



# Plagiarism Checker X Originality Report

**Similarity Found: 2%**

Date: Thursday, June 18, 2020

Statistics: 55 words Plagiarized / 2699 Total words

Remarks: Low Plagiarism Detected - Your Document needs Optional Improvement.

---

Analisis Model Kecepatan Gelombang-P pada Coal-Seam Gas Studi Kasus Cekungan Sumatera Selatan, Indonesia Abstrak - Pemodelan fisika batuan pada studi kasus batubara (seam coal) tersaturasi gas merupakan salah satu upaya efektif dalam menginvestigasi potensi sebaran Coal-Seam Gas di Indonesia, sekaligus menjadi tantangan bagi peneliti akibat karakteristik kandungan gas terperangkap di dalam pori batuan yang relatif kompleks. Penelitian ini bertujuan untuk mengestimasi bagaimana pengaruh kandungan gas yang berada di dalam pori seam coal terhadap respon parameter elastik batuan, yaitu kecepatan gelombang-P.

Model fisis batuan secara sederhana dibuat menggunakan pendekatan Teori Voigt-Reuss-Hill Average untuk memperoleh modulus elastik matriks seam coal yang tersusun atas beberapa variasi mineral. Selanjutnya, modulus elastik batuan dalam kondisi kering didekati menggunakan persamaan sederhana oleh Pride dengan mengikutsertakan faktor konsolidasi batuan seam coal dan nilai porositas. Nilai modulus elastik batuan ketika tersaturasi oleh gas kemudian dihitung menggunakan persamaan Biot-Gassmann dengan menggunakan asumsi bahwa kandungan gas mengisi pori seluruhnya sehingga memberikan kondisi isotropi batuan.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa kandungan gas pada pori seam coal memberikan korelasi negatif terhadap respon densitas dan kecepatan

gelombang-P. Model kecepatan gelombang-P batuan tersaturasi gas yang diperoleh dapat dimanfaatkan sebagai indikator awal dalam mengidentifikasi potensi coal-seam gas. Abstract - The rock physics model is one effective yet challenging way to investigate the coal-seam gas potential in Indonesia. However, because of the complex conditions of the Coal-Seam Gas Reservoirs, it is difficult to establish models.

Despite the scarce modeling, this study aims to estimate the relation of gas-saturated within pores of coal seam to **the elastic properties of** rock, which is P-wave velocity. First, the coal seam minerals are applied to quantify matrix moduli using the Voigt-Reuss-Hill Average method. Pride's simple equation is used to estimate **the elastic properties of** the coal seam at dry condition (zero gas saturation). Finally, Biot-Gassmann's theory is applied to determine **the elastic properties of** coal seam with fully gas saturated.

As the result, the proposed model showed that there is a significant negative correlation between gas content with both density and P-wave velocity of the coal seam. Finally, this P-wave velocity model of gas-saturated coal seams should be properly useful as the quick look for identifying coal seam gas potentials.

Keywords- rock physics, coal seam, gas saturated, P-wave velocity  
How to cite this article: Hutami, H.Y., Larasati, T.P., Handoyo, Fitriyani, 2020. Analisis Model Kecepatan Gelombang-P pada Coal Seam Gas Studi Kasus Cekungan Sumatera Selatan, Indonesia., 1.

**PENDAHULUAN** Dalam beberapa dekade terakhir, seiring makin meningkatnya kebutuhan akan sumber daya energi, eksplorasi pengembangan hidrokarbon non-konvensional mulai banyak dilakukan. Menariknya adalah Indonesia kaya akan berbagai potensi sumber daya energi non-konvensional namun masih minim dalam pemanfaatannya. Coal Seam Gas (CSG) atau umumnya lebih dikenal sebagai Coal-Bed Methane di Indonesia adalah salah satu sumber energi gas alam non-konvensional. Potensi gas Indonesia mencapai angka sebesar 453 TCF yang tersebar di 11 cekungan batubara dan migas.

Salah satunya dimiliki oleh Cekungan Sumatera Selatan sebesar 180 TCF (Badan Litbang ESDM). Beberapa penelitian telah dilakukan untuk melihat potensi ini berdasarkan analisis karakterisasi reservoir batubara. Dirgantara dkk. (2011) melakukan pengukuran tujuh sampel batubara kering dan mengaplikasikan pengukuran kecepatan gelombang seismik pada sampel tersebut. Hasil menunjukkan bahwa kecepatan gelombang kompresional dan gelombang shear

meningkat dan sebanding dengan peningkatan level kematangan batubara. Chen dkk.

