

SRATEGI MANAJEMEN POTENSI AIR ASAM TAMBANG DI PT PASIR WALANNAE KABUPATEN BONE SULAWESI SELATAN

Muh. Fahrullah*¹, Tri Andriyani HS Kandora², Ervina³

^{1,2}Institut Teknologi dan Bisnis Nobel Indonesia;

³Jurusan Teknik Pertambangan, ITB Nobel Indonesia Makassar

e-mail: *trykandora@gmail.com

Abstrak

Hubungan antara kegiatan penambangan dengan lingkungan selalu menjadi isu hangat hingga saat ini. Salah satu bagian yang menjadi perhatian adalah adanya pencemaran air yang disebabkan oleh kegiatan penambangan. Lokasi penelitian yaitu PT Pasir Walannae yang merupakan perusahaan tambang batubara saat ini tidak beroperasi dan menghasilkan bekas penambangan yang belum dilakukan *treatment* dan terdapat adanya air asam tambang hasil dari galian penambangan. Berdasarkan hal tersebut maka penelitian ini dilakukan dengan tujuan penelitian menganalisis karakteristik dari air asam tambang dan penanganan yang tepat dalam mengurangi dampak di daerah penelitian PT Pasir Walannae Lamuru Kabupaten Bone Provinsi Sulawesi Selatan. Kesimpulan dari penelitian ini yaitu berdasarkan sifat fisika dan sifat kimia air asam tambang dilokasi penelitian telah melebihi batas baku mutu lingkungan berdasarkan acuan Baku Mutu Lingkungan Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 2 Tahun 2023 Tentang Kesehatan Lingkungan air pada lubang bekas penambangan batubara dikategorikan sebagai air yang tercemar atau sebagai air asam tambang

Kata kunci : air asam tambang, BML, batubara, kadar unsur, sifat fisika, dan sifat kimia.

Abstract

The relationship between mining activities and the environment has always been a hot issue until now. One area of concern is water pollution caused by mining activities. The research location is PT Pasir Walannae, which is a coal mining company that is currently not operating and produces mining waste that has not been treated and there is acid mine water resulting from mining excavations. Based on this, this research was carried out by analyzing the characteristics of acid mine drainage and appropriate handling in reducing the impact in the PT Pasir Walannae Lamuru research area, Bone Regency, South Sulawesi Province. Physical properties and chemical properties that exceed environmental quality standard limits based on Environmental Quality Standards Regulation of the Minister of Health of the Republic of Indonesia Number 2 of 2023 concerning Environmental Health, water in former coal mining pits is categorized as polluted water or as acid mine water

Keywords : acid mine drainage, BML, coal, element content, physical properties and chemical properties

PENDAHULUAN

Hubungan antara kegiatan penambangan dengan lingkungan selalu menjadi isu hangat hingga saat ini (Fajrin, 2011). Salah satu bagian yang menjadi perhatian adalah adanya pencemaran air yang disebabkan oleh kegiatan penambangan umumnya tambang terbuka, mengakibatkan banyak dampak terhadap lingkungan (Hidayat, 2017). Lubang-lubang besar yang terbentuk serta rona lingkungan sekitarnya yang terganggu perlu dikelola dengan baik dan benar agar tidak membahayakan lingkungan sekitar (Arif, 2014).

Lapisan batuan pengapit baik lapisan yang berada di atas batubara (*roof*) maupun lapisan yang berada di bawahnya (*floor*) harus disingkirkan kemudian ditimbun ditempat penimbunan (*disposal area*) atau langsung digunakan untuk penutupan kembali area bekas tambang (Speight, 2015). Kedua material tersebut dapat mengandung mineral yang mengandung sulfur, terutama besi sulfida (FeS) sebagai pirit, sehingga ketika terpapar

udara dan air akan menghasilkan air yang bersifat asam dari asam sulfat sebagai hasil reaksi oksidasi senyawa sulfida yang dibantu oleh aktifitas mikroba (Gautama, 2014).

