

PEMANFAATAN REAKSI ELEKTROKIMIA UNTUK SUMBER ENERGI LISTRIK ALTERNATIF SERTA NETRALISASI PADA AIR ASAM BEKAS TAMBANG

Muhammad Reza¹, Nuri Pirnia Sari², M. Fadlillah Akbar³, Yuniar Siska Novianti⁴

¹⁻⁴Program Studi Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Lambung Mangkurat
e-mail: *¹ mreza557@gmail.com, ² purnianuri@gmail.com, ³ mfadlillahakbar@gmail.com, yuniar@ulm.ac.id⁴

ABSTRAK

Air asam tambang merupakan salah satu masalah serius yang harus dihadapi oleh industri pertambangan. Oleh karena itu untuk pertama kalinya penelitian ini telah berhasil memanfaatkan Air Asam Tambang (AAT) menjadi energi listrik alternatif dan terjadinya proses netralisasi menggunakan reaksi elektrokimia. Penelitian ini dilakukan dengan bervariasi elektroda logam timbal (Pb), timah (Sn), besi (Fe), kuningan (CuZn), emas (Au), tembaga (Cu), seng (Zn) dan karbon (C) menjadi 28 (dua puluh delapan) pasang elektroda, sehingga diperoleh dengan mengombinasikan pasangan elektroda C-Zn dan Cu-Zn menghasilkan tegangan listrik sebesar 2.8 V dan dapat menetralkan air asam tambang dari pH 2.3 menjadi pH 6.0. Secara keseluruhan, penelitian ini berhasil menemukan 2 pasang kombinasi sel volta sebagai elektroda baru untuk penghasil potensial listrik dan penetral air asam tambang.

Kata-kata kunci: air asam tambang (AAT), pH, elektrokimia, sel volta, netralisasi

PENDAHULUAN

Aktivitas manusia sering kali mengakibatkan rusaknya lingkungan hidup. Salah satu kegiatan manusia yang paling berat dampaknya terhadap lingkungan hidup adalah kegiatan di sektor pertambangan. Sektor ini memberikan dua dampak penting terhadap kerusakan lingkungan hidup, yaitu menghilangkan keberadaan hutan (penambangan terbuka) dan limbahnya (tailing) mencemari lingkungan (penambangan terbuka dan tertutup). Dampak penambangan terbuka yang paling serius adalah adanya fenomena air asam tambang sehingga upaya revegetasi lahan menghadapi banyak hambatan [1].

Air asam tambang (AAT) merupakan air dengan nilai pH yang rendah dan kelarutan logam yang cenderung meningkat yang terbentuk karena adanya reaksi antara mineral sulfida, oksigen, air dan bereaksi membentuk konduktor arus listrik yang baik karena senyawa-senyawa ini memiliki ion positif dan negatif. Reaksi oksidasi melepaskan ion H⁺ ke dalam air sehingga menurunkan nilai pH air [2].

Sel Galvani atau sel Volta adalah suatu sel elektrokimia yang terdiri atas dua buah elektroda yang dapat menghasilkan energi listrik, akibat terjadinya reaksi redoks secara spontan, pada kedua elektroda tersebut. Dalam kasus ini air asam tambang dapat digunakan sebagai elektrolit yang dapat dimanfaatkan untuk mendapatkan energi listrik alternatif dari limbah yang tidak diinginkan untuk memenuhi energi listrik yang terus meningkat.

Dalam kasus ini bagaimana hal-hal disekitar menjawab dan memberikan solusi terhadap kebutuhan energi listrik dengan memanfaatkan potensi yang ada disekitar kita, dengan penelitian ini diharapkan asam tambang yang selama ini hanya dikelompokkan sebagai sumber masalah dapat diubah menjadi potensi yang besar.

Diharapkan penelitian ini dapat menjadi solusi serta jawaban untuk memenuhi kebutuhan energi listrik dengan memanfaatkan air asam tambang yang sering menjadi isu utama pencemaran lingkungan khususnya di daerah Kalimantan Selatan yang memiliki banyak perusahaan dalam bidang pertambangan.

METODOLOGI

Penelitian dilakukan dengan melakukan analisis kimia parameter kualitas air di laboratorium. Contoh diambil dari Danau Seran dan Danau Biru. Danau Seran yaitu danau bekas tambang alluvial intan yang dikelola oleh PT Galuh Cempaka, Sejak tahun 2009 perusahaan tidak lagi beroperasi hingga sekarang, dan kini Danau seran telah berubah menjadi daerah wisata yang cukup terkenal di Banjarbaru. Sedangkan Danau Biru adalah salah satu danau bekas tambang Batubara yang terletak di Kelurahan Cempaka, Banjarbaru.

