

Pengaruh Penggunaan *Fly Ash* dan *Bottom Ash* Sebagai Bahan Dalam Pembuatan Baterai Terhadap Kinerja dan Efisiensi Energi

Arif Maulana¹, Novia Utami Putri^{2*}, Ernando Rizki Dalimunthe³, Elka Pranita⁴

^{1,2,3,4}Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer, Universitas Teknokrat Indonesia, Indonesia

²Jurusan Teknologi Pertanian, Politeknik Negeri Lampung

Article Info

Article history:

Received November 30, 2024

Accepted February 13, 2025

Published May 20, 2025

Keywords:

Battery;
Coal;
Waste;
fly ash;
Bottom ash

ABSTRACT

Fly ash and bottom ash are one of the problems of energy companies because their production is abundant, but their disposal and processing are not yet optimal. The use of fly ash and bottom ash is processed so that it does not have a negative impact on the environment, one way is by using fly ash and bottom ash as materials in making batteries. Burning coal produces fly ash solid waste which contains 39.70% carbon (C) and 46.99% silicon dioxide (SiO₂). This research is research using an experimental research approach. Experimental research can be interpreted as research that is carried out to find out the consequences of a treatment that is deliberately given by the research. Processing coal waste in the form of fly ash and bottom ash as an alternative source of electrical power can be an alternative choice for reducing the amount of coal ash waste that accumulates in PLTUs. is in Indonesia. The battery consists of electrodes made from a mixture of fly ash and bottom ash which are mixed using salt water, MSG and electrolyte. Of the three mixtures that have been experimented with, a good mixture is a mixture of fly ash and bottom ash with an electrolyte mixture that gets a voltage of 1,133 volts and a current of 0.111 Ampere.

Fly ash dan bottom ash menjadi salah satu permasalahan perusahaan energi karena produksinya melimpah, namun pembuangan dan pengolahannya belum maksimal. Pemanfaatan fly ash dan bottom ash diolah supaya tidak berdampak buruk terhadap lingkungan, salah satunya adalah dengan menggunakan fly ash dan bottom ash sebagai bahan dalam pembuatan baterai. Pembakaran batu bara menghasilkan limbah padat fly ash yang mengandung 39,70% karbon (C) dan 46,99% silikon dioksida (SiO₂). Penelitian ini merupakan riset dengan menggunakan pendekatan penelitian eksperimen. Penelitian eksperimen dapat diartikan sebagai penelitian yang dilakukan guna mengetahui akibat yang ditimbulkan dari suatu perlakuan yang sengaja diberikan oleh penelitian. Pengolahan limbah Batubara berupa fly ash dan bottom ash sebagai sumber tenaga listrik alternatif dapat menjadi alternatif pilihan untuk mengurangi jumlah limbah abu batu bara yang menumpuk di PLTU yang ada di Indonesia. Baterai tersusun dari elektroda berasal dari campuran fly ash dan bottom ash yang dicampurkan menggunakan cairan air garam, msg dan elektrolit. Dari tiga bahan campuran yang telah di eksperimenkan, campuran yang baik adalah campuran fly ash dan bottom ash dengan campuran elektrolit mendapatkan tegangan sebesar 1,133 volt dan arus sebesar 0,111 Ampere.



Corresponding Author:

Novia Utami Putri,
Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer,
Universitas Teknokrat Indonesia,
Jl. ZA. Pagar Alam No.9-11, Labuhan Ratu, Kec.Kedaton, Kota Bandar Lampung 35132.
Email: noviautami@teknokrat.ac.id, noviautami@polinela.ac.id

1. PENDAHULUAN

Energi listrik merupakan salah satu fondasi yang mendukung kemajuan modern dalam berbagai aspek kehidupan sosial dan ekonomi [1]. Peran energi listrik sangat vital dalam mendukung perkembangan teknologi dan industri di zaman sekarang. Dengan adanya energi listrik, mesin dan peralatan dapat beroperasi secara efisien, meningkatkan produktivitas dan kemajuan di berbagai sektor. Di era digital seperti sekarang, energi listrik juga menjadi kunci dalam mendukung konektivitas dan komunikasi. Dengan adanya listrik, perangkat elektronik seperti smartphone, laptop, dan komputer dapat berfungsi dengan baik, memudahkan akses informasi dan komunikasi antar individu dan lembaga. Salah satu sumber pembangkit energi listrik yang digunakan di Indonesia adalah pembangkit listrik tenaga uap (PLTU) yang menggunakan batu bara sebagai bahan bakarnya [2].

Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) memakai bahan bakar utama yaitu batubara. Abu batu bara sisa pembakaran PLTU mulut tambang, produksinya sangat besar dan belum termanfaatkan dengan baik. Pemanfaatan batubara pada PLTU berfungsi sebagai bahan bakar untuk boiler. Boiler akan menghasilkan uap yang digunakan sebagai penggerak turbin untuk membangkitkan listrik. Abu batu bara hasil pembakaran batubara di PLTU dan cerobong-cerobong asap pabrik industri menghasilkan sisa pembakaran berupa limbah padat abu dasar 25% (*bottom ash*) dan abu terbang 75% (*fly ash*) [3].

Fly ash dan *bottom ash* menjadi salah satu permasalahan perusahaan energi karena produksinya melimpah, namun pembuangan dan pengolahannya belum maksimal. Permintaan batu bara terus meningkat setiap tahunnya seiring dengan semakin tidak terkendalinya timbunan limbah abu. peningkatan jumlah limbah padat sebanding dengan konsumsi batu bara sebagai bahan baku proses pembakaran industri. Ketika batu bara dibakar dicerobong pembangkit listrik tenaga uap dan perusahaan industri, sisa pembakaran dihasilkan sebagai limbah pada 25% sebagai abu dasar dan 75% sebagai abu terbang. Pembakaran batubara menghasilkan limbah padat *fly ash* yang mengandung 39,70% karbon (C) dan 46,99% silikon dioksida (SiO_2) yang dapat digunakan sebagai bahan penyerap. *fly ash* adalah partikel abu yang terbawa oleh gas buang, sedangkan *bottom ash* adalah abu yang tertinggal di dasar tungku. Jika abu batubara tidak diolah lebih lanjut maka dapat berdampak buruk terhadap lingkungan [4].

Pemanfaatan *fly ash* dan *bottom ash* diolah supaya tidak berdampak buruk terhadap lingkungan, salah satunya adalah dengan menggunakan *fly ash* dan *bottom ash* sebagai bahan dalam pembuatan baterai. *Fly ash* dan *bottom ash* merupakan limbah yang dihasilkan dari pembakaran batu bara di pembangkit listrik tenaga uap. Penggunaan *fly ash* dalam pembuatan baterai diharapkan dapat meningkatkan kinerja dan efisiensi energi baterai.

Baterai merupakan salah satu teknologi penyimpanan energi listrik yang semakin berkembang pesat dalam beberapa tahun terakhir. Meningkatkan efisiensi sistem penyimpanan listrik sangat penting untuk mencapai target yang ditetapkan oleh pemerintah [5]. Dalam hal ini, efisiensi sistem penyimpanan energi listrik dapat diukur dari berbagai aspek, seperti efisiensi konversi energi, keandalan sistem, dan biaya operasional.

Pengembangan teknologi daur ulang yang menguntungkan secara ekonomi dan lingkungan dapat meningkatkan keberlanjutan. Daur ulang juga dapat mengurangi konsumsi energi dan emisi selama produksi baterai baru [6]. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengoptimalkan komposisi campuran limbah dalam pembuatan baterai guna meningkatkan kinerjanya. *Fly ash* mengandung silika dan alumina yang dapat meningkatkan konduktivitas listrik baterai serta mengurangi biaya produksi karena merupakan limbah industri. Dengan memanfaatkan limbah sebagai bahan tambahan dalam pembuatan baterai