Tingkat keasaman air tambang yang ditimbulkan dari penimbunan buangan sangat bervariasi tergantung pada jumlah dan jenis mineral serta teknik penimbunannya (Hamdani, 2011). Lokasi penelitian yaitu PT Pasir Walannae yang merupakan perusahaan tambang batubara saat ini tidak beroperasi dan menghasilkan bekas penambangan yang belum dilakukan *treatment* atau reklamasi khusus. *Stockpile* batubara masih ditemukan di lokasi penelitian dan terdapat adanya air asam tambang hasil dari galian penambangan, sehingga seiring waktu hal tersebut akan merugikan masyarakat yaitu salah satunya terjadinya pencemaran air yang digunakan sebagai drainase ke lahan pertanian dan pemukiman masyarakat. Berdasarkan hal tersebut maka penelitian ini dilakukan dengan menganalisis karakteristik dari air asam tambang di PT Pasir Walannae Lamuru Kabupaten Bone Provinsi Sulawesi Selatan

METODE PENELITIAN

Tahap Pendahuluan

Tahap ini merupakan persiapan awal yang dilakukan sebelum penelitian dengan tujuan mempersiapkan segala sesuatu yang berkaitan dengan penelitian yang akan dilaksanakan yaitu persiapan administrasi, studi pustaka dengan mempelajari berbagai referensi.

Tahap Pengambilan Data

Data yang diperoleh terdiri atas data primer yang digunakan dalam penelitian yaitu dokumentasi, kegiatan ini dilakukan dengan mengambil gambar yang berkaitan dengan kegiatan pengambilan sampel air. Analisis air asam tambang, kegiatan ini dilakukan dengan melakukan analisis laboratorium terhadap sampel air untuk diketahui karakteristiknya menggunakan parameter sifat fisik yaitu pH, ORP, TDS dan Kekeruhan, serta sifat kimia air yaitu kadar unsur SO₄ (Sulfat), Fe (Besi), Mn (Mangan), dan Cd (Cadmium) (Wijayanti, 2011). Data sekunder yang didapatkan dari penelitian ini terdiri dari peta lokasi penelitian digunakan sebagai acuan tempat dilakukannya penelitian.

Teknik Pengambilan Data

Kegiatan ini dilakukan dengan melihat kondisi lapangan, dilakukan di area bekas penambangan batubara tepatnya di PT Pasir Walannae Desa Lamuru Kabupaten Bone Provinsi Sulawesi Selatan. Mengamati singkapan batubara dan beberapa genangan air yang diindikasikan terbentuknya air asam bekas penambangan, serta melihat kondisi tata guna lahan dari lokasi penelitian yang kemungkinan berdampak air asam bekas penambangan (Zakri, 2021). Pengumpulan data lapangan berupa sampel air yang diambil sebanyak 1 (satu) sampel pada lokasi yang terdapat indikasi air asam tambang. Hasil pengambilan sampel kemudian dilakukan pengujian untuk dapat diketahui nilai dari pH air, ORP, TDS, dan Kekeruhan air, serta kadar unsur SO₄ (Sulfat), Fe (Besi), Mn (Mangan), dan Cd (Cadmium).

Tahap Pengolahan dan Analisis Data

Analisis yang dilakukan yaitu sifat fisik dan kimia air untuk mengetahui kualitas air berdasarkan Baku Mutu Lingkungan Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 2 Tahun 2023 Tentang Kesehatan Lingkungan (BPLH, 2005). Analisis sifat fisika air, kegiatan ini dilakukan dengan menganalisis sampel air dengan menggunakan alat *intelligent meter* untuk mengetahui nilai pH, ORP, TDS dan Kekeruhan sampel air.

Analisis sifat kimia air, kegiatan ini dilakukan dengan menganalisis sampel air dengan menggunakan metode analisis AAS (*Atomic Absorption Spectrophotometer*) untuk mengetahui kadar unsur SO_4 (Sulfat), Fe (Besi), Mn (Mangan), dan Cd (Cadmium) (Tuheteru, 2018).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

Kondisi Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian berada di Desa Lamuru Kabupaten Bone Provinsi Sulawesi Selatan, tepatnya merupakan daerah penambangan batubara oleh PT Pasir Walannae yang saat ini telah berhenti beroperasi. Lokasi bekas penambangan batubara ini meninggalkan beberapa lubang bekas galian, salah satu lubang bekas galian tersebut terisi air dengan kenampakan berwarna kuning kecoklatan dicirikan sebagai air asam tambang. Gambar 1 memperlihatkan lubang bekas galian penambangan batubara.



