

## Menggali Potensi Energi Baru Terbarukan dari Air Asam Tambang di Danau Bekas Penambangan Batubara

Nurkhamim<sup>1</sup>, Eddy Winarno<sup>1</sup>, Fadli<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Magister Teknik Pertambangan Fakultas Teknologi Mineral UPN "Veteran" Yogyakarta

<sup>2</sup>Teknik Pertambangan Fakultas Teknik Universitas Muslimin Indonesia, Makassar

korespondensi: [nurkhamim@upnyk.ac.id](mailto:nurkhamim@upnyk.ac.id), [fadlihariani@gmail.com](mailto:fadlihariani@gmail.com)

### ABSTRAK

Aktivitas penambangan batubara dapat menghasilkan air asam tambang yang terkonsentrasi di danau bekas penambangan. Pada penelitian ini dilakukan pengujian air asam tambang yang berasal dari danau penambangan batubara menjadi energi baru terbarukan dalam bentuk energi listrik. Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan prinsip Sel Galvani, dengan menvariasikan elektroda tembaga (Cu), seng (Zn) dan karbon (C) menjadi 9 pasang elektroda dengan mengkombinasi pasangan elektroda C-Zn, Cu-C dan Cu-Zn. Pada kombinasi elektroda dilakukan pengujian di 3 lokasi danau bekas penambangan dengan Ph yang berbeda-beda (Pit 1 = 5,1, Pit 2 = 5,0, Pit 3 = 3,3) menghasilkan energi listrik untuk Pit 1 Cu-Zn = 11,5 ml Volt, C-Zn = 29,6 ml Volt, C-Cu = 45,9 ml Volt, Pit 2 Cu-Zn = 17,0 ml Volt, C-Zn = 31,1 ml volt, C-Cu = 48,6 ml Volt dan Pit 3 Cu-Zn = 23,3 ml Volt, C-Zn = 47,4 ml Volt, C-Cu = 59,0 ml Volt. Secara keseluruhan, penelitian ini berhasil menemukan 3 pasang kombinasi Sel Volta sebagai elektroda baru untuk penghasil energi baru terbarukan dalam bentuk potensial energi listrik dari air asam yang ada di danau bekas penambangan. Secara teoritis, kemampuan untuk menghasilkan energi listrik ini juga berkorelasi positif dengan kemampuannya elektroda untuk menyimpan energi listrik sebagaimana prinsip baterai basah.

Kata kunci: air asam tambang, sel Volta, elektroda

### ABSTRACT

*Coal mining activities can produce acid mine drainage which is concentrated in ex-mining lakes. In this study, acid mine water was tested from coal mining lakes into new renewable energy in the form of electrical energy. This research was conducted using the Galvanic Cell principle, by varying the copper (Cu), zinc (Zn) and carbon (C) electrodes into 9 pairs of electrodes by combining the C-Zn, Cu-C and Cu-Zn electrode pairs. In the combination of electrodes, testing was carried out at 3 locations of ex-mining lakes with different pH (Pit 1 = 5.1, Pit 2 = 5.0, Pit 3 = 3.3) producing electrical energy for Pit 1 Cu-Zn = 11.5 ml Volts, C-Zn = 29.6 ml Volts, C-Cu = 45.9 ml Volts, Pit 2 Cu-Zn = 17.0 ml Volts, C-Zn = 31.1 ml volts, C-Cu = 48.6 ml Volts and Pit 3 Cu-Zn = 23.3 ml Volts, C-Zn = 47.4 ml Volts, C-Cu = 59.0 ml Volts. Overall, this study succeeded in finding 3 pairs of combinations of Voltaic Cells as new electrodes for producing new renewable energy in the form of potential electrical energy from acid water in the former mining lake. Theoretically, the ability to generate electrical energy is also positively correlated with the ability of the electrodes to store electrical energy as the wet battery principle.*

*Keywords: acid mine drainage, Voltaic cell, electrode*

### 1. PENDAHULUAN

Kegiatan pertambangan batubara yang menggunakan sistem tambang terbuka, telah berdampak pada kerusakan lingkungan. Pada aktivitas penambangan batubara yang paling terdampak adalah kerusakan hutan, lahan dan pencemaran air [4]. Salah satu dampak serius adalah terbentuknya air asam tambang (AAT) di void atau bekas pit batubara yang tergenang air. Air asam tambang memiliki nilai Ph yang rendah, dengan kelarutan logam yang cenderung meningkat dikarenakan reaksi antara mineral sulfida, oksigen dan [1]. Kandungan air asam tambang yang ada di danau bekas tambang batubara, dapat digunakan untuk menghasilkan energi baru terbarukan, berupa energi listrik dengan menggunakan reaksi [8].