Penelitian ini bertujuan untuk mengeksplorasi lebih lanjut mengenai bahan campuran dan cara eksperimen yang digunakan pada baterai. Pada penelitian sebelumnya [6] telah menunjukkan bahwa bahan campuran dan cara eksperimen yang digunakan dapat mempengaruhi kinerja baterai secara signifikan. Oleh karena itu, penelitian ini menggunakan eksperimen dan bahan yang berbeda.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Baterai

Sebuah baterai terdiri dari satu atau beberapa sel elektrokimia yang terhubung secara elektrik dan memiliki terminal atau kontak untuk menyediakan energi listrik. Baterai menghasilkan energi listrik melalui reaksi kimia yang terjadi di dalamnya. Ada dua jenis baterai yang dibedakan berdasarkan proses kimianya :

1. Baterai primer merupakan jenis baterai yang terdiri dari satu sel atau beberapa sel yang mampu menghasilkan energi listrik yang hanya dapat digunakan sampai habis sebelum akhirnya dibuang. Baterai primer biasanya sudah terisi penuh saat dirakit, dan proses pelepasan merupakan hal utama selama baterai ini beroperasi.
2. Baterai sekunder merupakan jenis baterai yang terdiri dari satu sel atau beberapa sel yang mampu menghasilkan energi listrik, di mana energi listrik dapat dikembalikan ke kondisi terisi penuh setelah energi listrik pada baterai habis dengan arus listrik yang mengalir ke arah yang berlawanan. Baterai jenis ini juga dikenal sebagai baterai isi ulang. Karena baterai sekunder umumnya disusun dalam keadaan kosong, baterai tersebut perlu diisi terlebih dahulu sebelum dapat digunakan [7].

2.2 Limbah Abu Batu Bara

Pembakaran batubara di PLTU menghasilkan energi listrik dengan menghasilkan limbah abu terbang. Limbah abu terbang ini terdiri dari *fly ash* dan *bottom ash* (FABA) dengan komposisi 75% *fly ash* dan sisanya *bottom ash*. Sekitar 25% dari total batu bara yang dibakar menghasilkan limbah FABA. Karena jumlah *fly ash* lebih banyak daripada *bottom ash*, pemanfaatannya lebih banyak dipertimbangkan. Secara kimia, *fly ash* adalah mineral aluminosilikat yang mengandung unsur-unsur seperti Ca, K, dan Na, sehingga memiliki sifat alkalis dengan pH 8-12. Selain itu, *fly ash* juga mengandung sedikit unsur C dan N. Unsur lain yang terkandung dalam jumlah kecil adalah Boron (B), fosfor (P), dan unsur-unsur seperti Cu, Zn, Mn, Mo, dan Se. Komposisi kimia *fly ash* dipengaruhi oleh jenis batubara yang dibakar, cara penyimpanan, dan pengelolaannya. Batubara dapat diklasifikasikan menjadi jenis lignit, sub-bituminous, bituminous, dan antrasit [8], [9].

2.3 Cairan Elektrolit

Elektrolit terdiri dari campuran air murni (H_2O) dan asam sulfat (H_2SO_4), dengan perbandingan campuran sebesar 64% H_2O dan 36% H_2SO_4 . Dengan menggunakan campuran tersebut, elektrolit baterai dengan berat jenis 1,270 dapat dihasilkan.[10].

2.4 Garam

Kristal padat yang disebut garam terutama terdiri dari senyawa Natrium Clorida sebanyak lebih dari 8%, serta senyawa lain seperti Magnesium Sulfat, Magnesium Clorida, dan Calcium Chlorida. Garam digunakan dalam berbagai bidang kehidupan, seperti untuk memasak dan sebagai bahan dasar dalam industri. Karena kebutuhan garam yang tinggi di Indonesia, negara ini memiliki banyak lahan tambak garam. Luas total lahan tambak garam di Pulau Madura dan Jawa mencapai 30.786 hektar. [11], [12].

