

# PEMANFAATAN AIR ASAM TAMBANG BATUBARA SEBAGAI SUMBER ENERGI LISTRIK ALTERNATIF

## UTILIZING ACID MINE DRAINAGE OF COAL AS SOURCE OF ELECTRICAL ENERGY

**Fatimah Islamunisa\*, Bohari, Aman Sentosa Panggabean**

Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Mulawarman

Jalan Barong Tongkok, Kampus Gn. Kelua, Samarinda 75123

\*E-mail: fatimahislamunisa@gmail.com

*Received: 23 January 2017, Accepted: 28 February 2018*

### ABSTRACT

The research about utilizing Acid Mine Drainage (AMD) as source of electrical energy has done. The variables of the observations made in the influence of electrode, number of cells and the working time of the cell. The results showed that the electrode, the number of cells and the working time of the cell affect the potential value of cells. The pair of electrodes of the metal copper (Cu), Zinc (Zn), Carbon (C) have been varied showed the potential value of the most high by using a pair of electrodes C-Zn amounting to 1.68 V. More the number of cells that are used the higher the potential value that is produced, where the use of cells from 1 until 5 consecutive potential values of the cells produced are 1.57 V; 3.28 V; 4.90 V; 6.57 V; 8.20 V. The working time of the cell the longer it is used the more reduced the potential value of what is produced, where from 0 h, 3 h, 6 h, 9 h, 12 h and 15 h respectively the potential value of the cells produced are 1.63 V; 1.61 V; 1.59 V; 1.57 V; 1.56 V.

**Keywords:** *Galvanic Cells, Potential of Cells, Acid Mine Drainage (AMD)*

### PENDAHULUAN

Batubara sebagai sumber energi telah lama digunakan hingga saat ini dan untuk bertahun-tahun mendatang. Kegiatan pertambangan batubara ini memiliki sisi negatif, dimana dari kegiatan pertambangan ini banyak lahan-lahan yang dieksekusi (ditambang) yang ditinggalkan begitu saja menyebabkan terbentuknya lubang-lubang yang menampung air hujan sehingga terbentuk kolam dengan air yang bersifat asam dan melarutkan logam dari tanah [1].

Salah satu bentuk energi yang sangat penting bagi kehidupan manusia adalah energi listrik. Sejalan dengan meningkatnya kesejahteraan manusia maka kebutuhan energi listrik juga makin meningkat, maka selalu dilakukan berbagai upaya untuk mendapatkan energi listrik melalui proses efisien, efektif dan ekonomis [2].

Berhubungan dengan hal tersebut, dilakukan berbagai upaya untuk mengatasi masalah lingkungan yang telah terjadi. Disamping itu, seperti yang telah diketahui bahwa air kolam bekas pertambangan mengandung asam sulfat dan ion-ion logam yang terlarut [3], dimana larutan berair dari sejumlah senyawa merupakan konduktor arus listrik yang baik karena senyawa-senyawa ini memiliki ion positif dan negatif [4]. Berdasarkan sel galvanik atau sel volta

yang dibuat oleh John Daniell dengan menggunakan batang seng dalam larutan seng sulfat dan batang tembaga dalam larutan tembaga sulfat dihasilkan arus listrik dengan reaksi redoks (Chang, 2010). Sehingga berdasarkan hal-hal tersebut air asam tambang dapat bertindak sebagai elektrolit yang akan mengubah reaksi kimia menjadi energi listrik. Hal ini dapat dimanfaatkan untuk menjawab kebutuhan akan energi listrik yang terus meningkat setiap tahunnya.

Kalimantan Timur mempunyai cukup banyak lokasi pertambangan batubara, penelitian ini dilakukan untuk menjawab dan memberikan solusi terhadap kebutuhan energi listrik dengan memanfaatkan potensi yang ada di sekitar kita yaitu air asam tambang yang sering dianggap sebagai salah satu sumber masalah lingkungan. Penelitian ini diharapkan dapat dimanfaatkan oleh banyak orang dan sebagai salah satu sumber untuk penelitian yang lebih lanjut.

### METODOLOGI PENELITIAN

#### Alat

Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah kabel penghubung, lampu LED 1,5 V, kawat tembaga (Cu), seng (Zn), karbon (C), gelas plastik, pH universal, gunting, gelas kimia dan multimeter.

**Bahan**

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah air asam tambang yang diambil di danau cermin jalan Jakarta Samarinda.

**Prosedur Penelitian**

**Rangkaian alat sel galvanik**

Gelas plastik disiapkan sebagai wadah selnya. Kemudian elektroda dimasukkan ke dalam gelas plastik, dimana masing-masing sel terdiri dari 2 elektroda. Setiap sel dihubungkan dengan kabel penghubung (kabel buaya) dan susunan sel tersebut dihubungkan dengan alat multimeter untuk mengukur nilai potensial yang dihasilkan.

