

EFEKTIVITAS PENGGUNAAN KAPUR TOHOR DALAM MENETRALISASI AIR ASAM TAMBANG DI PT BUMI MERAPI ENERGI

Rodiyah Nursani

Fakultas Teknik Universitas Prabumulih

rodiyahnursani@gmail.com

Abstrak

Air asam tambang (AAT) merupakan salah satu permasalahan utama dalam kegiatan pertambangan batubara yang dapat mencemari sumber daya air dan merusak ekosistem akuatik. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi efektivitas penggunaan kapur tohor (CaO) dalam menetralisasi AAT di kolam pengendapan lumpur (KPL) PT Bumi Merapi Energi, serta menentukan dosis optimal yang diperlukan. Penelitian dilakukan melalui eksperimen lapangan dengan pendekatan kuantitatif. Proses netralisasi dilakukan dengan menambahkan kapur tohor ke dalam kolam pengendapan secara bertahap. Pengukuran pH dilakukan pada titik inlet dan outlet kolam sebelum dan sesudah perlakuan menggunakan pH meter digital. Hasil menunjukkan bahwa penambahan kapur tohor sebanyak 0,4 m³ mampu meningkatkan pH air dari 5,8 menjadi 6,4, mendekati batas netral (pH 7). Perhitungan kebutuhan bahan menunjukkan bahwa sekitar 2.400 kg kapur tohor diperlukan untuk menetralkan AAT dengan volume 3.000.000 liter. Temuan ini mengindikasikan bahwa kapur tohor merupakan agen netralisasi yang efektif dan dapat diterapkan sebagai bagian dari strategi pengelolaan limbah tambang yang berkelanjutan. Untuk pengembangan lebih lanjut, disarankan dilakukan pengujian terhadap parameter kualitas air lainnya seperti logam berat dan total suspended solid (TSS), serta implementasi pada skala operasional yang lebih besar guna memperoleh hasil yang lebih representatif dan aplikatif.

Kata Kunci: air asam tambang, kapur tohor, netralisasi, pH, kolam pengendapan lumpur.

Abstract

Acid mine drainage (AMD) is one of the major environmental issues commonly associated with coal mining activities, as it can contaminate water resources and severely impact aquatic ecosystems. This study aims to evaluate the effectiveness of quicklime (CaO) in neutralizing AMD in the sedimentation pond (KPL) at PT Bumi Merapi Energi and to determine the optimal dosage required. The research was conducted through a field-based experiment using a quantitative approach. The neutralization process involved the gradual addition of quicklime into the sedimentation pond. pH measurements were taken at the inlet and outlet points before and after treatment using a digital pH meter. The results showed that the addition of 0.4 m³ of quicklime increased the water pH from 5.8 to 6.4, approaching a neutral level (pH 7). Based on material requirement calculations, approximately 2,400 kg of quicklime is needed to neutralize 3,000,000 liters of AMD. These findings indicate that quicklime is an effective neutralizing agent and can be integrated as part of a sustainable mine waste management strategy. For further development, it is recommended that future studies evaluate the effects of quicklime treatment on other water quality parameters, such as heavy metals and total suspended solids (TSS), and conduct trials on a larger operational scale to obtain more comprehensive and applicable results.

Keywords: acid mine drainage, quicklime, neutralization, pH, sedimentation pond.

PENDAHULUAN

Batubara merupakan salah satu sumber energi fosil utama yang masih banyak digunakan dalam berbagai sektor, mulai dari pembangkit listrik, industri manufaktur, hingga kebutuhan rumah tangga. Sebagai hasil dari proses geologis jangka panjang terhadap sisa-sisa tumbuhan, batubara memiliki nilai kalor tinggi dan daya guna yang luas (Sukandarrumidi, 2009). Di Indonesia, batubara menjadi komoditas andalan dengan cadangan terbukti mencapai 38,84 miliar ton, tersebar terutama di wilayah Sumatera dan Kalimantan. Tingginya permintaan global

terhadap batubara mendorong peningkatan produksi di dalam negeri, termasuk optimalisasi kegiatan penambangan dan pengelolaan pascatambang.