2.5 Monosodium Glutamat (MSG)

MSG adalah garam natrium yang berasal dari asam glutamat, diproduksi melalui fermentasi tetes gula oleh bakteri *Brevibacterium lactofermentum*. MSG berupa kristal putih yang larut dalam air. Salah satu merek MSG yang terkenal adalah Ajinomoto yang dapat digunakan sebagai pupuk organik untuk tanaman karena mengandung unsur N, P, dan K yang dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman. Proses fermentasi MSG dimulai dengan pembentukan asam glutamat. Asam glutamat yang dihasilkan dari fermentasi ini kemudian dicampur dengan soda (Natrium Karbonat) untuk menghasilkan Monosodium Glutamat (MSG). MSG yang dihasilkan kemudian disuling dan dikristalisasi sehingga menjadi serbuk kristal murni yang siap dijual di pasaran [13].

3. METODE PENELITIAN

3.1 Jenis Penelitian

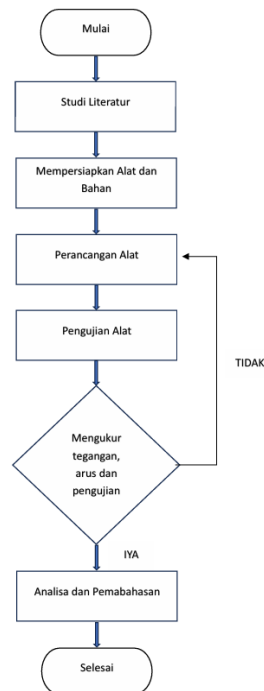
Penelitian ini merupakan riset dengan menggunakan pendekatan penelitian eksperimen. Penelitian eksperimen dapat diartikan sebagai penelitian yang dilakukan guna mengetahui akibat yang ditimbulkan dari suatu perlakuan yang sengaja diberikan oleh penelitian. Penelitian eksperimen bertujuan untuk menginvestigasi hubungan sebab akibat dengan menerapkan satu atau lebih perlakuan pada satu atau lebih kelompok eksperimen, kemudian membandingkan hasilnya dengan satu atau lebih kelompok kontrol yang tidak menerima perlakuan [14]. Penelitian ini dilaksanakan di daerah rajabasa kota bandar lampung pada tanggal 07 November 2024 – 15 November 2024

3.2 Alat dan Bahan

1. Baterai ABC ukuran 1,5 Volt
2. Multimeter Digital
3. Jam Dinding
4. Sendok dan Wadah
5. Obeng dan Tang
6. Timbangan Digital
7. Abu Batu Bara
8. Air Garam
9. Cairan Elektrolit
10. Air MSG

3.3 Blok Diagram Alir Penelitian

Adapun blok diagram penelitian yang di gunakan pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram Alur Penelitian

Tahap persiapan alat dan bahan dalam pembuatan alat ini, penulis mempersiapkan alat dan bahan yang digunakan untuk menunjang pembuatan alat ini, persiapan yang dilakukan penulis adalah sebagai berikut :

1. Mengambil limbah abu batu bara di PLTU Tarahan, kemudian limbah tersebut ditimbang dengan berbagai berat antara lain : 50 gram
2. Siapkan cairan yang akan digunakan untuk mencampurkan abu batu bara antara lain air garam, cairan elektrolit dan air MSG dengan berat berbagai macam yaitu 10 gram, 20 gram dan 30 gram.
3. Pertama Campurkan 50 gram limbah abu batu bara dengan 10, 20, 30 dengan air garam
Kedua campurkan 50 gram limbah abu batu bara dengan 10, 20, 30 dengan cairan elektrolit
Ketiga campurkan 50 gram limbah abu batu bara dengan 10, 20, 30 dengan air MSG
4. Mengambil baterai ABC 1,5 Volt, kemudian keluarkan mangan oksida yang ada di dalam baterai tersebut menggunakan obeng.
5. Mengganti isi baterai dengan 3 bahan campuran yaitu bahan abu batu bara campuran elektrolit, abu batu bara dengan campuran air garam dan abu batu bara dengan campuran MSG
6. Mengamati dan melakukan pengukuran tegangan dan arus baterai yang telah diisi dengan campuran 3 bahan tadi
7. Memasang baterai di jam dinding, dan amati apa yang terjadi pada jam dinding tersebut dan bagaimana hasilnya antara baterai yang berisi abu batu bara dengan campuran air garam, abu batu bara dengan campuran air msg dan abu batu bara dengan campuran elektrolit.



