

PEMANFAATAN LIMBAH SAYURAN BAYAM SEBAGAI PENGGANTIISIAN BATU BATERAI RAMAH LINGKUNGAN

Triatmi Sri Widyaningsih^{1)*}

^{1)*}Teknik Lingkungan, Institut Teknologi Yogyakarta, Gedongkuning, Bantul, 55198
triatmisriwidyanshi@gmail.com

ABSTRAK

Kegiatan manusia sehari-hari tidak lepas dari kebutuhan energi yang menjadi suatu komponen penting untuk keberlangsungan hidup, oleh karena itu perlu adanya ketersediaan energi yang memadai. Salah satu energi yang fleksibel dan digunakan untuk berbagai keperluan sehari-hari adalah baterai. Baterai yang saat ini beredar di pasaran mengandung logam berat seperti merkuri, timbal, cadmium, dan nikel yang tergolong B3. Limbah sayuran bayam mengandung elektrolit-elektrolit seperti kalium dan natrium yang dapat menghasilkan arus listrik dalam batu baterai yang ramah lingkungan atau biobaterai. Adapun tujuan dari penelitian adalah mengetahui berapa besar energi yang dihasilkan dari batu baterai dengan isian serbuk arang sayur bayam. Metode penelitian ini adalah eksperimen dengan memanfaatkan limbah sayur bayam yang dibuat serbuk dan arang serta pasta sebagai pengganti bahan isian batu baterai ramah lingkungan. Berdasarkan hasil eksperimen terbukti bahwa bayam kering dapat menghasilkan listrik yang ditunjukkan nyala lampu. Dari ketiga variasi perlakuan dalam pengisian baterai (pengganti pasta elektrolite), pengisian dari serbuk arang bayam lebih baik dibandingkan dengan serbuk bayam kering dan serbuk arang bayam yang dibuat pasta dengan penambahan lem tapioka sebagai perekat. Sedangkan nyala lampu yang paling redup pada pengujian pasta serbuk arang bayam. Hal ini terjadi karena lem tapioka bersifat isolator/bukan pengantar arus listrik yang baik. Bayam dapat digunakan menjadi baterai ramah lingkungan baik dalam bentuk serbuk bayam kering, dalam bentuk serbuk arang dan pasta arang. Dari hasil eksperimen elektrolite, bayam yang paling besar menghasilkan daya listrik dalam bentuk serbuk arang. Tegangan, kuat arus dan daya yang dihasilkan dari 100 gr serbuk arang bayam menghasilkan daya listrik sebesar 1,6 Volt mendekati daya baterai dalam kondisi baru.

Kata kunci: limbah bayam, baterai ramah lingkungan, listrik.

THE UTILIZATION OF SPINACH WASTE AS A REPLACEMENT FOR BATTERY FILLING MATERIAL ENVIRONMENTALLY FRIENDLY.

ABSTRACT

Human daily activities are inseparable from the need for energy, which is an important component for survival. Therefore, there is a need for adequate energy availability. One of the flexible energies used for various daily needs is batteries. Batteries currently on the market contain heavy metals such as mercury, lead, cadmium, and nickel, which are classified as hazardous waste. Spinach vegetable waste contains electrolytes such as potassium and sodium that can produce electricity in environmentally friendly batteries or bio-batteries. The aim of this research is to determine the amount of energy produced from batteries filled with spinach charcoal powder. This research method is an experiment utilizing spinach vegetable waste, processed into powder and charcoal, as well as paste, as a substitute for the filling material in eco-friendly batteries. Based on the experimental result, it is proven that dried spinach can generate electricity, as indicated by the light bulb turning on. Of the three variations in battery filling (replacing the electrolyte paste), the filling made from spinach charcoal powder performed better compared to dried spinach powder and spinach charcoal powder mixed with tapioca glue as a binder. Meanwhile, the dimmest light was observed in the test using spinach charcoal powder paste. This is due to the fact that tapioca glue is an insulator, meaning it is a poor conductor of electricity. Spinach can be utilized as a component in eco-friendly batteries, either in the form of dried spinach powder, spinach charcoal powder, or spinach charcoal paste. The experimental results showed that spinach charcoal powder produced the highest electrical output among the spinach electrolyte variations. The voltage, current, and power generated by 100 grams of spinach charcoal powder reached approximately 1.6 Volts, nearly equivalent to the power of a new battery.