**Elektroda terhadap potensial sel**

Alat sel galvanik dirangkai yang terdiri dari 2 sel galvanik dengan menggunakan elektroda tembaga (Cu), seng (Zn), karbon (C) yang divariasikan secara pasang-pasangan, yaitu: elektroda C-C (Karbon-Karbon), C-Cu (Karbon-Tembaga), C-Zn (Karbon-Zinc), Cu-Cu (Tembaga-Tembaga), Cu-Zn (Tembaga-Zinc) dan Zn-Zn (Zinc-Zinc), dimana masing-masing sel menggunakan wadah gelas plastik yang berisi 250 mL sampel air asam tambang. Selanjutnya diamati potensial sel terukur pada alat multimeter.

**Jumlah sel terhadap potensial sel**

Alat sel galvanik dirangkai dengan jumlah sel galvanik yang bervariasi, yaitu 1 sel, 2 sel, 3 sel, 4 sel dan 5 sel dengan menggunakan pasangan elektroda C-Zn, dimana masing-masing sel menggunakan wadah gelas plastik yang berisi 250 mL sampel air asam tambang. Selanjutnya diamati potensial sel terukur pada alat multimeter.

**Waktu kerja sel terhadap potensial sel**

Alat sel galvanik dirangkai yang terdiri dari 1 sel galvanik dengan menggunakan pasangan elektroda C-Zn dan dipasang lampu LED 1,5 V, dimana masing-masing sel menggunakan wadah gelas plastik yang berisi 250 mL sampel air asam tambang. Selanjutnya diamati potensial sel terukur pada alat multimeter dengan variasi waktu 0 jam, 3 jam, 6 jam, 9 jam, 12 jam dan 15 jam.

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

Energi listrik dapat dihasilkan dari air asam tambang dengan cara menggunakan sistem sel volta (galvani). Sel volta (galvani) merupakan suatu sel yang dapat memberi energi listrik kepada suatu sistem-luar (eksternal). Energi kimia diubah sedikit lebih banyak dengan lengkap menjadi energi listrik,

tetapi sebagian dari energi itu terbuang sebagai kalor (panas) [6].

Air asam tambang yang digunakan dalam penelitian ini memiliki pH 3,41. Air asam tambang dapat menghasilkan energi listrik karena air asam tambang termasuk larutan elektrolit, dimana air asam tambang mengandung ion-ion bebas yaitu ion hidrogen (H<sup>+</sup>) dan ion-ion logam yang terlepas saat proses oksidasi mineral sulfida. Pada penelitian ini dilakukan pengukuran kadar logam Zn dan Cu dengan menggunakan alat AAS, dimana didapatkan kadar Zn sebesar 0,408 mg/L dan kadar Cu sebesar 0,003 mg/L. Ion-ion bebas ini menghantarkan arus listrik melalui mediumnya berupa elektroda yang dicelupkan ke dalam larutan. Ion berupa anion bergerak menuju anoda dan teroksidasi dengan melepaskan elektron yang kemudian elektron bergerak menuju katoda. Ion berupa kation pada katoda akan tereduksi dan menangkap elektron yang berasal dari anoda. Tanpa adanya elektroda, larutan air asam tambang ini tidak dapat menghasilkan energi listrik. Pergerakan arah aliran elektron berbeda arah dengan arah arus listrik, dimana aliran elektron bergerak dari kutub negatif ke kutub positif sehingga arus listrik mengalir dari kutub positif ke kutub negatif.

Potensial sel ini dapat terukur dengan alat multimeter karena elektron-elektron bebas, yaitu elektron-elektron yang lepas dari ikatan atom-atom penyusun bahan konduktor itu, yang bersikap seperti molekul-molekul gas sehingga disebut gas elektron membawa muatan listrik di dalam kawat tahanan/kabel [7] menuju dan melewati alat multimeter sehingga terbaca pada display alat multimeter dan tercatat sebagai potensial selnya (voltase).

**Variasi Elektroda Terhadap Potensial Sel**

Elektroda merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi proses elektrokimia. Parameter ini dilakukan untuk mengetahui elektroda yang paling maksimal menghasilkan nilai potensial sel di antara logam tembaga (Cu), seng (Zn) dan karbon (C) yang divariasikan. Proses elektrokimia ini dilakukan dengan menggunakan 1 sel, dimana masing-masing sel berisi 250 mL air asam tambang dengan variasi penggunaan pasangan elektroda yang terdapat pada tabel 1.

