

Pemanfaatan Limbah *Stockpile* Batubara Sebagai Media Elektrolit Untuk Menghasilkan Tegangan Listrik Dengan Kombinasi Elektroda

Leni Sundari¹⁾, Atina¹⁾, Andi Arif Setiawan^{2*)}

¹⁾Program Studi Fisika Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas PGRI Palembang

²⁾Program Studi Sains Lingkungan, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas PGRI Palembang

*Corresponding email: aaschem90@gmail.com

Abstrak

Limbah *stockpile* batubara mengandung ion-ion terlarut yang dapat menghantarkan arus listrik, sehingga dapat digunakan sebagai media elektrolit. Larutan yang mengandung ion-ion tersebut jika dimasukkan dua elektroda logam yang berbeda akan menghasilkan tegangan listrik. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji tegangan listrik yang dihasilkan limbah *stockpile* batubara dari kombinasi jenis elektroda dan menganalisis tegangan listrik yang dihasilkan dari luas penampang elektroda yang berbeda-beda. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimen dengan kombinasi jenis elektroda (Cu-Zn), (Zn-Al), (Cu-Al) dan luas penampang elektroda 1 cm x 10 cm, 3 cm x 10 cm, 5 cm x 10 cm. Data yang diperoleh di analisis secara deskriptif dan dilanjutkan dengan analisis uji F 2 faktor (faktor kombinasi jenis elektroda dan luas penampang elektroda), untuk melihat perbedaan antar perlakuan dilakukan analisis Beda Nyata Terkecil (BNT). Hasil penelitian menunjukkan kombinasi jenis elektroda (Cu-Zn) menghasilkan tegangan listrik tertinggi pada luas penampang elektroda 5 cm x 10 cm yaitu sebesar 1,02 volt. Uji F 2 faktor Menunjukkan bahwa kombinasi jenis elektroda dan luas penampang elektroda berpengaruh nyata terhadap tegangan listrik yang dihasilkan.

Kata Kunci: Kombinasi Elektroda, Luas Penampang, Tegangan Listrik, *Stockpile Batubara*.

PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara yang memiliki sumber daya alam yang melimpah salah satunya yaitu batubara, di Indonesia batubara banyak tersebar secara luas di pulau Sumatera dan Kalimantan. Batubara sebagian besar digunakan untuk memenuhi kebutuhan energi pembangkit listrik tenaga uap (PLTU) dan sektor industri lainnya (Setiawan et al., 2020). Batubara merupakan batuan sedimen yang mudah terbakar. Batubara terbentuk dari sisa tumbuh-tumbuhan yang mengalami pengendapan di bawah permukaan bumi selama ratusan tahun dan adanya proses humifikasi, geologi, dan kimiawi yang terjadi di dalamnya (Maulana et al., 2020). Proses pertambangan batubara tidak hanya memberikan dampak positif saja, tetapi juga berdampak negatif bagi lingkungan sekitar. Dampak lingkungan yang ditimbulkan adalah meningkatannya jumlah limbah padat sisa pembakaran batubara yang termasuk dalam kategori limbah bahan beracun dan berbahaya (B3) serta memerlukan penanganan khusus (Noviardi, 2013). Proses pertambangan batubara yang cenderung dapat mengganggu lingkungan adalah penggalian batubara, pengangkutan batubara, pengolahan batubara, pencucian batubara dan penimbunan batubara serta penyimpanan sementara batubara/ *stockpile* (Setiawan, et al., 2018b & Setiawan, et al 2021).

Limbah pada umumnya dapat berbentuk padat, cair atau gas. Limbah dari hasil industri yang semula berdampak negatif, namun seiring dengan kemajuan teknologi limbah tersebut dapat dikelola kembali agar dapat menghasilkan nilai ekonomis untuk masyarakat (Hikamah & Mubarak, 2012). Limbah *stockpile* batubara merupakan limbah cair yang berasal dari bekas penimbunan

sementara batubara sebelum di angkut ke tujuan akhir (setiawan et al, 2018). Tempat yang digunakan untuk kegiatan penimbunan sementara batubara dapat mempengaruhi kualitas lingkungan. Limbah cair yang berasal dari *run-off stockpile* dan *coal wetting* memiliki zat padat yang tersuspensi dan sejumlah zat terlarut lainnya (Fitriyanti, 2015). Limbah *stockpile* batubara merupakan limbah cair yang berasal dari pengangkutan dan penimbunan sementara batubara, sebelum di angkut ke tujuan akhir. Limbah *stockpile* batubara mengandung padatan tersuspensi dan ion-ion terlarut. Ion-ion terlarut tersebut dapat menghantarkan aliran listrik (Setiawan, 2021).