(2014) melakukan studi analisis respon AVO dan menyatakan bahwa densitas batuan adalah parameter yang cukup sensitif untuk mengidentifikasi CBM dan elastisitas shear merupakan indikator penentuan permeabilitas lapisan batubara. Huang dkk. (2017) menggunakan metode fisika batuan untuk identifikasi reservoir CBM dan mengemukakan bahwa kecepatan gelombang-P dan densitas lapisan batubara cenderung menurun seiring dengan meningkatnya kandungan gas. Huang dkk. menggunakan metode Differential Equivalent Medium (DEM) untuk menghitung modulus batuan kering.

Pada penelitian ini penulis mencoba untuk menerapkan model fisika batuan pada studi kasus Cekungan Sumatera Selatan, dengan tujuan akhir penelitian yaitu mengetahui pengaruh perubahan saturasi gas terhadap kecepatan gelombang-P pada lapisan target seam coal. Berdasarkan teori, terindikasi bahwa saturasi gas di dalam pori seam coal memiliki korelasi negatif dengan nilai densitas batuan dan kecepatan gelombang-P. Artinya secara fisis, coal-seam gas dicirikan dengan nilai densitas dan kecepatan gelombang-P yang rendah dibandingkan dengan lapisan batuan disekitarnya.

Sehingga kontras kecepatan gelombang-P antar lapisan batuan merupakan parameter penting untuk indikasi awal lapisan target seam coal. Pemodelan fisika batuan untuk seam coal tersaturasi gas dilakukan menggunakan beberapa pendekatan yaitu [1] modulus matriks seam coal yang tersusun atas beberapa fraksi mineral dengan menggunakan teori Voigt-Reuss-Hill Average (VRH) (Mavko, 2009); [2] Persamaan Pride (Lee, 2005) untuk mengestimasi nilai parameter elastik batuan dalam kondisi pori yang tidak tersaturasi (kering); dan [3] Persamaan Biot-Gassmann (Wang dkk, 2009) dimanfaatkan untuk mengestimasi perubahan modulus elastik seam coal ketika disaturasi gas seluruhnya. Selanjutnya perubahan parameter elastik seam coal yang tersaturasi gas dianalisis dan hasilnya dibandingkan dengan kondisi in-situ yang diasumsikan belum tersaturasi (kering).

Model kecepatan gelombang-P sederhana Raymer-Hunt-Gardner (RHG) digunakan untuk menentukan nilai kecepatan gelombang-P pada kondisi seam coal in-situ (belum tersaturasi gas) (Raymer dkk., 1980). Hasil penelitian ini diharapkan dapat digunakan sebagai quick look dalam mendeteksi keberadaan potensi coal-seam gas di Cekungan Sumatera Selatan.. 2. TEORI DASAR Batubara merupakan salah satu bahan bakar fosil yang terbentuk dari proses pengendapan

sisanya tumbuhan dan hewan pada kondisi temperatur dan tekanan yang tinggi selama jutaan tahun (Cook, 1982).

Secara umum, tingkatan batubara dari level terendah hingga tertinggi dibedakan berdasarkan kandungan air dan unsur karbon-hidrogen-oksigen, yaitu Gambut, Lignit, Sub-Bituminus, Bituminus, dan Antrasit, Gambar 1 (Sukandarrumidi, 2014). Dari proses pengendapan tersebut, organik material akan membentuk gas metan yang kemudian terakumulasi di dalam pori seam coal. Gas metan yang terperangkap di dalam seam coal dikenal sebagai Coal Seam Gas (CSG) atau Coal Bed Methane (CBM). Kandungan gas metan pada pori seam coal mempengaruhi respon fisis batuan sehingga distribusinya dapat diestimasi dengan baik melalui analisis model fisis batuan ditinjau dari kandungan mineral penyusun seam coal dan kandungan gas metan tersebut dibandingkan dengan tipe batuan dan fluida lainnya. Gas yang terakumulasi di dalam lapisan seam coal bergantung kualitas yang dideskripsikan melalui respon densitas dan porositas setiap lapisan seam coal yang diamati.