**Tabel 1.** Variasi elektroda terhadap potensial sel

Elektroda	Voltase penelitian (V)	Voltase perhitungan (V)	Efisiensi (%)
C-C	0,08	0	∞
C-Cu	0,48	-0,414	115,9
C-Zn	1,68	0,622	270,1
Cu-Cu	0,03	0	∞
Cu-Zn	1,03	1,037	99,3
Zn-Zn	0	0	0

Dari hasil yang diperoleh dapat diketahui bahwa elektroda yang digunakan berpengaruh terhadap potensial sel yang dihasilkan. Hal ini terjadi karena setiap elektroda memiliki kemampuan reduksi yang berbeda-beda yang disebut sebagai potensial reduksi. Elektron yang mengalir di dalam sel berasal dari muatan elektron yang tinggi ke muatan elektron yang rendah, sehingga semakin besar selisih potensial reduksi elektroda yang digunakan semakin besar nilai potensial sel yang dihasilkan. Diantara variasi pasangan elektroda yang digunakan dapat dilihat pada grafik bahwa nilai potensial sel maksimum dihasilkan saat menggunakan pasangan elektroda C-Zn dibandingkan dengan pasangan elektroda lainnya. Dengan demikian, sel galvanik dengan menggunakan pasangan elektroda C-Zn lebih efisien digunakan dalam pemanfaatan air asam tambang untuk menghasilkan energi listrik.

Dari tabel 1 dapat dilihat bahwa beberapa nilai potensial sel pada saat praktek dan teori berbeda. Pada tabel tersebut terdapat kolom efisiensi untuk mengetahui kesesuaian nilai voltase yang dihasilkan antara teori dan prakteknya. Perbedaan nilai potensial sel yang dihasilkan ini terjadi karena kemungkinan reaksi yang terjadi di dalam sel, dimana di dalam air asam tambang terdiri dari berbagai macam senyawa selain  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Zn}^{2+}$  dan ion  $\text{H}^+$  yang berasal dari  $\text{H}_2\text{SO}_4$  tetapi juga terdiri dari ion-ion logam lain yang berasal dari pelarutan mineral-mineral sulfida yang teroksidasi secara alami yang terbentuk bersamaan pada saat terjadinya batubara seperti logam Cd, Pb, As dan lain-lain [3], sehingga dengan adanya logam-logam tersebut menyebabkan nilai potensial sel lebih tinggi akibat ikut tereduksinya logam-logam tersebut di dalam sel. Selain itu, elektroda yang digunakan juga tidak murni, sehingga dapat terjadi kemungkinan reaksi di dalam larutan yang tidak diketahui.

Penelitian ini dilakukan dalam kondisi nonstandar sehingga pengukuran ini mempunyai signifikansi yang besar, dimana terdapat hubungan matematis antara potensial sel dan konsentrasi dari reaktan dan produk dalam reaksi redoks pada kondisi nonstandar. Hubungan ini sesuai dengan persamaan Nernst dalam penentuan potensial sel ( $E_{\text{sel}}$ ) [5;8]. Persamaan Nernst ini dapat digunakan untuk meramalkan voltase yang dihasilkan dari suatu sel volta.

### Variasi Jumlah Sel Terhadap Potensial Sel

Sel merupakan tempat terjadinya proses elektrokimia yang terdiri dari dua elektroda yang berupa anoda dan katoda dan larutan elektrolit. Proses elektrokimia ini dilakukan dengan sel yang berisi 250 mL air asam tambang menggunakan

elektroda C-Zn dengan variasi jumlah sel yang terdapat pada tabel 2.

Berdasarkan data pengamatan yang diperoleh dapat diketahui bahwa jumlah sel mempengaruhi potensial sel yang dihasilkan, dimana pada grafik dapat dilihat bahwa seiring bertambahnya jumlah sel, potensial sel yang dihasilkan pun bertambah besar.

**Tabel 2.** Variasi jumlah sel terhadap potensial sel

Jumlah Sel	Voltase (V)
1	1,57
2	3,28
3	4,90
4	6,57
5	8,20

Hal ini terjadi karena semakin banyak jumlah sel maka semakin banyak jumlah elektroda yang digunakan sehingga semakin banyak pula elektron dari larutan yang mengalir melalui elektroda dan semakin besar potensial sel yang dihasilkan. Elektroda ini berfungsi sebagai konduktor untuk menghantarkan listrik yang berasal dari dalam larutan. Potensial rangkaian seri sel galvanik merupakan penjumlahan tiap rangkaian sel. Hal ini sesuai dengan prinsip rangkaian seri yaitu bahwa tegangan pada hambatan pengganti seri sama dengan jumlah tegangan pada tiap-tiap komponennya.