Namun demikian, kegiatan penambangan batubara tidak terlepas dari potensi menimbulkan dampak lingkungan yang cukup signifikan. Salah satu permasalahan yang kerap terjadi adalah terbentuknya air asam tambang (AAT), yaitu air yang bersifat sangat asam akibat oksidasi mineral sulfida ketika terpapar udara dan air. AAT dapat mengganggu keseimbangan ekosistem, menurunkan kualitas air permukaan dan tanah, serta menyebabkan korosi pada peralatan tambang (Baiquni,

2007). United Nations Environment Programme (UNEP, 1999) juga mencatat bahwa air asam tambang merupakan salah satu bentuk pencemaran serius yang dihasilkan dari aktivitas pertambangan.

Berbagai penelitian sebelumnya telah mengkaji metode pengendalian AAT, baik melalui pendekatan alami seperti fitoremediasi dan kolam sedimentasi, maupun melalui intervensi kimiawi. Di antara metode tersebut, penggunaan bahan alkali seperti kapur tohor (CaO) menjadi salah satu alternatif yang banyak diterapkan karena kemampuannya dalam menaikkan pH air secara cepat. Beberapa studi menunjukkan efektivitas kapur tohor dalam menetralkan AAT dalam skala laboratorium dan sistem buatan. Meskipun demikian, penerapannya di lokasi tambang aktif masih memerlukan verifikasi lebih lanjut, khususnya dalam konteks pengelolaan kolam pengendapan yang memiliki karakteristik lokasi, volume air, dan kandungan kimia berbeda.

PT Bumi Merapi Energi merupakan salah satu perusahaan yang bergerak di bidang pertambangan batubara dan berkomitmen menjalankan operasional secara berwawasan lingkungan. Berlokasi di Kecamatan Merapi Barat, Kabupaten Lahat, Sumatera Selatan, perusahaan ini mengelola wilayah seluas ± 1.851 hektar, termasuk area stockpile, infrastruktur tambang, serta jalur angkut batubara dengan kapasitas produksi mencapai 1.500.000 MT per tahun. Dalam proses penimbunan batubara, beberapa permasalahan kerap muncul, antara lain risiko swabakar akibat penimbunan yang terlalu lama serta genangan air asam yang terbentuk terutama di musim hujan. Kondisi tersebut dapat menghambat proses operasional serta menimbulkan potensi pencemaran lingkungan di sekitar area tambang. Oleh karena itu, perlu dilakukan kajian empiris mengenai penanganan air asam tambang secara langsung di lokasi tambang aktif. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi efektivitas penggunaan kapur tohor dalam menaikkan pH air asam tambang di kolam pengendapan milik PT Bumi Merapi Energi. Melalui pendekatan ini, diharapkan dapat diperoleh data yang relevan dalam rangka mendukung pengelolaan lingkungan tambang yang lebih berkelanjutan serta memenuhi ketentuan baku mutu air sebelum dialirkan ke lingkungan.

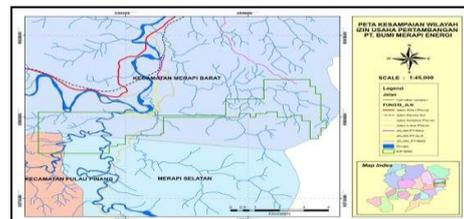
METODE

Penelitian ini merupakan penelitian dengan metode kuantitatif yang mengacu kepada penelitian eksperimen dimana menurut Sutrisno Badri (2012) metodologi penelitian kuantitatif mulai dengan menetapkan objek studi yang spesifik, dieliminasi dari totalitas menjadi eksplisit dan jelas objek studinya. Setelah itu disusun kerangka teori sesuai dengan objek studi spesifiknya.