Nilai log porositas-densitas **dihitung dengan menggunakan persamaan (1)** untuk seluruh kedalaman sumur penelitian. (1) Dimana  $\rho_m$  adalah densitas matriks,  $\rho_b$  adalah densitas bulk, dan  $\rho_f$  adalah densitas fluida. Kemudian porositas yang diperoleh menjadi nilai masukan untuk mengestimasi kecepatan gelombang-P ( $V_p$ ) pada kondisi kering. Nilai  $V_p$  dihitung menggunakan model RHG, yang selanjutnya disebut  $V_p$  in-situ (persamaan 2) (2) Dimana  $V_f$  adalah kecepatan gelombang di dalam fluida,  $V_m$  adalah kecepatan gelombang pada matriks batuan, dan  $\phi$  adalah porositas batuan.

Pada kondisi pori kering, kecepatan gelombang  $V_f$  **akan sama dengan nol.** Modulus matriks seam coal yang terbentuk dari beberapa variasi fraksi mineral bitumin, sub-bituminus, dan antrasit diestimasi dengan menggunakan persamaan Voigt-Reuss-Hill Average seperti ditunjukkan pada persamaan 3. (3) dengan nilai  $M_v$  dan  $M_R$  adalah masing-masing persamaan dan yang menunjukkan nilai fraksi masing-masing mineral beserta dengan nilai modulus mineral.

Teori Voigt-Reuss-Hill Average ini dapat dipakai dalam menentukan nilai modulus elastik batuan akibat variasi mineral penyusun dengan baik dalam kondisi isotropi (Mavko dkk, 2009). Persamaan Pride (Lee dkk, 2005) memodelkan modulus batuan dalam kondisi kering ( $K_{dry}$  dan  $\rho_{dry}$ ) dengan menggunakan persamaan sederhana yang mengikutsertakan modulus mineral penyusun batuan seam coal ( $K_{ma}$  dan  $\rho_{ma}$ ), porositas ( $\phi$ ), dan faktor konsolidasi  $\alpha$  (Persamaan 4-6). (4) (5) (6) Pada Persamaan 6, nilai  $\beta$  merupakan gambaran perbandingan rasio  $V_p/V_s$  pada

batuan. Secara teori, nilai rasio  $V_p/V_s$  pada seam coal akan lebih tinggi dibandingkan dengan batupasir terkonsolidasi dengan kondisi sama-sama kering.

Respon kecepatan gelombang-P pada seam coal cenderung lebih rendah sehingga nilai  $\nu$  akan lebih tinggi (sekitar 1,5 - 2). Nilai ini yang akan digunakan sebagai dasar perhitungan modulus elastik batuan kering. Persamaan Biot-Gassmann umumnya digunakan untuk mempelajari efek perubahan kandungan gas di dalam pori batuan terhadap perilaku parameter elastik batuan (Mavko dkk., 2009). Selanjutnya, persamaan modulus elastik batuan tersaturasi gas ( $K_{sat}$  dan  $\nu_{sat}$ ) ditunjukkan pada persamaan 7. (7) Teori Gassmann memprediksi bahwa nilai modulus shear tidak bergantung pada fluida yang mengisi pori.

Sehingga diasumsikan bahwa modulus shear kering sama dengan modulus shear batuan tersaturasi fluida. 3. METODE PENELITIAN Pendekatan fisika batuan untuk mengestimasi bagaimana respon modulus elastik seam coal akibat tersaturasi oleh gas memiliki kendala yang cukup menantang. Pertama, ketersediaan data log yang sangat terbatas sehingga perlu menghitung properti fisik batuan sebagai data pendukung. Kedua, adalah informasi mineral penyusun seam coal yang terbatas sehingga asumsi mineral perlu dilakukan.

Ketiga, karakteristik pori seam coal berkaitan dengan penyerapan gas masih belum diketahui dengan detail. Berdasarkan tinjauan batasan masalah tersebut, beberapa tahapan yang dilakukan dalam penelitian ini untuk mencapai tujuan adalah sebagai berikut: 3.1 Pengolahan Data Log dan Analisis Petrofisika [1] Melakukan pemisahan target lapisan seam coal pada sumur X menggunakan informasi log yang tersedia, yaitu log densitas dan log Gamma Ray.