Reaksi elektrokimia atau biasa dikenal dengan sistem Sel Galvani yang terdiri atas dua elektroda yang dapat menghasilkan energi listrik, akibat adanya reaksi redoks secara spontan [10]. Pada kasus ini, air asam yang ada di danau bekas tambang dapat digunakan sebagai elektrolit yang dapat dimanfaatkan untuk mendapatkan energi baru terbarukan (energi listrik) [8].

Pada penelitian ini, telah dicoba beberapa simulasi untuk mendapatkan nilai tegangan potensial listrik yang paling memungkinkan untuk dikembangkan menjadi energi alternatif, energi baru terbarukan, sekaligus memanfaatkan AAT sebelum diolah lebih lanjut dan dialirkan ke badan sungai. Diharapkan penelitian ini, dapat memberikan solusi dari permasalahan air asam tambang dan void bekas penambangan

bekas penambangan yang banyak terbengkalai dan juga menghasilkan potensi baru dari energi baru terbarukan di Indonesia.

## 2. METODE PENELITIAN

Penelitian dilakukan dengan mencatat dan mempelajari lingkungan danau bekas penambangan dan uji parameter kimia dari kualitas air di laboratorium. Sampel air asam diambil di tiga lokasi pit bekas penambangan batubara PT. Tubindo. Pengambilan air asam tambang diambil secara acak di 6 titik lokasi danau bekas penambangan, dengan tingkat keasaman (pH) yang berbeda-beda. Sampling dilakukan di akhir musim kemarau di bulan Juni-Juli 2021. Dari ke 6 sampel yang telah diambil di tiga danau bekas penambangan, sampel yang tertinggi tingkat keasamannya (pH rendah) berasal dari sampel danau Pit 3 dengan kedalaman 2 meter yaitu, 3,3. Alat yang digunakan dalam penelitian berupa pipa paralon, botol aqua, lampu LED, alat indikator pH, multimeter, klem buaya, gelas ukur, gelas plastik, stopwatch serta beberapa alat berupa lempengan logam Cu, Zn dan bahan non logam C.

Analisis dilakukan dengan mempersiapkan elektroda, gelas plastik ukuran 70 ml dan rangkaian kabel untuk rangkai membentuk alat Sel Galvani. Setiap 1 sel memiliki 2 elektroda yang kemudian setiap elektroda dimasukkan kabel yang dihubungkan ke sel-sel yang telah ditentukan dan nantinya akan dialirkan ke multimeter untuk mengetahui kombinasi nilai tegangan (*voltage*) yang dihasilkan setiap elektroda. Penelitian ini dilakukan dengan menvariasikan elektroda seng (Zn), tembaga (Cu) dan karbon (C).

Energi listrik dapat dihasilkan dari air asam tambang dengan sistem Sel Volta atau Sel Galvani. Sel Galvani merupakan sel yang dapat memberikan energi listrik kepada suatu sistem luar (eksternal). Energi kimia diubah sedikit demi sedikit menjadi energi listrik [8]. Tetapi sebagian dari energi itu terbuang sebagai kalor (panas).

Air asam tambang yang digunakan pada penelitian ini berasal dari tiga sumber yang berbeda, yaitu dari Pit 3 dengan pH 5,1, Pit 2 pH 5,0 dan Pit 3 pH 3,3. Air asam tambang mengandung ion-ion bebas yaitu ion hidrogen (H<sup>+</sup>) dan ion-ion logam yang terlepas saat proses oksidasi mineral sulfida, menyebabkan air asam tambang dapat menghasilkan energi listrik. Ion-ion bebas ini menghantarkan arus listrik melalui medium berupa elektroda yang dicelupkan kedalam larutan. Ion berupa anion bergerak menuju anoda dan teroksidasi dengan melepaskan elektroda yang kemudian elektroda bergerak menuju katoda [5]. Ion berupa kation pada katoda akan tereduksi dan menangkap elektron yang berasal dari anoda melewati elektrolit air asam tambang ini. Potensial sel dapat terukur dengan menggunakan alat multimeter, karena elektron-elektron bebas yang terlepas dari ikatan atom-atom penyusun bahan konduktor, memiliki sifat seperti molekul-molekul gas sehingga disebut gas elektron pembawa muatan listrik di dalam kawat/kabel menuju dan melewati sel-selnya.