Oleh karena itu dapat dihasilkan hipotesis atau problematik penilaian, instrumen, teknik sampling serta teknik analisisnya pengumpulan data.

PT Bumi Merapi Energi sendiri muncul sebagai salah satu perusahaan pertambangan batubara yang berkomitmen untuk melaksanakan operasional pertambangan yang *green* dan terus berorientasi pada perbaikan ekosistem lingkungan di sekitarnya. Berlokasi di Kecamatan Merapi Barat, PT Bumi Merapi Energi memiliki luas area ± 1851 Ha termasuk area Stockpile, infrastruktur dan jalan angkut batubara berikut fasilitas pendukung lainnya dengan kapasitas produksi per tahunnya mencapai 1.500.000 MT. Batubara yang akan didistribusikan melalui truk angkut batubara bermuatan 30 MT menuju *Intermediate stockpile* di daerah Rapen dan akan dimuat menuju St. Banjarsari. Kemudian batubara akan diangkut menggunakan jalur kereta api menuju Port PT RMK Palembang.

Lokasi kegiatan operasi produksi dan wilayah pertambangan PT Bumi Merapi Energi secara administratif termasuk Kecamatan Merapi Barat, Kabupaten Lahat, Propinsi Sumatera Selatan. Lokasi Tambang PT Bumi Merapi Energi terbagi menjadi 2 blok yaitu Blok Kungkulan di sebelah Timur dan Blok Serelo di sebelah Barat.



Gambar 1. Peta Lokasi Kegiatan Penelitian

Untuk mencapai lokasi IUP Operasi Produksi PT Bumi Merapi Energi dapat di tempuh melalui:

- Dari Palembang, dengan naik kendaraan roda empat selama $\pm 6-8$ jam ke Kabupaten Lahat. Dari Kabupaten Lahat (Kota Lahat) dilanjutkan naik kendaraan roda empat menuju jalan hauling PT Bara Alam Utama untuk Blok Serelo selama $\pm 30-35$ menit dengan jarak tempuh ± 19.4 km dan jalan hauling PT Muara Alam Sejahtera untuk Blok Kungkulan selama $\pm 30-45$ menit dengan jarak tempuh ± 27.31 km.
- Dari Lampung, dengan naik kendaraan roda empat selama ± 12 jam ke Kabupaten Lahat. Dari Kabupaten Lahat (Kota Lahat) dilanjutkan naik kendaraan roda empat menuju jalan hauling PT Bara Alam Utama untuk Blok Serelo selama $\pm 30 - 35$ menit dengan jarak tempuh ± 19.4 km dan jalan hauling PT Muara Alam Sejahtera untuk Blok Kungkulan selama $\pm 30 - 45$ menit dengan jarak tempuh ± 27.31 km.

- Dari Bengkulu, dengan naik kendaraan roda empat selama $\pm 8 - 10$ jam ke Kabupaten Lahat. Kemudian dilanjutkan naik kendaraan roda empat menuju jalan hauling PT Bara Alam Utama untuk Blok Serelo selama $\pm 30 - 35$ menit dengan jarak 19,4 km dan jalan hauling PT Muara Alam Sejahtera untuk Blok Kungkulan selama $\pm 30 - 45$ menit dengan jarak tempuh 27,31 km

Penelitian yang dilaksanakan di PT Bumi Merapi Energi Kelurahan Gunung Gajah Kecamatan Merapi Barat Kabupaten Lahat Sumatera Selatan ini membutuhkan waktu selama kurang lebih tiga bulan, dimulai dari persiapan sampai dengan penyusunan laporan akhir penelitian.

Jenis dan sumber data yang diperlukan pada penelitian ini mencakup data primer dan data sekunder. Data primer yang dikumpulkan meliputi pH air asam tambang di inlet (tempat masuk) dan outlet (tempat keluar), debit air yang masuk ke Kolam Pengendapan Limbah (KPL), dosis kapur tohor yang digunakan, serta dimensi dari KPL itu sendiri. Sementara itu, data sekunder yang dibutuhkan terdiri atas curah hujan di wilayah penelitian, peta topografi area tambang, dan informasi mengenai kesampaian daerah atau tingkat keterjangkauan lokasi.