[2] Mengestimasi beberapa parameter fisik yang tidak tersedia pada sumur, yaitu informasi porositas dan informasi kecepatan gelombang-P. Kedua properti tersebut masing-masing dihitung dengan menggunakan pendekatan porositas-densitas menggunakan Persamaan 1 dan persamaan empiris Raymer pada Persamaan 2 untuk menghitung nilai  $V_p$  in-situ di sumur. Nilai kecepatan gelombang-P ini dibutuhkan sebagai informasi awal untuk pemodelan fisika batuan dengan kondisi sumur awal adalah kering (tidak tersaturasi gas). 3.2

Pemodelan Fisika Batuan untuk Coal-Seam Gas Tujuan utama dari tahapan pemodelan fisika batuan adalah membuat model seam coal tersaturasi gas yang akan dilakukan untuk menganalisis bagaimana respon  $V_p$  ketika awalnya tanpa saturasi gas (kering) hingga tersaturasi gas sepenuhnya,  $S_g = 1$ . Proses

pemodelan fisika batuan tersebut dilakukan dalam tiga tahapan utama, yaitu sebagai berikut: [1] Menghitung Modulus Matriks and Modulus Elastik Seam coal dalam kondisi kering dengan Teori Voigt-Reuss-Hill Averaging dan Persamaan Pride.

Peneliti membuat model awal seam coal yang tersusun atas beberapa mineral antrasit, bituminus, dan sub-bituminus dengan masing-masing fraksi (%) yang dapat dilihat pada Tabel 1. Kandungan mineral penyusun matriks ini menghasilkan besaran nilai modulus matriks seam coal ( $K_{ma}$  dan  $\nu_{ma}$ ) yang menjadi parameter masukkan dalam mengestimasi modulus batuan berpori dalam kondisi kering dan tersaturasi gas seluruhnya pada model batuan. Model seam coal berpori dalam kondisi kering dengan persamaan Pride (persamaan 4-6) mengikutsertakan faktor konsolidasi setiap lapisan seam coal yang diamati. [2] Menghitung Modulus Elastik dan Kecepatan Gelombang-P Seam coal Tersaturasi Gas.

Tahapan berikutnya yang dilakukan adalah memberikan saturasi gas pada pori seam coal dengan menggunakan pendekatan substitusi fluida Biot-Gassmann. Modulus elastik batuan tersaturasi gas dihitung menggunakan persamaan 7. Parameter ini menjadi nilai masukan untuk menghitung nilai kecepatan gelombang-P ( $V_p$ ) tersaturasi gas. Hasil yang diperoleh dilakukan analisis untuk membandingkan parameter elastik batuan, yaitu nilai densitas dan kecepatan gelombang-P batuan, terhadap kandungan gas di dalam pori seam coal. 4.

**HASIL DAN PEMBAHASAN** Berdasarkan tahapan pengolahan data log dan pemodelan fisika batuan yang sudah dilakukan, maka analisis dan hasil penelitian dapat dipaparkan sebagai berikut: 4.1 Pengolahan Data Log dan Analisis Petrofisika [1] Pemisahan target lapisan seam coal Seam coal pada sumur penelitian dipisahkan melalui bacaan nilai Densitas Bulk (gr/cc) dan Gamma ray (API). Secara teori, seam coal dapat dideteksi dengan nilai densitas dan Gamma Ray yang sangat rendah. Lapisan seam coal per kedalaman dipisahkan berdasarkan nilai Gamma Ray ( $< 50$  GAPI) dan Densitas Bulk ( $< 2,0$  gr/cc).

Pemisahan target pada sumur X menunjukkan beberapa lapisan seam coal yang diindikasikan dapat menjadi target eksplorasi dan dapat dimodelkan dalam penelitian ini. Lapisan seam coal B terletak pada kedalaman 74,72 m - 94,82 m dengan nilai densitas 1,7 g/cc - 1,9 g/cc dan lapisan seam coal C pada kedalaman 138,72 m - 146,3 m dengan nilai densitas berkisar diantara 1,75 g/cc - 2,0 g/cc, seperti ditunjukkan Gambar 2. [2] Estimasi nilai parameter fisis batuan Perbedaan kedalaman dan nilai densitas lapisan seam coal B dan C tentu berpengaruh

terhadap kandungan mineral penyusun ditinjau dari persentase antrasit, bituminus, dan sub-bituminus, seperti pada tabel 1.

Fraksi mineral yang diperoleh untuk setiap lapisan seam coal B dan C dikorelasikan dengan bacaan densitas pada sumur. Lapisan seam coal B dengan nilai densitas relatif lebih rendah dibandingkan dengan seam coal C memiliki persentase fraksi mineral berat antrasit yang lebih sedikit diikuti dengan Bituminus dan Sub-bituminus, dan sebaliknya. Persentase mineral dengan unsur yang lebih berat ini berpengaruh dalam pembentukan porositas seam coal. Lapisan seam coal dengan kandungan antrasit tinggi cenderung memiliki nilai porositas rendah.