## 3. HASIL DAN ANALISIS

### 3.1. Danau Bekas penambangan

Pada proses penambangan PT Tubindo dilakukan penambangan dengan sistem tambang terbuka, sehingga dalam aktivitasnya akan membentuk danau bekas penambangan. Pada danau bekas penambangan yang telah lama terbentuk akan terisi air yang memiliki kandungan asam yang beragam, yang nantinya air asam yang berada di danau bekas penambangan akan dimanfaatkan oleh PT Tubindo sebagai area produktif. Aktivitas penambangan pada PT. Tubindo menyisakan tiga danau bekas penambangan yaitu Pit 1, Pit 2 dan Pit 3. Dari ketiga danau bekas penambangan, akan dipilih satu danau yang akan dimanfaatkan dan dikembangkan sebagai area pemanfaatan air asam tambang menjadi energi baru terbarukan.



Gambar 1. Danau bekas penambangan (dari kiri ke kanan Pit 1, Pit 2 dan Pit 3)

### 3.2. Pemanfaatan Danau Bekas penambangan

Pemanfaatan danau pascatambang PT Tubindo telah diatur dalam rencana reklamasi dan bekas penambangan yang telah disepakati, dengan tujuan utama memperbaiki kondisi sumberdaya sisa aktivitas penambangan, sehingga dapat dimanfaatkan untuk pembangunan yang berkelanjutan. Aspek penting yang menjadi dasar pemanfaatan danau bekas penambangan meliputi aspek ekologis dan sosial ekonomi. Pertimbangan ekologis didasari kepada upaya meminimalisir dampak buruk yang berkelanjutan akibat dari aktivitas penambangan yang telah berlangsung, sedangkan aspek sosial ekonomi didasari kepada kemungkinan-kemungkinan pemanfaatan sumberdaya yang ada sebagai sarana penggerak perekonomian yang berkelanjutan bagi masyarakat setempat.

### 3.3. Kualitas Air Asam di Danau Bekas penambangan

Sampel air diambil dari tiga titik danau bekas penambangan PT. Tubindo yaitu Pit 1, Pit 2 dan Pit. Pengambilan sampel dari setiap Pit dengan kedalaman 2 meter dari permukaan air danau. Pengujian kualitas air danau bekas penambangan dilakukan menggunakan alat uji pH meter dan uji laboratorium (Tabel 1 -Tabel 3).

Tabel 1. Hasil uji sampel air PIT 1 kedalaman 2 meter

No	Parameter yang diuji	Satuan	Hasil Uji Sampel
1	pH	Unit	5,1
2	DHL	Unit	47
3	Ca	mg/l	4,00
4	Fe	mg/l	0,0282
5	Mg	mg/l	3,34
6	Mn	mg/l	0,3027
7	TSS	mg/l	5
8	Cu	mg/l	< 0,0060
9	Zn	mg/l	< 0,0381

Tabel 2. Hasil uji sampel air di PIT 2 kedalaman 2 meter

No	Parameter yang diuji	Satuan	Hasil Uji Sampel
1	Ph	Unit	5,0
2	DHL	Unit	47
3	Ca	mg/l	4,00
4	Fe	mg/l	0,0282
5	Mg	mg/l	3,34
6	Mn	mg/l	0,3027
7	TSS	mg/l	5
8	Cu	mg/l	< 0,0082
9	Zn	mg/l	< 0,0395

Tabel 3. Hasil uji sampel air dari PIT 3 kedalaman 2 meter

No	Parameter yang diuji	Satuan	Hasil Uji Sampel
1	Ph	Unit	3,3
2	DHL	Unit	173
3	Ca	mg/l	7,92
4	Fe	mg/l	< 0,0168
5	Mg	mg/l	5,77
6	Mn	mg/l	1,0235
7	TSS	mg/l	6
8	Cu	mg/l	< 0,0090
9	Zn	mg/l	< 0,450

### 3.4. Potensi Air Asam Tambang Menjadi Sumber Energi Baru Terbarukan (Energi Listrik)

Pada proses uji air asam tambang menjadi energi listrik, dilakukan pengukuran nilai kadar logam dari air asam tambang untuk mengetahui besar logam yang terkandung. Adapun unsur yang di uji yaitu Zn dan Cu dengan menggunakan alat AAS, hasil pengujian didapatkan kadar Zn pada Pit 1 sebesar < 0,381 mg/L, Pit 2 < 0,395 mg/L , Pit 3 < 0,450 mg/L dan kadar Cu pada Pit 1 sebesar 0,0060 mg/L, Pit 2 < 0,0082

mg/L dan Pit < 3 0,0090 mg/L. Dari data ini terlihat bahwa ada hubungan yang signifikan antara penurunan pH dari masing-masing Pit dengan konsentrasi logam terlarut dari masing-masing pit tersebut. Semakin tinggi kandungan logam terlarut, kondisi air akan semakin asam (pH turun).