Gambar 1 Lubang bekas galian penambangan batubara

Kegiatan penelitian ini mengambil 1 (satu) sampel air yang berada di lubang bekas penambangan tersebut. Sampel yang diambil sebanyak 5 L (liter) untuk dilakukan analisis laboratorium. Analisis tersebut meliputi analisis sifat fisika dan sifat kimia air, terdiri dari nilai pH, ORP, TDS dan TSS air (sifat fisika), dan nilai kadar unsur SO_4 (Sulfat), Fe (Besi), Mn (Mangan), dan Cd (Cadmium) menggunakan metode analisis AAS (*Atomic Absorption Spectrophotometer*). Gambar 2 memperlihatkan sampel air yang digunakan dalam penelitian.



Gambar 2. Sampel analisis karakteristik air asam tambang

Hasil Pengujian Laboratorium

Analisis karakteristik dari air asam tambang pada lubang bekas tambang batubara dilakukan untuk mengetahui karakteristik air asam batubara yang berada dalam bekas tambang batubara. Air yang dihasilkan berasal dari limpasan air hujan yang membawa partikel-partikel halus batubara dan terjadi oksidasi, sehingga membentuk air asam tambang dalam 1 (satu) lubang bekas penambangan tersebut (Supartiwi, 2000). Analisis air asam di lubang bekas tambang batubara dilakukan pada 1 (satu) lubang yang terdapat genangan air berwarna kuning kecoklatan, dicirikan sebagai air asam tambang. Pengujian sampel yang dilakukan di laboratorium meliputi analisis sifat fisika dan sifat kimia air. Sifat fisika terdiri dari nilai pH, ORP, TDS dan TSS air, sedangkan sifat kimia terdiri dari nilai kadar unsur SO_4 (Sulfat), Fe (Besi), Mn (Mangan), dan Cd (Cadmium).

Hasil Analisis Sifat Fisika Air

Sampel yang diperoleh dari lokasi penelitian, kemudian dilakukan analisis sifat fisika meliputi nilai nilai pH, ORP, TDS dan Kekeruhan air. Kegiatan analisis laboratorium dilakukan di laboratorium lingkungan tambang Teknik Pertambangan Universitas Muslim Indonesia. Gambar 3 memperlihatkan kegiatan analisis sifat fisika di laboratorium.



Gambar 3. Kegiatan analisis laboratorium sifat fisika sampel air asam tambang

Setelah dilakukan pengujian laboratorium untuk analisis sifat fisik, diperoleh hasil analisis dan disesuaikan berdasarkan Baku Mutu Lingkungan Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 2 Tahun 2023 Tentang Kesehatan Lingkungan. sebagai berikut pada Tabel 1.

Tabel 1 Hasil pengujian sifat fisika sampel air

No	Parameter	Satuan	Hasil Pengujian			Nilai rata-rata	BML
			1	2	3		
1	pH	-	3,4	2,9	3,1	3,1	6-8
2	ORP	mV	719	711	721	717	720
3	TDS	mg/l	2064	2107	2060	2077	1000
4	Kekeruhan	NTU	250	250	250	250	3

Nilai pH

Nilai pH atau derajat keasaman menunjukkan kadar asam atau basa di dalam suatu larutan, yang diukur dengan skala mulai dari 0 sampai 14. Umumnya air memiliki pH netral 6 sampai 8. Air dengan $\text{pH} \leq 6$ memiliki sifat asam dan air dengan $\text{pH} \geq 8$ memiliki sifat basa (Syaukani, 2016). Hasil pengujian laboratorium menunjukkan nilai pH yang di uji sebanyak 3x untuk mendapatkan hasil yang maksimal yaitu sebesar 3,1. Nilai pH tersebut tidak mencapai baku mutu lingkungan yaitu 6-8, sehingga diketahui nilai pH sampel air termasuk dalam kategori air asam dengan pH 3,1.

Nilai ORP

Kapasitas sistem air untuk melepaskan atau memperoleh elektron dari reaksi kimia diukur dengan potensial reduksi oksidasi (ORP, juga dikenal sebagai potensial redoks). Pengukuran ORP seringkali bergantung pada pH. pH rendah menghasilkan nilai ORP yang tinggi (+), dan apabila pH tinggi menghasilkan nilai ORP yang rendah (-). Hasil pengujian laboratorium menunjukkan nilai ORP yang di uji sebanyak 3x untuk mendapatkan hasil yang maksimal yaitu sebesar 717 mV. Nilai ORP tersebut tidak mencapai baku mutu lingkungan yaitu 720 mV, tetapi dalam kategori ini nilai ORP dapat dikatakan cukup mencapai baku mutu lingkungan karena nilai selisih nya yang sangat sedikit mencapai baku mutu lingkungan dan dibuktikan dari beberapa pengujian ke 3 bahwa nilai ORP telah melebihi 1 poin dari baku mutunya yaitu 721 mV. Sehingga diketahui nilai ORP sampel air tepat pada baku mutu lingkungan.