Dalam hal ini, lapisan seam coal C dengan kandungan antrasit sedikit lebih banyak dibandingkan persentase mineral antrasit lapisan seam coal B dengan nilai porositas yang relatif sama, yaitu 5%. Porositas yang terbentuk ini akan mempengaruhi respon kecepatan gelombang-P pada lapisan seam coal. 4.2 Pemodelan Fisika Batuan untuk Coal-Seam Gas Asumsi awal yang digunakan dalam pemodelan fisika batuan adalah seam coal dalam kondisi kering. [1] Perhitungan Modulus Matriks Seam coal dan Modulus Elastik dalam kondisi kering (dry rock frame) dengan Teori Voigt-Reuss-Hill Averaging dan Persamaan Pride.

Berdasarkan tabel 1, kandungan mineral penyusun matriks tergambar melalui nilai modulus matriks seam coal ( $K_{ma}$  dan  $\mu_{ma}$ ) yang menjadi parameter masukan untuk mengestimasi modulus batuan berpori baik dalam kondisi kering maupun tersaturasi gas. Persamaan empiris Pride memanfaatkan informasi kandungan mineral pada batuan dan representasi nilai porositas serta derajat konsolidasi batuan yang dinyatakan dalam nilai faktor konsolidasi  $\alpha$ . Secara teknis, makin terkonsolidasi suatu lapisan seam coal, maka akan menunjukkan nilai faktor konsolidasi yang mengecil.

Penelitian ini mengasumsikan bahwa konsolidasi batuan seam coal dipengaruhi oleh mineral penyusun batuan seam coal sehingga nilai  $\alpha$  diperoleh dari perbandingan nilai kedua modulus matriks batuan  $\mu_{ma}/K_{ma}$ . Selain itu, faktor derajat sementasi/konsolidasi batuan ( $\alpha$ ) yang terjadi selama proses pengendapan juga mempengaruhi nilai porositas seam coal. Nilai  $\alpha$  tinggi menunjukkan batuan dengan konsolidasi yang buruk, dan nilai  $\alpha$  rendah dikatakan batuan semakin terkonsolidasi. Peneliti mengasumsikan faktor konsolidasi seam coal berbanding terbalik dengan persentase mineral.

Dengan tinjauan tersebut, persentase mineral berat (antrasit) lebih banyak menghasilkan bacaan densitas yang lebih besar, porositas yang rendah, dan faktor konsolidasi yang kecil pula. Dalam hal ini, lapisan seam coal B dengan kandungan antrasit lebih sedikit cenderung memiliki faktor konsolidasi lebih besar dan nilai densitas lebih rendah dibandingkan seam C dengan nilai porositas seam B dan C yang relatif sama, seperti pada tabel 2. Nilai  $\gamma$  untuk seam B adalah 3 dengan kandungan mineral antrasit 55%, sedangkan nilai  $\gamma$  seam C yaitu 1,5 - 2,5 dengan kandungan mineral berat antrasit 60%.

[3] Model batuan dan analisis model kecepatan gelombang-P pada seam coal tersaturasi gas (coal-seam gas saturated) Secara teori, karakteristik seam coal tersaturasi gas ditunjukkan dengan nilai densitas dan kecepatan gelombang-P batuan berbanding lurus, yaitu nilai densitas rendah maka akan terbaca nilai  $V_p$  yang rendah. Konsep ini yang diamati dalam penelitian ini secara keseluruhan. Gambar 3 menunjukkan grafik perbandingan kecepatan gelombang-P in-situ pada kondisi kering ( $V_{pdry}$ ) dan kecepatan gelombang-P saat tersaturasi gas seluruhnya ( $V_{psat}$ ) untuk Seam B dan Seam C.

Terlihat kontras  $V_{psat}$  yang turun secara signifikan dibandingkan  $V_{pdry}$ . Hasil evaluasi pada saat batuan hanya tersusun atas mineral matriks saja (batuan kering) berkorelasi dengan densitas yang tinggi dan memberikan nilai kecepatan gelombang-P yang tinggi. Artinya gelombang-P merambat hanya dipengaruhi oleh variasi mineral yang menyusun seam coal. Nilai tersebut tentu saja akan mengalami penurunan ketika ditinjau pada batuan yang berpori. Ketika pori seam coal mulai tersaturasi gas, terjadi penurunan nilai kecepatan gelombang-P. Kandungan gas yang makin tinggi, akan menurunkan nilai kecepatan gelombang lebih besar.