Gambar 2. Gambar Pembuatan Baterai

3.4 Pengukuran

Baterai yang sudah disiapkan, dikeluarkan pasta sebelumnya, kemudian dibersihkan dan diisi dengan pasta yang telah dibuat. Selanjutnya dilakukan pengukuran tegangan dan arus pada baterai. Setelah mendapatkan tegangan dan arus, maka kita dapat menghitung daya dari baterai menggunakan persamaan [15]:

$$P = V \times I$$

P = Daya (Watt)

V = Tegangan (Volt)

I = Arus (Ampere)

4. HASIL DAN ANALISIS

4.1 Pengujian Tegangan dan Arus pada Baterai

Setelah pembuatan baterai dan pengujian terhadap baterai yang menggunakan campuran air garam, air MSG, dan cairan elektrolit dilakukan, hasil pengujian menunjukkan bahwa baterai yang menggunakan campuran air garam memiliki performa yang lebih baik dibandingkan dengan baterai yang menggunakan campuran air msg dan cairan elektrolit. Hal ini dapat dilihat dari hasil pengujian tegangan dan arus yang dilakukan menggunakan multitester. Berikut hasil pengukuran tegangan dan arus yang akan di tampilkan melalui tabel :



Gambar 3. Gambar Pengujian terhadap baterai

Tabel 1. Tabel Data Pengambilan 1,5 Volt dari Campuran Air Garam

Abu Batu Bara (g)	Air Garam (g)	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (W)
30	10	0,594	0,001	0,000594
30	30	0,601	0,003	0,001803
30	50	0,633	0,007	0,004431

Pada Tabel 1 adalah campuran baterai dengan air garam pengujian pertama dengan 30 gram *fly ash* dan *bottom ash* menggunakan cairan air garam dengan berat 10 gram mendapatkan tegangan sebesar 0,594 volt dan arus 0,001 ampere. Pengujian kedua dengan 30 gram *fly ash* dan *bottom ash* menggunakan cairan garam dengan berat 30 gram mendapatkan tegangan sebesar 0,601 Volt dan arus 0,003 ampere. Pengujian ketiga dengan 30 gram *fly ash* dan *bottom ash* menggunakan cairan garam dengan berat 50 gram mendapatkan tegangan sebesar 0,633 volt dan arus 0,007 ampere.

Tabel 2. Tabel Data Pengambilan 1,5 Volt dari Campuran MSG

Abu Batu Bara (g)	Air MSG (g)	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (W)
30 g	10 g	0,924	0,001	0,000924
30 g	30 g	1,19	0,002	0,002238
30 g	50 g	1,161	0,004	0,004644

Pada tabel 2 adalah campuran baterai dengan campuran air MSG pengujian pertama dengan 30 gram *fly ash* dan *bottom ash* menggunakan cairan MSG dengan berat 10 gram mendapatkan tegangan sebesar 0,924 volt dan arus sebesar 0,001 ampere. Pengujian kedua dengan 30 gram *fly ash* dan *bottom ash* menggunakan cairan MSG dengan berat 30 gram mendapatkan tegangan sebesar 1,19 volt dan arus 0,002 ampere. Pengujian ketiga dengan 30 gram *fly*

ash dan *bottom ash* menggunakan cairan MSG dengan berat 50 gram mendapatkan tegangan sebesar 1,161 volt dan arus sebesar 0,004 ampere.