Keywords: *spinach vegetable waste, environmentally friendly batteries, electricity*

PENDAHULUAN

Energi menjadi komponen yang sangat penting bagi kehidupan manusia karena hampir semua aktifitas kehidupan manusia sangat tergantung pada ketersedian energi yang cukup. Saat ini dan beberapa tahun kedepan manusia masih akan tergantung pada sumber energi fosil, karena sumber energi fosil inilah yang mampu memenuhi kebutuhan energi manusia dalam skala besar. Sedangkan sumber energi alternatif belum dapat memenuhi kebutuhan energi manusia dalam skala besar karena fluktuasi potensi dan tingkat keekonomian yang belum bisa bersaing dengan energi konvensional. Di lain pihak, manusia dihadapkan pada situasi menipisnya cadangan sumber energi fosil dan meningkatnya kerusakan lingkungan akibat penggunaan energi fosil.

Kebanyakan manusia jarang berpikir untuk mendaur ulang (*recycle*) kebutuhan-kebutuhan yang sudah mereka konsumsi, melainkan mereka hanya membuang limbahnya begitu saja, tanpa berpikir untuk memanfaatkannya. Jarang sekali orang berpikir untuk memanfaatkan kembali limbah sayuran, padahal tanpa kita sadari sebenarnya limbah sisa sayuran berpotensi menjadi baterai kering ramah lingkungan. Kata baterai mungkin sudah tidak asing didengar, namun baterai dari limbah sayuran mungkin baru sekali didengar. Baterai adalah sebuah alat yang digunakan untuk menyimpan tenaga listrik. Baterai sebagai sumber energi alat-alat elektronik seperti jam dinding, radio, senter dan alat-alat elektronik lainnya. Begitu banyaknya peranan baterai bagi kehidupan manusia, namun tidak dapat dipungkiri juga bahwa baterai yang kita gunakan sehari-hari sangat berbahaya baik untuk kita maupun alam sekitar. Baterai mengandung berbagai macam logam berat seperti merkuri, mangan, timbal, nikel, lithium dan lainnya. Jika baterai dibuang sembarangan, maka logam berat yang terkandung di dalamnya mencemari air dan tanah serta membahayakan bagi kesehatan. Limbah baterai tidak hanya berbahaya bagi manusia, tetapi juga membahayakan sumber daya alam karena mengandung logam berat dan elektrolit korosif yang dapat mencemari tanah dan air. Jika limbah baterai dicampur dengan limbah padat lainnya dari waktu ke waktu kandungan berbahaya di dalamnya dapat mengancam kehidupan ikan, tanaman, perusak lingkungan, dan secara tidak langsung mengancam kesehatan manusia. Peristiwa seperti ini apabila dibarkan berlarut-larut bukan hanya kesehatan kita yang dirugikan, tetapi alam juga ikut merasakan kerugian tersebut. Jadi harus ada pengganti bahan kimia. Adapun tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui komposisi isian pada baterai yang terbuat dari serbuk sayuran bayam dengan variasi serbuk bayam kering serta serbuk karbonnya terhadap besaran daya yang dihasilkan.

Salah satunya metode pengembangan potensi-potensi limbah sayuran sebagai pengganti isian baterai ramah lingkungan. Limbah sayuran mengandung elektrolit-elektrolit seperti kalium dan natrium. Elektrolit elektrolit tersebut dapat menghasilkan listrik dengan bergerak dari kutub negatif (seng) menuju kutub positif (tembaga) melalui penghantar yang ada di dalam baterai. Dan apabila dihubungkan dengan saklar listrik maka elektron-elektron tersebut dapat menghidupkan lampu berpijar akan tetapi energi tersebut semakin lama semakin habis karena adanya tumbukan antar elektron di dalam lampu yang berpijar sehingga menimbulkan cahaya.

Dengan adanya limbah sayuran yang ada di sekitar kita untuk menghasilkan manfaat sekaligus mengurangi limbah yang ada di lingkungan sekitar, sehingga penulis memberikan gagasan berupa ‘Pemanfaatan Limbah Sayuran Bayam sebagai Pengganti Isian Batu Baterai Ramah Lingkungan’. Penulis memanfaatkan limbah sayuran hijau yang mengandung kalium dan natrium sebagai bahan pengganti dari isian baterai.