Pengambilan contoh dilakukan secara acak di 5 titik yang terindikasi memiliki derajat keasaman yang rendah, sampling dilakukan pada akhir musim kemarau di bulan Agustus 2018. Dari kedua lokasi tersebut didapatkan sampel dengan derajat keasaman terendah, yaitu 3.8 pada lokasi Danau Seran, dan derajat keasaman terendah yaitu 2 pada lokasi Danau Biru.

Alat yang digunakan berupa lampu LED 3 V, pH universal, multitester, kabel, gelas ukur kimia, gelas plastik, stopwatch serta beberapa plat berupa unsur Cu, Au, Zn, Sn, Pb, C, CuZn.

Analisis dilakukan dengan menyiapkan gelas plastik, contoh 75 ml dan rangkaian kabel untuk dirangkai membentuk alat sel galvani. Setiap 1 sel memiliki 2 Elektroda yang mana setiap elektroda dimasukan kedalam gelas plastik berisi contoh dan rangkaian kabel yang di hubungkan ke sel-sel berikutnya, kemudian di alirkan ke multitester untuk mengetahui kombinasi nilai voltase yang dihasilkan setiap elektroda.

Penelitian ini dilakukan dengan bervariasi elektroda logam timbal (Pb), timah (Sn), besi (Fe), kuningan (CuZn), emas (Au), tembaga (Cu), seng (Zn) dan karbon (C) menjadi 28 (dua puluh delapan) pasang kombinasi elektroda, seperti pada tabel-1.

Tabel-1. Kombinasi Elektroda

Pb	Pb-Pb	Pb-C	Pb-Zn	Pb-Cu	Pb-Sn	Pb-Fe	Pb-CuZn	Pb-Au
C	C-Pb	C-C	C-Zn	C-Cu	C-Sn	C-Fe	C-CuZn	C-Au
Zn	Zn-Pb	Zn-C	Zn-Zn	Zn-Cu	Zn-Sn	Zn-Fe	Zn-CuZn	Zn-Au
Cu	Cu-Pb	Cu-C	Cu-Zn	Cu-Cu	Cu-Sn	Cu-Fe	Cu-CuZn	Cu-Au
Sn	Sn-Pb	Sn-C	Sn-Zn	Sn-Cu	Sn-Sn	Sn-Fe	Sn-CuZn	Sn-Au
Fe	Fe-Pb	Fe-C	Fe-Zn	Fe-Cu	Fe-Sn	Fe-Fe	Fe-CuZn	Fe-Au
CuZn	CuZn-Pb	CuZn-C	CuZn-Zn	CuZn-Cu	CuZn-Sn	CuZn-Fe	CuZn-CuZn	CuZn-Au
Au	Au-Pb	Au-C	Au-Zn	Au-Cu	Au-Sn	Au-Fe	Au-CuZn	Au-Au
<i>X</i>	Pb	C	Zn	Cu	Sn	Fe	CuZn	Au

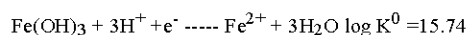
Energi listrik dapat dihasilkan dari air asam tambang dengan cara menggunakan sistem sel volta (galvani). Sel volta merupakan suatu sel yang dapat memberi energi listrik kepada suatu sistem-luar (eksternal). Energi kimia diubah sedikit lebih banyak dengan lengkap menjadi energi listrik, tetapi sebagian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

Air asam tambang yang digunakan dalam penelitian ini memiliki pH 3,8 dan pH 2. 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⁺) dan ion-ion logam yang terlepas saat proses oksidasi mineral sulfida. 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 menuju dan melewati alat selnya (voltase).

Setelah percobaan dilakukan selama tiga hari, pH dari air asam yang digunakan mengalami peningkatan yang signifikan, peningkatannya pH akan melepaskan ion H⁺ dari ikatan koordinasi air dan menghasilkan beragam produk hidrolisis [3].

Peningkatan pH akan meningkatkan Erapan Fe [4]. Konsentrasi Fe²⁺ dalam larutan air asam sering lebih tinggi dari dibanding Fe(III) ion. Aktivitas Fe²⁺ yang berkeselimbangan dengan Fe sebagai elektroda adalah fungsi dari reaksi redoks dan pH.



$$\log \text{Fe}^{2+} = 15.74 - (\text{pe} + \text{pH}) - 2\text{pH} \quad (1)$$

Penurunan potensial redoks akan meningkatkan aktivitas Fe²⁺ dalam larutan berkesinambungan dengan Fe elektroda sebesar 10 kali pada setiap penurunan pe + pH.