Tabel 3. Tabel Data Pengambilan 1,5 Volt dari Campuran Elektrolit

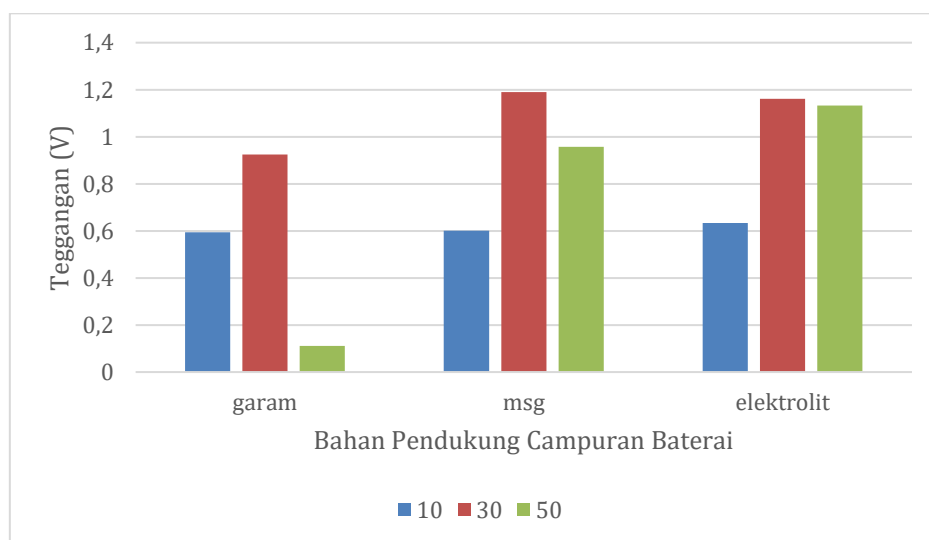
Abu Batu Bara (g)	Air Elektrolit (g)	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (W)
30	10	0,111	0,001	0,000111
30	30	0,957	0,014	0,013398
30	50	1,133	0,111	0,125763

Pada Tabel 3 adalah campuran baterai dengan campuran cairan elektrolit pengujian pertama dengan 30 gram *fly ash* dan *bottom ash* menggunakan cairan elektrolit dengan berat 10 gram mendapatkan tegangan sebesar 0,111 volt dan arus 0,001 ampere. Pengujian kedua dengan 30 gram *fly ash* dan *bottom ash* menggunakan cairan elektrolit dengan berat 30 gram mendapatkan tegangan sebesar 0,957 volt dan arus 0,014 ampere. Pengujian ketiga dengan 30 gram *fly ash* dan *bottom ash* dengan cairan sebesar 50 gram mendapatkan tegangan 1,133 volt dan arus 0,111 ampere.

Tabel 4. Tabel Data Uji Coba pada Baterai Jam

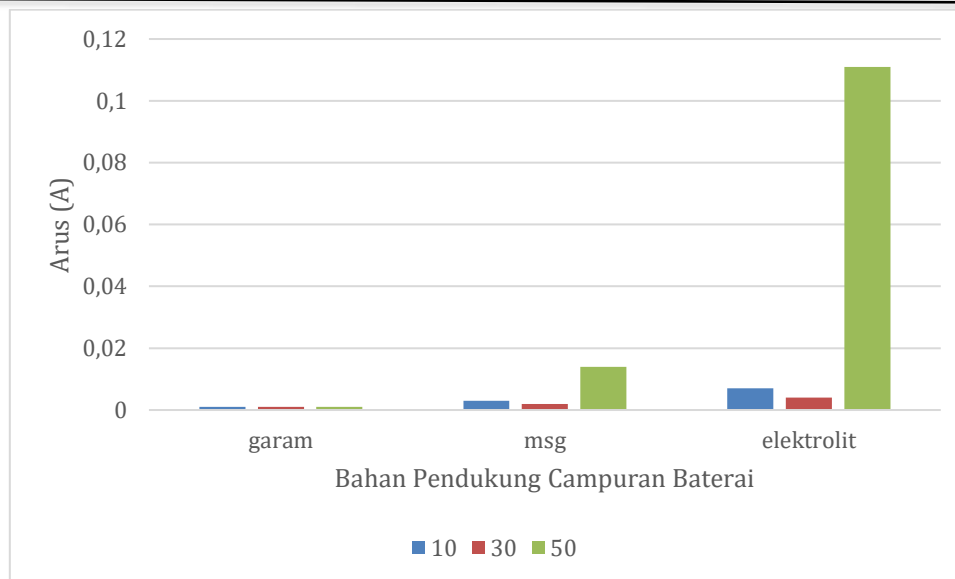
Abu Batu Bara	Berat Campuran	Jenis Cairan	Keadaan Jam
30 g	50 g	Garam	Mati
30 g	50 g	MSG	Mati
30 g	50 g	Elektrolit	Hidup