Tabel 4. Variasi pasangan elektroda terhadap potensial sel

Lokasi	pH	Elektroda	Voltase (mV)
PIT 1	5,1	Cu-Zn	11,5
		C- Zn	29,6
		C- Cu	45,9
PIT 2	5,0	Cu-Zn	17,0
		C- Zn	31,1
		C- Cu	48,6
PIT 3	3,3	Cu-Zn	23,3
		C- Zn	47,4
		C- Cu	59,0

#### 4. KESIMPULAN

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut:

1. Perubahan nilai pH danau bekas ,yang memiliki air asam tambang mempunyai berpengaruh yang signifikan terhadap kenaikan tegangan potensial listrik (*voltage*) yang dihasilkan. Kenaikan keasaman air (pH semakin kecil) menghasilkan potensial listrik yang lebih tinggi.
2. Sistem kerja Sel Galvani atau Sel Volta terbukti menjadi metode yang dapat menghasilkan energi listrik (energi baru terbarukan) dari danau air asam tambang.
3. Berdasarkan percobaan uji kombinasi pasangan elektroda, didapatkan kombinasi pasangan elektroda yang paling besar menghasilkan energi listrik adalah pasangan elektroda karbon dan tembaga (C-Cu).

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Apresiasi dan ucapan terima kasih kepada PT. Tubindo, yang telah memberikan fasilitas dan waktu kepada peneliti untuk melakukan pengambilan data di perusahaan. Terima kasih juga kepada KTT beserta jajaran di lapangan, yang senantiasa menemani dan membantu penelitian pada saat proses pengambilan data di lapangan. Terima kasih juga kepada LPPM UPN “Veteran” Yogyakarta yang telah memberikan dukungan dana bagi suksesnya kegiatan penelitian ini. Selanjutnya secara pribadi saya ucapkan banyak terima kasih kepada mas Fadli, mahasiswa S2 MTA UPN “Veteran” Yogyakarta yang telah membantu melakukan pengukuran dan pengambilan data maupun membantuu proses akhir penelitian ini.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Adpendi, A., Oktavia, M., Marliantoni, M., Strategi Pengembangan Pit Lake Bekas Tambang Batubara Sebagai Obyek Wisata Di PT. MBT Kabupaten Bungo Provinsi Jambi, *Jurnal Mine Magazine*. Vol. 1. No 2., Universitas Muara Bungo, 2020.
- [2] Adzikri, F., & Notosudjono, D., Strategi Pengembangan Energi Terbarukan di Indonesia, *Jurnal Online Mahasiswa Bidang Teknik Elektro*, Vol 1, No 1. Bogor: Universitas Pakuan, 2017.
- [3] Asosiasi Energi Surya Indonesia (AESI).
- [4] Bargawa, W. S., Reklamasi dan Pastambang, Prodi Teknik Pertambangan UPN “Veteran” Yogyakarta, Kilau Book, 2017, hal. 247-362.
- [5] Fic, K., Platek, A., Piwek, J., & Frackowiak, E., Sustainable materials for electrochemical capacitors, *Materials Today*, Vol. 21, 4. Poland: Institute of Chemistry and Technical Electrochemistry, 2018, p 437-454
- [6] Fletcher, S., The Definition of Electrochromism, *Journal of Solid State Electrochemistry*, Vol.19, Leicestershire: Loughborough University, 2015, p. 3305–3308.
- [7] Gautama, R. S., Pembentukan, Pengendalian dan Pengelolaan Air Asam Tambang, Cetakan ke 2, Penerbit ITB, Bandung, 2019.
- [8] Islamunisa, B, F., Panggabean, A, S., Pemanfaatan air asam tambang batubara sebagai sumber energi listrik Alternatif”. Vol.3, No.1. Samarinda: Universitas Mulawarman, 2018.
- [9] Munarwan, A., Pengelolaan Air Asam Tambang, Universitas Bengkulu. Bengkulu, Unib Press, 2017, hal. 23- 25.
- [10] Reza, M., Sari, N., Akbar, M., Novianti, Y., Pemanfaatan reaksi elektrokimia untuk sumber energi listrik alternatif serta netralisasi pada air asam bekas tambang, *Jurnal Geosapta*, Vol. 3, No.1. Banjarbaru: Universitas Lambung Mangkurat, 2019.