Larutan elektrolit adalah larutan yang memiliki ion- ion yang dapat menghasilkan arus listrik. Larutan elektrolit biasanya ditandai dengan adanya gelembung gas. Larutan elektrolit dapat bersifat elektrolit kuat dan elektrolit lemah. Larutan elektrolit kuat merupakan larutan yang memiliki ion terlarut yang dapat terurai dengan sempurna dengan ditandai adanya gelembung gas yang bermunculan sehingga dapat menghasilkan arus listrik yang cukup baik sedangkan larutan elektrolit lemah merupakan larutan yang dapat menghasilkan arus listrik namun gelembung gas yang ditimbulkan sedikit akan tetapi lampu yang dihasilkan menyala dengan redup (Bengi et al., 2018). Energi listrik berperan penting dalam kehidupan sehari-hari. Energi listrik banyak digunakan untuk kegiatan industri, komersial, maupun untuk penggunaan alat-alat elektronik rumah tangga. Besar energi listrik yang dihasilkan bergantung dengan tegangan, arus, dan waktu. Energi alternatif merupakan energi pengganti yang dapat dihasilkan dari bahan-bahan yang mudah didapat dan pemanfaatannya belum secara maksimal, serta diperlukan campur tangan manusia agar mendapatkan hasil yang lebih optimal salah satunya sel volta (Suciyati et al., 2019).

Sel volta sering juga disebut sel galvani. Sel volta merupakan sel elektrokimia yang dapat menghasilkan arus listrik karena adanya reaksi reduksi dan oksidasi didalam sel tersebut. Reaksi oksidasi terjadi pada anoda dan katoda yang merupakan elektroda negatif dan elektroda positif. Di dalam sel volta terdapat larutan elektrolit yang berfungsi sebagai media penghantar listrik (Putri & Maruf, 2018). Menurut Harahap (2016) sel volta adalah suatu sel elektrokimia yang dapat menghasilkan tegangan listrik yang disebabkan oleh reaksi reduksi dan oksidasi yang terjadi secara spontan. Pada sel volta kutub negatif disebut sebagai anoda dan kutub positif adalah katoda. Kedua bagian elektroda tersebut akan dihubungkan dengan larutan elektrolit yang berfungsi sebagai media pengantar listrik. Elektroda merupakan konduktor yang terhubung dengan larutan elektrolit pada rangkaian listrik. Elektroda dapat berupa penghantar elektrolit (logam) dan penghantar ionik (larutan). Elektroda dapat berbentuk kawat, piring, atau tongkat. Elektroda yang banyak digunakan adalah logam, seperti tembaga, seng, besi, dan aluminium. Elektroda juga dapat berupa bahan konduktor listrik non-logam, seperti grafit (Siregar, 2017). Penelitian ini memanfaatkan *stockpile* batubara sebagai media elektrolit untuk menghasilkan tegangan listrik dengan menggunakan kombinasi anoda-katoda yang berbeda.

METODOLOGI PENELITIAN

Alat dan Bahan

Alat yang digunakan yaitu: multimeter digital, beaker gelas, kabel jepit buaya, penggaris, gunting, dan plat tembaga, seng, dan aluminium. Bahan yang digunakan yaitu limbah cair *stockpile* batubara.

Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen dengan mengkombinasikan jenis elektroda dan luas penampang elektroda dalam media elektrolit limbah *stockpile* batubara, tegangan yang dihasilkan diukur menggunakan multimeter digital.