HASIL DAN DISKUSI

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), karbon (C), timbal (Pb), timah (Sn), besi (Fe), kuningan (CuZn) dan emas (Au) yang divariasikan. Proses elektrokimia ini dilakukan dengan menggunakan 1 sel, dimana masing-masing sel berisi 100 mL air asam tambang dengan variasi penggunaan pasangan elektroda yang terdapat pada tabel-2.

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. Elektron yang mengalir di alam sel berasal dari muatan elektron yang tinggi ke matan elektron yang rendah, sehingga semakin besar selisih potensial reduksi elektroda yang digunakan semakin besar nilai potensial sel yang dihasilkan. Diantaranya variasi pasangan elektroda yang digunakan dapat dilihat pada tabel-2. bahwa nilai potensial sel maksimum dihasilkan menggunakan pasangan C-Zn dan Cu-Zn dibandingkan dengan pasangan lainnya. Dengan demikian sel volta dengan menggunakan pasangan elektroda C-Zn dan Cu-Zn lebih optimal.

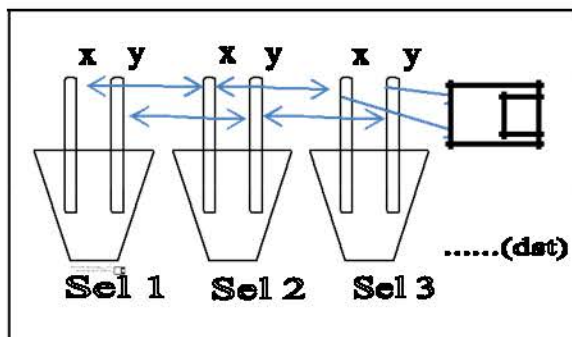
Variasi Jumlah Sel Terhadap Potensial Sel

Sel merupakan tempat terjadinya proses elektrokimia yang terdiri dari dua elektroda yang berupa anoda, katoda dan larutan elektrolit (Gambar-1). Proses elektrokimia ini dilakukan dengan sel yang berisi 100 mL air asam tambang pH 2 menggunakan elektroda Cu-Zn, C-Zn dengan variasi jumlah sel pada tabel-3.

Setelah dilakukan percobaan dengan menggunakan elektroda Cu-Zn dan C-Zn seperti pada tabel-3. Dilakukanlah percobaan dengan mengkombinasikan antara 2 elektroda, yaitu Cu-Zn dengan C-Zn, dan diperoleh hasil seperti pada tabel-3.

Tabel-2. Variasi Elektroda terhadap Potensial Sel

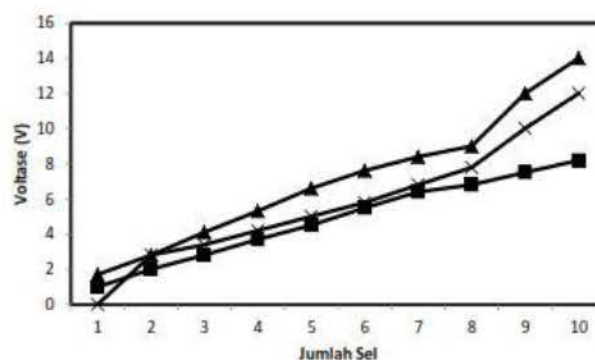
Elektroda	Voltase pada pH 3.8 (V)	Voltase pada pH 2 (V)
Cu-Pb	0.4	0.45
Pb-Zn	0.5	0.6
C-Pb	0.8	1
C-Cu	0.6	0.7
C-Zn	1.2	1.6
Cu-Zn	1	1.05
C-CuZn	0.5	0.7
CuZn-Zn	0.6	1
CuZn-Cu	0.05	0.05
CuZn-Sn	0.4	0.45
Fe-CuZn	0	0
Sn-Pb	0.03	0.05
Fe-Pb	0.2	0.1
CuZn-Pb	0.4	0.5
C-Sn	0.6	1
C-Fe	0.4	1
Sn-Zn	0.4	0.5
Fe-Zn	0.8	0.6
Cu-Fe	0.1	0.45
Cu-Sn	0.4	0.45
Fe-Sn	0.1	0.15
Au-Pb	0.4	0.6
C-Au	0.38	0.5
Au-Zn	0.8	1
Au-Cu	0.1	0.2
Au-Sn	0.4	0.6
Au-Fe	0.4	0.5
Au-CuZn	0.1	0.15