Pada Tabel 4 adalah menggunakan campuran terbesar dengan campuran 30 gram *fly ash* dan *bottom ash* menggunakan campuran 50 gram air garam, msg dan elektrolit. Pada tabel 4 pengujian pertama dilakukan menggunakan campuran garam, reaksi pada jam dinding adalah mati. Pengujian kedua dilakukan dengan campuran msg dan reaksi pada jam dinding adalah mati. Pengujian ketiga dilakukan dengan campuran elektrolit dan reaksi campuran tersebut terhadap jam dinding adalah hidup.



Gambar 4. Grafik Tegangan Pengujian Baterai

Gambar 4 adalah grafik tegangan yang telah di ukur menggunakan alat multimeter. Warna biru menunjukkan campurana *fly ash* dan *bottom ash* dengan campuran air garam. Warna orange merupakan warna menunjukkan campuran *fly ash* dan *bottom ash* dengan campuran air MSG. sedangkan warna abu-abu merupakan baterai dengan campuran air elektrolit.



Gambar 5. Grafik Arus Pengujian Baterai

Gambar 5 adalah grafik arus yang telah di ukur menggunakan alat multimeter. Warna biru menunjukkan campuran *fly ash* dan *bottom ash* dengan campuran air garam. Warna orange merupakan warna menunjukkan campuran *fly ash* dan *bottom ash* dengan campuran air MSG, sedangkan warna abu-abu merupakan baterai dengan campuran air elektrolit.

Dari hasil pengukuran dan pengujian yang telah dilakukan oleh penulis baterai menggunakan *fly ash* dan *bottom ash* dengan campuran air garam mendapatkan tegangan paling besar yaitu 0,633 volt dan 0,007 ampere. Baterai menggunakan *fly ash* dan *bottom ash* campuran air MSG mendapatkan tegangan paling besar yaitu 1,161 volt dan arus sebesar 0,004 ampere. Baterai menggunakan *fly ash* dan *bottom ash* campuran air elektrolit mendapatkan tegangan paling besar yaitu tegangan 1,133 volt dan arus 0,111 ampere. Pengujian terhadap jam dinding yang diperoleh dengan campuran air garam dan msg bereaksi tidak menyala sedangkan menggunakan elektrolit jam tersebut menyala.

5. KESIMPULAN

Pengolahan limbah Batubara berupa *fly ash* dan *bottom ash* sebagai sumber tenaga listrik alternatif dapat menjadi alternatif pilihan untuk mengurangi jumlah limbah abu batu bara yang menumpuk di PLTU yang ada di Indonesia. Baterai tersusun dari elektroda berasal dari campuran *fly ash* dan *bottom ash* yang dicampurkan menggunakan cairan air garam, msg dan elektrolit. Dari tiga bahan campuran yang telah di eksperimenkan, campuran yang baik adalah campuran *fly ash* dan *bottom ash* dengan campuran elektrolit mendapatkan tegangan sebesar 1,133 volt dan arus sebesar 0,111 Ampere.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] L. M. Abd Ali, Q. A. Ali, I. Klačková, H. A. Issa, B. A. Yakimovich, and V. V. Kuvshimov, "Developing a thermal design for steam power plants by using concentrating solar power technologies for a clean environment," *Acta Montanistica Slovaca*, vol. 26, no. 4, pp. 773–783, 2021, doi: 10.46544/AMS.v26i4.14.
- [2] N. U. Putri and F. Trisnawati, "Analisa Pengaruh Sistem Pembumian pada Generator Menggunakan Metode NGR Untuk Mereduksi Arus Gangguan Satu Fasa ke Tanah pada PLTU PT SUGAR LABINTA," 2022.
- [3] F. Firman *et al.*, "Identifikasi Kandungan Logam Tanah Jarang pada Abu Batubara PLTU Mulut Tambang," 2020. [Online]. Available: <https://ejournal.unkhair.ac.id/index.php/geomining>
- [4] A. Karakteristik, P. dan Pemanfaatan Fly Ash dan Bottom Ash, M. Asof, S. Arita, W. Andalia, and M. Naswir, "Analysis of Characteristics, Potential and Utilization of Fly Ash and Bottom Ash PLTU Fertilizer Industry," *Jurnal Teknik Kimia*, vol. 28, no. 1, pp. 2721–4885, 2022, doi: 10.36706/jtk.v28i1.977.
- [5] A. G. Olabi *et al.*, "Battery thermal management systems: Recent progress and challenges," *International Journal of Thermofluids*, vol. 15, Aug. 2022, doi: 10.1016/j.ijft.2022.100171.
- [6] A. Pradana, T. Nurhayati, and S. Pinandita, "Analisa Konduktifitas Material Fly Ash dan Bottom Ash sebagai Katoda pada Baterai Udara," *Jambura Journal of Electrical and Electronics Engineering*, vol. 6, no. 1, pp. 39–46, Jan. 2024, doi: 10.37905/jjee.v6i1.23003.