### Variasi Waktu Kerja Sel Terhadap Potensial Sel

Variasi waktu kerja sel ini bertujuan untuk mengetahui seberapa besar waktu kerja sel mempengaruhi nilai voltase yang dihasilkan. Proses elektrokimia ini dilakukan dalam 1 sel yang berisi 250 mL air asam tambang menggunakan elektroda C-Zn dan diberikan sebuah beban lampu LED 1,5 V dengan variasi waktu kerja sel yang terdapat pada tabel 3.

**Tabel 3.** Variasi waktu kerja sel terhadap voltase

Waktu (Jam)	Voltase (V)
0	1,63
3	1,62
6	1,61
9	1,59
12	1,57
15	1,56

Berdasarkan data pengamatan yang diperoleh dapat diketahui bahwa waktu kerja sel mempengaruhi potensial sel yang dihasilkan. Dimana semakin lama sel bekerja maka potensial sel yang dihasilkan juga semakin berkurang. Hal ini terjadi karena saat sel bekerja, terjadi reaksi di dalam larutan yang

menyebabkan konsentrasi ion-ion semakin berkurang karena terjadi proses kesetimbangan di dalam larutan, dimana sel yang reaksinya berada dalam kesetimbangan tidak dapat melakukan kerja dan sel demikian memiliki potensial sel sebesar nol. Sehingga semakin lama sel tersebut digunakan energi listrik yang dihasilkan semakin berkurang dan akan habis. Pada waktu 0 jam, yaitu pada saat sel galvani belum diberikan beban didapatkan voltase 1,63 V. Kemudian pada jam ke-3 setelah pemberian beban lampu LED 1,5 V didapatkan potensial sel sebesar 1,62 V. Selanjutnya nilai potensial sel secara berturut-turut berkurang pada jam ke-6, 9, 12 dan 15 yaitu 1,61 V, 1,59 V, 1,57 V dan 1,56 V. Berdasarkan grafik yang telah dibuat didapatkan persamaan linear, sehingga dari persamaan tersebut dapat ditentukan waktu maksimum untuk menyalakan lampu LED 1,5 V, dimana didapatkan waktu maksimum untuk menyalakan lampu LED 1,5 V kira-kira selama 26 jam.

#### **KESIMPULAN**

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan dapat diketahui bahwa elektroda yang digunakan mempengaruhi potensial sel yang dihasilkan, dimana pasangan elektroda C-Zn menghasilkan nilai potensial sel paling tinggi diantara pasangan elektroda lainnya yaitu sebesar 1,68 V. Kemudian jumlah sel yang digunakan mempengaruhi potensial sel yang dihasilkan, dimana semakin banyak jumlah sel yang digunakan semakin besar nilai potensial sel yang dihasilkan. Potensial sel

yang dirangkai seri merupakan penjumlahan dari jumlah sel yang dirangkai. Waktu kerja sel mempengaruhi potensial sel yang dihasilkan, dimana semakin lama sel galvani bekerja maka nilai potensial dari sel tersebut semakin berkurang. Nilai potensial sel dari jam ke-0 hingga jam ke- 15 berkurang dari 1,63 V menjadi 1,56 V. Waktu maksimum untuk menyalakan lampu LED 1,5 V kira-kira selama 26 jam.

#### **DAFTAR PUSTAKA**

- [1] Notodarmojo, S. 2005. *Pencemaran Tanah dan Air Tanah*. Bandung: ITB-Press.
- [2] Sulasno. 2009. *Teknik Konversi Energi Listrik dan Sistem Pengaturan*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- [3] Fahrudin. 2014. *Bioteknologi Lingkungan*. Bandung: Alfabeta.
- [4] Day, R.A and Underwood, A.L. 2002. *Analisis Kimia Kuantitatif Edisi Keenam*. Jakarta: Erlangga.
- [5] Chang, R. 2010. *Kimia Dasar Edisi Ketiga Konsep-Konsep Inti Jilid 2*. Jakarta: Erlangga.
- [6] Basset, J., Denney, R.C., Jeffery, G.H. and Mendham, J. 1994. *Buku Ajar Vogel Kimia Analisis Kuantitatif Anorganik*. Jakarta: EGC.
- [7] Soedjojo, P. 1999. *Fisika Dasar*. Yogyakarta: Penerbit Andi.
- [8] Petrucci, R. H., Harwood, W.S., Herring, F.G., and Madura, J.D. 2008. *Kimia Dasar Prinsip-prinsip dan Aplikasi Modern Edisi Kesembilan Jilid 3*. Jakarta: Erlangga.