**Gambar-1.** Rangkaian Sel. Note: x = Elektroda Kation, y= Elektroda Anion.**Tabel-3.** Variasi Jumlah Sel terhadap Potensial Sel pada Elektroda Cu-Zn dan Elektroda C-Zn

Jumlah Sel	Voltase (V)	
	Elektroda Cu-Zn	Elektroda C -Zn
1	1	1.7
2	2	2.8
3	2.8	4.1
4	3.7	5.3
5	4.5	6.6
6	5.5	7.6
7	6.4	8.4
8	6.8	9
9	7.5	12
10	8.2	14

Tabel-4. Variasi Jumlah Sel terhadap Potensial Sel pada Elektroda Cu-Zn/C-Zn

Jumlah Sel	Voltase (V)
1	0
2	2.8
3	3.4
4	4.2
5	5
6	5.8
7	6.8
8	7.8
9	10
10	12

**Gambar 2.** Grafik Variasi Jumlah Sel terhadap Potensial sel.

Note: ■= Elektroda Cu-Zn,

▲= Elektroda C-Zn, ×= Elektroda Cu-Zn/C-Zn

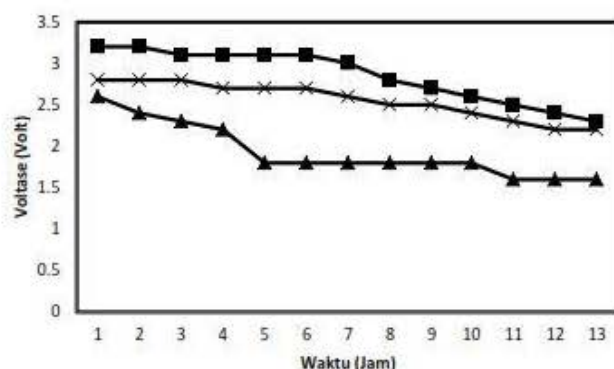
Berdasarkan data pengamatan yang diperoleh diketahui bahwa jumlah sel mempengaruhi potensial sel yang dihasilkan, hal ini terjadi karena semakin banyak jumlah elektroda yang digunakan maka semakin banyak pula elektron yang mengalir melalui elektroda sehingga semakin besar potensial sel yang dihasilkan. Elektroda berfungsi sebagai konduktor untuk penghantar listrik yang berasal dari larutan, dengan cara merangkainya secara seri sel volta dihasilkan penjumlahan potensial setiap sel pada rangkaian tersebut. Hal ini sesuai dengan prinsip rangkaian seri yaitu jumlah tegangan total pada rangkaian seri adalah 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 2 sel yang berisi 100 mL air asam tambang pH 2 menggunakan elektroda C-Zn, Cu-Zn dan C-Zn/Cu-Zn dan diberikan sebuah beban lampu LED 3 V. Dalam kurun waktu 12 jam, lampu LED 3 V tidak menyala. Tabel 5. merupakan voltase yang dihasilkan setiap kombinasi elektroda per jam sampai lampu LED 3 V tidak menyala.

Tabel-5. Variasi Waktu Kerja terhadap Potensial Sel pada Elektroda terhadap Lampu LED 3 V volt

Waktu (Jam)	Voltage (V)		
	C-Zn	Cu-Zn	Cu-Zn/C-Zn
0	3.2	2.6	2.8
1	3.2	2.4	2.8
2	3.1	2.3	2.8
3	3.1	2.2	2.7
4	3.1	1.8	2.7
5	3.1	1.8	2.7
6	3	1.8	2.6
7	2.8	1.8	2.5
8	2.7	1.8	2.5
9	2.6	1.8	2.4
10	2.5	1.6	2.3
11	2.4	1.6	2.2
12	2.3	1.6	2.2

