development Staff. 1987). Tanah liat juga akan ikut mengalir bersama aliran air sungai seperti halnya pasir dan dapat ditinjau secara fisika secara sederhana seperti persamaan (10) dan persamaan (12). Tetapi jika dilihat pengaruh laju sungai dan faktor lain pada aliran fluida maka dapat dikaji lebih lanjut pada proses transportasi sedimen.

Pada saat sedimen diendapkan, maka mineral yang berat akan di endapkan terlebih dahulu. kecepatan proses pengendapan mineral dalam fluida berlaku hukum stoke (Sapiee. 2011)

$$v = C \cdot r^2 \quad (13)$$

#### 4. Batu kapur

Batu Kapur merupakan pertumbuhan/perkembangan koloni koral, oleh sebab itu dilapangan tidak menunjukkan perlapisan yang baik dan belum banyak mengalami pengotoran mineral lain (sukandarumidi. 2009). Batu kapur termasuk jenis batuan sedimen dengan senyawa kimia  $\text{CaCO}_3$  yang terbentuk secara mekanik (fisika), kimia, dan sebagian besar secara organik. Batu kapur secara organik berasal dari pengendapan cangkang/rumah siput, ganggang, dan kerangka binatang koral yang hidup di laut dangkal seperti gambar 3. Jenis Batu kapur sering disebut batu koral karena penyusun utamanya adalah koral (anggota dari Coelenterata).



Gambar 3. Binatang laut hidup di laut dangkal

(Sumber : <http://www.sharkbay.org.au/assets/images/tamala-limestone.jpg>)

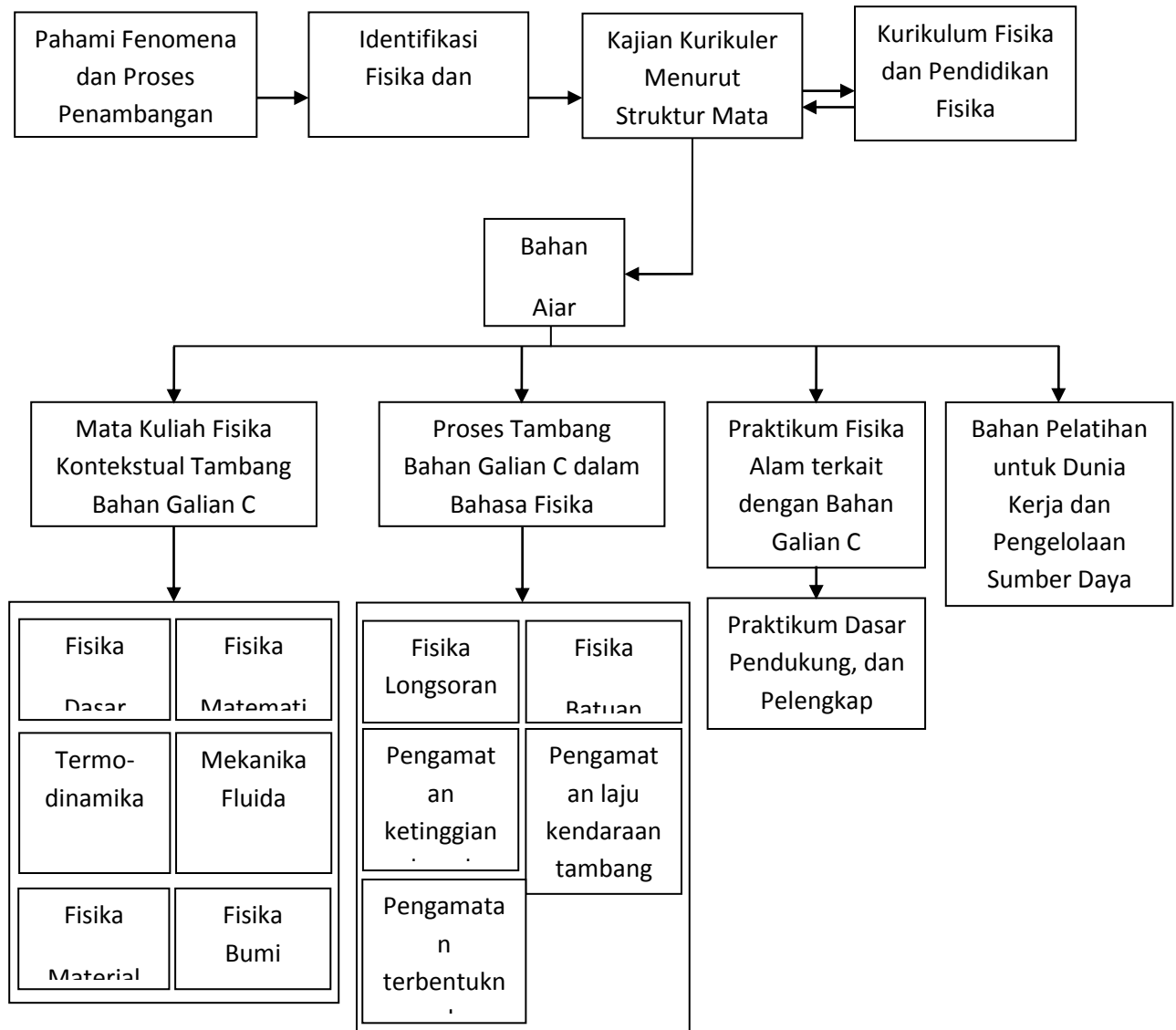
Bahan ajar adalah segala bentuk bahan yang digunakan untuk membantu guru atau instruktur dalam melaksanakan proses pembelajaran di kelas (National Centre for Competency Based Training, 2007). Pengertian tersebut menjelaskan bahwa bahan ajar merupakan suatu alat yang digunakan oleh guru atau instruktur sehingga bahan ajar adalah sesuatu yang penting yang harus dibuat dan dimiliki seorang guru atau intruktur untuk mencapai tujuan pembelajaran. Sehingga bahan ajar adalah suatu persoalan yang tidak bisa dikesampingkan dalam satu kesatuan pembahasan yang utuh tentang cara pembuatan bahan ajar (Prastowo. 2015).