Nilai TDS

Zat padat terlarut / *total dissolved solid* (TDS) adalah jumlah padatan terlarut dalam bentuk ion organik, senyawa, dan koloid dalam air. Konsentrasi TDS terionisasi dalam cairan mempengaruhi kekeruhan dari air. TDS menunjukkan jumlah padatan logam yang terlarut pada air, semakin rendah nilai TDS maka kualitas akan baik. Berdasarkan hasil pengujian nilai TDS diperoleh sebesar 2077 mg/l, setelah dilakukan pengujian sebanyak 3x untuk mendapatkan hasil yang maksimal. Standar baku mutu lingkungan TDS yaitu sebesar 1000 mg/l, sehingga diketahui bahwa nilai TDS pada sampel air telah melebihi baku mutu lingkungan dan merupakan kualitas air yang tidak baik atau tercemar.

Nilai Kekeruhan

Kekeruhan adalah kondisi air, dimana air mengandung bahan yang tersuspensi atau terlarut yang dapat menghalangi masuknya sinar matahari sehingga jarak pandang di

dalam air menjadi terbatas (untuk melihat kedalaman air semakin dalam akan sulit). Bahan tersuspensi memiliki berbagai ukuran, mulai dari ukuran koloid hingga ukuran agregat kasar. Pengujian laboratorium untuk nilai kekeruhan menggunakan tabel NTU. Hasil pengujian laboratorium menunjukkan nilai kekeruhan yang di uji sebanyak 3x untuk mendapatkan hasil yang maksimal yaitu sebesar 250 berdasarkan tabel NTU. Batas baku mutu lingkungan air bersih yaitu 3 NTU sehingga diketahui bahwa hasil pengujian sampel air telah melebihi tingkat kekeruhan yaitu sebesar 250 dan masuk dalam kategori air yang sangat keruh dan tidak baik untuk dikonsumsi.

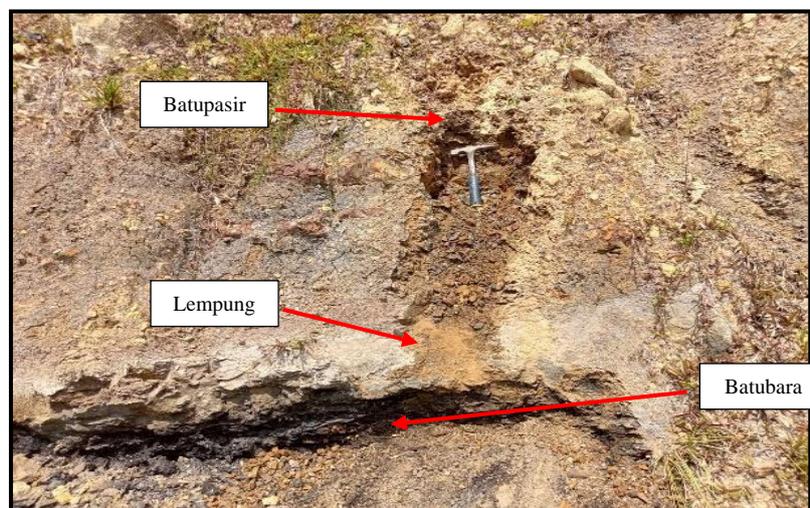
Hasil Analisis Sifat Kimia Air

Analisis parameter kimia sampel air menggunakan metode analisis Spektrometri Serapan Atom (SSA) atau *Atomic Absorption Spectrophotometry* (AAS) digunakan untuk menganalisis konsentrasi kandungan logam dan non logam yaitu kadar unsur SO₄ (Sulfat), Fe (Besi), Mn (Mangan), dan Cd (Cadmium). Tabel 2 memperlihatkan kandungan kadar unsur air pada sampel air .

Tabel 2 Hasil pengujian sifat kimia sampel air

No	Parameter	Satuan	Hasil Pengujian	BML
1	SO ₄	mg/l	71,63	0,1
2	Fe	mg/l	9,46	0,2
3	Mn	mg/l	1,01	0,1
4	Cd	mg/l	<0,01	0,01

Lokasi penelitian ditemukan beberapa litologi batuan yaitu batupasir, batulempung, dan batubara dengan penyebaran yang luas. Gambar 4 memperlihatkan singkapan yang terdiri dari beberapa litologi.