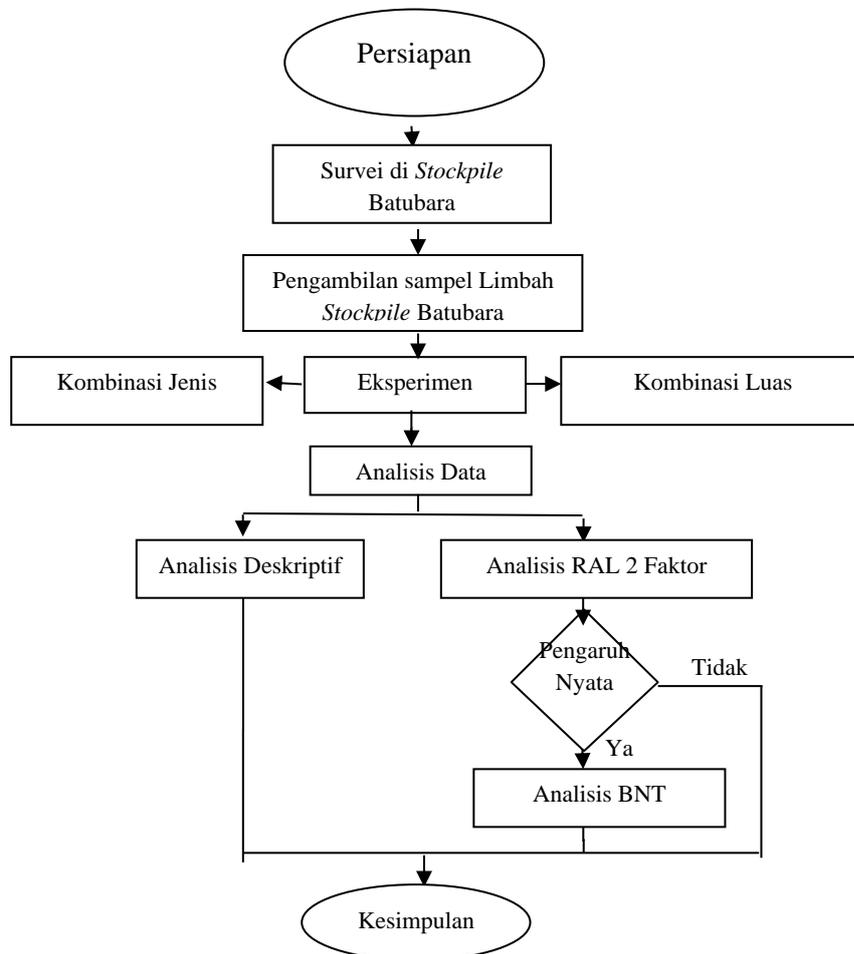
Desain Penelitian

Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) 2 faktor. Faktor 1 Kombinasi jenis elektroda: Tembaga dengan seng (Cu-Zn), seng dengan aluminium (Zn-Al), tembaga dengan aluminium (Cu-Al) dan faktor 2 luas penampang elektroda 1 cm x 10 cm, 3 cm x 10 cm, dan 5 cm x 10 cm. Disajikan pada Tabel 1 berikut:

Tabel 1. Desain Penelitian RAL

Kombinasi Jenis Elektroda	Kombinasi Luas Penampang		
	L1	L2	L3
J1	J1L1	J1L2	J1L3
J2	J2L1	J2L2	J2L3
J3	J3L1	J3L2	J3L3

Keterangan : J1 = Cu-Zn, J2 = Zn-Al dan J3 = Cu-Al serta L1 = 1 cm x 10 cm, L2 = 3 cm x 10 cm dan L3 = 5 cm x 10 cm.