- [7] Muhammad Ulumul Khasan, Farid Baskoro, Nur Kholis, and Arif Widodo, "Literatur Review : Analisa Performa Baterai Lithium-air, Lithium-sulfur, All-Solid-State Battery, Lithium-ion Pada Kendaraan Listrik," vol. 10, no. 3, Sep. 2021, Accessed: May 20, 2025. [Online]. Available: <https://ejournal.unesa.ac.id/index.php/JTE/article/view/42028/36139>
- [8] N. Nurfitri and K. Febriyantiningrum, "STUDI PEMANFAATAN LIMBAH FLY ASH BATU BARA BERDASARKAN KAJIAN PARAMETER KIMIA," 2023.
- [9] F. Firman, M. Rizhan, and A. A. Sahidi, "Journal of Science and Engineering ANALISIS KANDUNGAN LOGAM BERAT ABU BATUBARA PLTU BANGKO BARAT KAB. MUARA ENIM SUMATERA SELATAN," 2020. [Online]. Available: <http://ejournal.unkhair.ac.id/index.php/josae>
- [10] "MESA JURNAL FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS SUBANG."
- [11] E. Supriyo, M. E. Julianto, and A. O. Mawarganis, "Kandungan Mikroplastik Pada Garam Dapur (Microplastics Content in Salt)," *INNOVATIVE: Journal Of Social Science Research*, vol. 4, pp. 1642–1652.
- [12] B. R. Mardwianta Sekolah Tinggi Teknologi Adisutjipto Yogyakarta Jl Janti Blok Lanud Adisutjipto, "BAWANG PUTIH, BAYAM DAN GARAM SEBAGAI ENERGI ALTERNATIF BATERAI," 2016.
- [13] D. V Bela and S. Latifah, *Smart Farming yang Berwawasan Lingkungan untuk*. Unsri Press, 2019.
- [14] R. Akbar, R. A. Siroj, M. Win Afgani, and U. Islam Negeri Raden Fatah Palembang Abstract, "Experimental Research Dalam Metodologi Pendidikan," *Jurnal Ilmiah Wahana Pendidikan, Januari*, vol. 2023, no. 2, pp. 465–474, doi: 10.5281/zenodo.7579001.
- [15] Ayu Novia Lisdawati and Moethia Faridha, "Pengaruh Variasi Suhu dan Waktu Pengeringan Sampel Pasta Baterai Kulit Pisang Kepok 'Manurun' pada Tegangan dan Arus Listrik Baterai," *EEICT (Electric, Electronic, Instrumentation, Control, Telecommunication)*, vol. 1, no. 1, p. 1, 2018, Accessed: May 20, 2025. [Online]. Available: <https://ojs.uniska-bjm.ac.id/index.php/eeict/article/view/1416/1186>