Iklim di lokasi penambangan sama dengan iklim di Indonesia pada umumnya yaitu iklim tropis yang terbagi dalam dua musim diantaranya musim hujan dan musim kemarau. Data cuaca pada tahun 2010 menunjukkan curah hujan rata - rata adalah 263,167 mm pertahun dengan suhu udara 21,73 °C sampai dengan 32,39 °C. Kelembaban udara rata – rata mencapai 80,34 % dengan rata – rata penguapan 2,17 MW.

HASIL PENELITIAN

Pengelolaan air asam tambang perlu dilakukan sebelum air tersebut dibuang atau dialirkan ke badan air, air yang di buang badan air harus dalam keadaan netral atau bisa dibilang memiliki pH yang berada di antara 6-9. Sehingga nantinya tidak mencemari perairan yang berada di sekitar lokasi tambang, agar masyarakat sekitarmasih bisa menggunakan air yang berasal dari perairan/badan air/sungai. Pengelolaan air asam tambang dapat dilakukan dengan cara penetralan pH dan penjernihan air. Proses pengelolaan air asam tambang menggunakan bahan kimia, untuk penetralan air asam tambang bisa menggunakan kapur dan tawas, untuk menaikkan pH air menggunakan kapur sedangkan untuk penjernihan air menggunakan tawas. Penggunaan kapur dan tawas dilakukan setiap hari dan untuk jumlah yang di perlukan sesuai dengan keadaan situasi dan kondisi, jika sering terjadi hujan bisa menambah penggunaan dari

kapur dan tawas. Metode pengelolaan ini bisa disebut adalah *water treatment* merupakan suatu pengolahan air untuk menjernihkan atau menetralkan air yang terkontaminasi menjadi air yang dikategorikan bersih sesuai dengan baku mutu. Fungsi *watertreatment* antara lain yaitu untuk mengolah air asam tambang sesuai dengan baku mutu air limbah yang telah di tetapkan.

Proses pengolahan air asam tambang PT. Bumi Merapi Energi dilakukan di kolam pengendapan lumpur (KPL), dimana PT. Bumi Merapi Energi memiliki 4 kolam pengendapan lumpur dengan luas yang sama. Ukuran setiap kolam pengendapan lumpur PT. Bumi merapi energi dapat dilihat pada Tabel 1 di bawah ini:

Tabel 1. Ukuran Kolam Pengendapan Lumpur PT. Bumi Merapi Energi

No	Kolam Pengendapan Lumpur	Ukuran		
		Panjang	Lebar	Tinggi
1	Kolam 1	20 Meter	15 Meter	10 Meter
2	Kolam 2	20 Meter	15 Meter	10 Meter
3	Kolam 3	20 Meter	15 Meter	10 Meter
4	Kolam 4	20 Meter	15 Meter	10 Meter

Pengukuran pH air asam tambang di Kolam Pengendapan Limbah (KPL) dilakukan sebagai bagian dari upaya evaluasi kualitas air tambang di PT Bumi Merapi Energi. Berdasarkan hasil penelitian, diperoleh data bahwa nilai pH air asam tambang di saluran inlet berada dalam rentang antara 5,1 hingga 5,9. Nilai tersebut menunjukkan bahwa air di saluran inlet tergolong cukup asam, yang mengindikasikan adanya proses oksidasi senyawa sulfur di lingkungan tambang. Selain pengukuran pada saluran inlet, penelitian ini juga mencatat hasil pengukuran pH di saluran outlet. Di lokasi penelitian, pengapuran dilakukan satu kali setiap bulan, dan proses ini terbukti mampu meningkatkan pH air asam tambang, meskipun kenaikannya bervariasi tergantung pada intensitas hujan dan volume air yang masuk ke dalam sistem pengendapan.