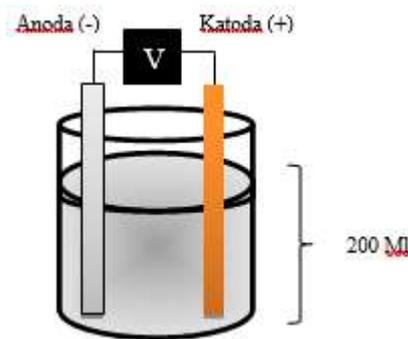


Gambar 1. Diagram Alur Penelitian

Prosedur Penelitian

Air limbah *stockpile* batubara diambil sebanyak 200 ml lalu dimasukkan ke dalam beaker gelas 250 ml. selanjutnya masukkan plat seng (Zn) dan tembaga (Cu) ke dalam gelas beaker tersebut. Plat Zn sebagai anoda dan plat Cu sebagai katoda. Hubungkan anoda dan katoda menggunakan

kabel jepit buaya. Ujung dari kabel elektroda Cu dihubungkan dengan multimeter digital kutub positif sedangkan ujung kabel elektroda Zn dihubungkan ke multimeter digital kutub negative (Gambar 2). Kemudian amati nilai voltase yang ditunjukkan multimeter digital tersebut. Ulangi Langkah diatas untuk berbagai ukuran luas penampang dan kombinasi elektroda.



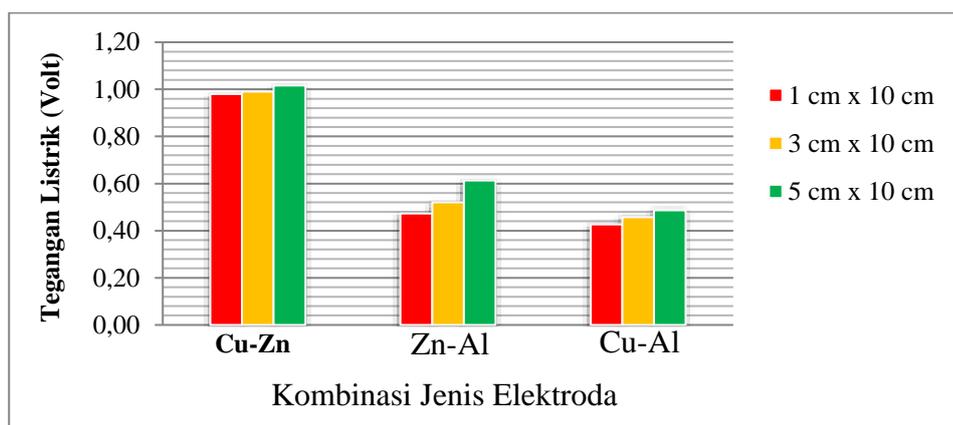
Gambar 2. Skema Pengukuran

Analisis Data

Data yang diperoleh di analisis deskriptif kemudian di analisis dengan uji F dua faktor (faktor kombinasi jenis elektroda dan luas penampang elektroda), jika nilai sig < 5% artinya perlakuan berpengaruh nyata terhadap tegangan listrik yang dihasilkan, untuk melihat perbedaan perlakuan antara kombinasi jenis elektroda dan luas penampang elektroda yang dihasilkan dilakukan uji lanjut berupa analisis Beda Nyata Terkecil (BNT).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengukuran tegangan listrik dari kombinasi jenis elektroda Cu-Zn, Zn-Al, Cu-Al dan luas penampang elektroda 1 cm x 10 cm, 3 cm x 10 cm dan 5 cm x 10 dalam media elektrolit yang berasal dari limbah cair *stockpile* batubara disajikan pada Gambar 3 berikut:



Gambar 3. Hasil Pengukuran Tegangan Listrik

Gambar 3 di atas terlihat bahwa luas penampang elektroda berbanding lurus dengan tegangan listrik yang dihasilkan. Hal ini karena semakin luas penampang elektroda yang digunakan maka semakin banyak interaksi yang terjadi antara media limbah cair *stockpile* batubara dengan elektroda yang mengakibatkan terjadinya reaksi oksidasi dan reduksi (pelepasan dan penerimaan elektron oleh kutub

anoda dan katoda) sehingga tegangan listrik yang dihasilkan semakin besar. Satriady dkk (2016) mengemukakan bahwa semakin luas penampang elektroda yang digunakan maka akan memiliki lebih banyak bahan aktif yang dapat menampung elektron sehingga mampu menghasilkan tegangan listrik yang lebih besar. Banyaknya bahan aktif pada elektroda tersebut dapat menghasilkan tegangan listrik melalui reaksi elektrokimia.