Baterai, Orang (penemu) yang berjasa terhadap penemuan baterai adalah John Frederic Daniell, Thomas Edison, Luigi Galvani, Moritz von Jacobi, George Leclanche, Nikola Tesla Alejandro Volta. Baterai dibuat pertama kali oleh Alejandro Volta pada tahun 1800, kemudian sekitar tahun 1866 Leclanche membuat sebuah baterai kering, sehingga baterai kering disebut juga dengan sel Leclanche. Baterai kering adalah suatu sumber listrik yang diperoleh dengan konversi langsung dari energi kimia, mempunyai elektrolit yang tidak dapat tumpah, dan dapat dipakai dalam segala posisi (Dewan Standart Nasional Indonesia, 1990). Baterai, dimana di dalamnya terjadi proses elektrokimia yang reversible. Proses elektrokimia yang reversible adalah dimana di dalam baterai berlangsung proses perubahan kimia menjadi energi listrik (proses pengosongan) dan proses sebaliknya dari energi listrik menjadi energi kimia, pengisian kembali dengan cara melewatkkan arus listrik dalam arah yang berlawanan di dalam sel. Jenis sel baterai ini disebut juga *Storage Battery*, adalah suatu baterai yang dapat digunakan berulang kali pada keadaan sumber listrik arus bolak-balik (AC). Sel Leclanche tediri atas suatu silinder zink yang berisi pasta dari campuran batu kawi [MnO₂], salmiak [NH₄Cl], C (karbon) dan sedikit air

(jadi sel ini tidak 100% kering). Zn berfungsi sebagai anode, sedangkan katode digunakan elektrode inert, yaitu grafit yang dicelupkan di tengah-tengah pasta Pasta itu sendiri berfungsi sebagai oksidator.

Beberapa jenis karbon yang biasa digunakan sebagai elektrode diantaranya adalah grafit (yang mengandung seresin atau lilin parafin), grafit pirolitik (memiliki kerapatan yang cukup tinggi), pasta karbon, grafit yang terdispersi dalam resin epoksi atau serat silikon, dan karbon yang seperti kaca (*glassy carbon*). (Sawyer et al.,1995). Prinsip karbon yang dapat digunakan sebagai elektrode adalah karbon yang memiliki struktur grafit dimana di dalam struktur ini atom-atom karbon membentuk orbital hibridisasi sp^2 yang menghubungkan satu atom karbon dengan atom karbon lainnya. Struktur ini memungkinkan terjadinya pergerakan elektron sehingga dapat mengantarkan arus listrik (Wilkinson, 1976). Elektrode ini memiliki keunggulan oleh karena sifatnya yang inert sehingga tidak mudah teroksidasi maupun tereduksi. (sumber : <http://id.wikipedia.org>)

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dikerjakan dengan metode eksperimen dengan perlakuan beberapa percobaan memanfaatkan sisa sayuran bayam. Bahan baku dalam penelitian ini menggunakan limbah sayuran bayam, sehingga akan didapatkan hasil data secara langsung, yang menjadi obyek dalam penelitian ini adalah kuantitas yang terukur dengan daya hantar arus listrik dari bayam kering dan dibuat serbuk arang serta pasta sayuran bayam.

Indikator Penelitian

Untuk memproduksi baterai ini ada aturan khusus yang dibuat oleh pihak yang berwenang, untuk negara Indonesia standardisasi dilakukan oleh SNI. Ada 2 standar dari SNI yang berlaku untuk produk ini yaitu :

- a) SNI 04-2051.1-2004 Baterai primer – Bagian 1: Umum
 - b) SNI 04-2051.2-2004 Baterai primer – Bagian 2: Spesifikasi fisik dan listrik.

Untuk mengetahui besaran daya listrik yang dihasilkan digunakan formula (Mardwianta, 2016) :
 $P = V \cdot I$ (1)

Dimana: $P =$ Daya listrik (Watt atau

V = Tegangan listrik (Volt atau V)

I ≡ Kuat arus listrik (Ampere meter atau A). (Mardwianta, 2016).

Teknik Penyajian Data

Pada penelitian ini akan didapatkan data dengan melakukan pengujian bahan baku pada pengisian batu baterai bekas dengan serbuk arang dari sisa sayuran bayam kering untuk menggantikan isian pada batu baterai. Dengan demikian akan memperoleh data besaran kualitas daya hantar arus listrik dari isian serbuk arang tersebut, kemudian data-data yang diperoleh dapat disimpulkan dengan cara membandingkan data satu sama lain.

1. Adapun alat yang diperlukan dalam penelitian ini adalah : baterai bekas bertegangan 1,5 volt, Voltmeter, bola lampu LED, kabel merah dan hitam, blender listrik, Ampere, ayakan tepung, spatula, gelas, drum, wajan, timbangan, bejana plastik, gunting, cobek.
 2. Bahan meliputi : beberapa ikat sisa sayuran bayam, air, lem yang terbuat dari tepung kanji/pati.