Pembentukan air asam tambang di lokasi ini dapat ditelusuri dari dua sumber utama. Pertama, air yang berasal dari lokasi penambangan, di mana lapisan batuan terbuka akibat pengupasan tanah penutup. Hal ini menyebabkan sulfur dalam batubara teroksidasi dan bereaksi dengan air, membentuk senyawa asam. Kedua, air dari lokasi penimbunan batubara juga berkontribusi terhadap terbentuknya air asam tambang. Hal ini disebabkan oleh kontak langsung batubara dengan udara bebas yang kemudian mengalami pelarutan akibat air

hujan. Proses ini erat kaitannya dengan kandungan sulfur dan mineral pengotor berupa mineral sulfida seperti pirit dalam batubara, yang merupakan sumber utama terbentuknya air asam tambang di area penimbunan.

Perbandingan Jumlah Kapur dengan Air Asam Tambang

Sebelum menentukan banyak takaran kapur tohor yang akan digunakan di kolam pengendapan lumpur PT. Bumi Merapi energi, maka langkah pertama yang perlu dilakukan kita harus menentukan dosis kapur yang harus kita gunakan untuk dicampurkan dengan air asam tambang. sehingga dihasilkan pH yang normal. Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, maka diperoleh dosis kapur tohor yang optimal dalam penetralan air asam tambang, yang dapat dilihat pada Tabel berikut ini.

Tabel 2. Data Hasil Pengujian Air Asam Tambang sebanyak 1 liter dengan Penambahan Kapur Tohor

Berat Kapur M ³	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5
pH Awal	5,4	5,7	5,8	5,8	5,7
pH Akhir	6,28	6,4	6,09	6,4	6,4

Berdasarkan tabel 1 menunjukkan bahwa penambahan kapur tohor sebanyak 0,4 M³ memberikan peningkatan terhadap pH air yang di uji, pH akhir yang didapat dengan penambahan kapur sebanyak 0,4 M³ yaitu menghasilkan pH sebesar 6,4 sehingga hasil tersebut mendekati pH normal.

Jumlah Penggunaan Kapur Tohor Untuk Menetralkan AAT di PT Bumi Merapi Energi

Setelah mendapatkan dosis kapur yang optimal, maka kita bisa menentukan banyak kapur tohor yang harus digunakan di lapangan, maka langkah pertama yang harus kita tentukan adalah mengukur volume air kolam. Berdasarkan hasil penelitian di lapangan diketahui luas kolam pengendap lumpur (KPL) dengan luas rata-rata dari ke empat kolam yaitu 20 meter x 15 meter x 10 meter. Untuk menghitung volume air yang berada di KPL dapat menggunakan rumus dibawah ini:

$$\text{Volume Air} = P \times L \times T$$

Keterangan

P (Panjang) 20 Meter = 2000 CM L

(Lebar) 15 Meter = 1500 CM T

(Tinggi) 10 Meter = 1000 CM

Dosis Kapur = 0,8 Gram/Liter

Penyelesaian

$$\text{Volume Air} = P \times L \times T$$

$$\text{Volume Air} = 2000 \times 1500 \times 1000$$

$$\text{Volume Air} = 3.000.000.000 \text{ cm}^3 = 3.000.000 \text{ dm}^3$$

$$\text{Volume Air} = 3.000.000 \text{ liter}$$

$$= 3.000.000 \times 0,8$$

$$= 2.400.000$$

$$= 2.400 \text{ kg kapur}$$

Jadi kesimpulannya untuk menetralkan pH air bekas penambangan dalam 1 kolam pengendap lumpur dengan spesifikasi kolam yang telah tertera yaitu dibutuhkan 2.400 kg kapur agar bisa menetralkan air yang berada di kolam pengendap lumpur tersebut

PEMBAHASAN

Penentuan dosis kapur tohor (CaO) yang optimal merupakan aspek penting dalam proses netralisasi air asam tambang (AAT), karena berpengaruh langsung terhadap efektivitas pengendalian keasaman air. Berdasarkan hasil uji laboratorium yang dilakukan terhadap 1 liter sampel AAT, ditemukan bahwa penambahan kapur tohor sebesar 0,4 gram menghasilkan pH akhir sebesar 6,4. Nilai ini menunjukkan bahwa kapur tohor pada dosis tersebut mampu meningkatkan pH mendekati kondisi netral (pH 7), yang menandakan keberhasilan proses netralisasi secara kimiawi.