Gambar 3 menunjukkan kombinasi jenis elektroda tembaga dengan seng (Cu-Zn) adalah kombinasi jenis elektroda yang menghasilkan tegangan listrik lebih besar dibandingkan kombinasi jenis elektroda seng dengan alumunium (Zn-Al) dan kombinasi jenis elektroda tembaga dengan alumunium (Cu-Al). Hal ini terjadi karena seng (Zn) sebagai kutub anoda mempunyai potensial reduksi pada sel volta lebih besar dibandingkan dengan alumunium (Al). Hal ini berarti bahwa kombinasi jenis elektroda tembaga dengan seng (Cu-Zn) merupakan kombinasi jenis elektroda yang paling baik digunakan sebagai kutub anoda dan katoda pada media elektrolit limbah cair *stockpile* batubara. Penelitian yang dilakukan sejalan dengan Nuriskasari (2021) mengemukakan bahwa kombinasi jenis elektroda tembaga dengan seng (Cu-Zn) merupakan kombinasi jenis elektroda yang menghasilkan tegangan listrik yang lebih besar.

Berdasarkan Gambar 3 kombinasi jenis elektroda dan luas penampang elektroda mempengaruhi tegangan listrik yang dihasilkan dalam media elektrolit limbah cair *stockpile* batubara. Penelitian tersebut sejalan dengan Halil (2019) menyatakan bahwa besar tegangan listrik yang dihasilkan kombinasi jenis elektroda meningkat secara linier berdasarkan kenaikan luas penampang elektroda yang digunakan. Analisis sidik ragam (uji F) 2 faktor dilakukan dengan menggunakan program SPSS Statistics Version 22 untuk melihat pengaruh kombinasi jenis elektroda dan luas penampang elektroda terhadap tegangan listrik yang dihasilkan dalam media elektrolit limbah cair *stockpile* batubara. Hasil analisis sidik ragam (uji F) 2 faktor tersebut disajikan pada Tabel 2 dan Tabel 3 berikut:

Tabel 2. Banyaknya data yang diinputkan

		N
Jenis	1.00	9
	2.00	9
	3.00	9
Luas	1.00	9
	2.00	9
	3.00	9

Keterangan:

Kombinasi jenis elektroda (Jenis), 1 : (Cu - Zn), 2 : (Zn - Al), dan 3 : (Cu - Al). Luas penampang elektroda (Luas) 1 = (1 cm x 10 cm), 2 : (3 cm x 10 cm), dan 3 : (5 cm x 10 cm).

Tabel 2 di atas terlihat bahwa banyaknya data yang diinputkan untuk masing-masing kombinasi jenis elektroda dan luas penampang elektroda adalah 9 data, untuk melihat perbedaan perlakuan terhadap tegangan listrik yang dihasilkan dilakukan analisis sidik ragam (uji F) 2 faktor disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3 terlihat bahwa kombinasi jenis elektroda menunjukkan nilai F hitung sebesar 5538.730 dengan nilai signifikan (sig) 0,000 < 5%, luas penampang elektroda menunjukkan nilai F hitung sebesar 107.270 dengan nilai signifikan (sig) 0,000 < 5% dan interaksi antara kombinasi jenis elektroda dan luas penampang elektroda menunjukkan nilai F hitung sebesar 16.378 dengan nilai signifikan (sig) 0,000 < 5% artinya kombinasi jenis elektroda, luas penampang elektroda dan interaksi antara kombinasi jenis elektroda dan luas penampang elektroda berpengaruh nyata terhadap tegangan listrik yang dihasilkan media elektrolit limbah cair *stockpile* batubara. Analisis beda nyata terkecil (BNT) dilakukan untuk

melihat perbedaan antar perlakuan kombinasi jenis elektroda dan luas penampang elektroda disajikan pada Tabel 4 dan Tabel 5:

Tabel 3. Analisis Sidik Ragam

Source	Type III Sum of Squares	Df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	1.556 ^a	8	.195	1419.689	.000
Intercept	11.841	1	11.841	86403.892	.000
Jenis	1.518	2	.759	5538.730	.000
Luas	.029	2	.015	107.270	.000
Jenis * Luas	.009	4	.002	16.378	.000
Error	.002	18	.000		
Total	13.399	27			
Corrected Total	1.559	26			