Fisika berbasis kontekstual merupakan fisika yang mempelajari proses kejadian-kejadian alam secara nyata yang dapat diamati dan ditemui di lingkungan sekitar. Lingkungan pembelajaran yang baik merupakan lingkungan yang keadaannya mengalami proses alam baik secara alami maupun ada campur tangan dari manusia. Bahan ajar fisika bahan galian C merupakan bahan ajar fisika berbasis kontekstual daerah tambang bahan galian C yang pembuatannya untuk mencapai tujuan pembelajaran dari materi yang dibahas. Berkaitan dengan definisi bahan ajar, maka daerah tambang bahan galian C juga merupakan sumber belajar yang dapat diterapkan. Bahan ajar fisika bahan galian C terdiri dari serangkaian proses kejadian di daerah tambang galian C.

#### METODE PENELITIAN

Penelitian ini merupakan studi literatur dari berbagai sumber tentang penambangan bahan galian C yang dilaksanakan pada bulan november – desember di perpustakaan pusat ITB dan perpustakaan geologi bandung. Kemudian studi literatur tersebut akan disesuaikan dengan fenomena yang ada disekitar penambangan bahan galian C.

Daerah penambangan bahan galian C yang akan dijadikan objek penelitian berada di daerah kabupaten Jember dengan bahan galian C yang diteliti berupa batu belah, batu kapur, pasir, dan tanah liat. Fenomena penambangan bahan galian C akan diidentifikasi atau ditinjau secara fisika. Metode ini disusun sesuai kerangka alur pikir gambar 4 berikut.



Gambar 1. Konstruksi alur pikir penyusunan bahan ajar fisika penambangan bahan galian C

Secara Metode penelitian berisi paparan dalam bentuk paragraf yang berisi waktu dan tempat penelitian, rancangan, bahan/subyek penelitian, prosedur/teknik pengumpulan data, instrumen, dan teknik analisis data serta hal-hal lain yang berkaitan dengan cara penelitian, dengan panjang artikel 10-15% dari total panjang artikel. Rancangan penelitian dapat dibuat sub-judul sesuai kebutuhan seperti subjek penelitian, alat dan bahan (jika perlu), metode dan desain penelitian, teknik pengumpulan data, serta analisis dan interpretasi data.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil dari penelitian ini berupa bahan ajar Fisika Pertambangan Bahan Galian C berbasis Energi Sumber Daya Mineral (Fisika-ESDM). Kajian mata kuliah yang ada di Fisika dan Pendidikan Fisika di Universitas Jember akan dikaji dan disesuaikan kemudian diterapkan dalam kurikulum Fisika dan Pendidikan Fisika. Bahan ajar ini akan dibagi menjadi beberapa bagian yaitu:

1. Mata Kuliah Fisika Kontekstual Energi Sumber Daya Mineral Bahan Galian C.

Mata Kuliah yang akan dihasilkan dalam proses Fisika Kontekstual Energi dan Sumber Daya Mineral Bahan Galian C ini akan disajikan dalam pembelajaran yang menyatu dalam program-program dalam mata

kuliah. Mata kuliah yang akan disisipi dengan Fisika Kontekstual Energi dan Sumber Daya Mineral meliputi Fisika Dasar, Fisika Matematika, Mekanika, Termodinamika, dan Fisika Bumi.