Temuan ini sejalan dengan hasil penelitian oleh Pratama et al. (2020), yang menunjukkan bahwa efektivitas kapur tohor dalam menaikkan pH air tambang sangat dipengaruhi oleh dosis pemberian serta karakteristik awal air, seperti konsentrasi ion logam dan kandungan sulfat. Dalam penelitian tersebut, penggunaan kapur tohor terbukti mampu menaikkan pH secara signifikan dalam berbagai variasi kondisi air tambang, terutama jika digunakan pada dosis yang sesuai dengan tingkat keasaman awal. Selain itu, Sitorus dan Anggraini (2021) menambahkan bahwa reaksi kapur tohor dengan ion H⁺ dalam air menghasilkan ion kalsium (Ca²⁺) dan air (H₂O), yang secara langsung mengurangi keasaman dan meningkatkan pH.

Lebih lanjut, studi oleh Wahyuni et al. (2019) menekankan pentingnya penyesuaian dosis kapur dalam skala lapangan karena kondisi lingkungan yang lebih kompleks. Dalam konteks ini, hasil perhitungan kebutuhan kapur di kolam pengendapan lumpur (KPL) PT Bumi Merapi Energi, yang memiliki volume ±3.000.000 liter, menunjukkan bahwa dengan dosis 0,8 gram/liter (hasil uji laboratorium), diperlukan sekitar 2.400 kg kapur untuk menetralkan seluruh AAT yang ada. Hasil ini memperkuat pendekatan yang digunakan oleh Wahyuni et al., yaitu penggabungan data laboratorium dengan data lapangan untuk memperkirakan kebutuhan bahan netralisasi secara realistis.

Kesesuaian hasil ini juga mendukung prinsip-prinsip pengelolaan lingkungan tambang yang berkelanjutan. Prabowo et al. (2022) dalam studi mereka menegaskan bahwa efisiensi penggunaan bahan kimia dalam mitigasi pencemaran air tambang tidak hanya mengurangi dampak lingkungan, tetapi juga berdampak pada penghematan biaya operasional. Oleh karena itu, pemilihan dosis yang tepat tidak hanya penting untuk efektivitas netralisasi, tetapi juga untuk mencegah kelebihan kapur yang dapat memicu peningkatan Total Suspended Solids (TSS) di perairan tambang.

Dengan demikian, hasil penelitian ini memperkuat temuan-temuan sebelumnya dan memberikan kontribusi empiris dalam penerapan kapur tohor sebagai agen netralisasi AAT di lingkungan tambang aktif, khususnya dengan mempertimbangkan aspek teknis dan keberlanjutan.

SIMPULAN DAN SARAN

Penambahan kapur tohor (CaO) efektif dalam menetralisir air asam tambang (AAT) di PT. Bumi Merapi Energi. Dosis optimal sebesar 0,4 m³ per liter mampu meningkatkan pH air dari 5,4 menjadi 6,4. Untuk kolam pengendapan berkapasitas 3.000.000 liter, dibutuhkan sekitar 2.400 kg kapur tohor guna mencapai pH mendekati netral.