Tabel 4. Analisis Beda Nyata Terkecil (BNT) Antar Kombinasi Jenis Elektroda

(I) Jenis	(J) Jenis	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
1.00	2.00	.4589*	.00552	.000	.4473	.4705
	3.00	.5378*	.00552	.000	.5262	.5494
2.00	1.00	-.4589*	.00552	.000	-.4705	-.4473
	3.00	.0789*	.00552	.000	.0673	.0905
3.00	1.00	-.5378*	.00552	.000	-.5494	-.5262
	2.00	-.0789*	.00552	.000	-.0905	-.0673

Tabel 5. Analisis Beda Nyata Terkecil (BNT) Antar Luas Penampang Elektroda

(I) Luas	(J) Luas	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
1.00	2.00	-.0300*	.00552	.000	-.0416	-.0184
	3.00	-.0800*	.00552	.000	-.0916	-.0684
2.00	1.00	.0300*	.00552	.000	.0184	.0416
	3.00	-.0500*	.00552	.000	-.0616	-.0384
3.00	1.00	.0800*	.00552	.000	.0684	.0916
	2.00	.0500*	.00552	.000	.0384	.0616

Tabel 4 dan 5 di atas terlihat bahwa kombinasi jenis elektroda antar kombinasi (Cu-Zn) dibandingkan kombinasi jenis elektroda (Zn-Al), (Cu-Al) dan luas penampang elektroda antar luas 1 cm x 10 cm dibandingkan luas 3 cm x 10 cm dan 5 cm x 10 cm terlihat bahwa menunjukkan pengaruh nyata antar kombinasi jenis elektroda tersebut hal ini ditunjukkan dengan tanda *.

KESIMPULAN

Tegangan listrik yang dihasilkan oleh limbah cair *stockpile* batubara menggunakan metode sel volta dengan kombinasi jenis elektroda (Cu-Zn, Zn-Al, dan Cu-Al) dan luas penampang elektroda (1 cm × 10 cm, 3 cm × 10 cm, dan 5 cm × 10 cm) menunjukkan pengaruh yang signifikan (sig < 5%).

DAFTAR PUSTAKA

- Bengi, F. M., Wahyuni, A. S. Syamsuryani, W., & Mustika, D. 2018. Perbandingan Arus dan Tegangan Larutan Elektrolit Berbagai Jenis Garam. *Jurnal Pendidikan Fisika dan Sains*, 1 (1): 32-36.
<https://ejournalunsam.id/indek.php/JPFS/article/view/1724>.
- Fitriyanti, R. 2015. Kajian Instalasi Pengolahan Limbah Cair Stockpile Batubara. *Berkala Teknik*, 5 (2): 864-875.
<https://jurnal.um-palembang.ac.id/berkalateknik/article/view/366>.
- Halil, M. 2019. Uji Coba Elektroda Pelat Tembaga dan Alumunium terhadap Air Laut sebagai Elektrolit untuk Menghasilkan Energi Listrik Alternatif. *Majalah Tehnik Simes*, 13 (2) : 14-19.
<https://journals.unihaz.ac.id/index.php/simes/article/view/1452>.
- Harahap, M. R. 2016. Sel Elektrokimia: Karakteristik dan Aplikasi. *Circuit*, 2 (1) : 177-180.
<https://dx.doi.org/10.22373/crc.v2i1.764>.
- Hikamah, S. R., & Mubarak, H. 2012. Studi Deskriptif Pengaruh Limbah Industri Perikanan Muncar, Banyuwangi terhadap Lingkungan Sekitar. *Bioshell*, 1 (1) : 1-12.
<https://www.researchgate.net/publication/269097787>.
- Maulana, R., Dewanto, O., & Abriansyah, A. R. 2020. Karakterisasi Lapisan Batubara Pada Tambang Arantiga dan Seluang Bengkulu Menggunakan Analisis Data Proksimat. *Jurnal Geofisika Eksplorasi*, 06 (03): 197-204.
<https://doi.org/10.23960/jge.v6i3.92>.
- Noviardi, R. 2013. Limbah Batubara sebagai Pembunuh Tanah dan Sumber Nutrisi: Studi Kasus Tanaman Bunga Matahari (*Helianthus Annus*). *Riset Geologi dan Pertambangan*, 23 (1): 61-72.
<https://dx.doi.org/10.14203/risetgeotam2013.v23.70>.
- Nuriskasari, I., Handaya., Tendi, D. M., Alghifary, H. Z., & Nuraisah, P. 2021. Rancang Bangun Pembangkit Listrik Tenaga Air Gambut Menggunakan Logam Bekas sebagai Elektroda. *Jurnal Austenit*, 13 (1) : 1-7.
<https://doi.org/10.5281/zenodo.4735749>.
- Putri, A. R., & Maruf, A. 2018. Energi Alternatif dengan Menggunakan Reaksi Elektrokimia. *JUPI Jurnal Ilmiah Penelitian Dan Pembelajaran Informatika*, 03 (01) : 62-68.
<https://doi.org/10.29100/jupi.v3i1.656.g330>.
- Satriady, A., Alamsyah, W., Saad, A. H., & Hidayat, S. 2016. Pengujian Pengaruh Luas Elektroda terhadap Karakteristik Baterai LiFePO₄. *Jurnal material dan energi Indonesia*, 06 (02) : 43-48.
<https://doi.org/10.24198/jmei.v6i02.10959.g5163>.