Gambar 4. Litologi daerah penelitian

Salah satu parameter kualitas batubara adalah sulfur, dalam batubara terdapat kandungan sulfur. Sulfur dapat berbentuk pirit sebagai S₂ dan sulfat sebagai SO₄. Unsur

sulfat SO_4 merupakan *mayor element* pada air, *mayor element* bersifat sangat konservatif atau keberadaanya sangat stabil dalam air, apabila mengalami oksidasi maka akan bereaksi dengan unsur lainnya, sehingga unsur sulfat SO_4 dapat membentuk air asam. Hasil pengujian kadar unsur SO_4 menunjukkan nilai sebesar 71,63 mg/l dan telah melebihi batas baku mutu lingkungan yaitu sebesar 0,1 mg/l. Sehingga diketahui bahwa air pada lubang bekas tambang batubara termasuk dalam kategori air asam tambang dicirikan dengan unsur SO_4 yang tinggi.

Besi (Fe) adalah logam yang mungkin terdapat di perairan dan sedimen dengan konsentrasi yang tinggi. Hasil analisis air asam pada lubang bekas tambang batubara menunjukkan kandungan besi memiliki nilai 9,46 mg/l dan berdasarkan baku mutu lingkungannya telah melebihi baku mutu sebesar 0,2 mg/l. Kandungan besi yang tinggi dapat membahayakan kehidupan mikroorganisme akuatik.

Di perairan alami, kandungan mangan (Mn) ditemukan antara 0,1 dan 1 mg/l. Konsentrasi mangan yang lebih tinggi dapat ditemukan di perairan dengan tingkat pH rendah. Hasil analisis air asam batubara di lubang bekas tambang batubara menunjukkan kandungan mangan sebesar 1,011 mg/l dan telah melebihi batas baku mutu lingkungan unsur Mn sebesar 0,1 mg/l.

Hasil analisis air asam batubara di kolam bekas tambang batubara menunjukkan kandungan Kadmium (Cd) pada lubang bekas tambang batubara sebesar <0,01 mg/l dan menunjukkan tidak melebihi nilai baku mutu lingkungan sebesar 0,01 mg/l

PEMBAHASAN

Pembahasan Karakteristik Air Asam Tambang

Berdasarkan pengujian-pengujian dan analisis sampel air pada lubang bekas penambangan batubara yaitu menggunakan metode analisis sifat fisika dan sifat kimia, diketahui bahwa air yang ditemukan pada lubang bekas penambangan dengan ciri-ciri kenampakan berwarna kuning kecoklatan, memiliki nilai pH asam yaitu 3,1 dan parameter sifat fisika lainnya yang dibuktikan telah melebihi batas baku mutu lingkungan. Berdasarkan sifat kimianya juga membuktikan tingginya kadar unsur berbahaya dalam sampel air dan melebihi batas baku mutu lingkungan salah satu contohnya pada unsur SO_4 sebesar 71,63 mg/l sedangkan batas baku mutu hanya 0,1 mg/l layak dikonsumsi. Sehingga berdasarkan Baku Mutu Lingkungan Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 2 Tahun 2023 Tentang Kesehatan Lingkungan air pada lubang bekas penambangan batubara dikategorikan sebagai air yang tercemar atau sebagai air asam tambang.

Strategi Manajemen Pencegahan Air Asam Tambang

Penanganan air asam tambang banyak dilakukan dalam beberapa perusahaan untuk menghindari pencemaran yang berdampak pada pemukiman atau biota yang berada dekat dengan lokasi penambangan. Berdasarkan penelitian ini hal-hal yang dapat dilakukan untuk meminimalisir terjadinya pencemaran yaitu dengan melakukan metode pengkapsulan (*encapsulation*). Pengkapsulan (*encapsulation*) adalah metode pencegahan air asam tambang dengan menempatkan material PAF dan NAF sedemikian untuk menghindari terjadinya pembentukan AAT (mencegah oksidasi mineral sulfida dan/atau aliran air).