Untuk peneliti selanjutnya, disarankan agar melakukan kajian lebih mendalam terhadap variabel lain yang dapat memengaruhi efektivitas netralisasi air asam tambang, seperti suhu, waktu kontak antara kapur tohor dan air, serta jenis dan bentuk kapur yang digunakan. Penelitian juga dapat diperluas dengan membandingkan efektivitas bahan netralisasi lainnya, baik yang berasal dari sumber alami maupun limbah industri yang telah dimanfaatkan ulang.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih penulis sampaikan kepada PT. Bumi Merapi Energi yang telah memberikan izin, data, serta akses lokasi untuk pelaksanaan penelitian ini. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada pihak laboratorium dan tim teknis yang telah membantu dalam proses pengambilan dan analisis sampel.

REFERENSI

Fathmaulida, A. 2013 'Faktor-Faktor yang Berhubungan dengan Gangguan Fungsi Paru pada Pekerja Pengolahan Batu Kapur di Desa Tamansari Kabupaten Karawang Tahun 2013'.
Yulaekah, S. 2007. Paparan Debu Terhirup dan Gangguan Fungsi Paru pada Pekerja Industri Batu Kapur (Studi di Desa Mrisi Kecamatan Tanggungharjo Kabupaten Grobogan. Tesis.

Program Pasca Sarjana Universitas Diponegoro Semarang.
Arifin, M. 2010. Kajian Sifat Fisik Tanah dan Berbagai Penggunaan Lahan dalam Hubungannya dengan Pendugaan Erosi Tanah. Jurnal Pertanian MAPETA UPN: Jawa Timur. Halaman 144.
Oates, J.A.H., "Lime and Limestone", Wiley-VCH Verlag GmbH, Germany, 1998.
Oates, Joseph A H. 2008. Lime and Limestone: Chemistry and Technology, Production and Uses. John Wiley & Sons.
Boggs, Jr., 2009. "Petrology of Sedimentary Rocks", Second Edition, Cambridge University Press. New York
Smith, Gilbert M. 1955. Cryptogamic Botany volume II – Bryophytes and Pteridophytes. Tokyo: Kogakusha Company, LTD.
Fellows PJ. 1990. Food Processing Technology: Principle and Practice. England: Ellis Horwood Limited.
Margareta, Mailinda Ayu Hana, Abdulloh Fuad, Siti Alfiah Ilmiawati, and Surjani Wonorahardjo. 2015. "Sintesa Hydroxyapatite (Ca₁₀ (PO₄)₆ (OH)₂) Berbasis Batu Kapur." Jurnal Penelitian Fisika dan Aplikasinya (JPFA) 5(1): 15–20.
Saleh, Lalu Muhammad, and Atjo Wahyu. 2019. K3 Pertambangan Kajian Keselamatan Dan Kesehatan Kerja Sektor Pertambangan. Deepublish
Waltham, Tony. 2002. Foundations of Engineering Geology. CRC Press.
Sucipto, Edy. 2007. "Hubungan Pemaparan Partikel Debu Pada Pengolahan Batu Kapur Terhadap Penurunan Kapasitas Fungsi Paru (Studi Kasus Di Desa Karangdawa, Kecamatan Margasari, Kabupaten Tegal)(The Relationship Between Dust Particle Exposure of Limestone Processing Industry An."
Sukirman, S. (2003). Beton Aspal Campuran Panas. Bandung. Yayasan Obor Indonesia
Taggart Arthur F., 1944, Handboof of Mineral Dressing, Wiley-Interscience Publication, New York.
Surya Yudhantara R. (2018). Sinopsis Skizofrenia (Definisi Skizofrenia). In E.Book.
Yudhantara, D. S., & Istiqomah, R. (2018). Sinopsis Skizofrenia untuk Mahasiswa Kedokteran. Malang: UB Press.
Prodjosumarto, Partanto., 1993, "Pemindahan Tanah Mekanis", Jurusan Teknik Pertambangan, Institut Teknologi Bandung.
Harris, J.W., Stocker, H., 1998, "Handbook of Mathemaitcs and Computational Science", Springer, New York.
Kulinowski, Piotr., Kasza, Piotr., 2007, "Belt Conveyors for Bulk Materials Calculations by CEMA 5th Edition, Departement of Mining, Dressing and Transport Machines AGH, Poland.