2. Kajian Terbentuknya Cadangan Endapan pasir di Sungai

Pada kajian ini akan menjelaskan tentang terbentuknya cadangan endapan pasir di sungai. Hasil dari kajian ini akan disajikan mengenai pengaruh laju sungai terhadap transportasi sedimen pasir di sungai.

3. Praktikum Fisika Alam Berkaitan dengan Tambang Bahan Galian C.

Lingkungan daerah tambang bahan galian C merupakan salah satu Laboratorium Alam yang tersedia di Indonesia. Di lingkungan tersebut tersedia fasilitas-fasilitas pendukung tentang aplikasi alam yang berkaitan dengan fisika. Fasilitas-fasilitas tersebut meliputi: gunung api, mata air, sungai, dan lain sebagainya. Fasilitas-fasilitas tersebut dapat dikembangkan dan diciptakan praktikum-praktikum fisika yang sederhana dan pengukuran sederhana dengan alat sederhana. Praktikum itu di antaranya Pengukuran ketinggian daerah bahan galian gunung kapur, Pengukuran volume cadangan bahan galian C, Penentuan kecepatan aliran air di sungai tambang pasir, Resistivitas material bahan galian C, Pengamatan laju kendaraan transportasi daerah tambang galian C, dan lain sebagainya.

4. Bahan Pelatihan dalam Dunia Kerja.

Tambang bahan galian C merupakan kegiatan tambang yang sejak dahulu dilakukan oleh masyarakat sekitar dengan cadangan bahan galian C yang sangat melimpah. Sumber daya alam bahan galian C memiliki potensi yang bagus untuk menunjang potensi perekonomian masyarakat. Potensi ini jarang dipahami oleh masyarakat sekitar sumber daya alam, sehingga masyarakat sekitar kurang dapat mengelola sumber daya alam dengan baik dan memiliki perekonomian yang bisa dikatakan kurang. Berdasarkan hal tersebut diharapkan ada peluang untuk pelatihan kerja dan pengelolaan terkait sumber daya alam disekitarnya sebagai peningkatan perekonomian masyarakat tersebut. Bahan pelatihan ini diharapkan dapat meningkatkan pemahaman masyarakat tentang pemanfaatan potensi-potensi yang ada di daerah tambang bahan galian C.

### **SIMPULAN, SARAN, DAN REKOMENDASI**

Bahan ajar fisika pertambangan bahan galian C merupakan suatu bahan ajar yang dapat memahamkan peserta didik dan masyarakat disekitar cadangan bahan galian C sehingga akan mampu mensejahterakan kehidupannya. Peserta didik akan lebih mengenal lingkungan sekitarnya secara fisika dan dapat bekerja dengan mengutamakan keselamatan diri.

### **DAFTAR PUSTAKA**

Sitasi buku:

Djauhari Noor. 2012. Pengantar Geologi, edisi kedua. Bogor: Pakuan University Press.

Halliday, David. Resnick, Robert. Walker Jearl. 2011. Fundamentals of Physics, 9th Edition. United States of America: John Wiley & Sons, Inc.

Hendrajaya, Lilik dan Laksono, Hendro. 1988. Erupsi Gunung Api, suatu tinjauan fisika. Bandung: Institut Teknologi Bandung.

Prastowo, Andi. 2015. Panduan Kreatif membuat Bahan Ajar Inovatif, cetakan VIII. Yogyakarta: DIVA Press.

Sapiie, Benyamin dkk. 2011. Catatan Kuliah: Geologi Fisik. Bandung: Institut Teknologi Bandung.

Sukandarumidi. 2009. Bahan Galian Industri, cetakan ketiga. Yogyakarta: Gajah Mada University Press.

Sitasi artikel majalah:

National Employee Development Staff. 1987. Soil Mechanics Level I, Module 3 : USDA Textural Classification. United States: Departement Of Agriculture. Diakses dari [http://www.nrcs.usda.gov/Internet/FSE\\_DOCUMENTS/stelprdb1044818.pdf](http://www.nrcs.usda.gov/Internet/FSE_DOCUMENTS/stelprdb1044818.pdf)

Sitasi jurnal cetak:

Lasino, Bambang Sugiharto dan Dany Cahyadi. 2011. Pemanfaatan Pasir dan Debu Merapi sebagai Bahan Konstruksi dalam Mendukung Pembangunan Infrastruktur dan Meningkatkan Nilai Guna Lahar Vulkanik. Yogyakarta: Prosiding PPIS halaman 19-34.