- Setiawan, A. A., Budianta, D., Suheryanto., & Priadi, D. P. 2018a. Review : Pollution due to Coal Mining Activity and its Impact on Environment. *Sriwijaya Journal of Environment*, 3(November 2017), 1–5.
<https://doi.org/10.22135/sje.2018.3.1.1-5>.
- Setiawan, A. A., Budianta, D., Suheryanto., & Priadi, D. P. 2018b. Contens of Heavy Metal in Soil Water at *Stockpile* Coal (Case Study Kertapati Palembang City Indonesia). *Pollution Research*, 37 (2): 301-306.
http://www.envirobiotechjournals.com/article_abstract.php?aid=8805&iid=252&jid=4.
- Setiawan, A. A., & Fitriyanti, R. 2021. The Utilization of Carbon Electrodes to Reduce Dissolved Ions from Coal Stockpile Wastewater. *Sriwijaya Journal of Environment*, 6 (3) : 107-113.
<http://www.ojs.pps.unsri.ac.id/index.php/ppsunstri/article/view/284>.
- Setiawan, A. A., Lumbantoruan, P., & Novaldo, E. 2021. Pemanfaatan Elektroda Karbon dan Aluminium untuk Menurunkan Ion-Ion Terlarut Limbah Stockpile Batubara. *Jurnal Redoks*, 6 (2) : 117-126.
<https://dx.doi.org/10.31851/redoks.v6i2.6646>.
- Setiawan, A. A., Wibowo, P. & Rosyid, F. A. 2020. Analisis Pengaruh Ekspor dan Konsumsi Batubara Terhadap Pertumbuhan Ekonomi Indonesia. *Jurnal Teknologi Mineral dan Batubara*, 16 (2): 109-124.
<https://doi.org/10.30556/jtmb.Vol16.No2.2020.1081>.
- Siregar, S. M. 2017. Pengaruh Bahan Elektroda terhadap Kelistrikan Belimbing Wuluh (*Averrhoa bilimbi*) sebagai Solusi Energi Alternatif Ramah Lingkungan. *Jurnal Penelitian Pendidikan MIPA*, 2 (1) : 166-173.
<http://jurnal-lp2m.umnaw.ac.id/index.php/JP2MIPA/article/view/143/136>.
- Suciyati, S. W., Suci, A. & Amir, S. 2019. Analisis Jeruk dan Kulit Jeruk sebagai Larutan Elektrolit terhadap Kelistrikan Sel Volta. *Jurnal Teori Dan Aplikasi Fisika*, 7 (1) : 7-16.
<https://dx.doi.org/10.23960%2Fjtaf.v7i1.1919>.
- Suharyanti, S. H., Pambudi, J. L., Wibowo., & Pratiwi, N. I. 2019. *Outlook Energi Indonesia (OEI)*, Jakarta.