**Gambar-3.** Grafik Variasi Waktu Kerja terhadap Voltase pada Lampu LED 3 V.

Note: ■= Elektroda C-Zn, ▲= Elektroda Cu-Zn,
×= Elektroda Cu-Zn/C-Zn

Kenaikan pH per Satuan Waktu

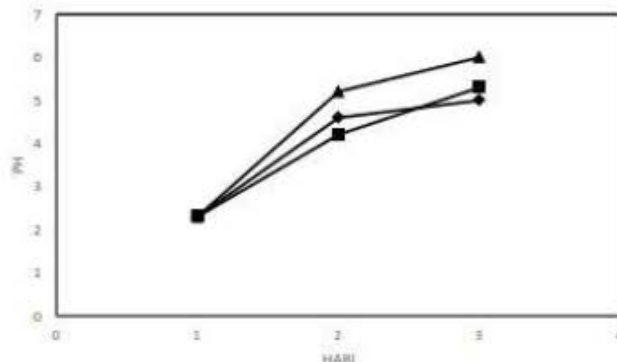
Variasi waktu kerja sel ini bertujuan untuk mengetahui seberapa besar waktu kerja sel dan kombinasi elektroda mempengaruhi nilai kenaikan pH pada air asam. Proses elektrokimia ini dilakukan dalam 4 sel yang masing-masing berisi 100 mL air asam tambang menggunakan elektroda C-Zn, Cu-Zn dan C-Zn/Cu-Zn kemudian disambungkan dan diberikan sebuah beban lampu LED 3 V selama 3 hari, lama waktu pengamatan ini didasarkan pada nilai pH air asam sampai pH air menjadi netral yaitu pH 6 - pH 7 (Tabel-6.)

Tabel-6. Kenaikan pH per Satuan Waktu pada Elektroda

Hari	pH		
	Cu-Zn	C-Zn	Cu-Zn/C-Zn
1	2.3	2.3	2.3
2	4.6	4.2	5.2
3	5	5.3	6

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 [5]. Hal ini terjadi karena saat sel bekerja terjadi reaksi di dalam 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 volta belum diberikan beban didapatkan voltase 3.2 V pada elektroda C-Zn, 2 V pada elektroda Cu-Zn dan 2.8 volt pada kombinasi elektroda Cu-Zn/C-Zn. Kemudian pada jam ke-1 setelah pemberian beban lampu LED 3 V didapatkan potensial sel tetap pada masing-masing elektroda. Selanjutnya nilai potensial sel secara berturut-turut sampai jam ke-12 didapat hasil akhir 2.3 V pada elektroda C-Zn, 2 V pada elektroda Cu-Zn dan 2.2 Volt pada elektroda C-Zn/Cu-Zn

**Gambar-4.** Grafik Kenaikan pH per Satuan Waktu.

Note: ◆= Elektroda Cu-Zn, ■= Elektroda C-Zn, ▲= Elektroda Cu-Zn/C-Zn

KESIMPULAN

Dari data yang telah diperoleh maka dapat disimpulkan bahwa elektroda kombinasi Cu-Zn/C-Zn adalah elektroda yang paling baik untuk penghasil aliran listrik dari air asam tambang, hal ini dikarenakan nilai voltase dari elektroda tersebut yang paling stabil dibandingkan dengan pasangan elektroda lainnya. Meskipun pasangan elektroda C-Zn menghasilkan nilai voltase yang tinggi di awal percobaan, akan tetapi pasangan elektroda C-Zn mengalami penurunan voltase yang signifikan selama 12 jam saat penelitian.

Dari kemampuan menaikkan pH air asam tambang, pasangan elektroda kombinasi Cu-Zn/C-Zn merupakan pasangan elektroda yang mampu menaikkan pH dengan nilai tertinggi yaitu 6.0 dalam percobaan selama 3 hari.

Semakin banyak jumlah sel yang digunakan maka semakin besar pula nilai voltase yang dihasilkan, dan semakin lama elektroda pada setiap sel digunakan, maka semakin kecil nilai voltase yang dihasilkan. Sehingga voltase berbanding lurus dengan jumlah sel, dan berbanding terbalik terhadap waktu.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Enny Widyati. 2009. Kajian Fitoremediasi Sebagai Salah Satu Upaya Menurunkan Akumulasi Logam Akibat Air Asam Tambang Pada Lahan Bekas Tambang Batubara. Jurnal Ilmiah. Pusat Litbang Hutan dan Konservasi Alam.
- [2] Hieronimus INDRA, Yan LEPONG, Firman GUNAWAN, M. Sonny ABFERTIAWAN. 2014. Penerapan Metode Active dan Passive Treatment

Dalam Pengelolaan Air Asam Tambang Site Lati.
Jurnal Ilmiah. Oktober 2014. Bandung.

- [3] Lindsay, W.I. 1988. Chemical equilibria in soils. John Wiley & Sons. New York.
- [4] Schwertmann, U. 1991. Solubility and dissolution of iron oxide. Dalam: chen, Y., dan Y. Hadar (eds). Iron Nutrition and interactions in Plants. Kluwer Academic Publ. London.
- [5] Islamunisa, Fatimah. Pemanfaatan Air Asam Tambang Batubara Sebagai Sumber Ehergi Listrik Alternatif. Jurnal Atomik, 2018, 03(1) hal 22-25..