Material batuan PAF (*potentially acid forming*) adalah material yang berpotensi sebagai pembentuk air asam tambang dan material NAF (*non acid forming*) yaitu

material yang tidak berpotensi sebagai pembentuk air asam tambang. Material batuan PAF yang ada di dalam pit terlebih dahulu dilakukan analisa jenis batuan, kemudian menganalisa material batuan NAF. Setelah itu dilakukan penimbunan, menempatkan material NAF untuk menutup material PAF sehingga dapat mencegah mineral sulfida mengalami oksidasi dengan media air dan udara untuk membentuk air asam tambang.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa:

1. Karakteristik air asam bekas penambangan batubara di daerah penelitian memiliki sifat fisika dan sifat kimia yang melebihi batas baku mutu lingkungan berdasarkan acuan Baku Mutu Lingkungan Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 2 Tahun 2023 Tentang Kesehatan Lingkungan air pada lubang bekas penambangan batubara dikategorikan sebagai air yang tercemar atau sebagai air asam tambang.
2. Penanganan yang tepat dalam mengurangi dampak dari air asam bekas penambangan batubara di daerah penelitian yaitu dengan metode pengkapsulan (*encapsulation*), menempatkan material PAF dan NAF sedemikian untuk menghindari terjadinya pembentukan AAT.

SARAN

Berdasarkan hasil penelitian, peneliti berharap penelitian ini dapat dilanjutkan dengan simulasi dalam penanganan air asam tambang di lokasi penelitian. Diharapkan dapat menjadi acuan apabila terjadi pencemaran di lokasi penelitian.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis berterimakasih kepada PT Pasir Walannae, karena telah memberi kesempatan kepada penulis dapat melaksanakan kegiatan penelitian. Serta kepada kedua orang tua penulis yang selalu mendukung penulis baik secara material dan non materil, sehingga penelitian ini dapat berjalan dengan baik.

DAFTAR PUSTAKA

- Arif, I., 2014, Batubara Indonesia, Bandung, Gramedia Pustaka Utama
- Badan Pengendalian Lingkungan Hidup Daerah (BPLHD) Provinsi Jawa Barat. 2005. Status Lingkungan Hidup Provinsi Jawa Barat
- Fajrin, A.M., 2011. Pengelolaan Air Asam Tambang. *Environment Departement. Samarinda*
- Gautama, R.S., 2014, Pembentukan, Pengendalian, dan Pengelolaan Air Asam Tambang, ITB, Bandung, Indonesia
- Hamdani, A. H., & Senjaya, Y. A. (2011). Geokimia Batuan Penutup (Overburden) Batubara Untuk Memprediksi Potensi Air Asam Tambang Di Pit 1 Iup Pwr , Di Daerah Kasai , Kabupaten Berau ,. *Bulletim of Scientific Contribution*, 9(2), 77–96. <http://journal.unpad.ac.id/bsc/article/view/8265>

- Hidayat, L., 2017. Pengelolaan lingkungan areal tambang batubara (studi kasus pengelolaan air asam tambang (Acid Mining Drainage) di PT. bhumi rantau energi kabupaten tapin kalimantan selatan). *ADHUM (Jurnal Penelitian dan Pengembangan Ilmu Administrasi dan Humaniora)*, 7(1), pp.44-52
- Speight, J.G., 2015. Handbook of coal analysis, John Wiley & Sons
- Supartiwi, E. N. 2000. Karakteristik Komunitas Fitoplankton dan Perifiton Sebagai Indikator Kualitas Lingkungan Sungai Ciujung, Jawa Barat. Skripsi. Program Studi Manajemen Sumberdaya Perairan. Institut Pertanian Bogor.
- Syaukani, H.A. and Ashari, Y., 2016. Studi Hidrokimia Airtanah Desa Cikasungka dan Sekitarnya, Kecamatan Cikancung Kabupaten Bandung-Provinsi Jawa Barat. *Prosiding Teknik Pertambangan*, pp.603-610.
- Tuheteru, E. J., Gautama, R. S., Kusuma, G. J., & Pranoto, K. (2018). *Prosiding Xxvii Dan Kongres X Perhapi 2018 Pit Lake Sebagai Alternatif Kegiatan Pascatambang (Hasil Review Pustaka)*. 19–34.
- Wijayanti, P. R., Sholichin, M., & Sisinggih, D. (2011). Analisa Kuantitas Dan Kualitas Airtanah Di Kecamatan Kubu Kabupaten Karangasem Provinsi Bali.
- Zakri, R. S. (2021). Evaluasi Dan Rancangan Sistem Ventilasi Pada Tambang Batubara Bawah Tanah Lubang BMK 35 Lori 4 PT. Bara Mitra Kencana. Kota Sawahlunto, Provinsi Sumatera Barat. *Bina Tambang*, 6(4), 286-293