Dalam penelitian ini jumlah kandungan gas digambarkan dalam nilai densitas, dimana densitas rendah artinya kandungan gas makin tinggi. Dengan demikian, kandungan gas seluruhnya didefinisikan sebagai penurunan densitas dan penurunan kecepatan gelombang-P. Pernyataan ini sesuai dengan grafik Gambar 3(a) dan (b) untuk lapisan seam coal B dan C. Hasil penelitian ini sesuai dengan pernyataan Chen dkk. (2013) bahwa persentase kandungan gas memiliki korelasi negative yang cukup sensitif terhadap nilai densitas dan kecepatan gelombang-P.

Besarnya persentase penurunan kecepatan gelombang-P tersaturasi gas untuk Seam B dan Seam C tidak jauh berbeda, mengingat persentase porositas seam coal B dan C berkisar 5%. Model kecepatan gelombang-P saat tersaturasi gas,  $S_g = 1$ , untuk seam B dan seam C menunjukkan penurunan sebesar 2-5%. 5.

KESIMPULAN DAN SARAN Berdasarkan keseluruhan pengolahan data dan analisis hasil yang diperoleh, maka dapat diambil beberapa kesimpulan dalam penelitian ini yaitu sebagai berikut: [1] Lapisan seam coal B dan C pada sumur X dapat dipisahkan dengan cukup baik menggunakan log Densitas dan Log Gamma Ray. [2] Model kecepatan untuk masing-masing lapisan seam coal B dan C menunjukkan bahwa kecepatan gelombang-P saat tersaturasi gas mengalami penurunan secara signifikan (sekitar 2-5%).

Sehingga model kecepatan gelombang-P pada penelitian ini dapat digunakan sebagai indikator awal dalam mengidentifikasi potensi coal-seam gas, khususnya di Cekungan Sumatera Selatan. Peneliti menyarankan agar penelitian selanjutnya dapat menggunakan lebih banyak data dan mengakomodasi seluruh informasi yang belum tersedia sehingga dapat memberikan model fisis batuan yang lebih komprehensif

#### INTERNET SOURCES:

---

-

<1% -

<https://prd-assolole.blogspot.com/2012/03/1-metode-explorasi-migas.html>

<1% -

[https://www.researchgate.net/publication/229898604\\_Detection\\_of\\_multiple\\_fracture\\_sets\\_using\\_observations\\_of\\_shear-wave\\_splitting\\_in\\_microseismic\\_data](https://www.researchgate.net/publication/229898604_Detection_of_multiple_fracture_sets_using_observations_of_shear-wave_splitting_in_microseismic_data)

<1% -

[https://www.researchgate.net/publication/274414566\\_The\\_inverse\\_correlations\\_between\\_methane\\_content\\_and\\_elastic\\_parameters\\_of\\_coal-bed\\_methane\\_reservoirs](https://www.researchgate.net/publication/274414566_The_inverse_correlations_between_methane_content_and_elastic_parameters_of_coal-bed_methane_reservoirs)

<1% -

<https://www.scribd.com/document/347046468/Kelebihan-dan-Kekurangan-Metode-Geofisika-docx>

<1% - [https://issuu.com/hmgzine/docs/hmgzine\\_-\\_edisi\\_4](https://issuu.com/hmgzine/docs/hmgzine_-_edisi_4)

<1% - <https://smiagiunmul.wordpress.com/2013/08/12/batubara/>

<1% -

<https://www.slideshare.net/RomadhiniPutriWulandari/pengaruh-penambangan-batu-bara-terhadap-kejadian-penyakit-malaria-di-kecamatan-simpang-empat>

<1% - <http://ejurnal.its.ac.id/index.php/teknik/article/download/24019/4744>

<1% - <https://pustakaserpong.blogspot.com/2008/05/>

<1% - [https://issuu.com/laterre.magazine/docs/la\\_terre\\_vol\\_10](https://issuu.com/laterre.magazine/docs/la_terre_vol_10)

<1% -

<https://id.scribd.com/doc/313006525/137119110-Files-indowebster-com-Fisika-Batuan-Prof-Sismanto-pdf>

<1% -

<https://www.yumpu.com/id/document/view/9496136/sintesis-dan-karakterisasi-senyawa-kompleks-nikelii-its>