Cara membuat serbuk bahan isian batu baterai ramah lingkungan :

1. Membuat Serbuk Arang Bayam Kering Yang Mudah Diaplikasikan Masyarakat Yaitu :
 - a. Limbah sayuran bayam dicuci bersih dan dijemur dibawah sinar matahari hingga kering
 - b. Limbah sayuran bayam yang sudah kering disangrai dengan wajan di atas kompor
 - c. Arang sayuran bayam didinginkan dan dihancurkan dengan alat blender hingga jadi serbuk.
 - d. Serbuk diayak dengan ayakan tepung biasa.
 2. Membuat Pasta Dari Bahan Serbuk Bayam
 - a. Membuat lem pati kanji dengan melarutkan pati kanji dengan air dan dpanasi hingga mengental.
 - b. Serbuk bayam ditimbang dan ditambahkan lem pati kanji sampai mengempal atau jadi pasta.

Waktu pelaksanaan penelitian

Penelitian dilaksanakan pada Bulan Juni s.d Desember tahun 2024.

Tahapan Penelitian

Tahapan Melakukan Penelitian :

1. Menimbang serbuk bayam kering untuk perlakuan masing-masing sebanyak 100 gram
 2. Membuat pasta dari serbuk arang bayam dan lem kanji hingga berbentuk pasta
 3. Menyediakan batu baterai bekas yang telah dibersihkan
 4. Mengeluarkan zat isian di dalam baterai dengan menggunakan obeng/gunting
 5. Setelah cangkang batu baterai bersih dari isiannya, baterai diisi kembali dengan serbuk bayam kering hingga penuh (100 gram)
 6. Mengukur tegangan dan arus pada baterai dengan amperemeter dan voltmeter.
 7. Perlakuan yang sama dilakukan terhadap bahan isian yang lain yaitu dengan serbuk arang dan pasta bayam kering.
 8. Siap melakukan percobaan dan mendapatkan hasil uji tegangan dan arus baterai dengan masing-masing bahan serbuk bayam kering.
 9. Mengukur dan membandingkan tegangan dan daya hantar arus listrik kapasitas baterai yang asli/baru.
 10. Pengukuran tegangan dan kuat arus menggunakan multimeter digital type DT830B, dengan spesifikasi:

Respon : Rata-rata menanggapi, dikalibrasi dalam RMS (*root-mean-square*) dari gelombang sinus dengan akurasi $\pm 1.2\%$ of rrdg ± 10 digits. Akurasi dijamin dalam batas 1 tahun, digunakan pada suhu kamar kisaran antara suhu $23 - 28^{\circ}\text{C}$, kurang dari 75% kelembaban relatif, (Mardwianta, 2016) :

Untuk mengetahui besaran daya listrik yang dihasilkan digunakan formula:

Dimana:

P = Daya listrik (Watt atau W)

V = tegangan listrik (Volt atau V)

I = kuat arus listrik (Ampere meter atau A),

Daya listrik adalah energi yang dibawa oleh elektron yang bergerak tiap satuan waktu. Daya listrik dapat didefinisikan sebagai ukuran (rate) pada saat energi listrik dikonversi (Jurusan et al., 2015).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Sifat Kelistrikan dari Limbah Sayur Bayam

Dalam ilmu fisika sesuatu bahan memiliki ciri-ciri atau sifat khas pada muatan kelistrikan yang berbeda-beda, dan sifat tersebut sangat dipengaruhi pada konfigurasi elektron masing-masing bahan. Dengan demikian tiap-tiap unsur atau atom mempunyai konfigurasi elektron yang beragam sifatnya, oleh karena itu sifat kelistrikannya pun juga tidak sama satu sama lain, akan tetapi kemungkinan dalam beberapa hal ada pula kesamaannya, (Sudrajat, 2004). Berikut disajikan Tabel 1. Hasil pengamatan Daya, Arus dan Tegangan Serta Penyalakan LED, sebagai berikut :

Tabel 1. **Hasil Analisis Arus, Tegangan dan Daya Serta Penyalaan LED yang Dihasilkan Limbah Sayuran Bayam**

Bahan Isian	Besaran Arus dan Tegangan		Daya	Keadaan LED		
	I (Ampere)	V (Volt)		Terang	Redup	Tidak Nyala
Batu Baterai Baru	0,24	1,65	0,40	<input checked="" type="checkbox"/>	-	-
Serbuk Bayam Kering	0,22	1,50	0,33	<input checked="" type="checkbox"/>	-	-
Serbuk Arang Bayam	0,23	1,60	0,37	<input checked="" type="checkbox"/>	-	-

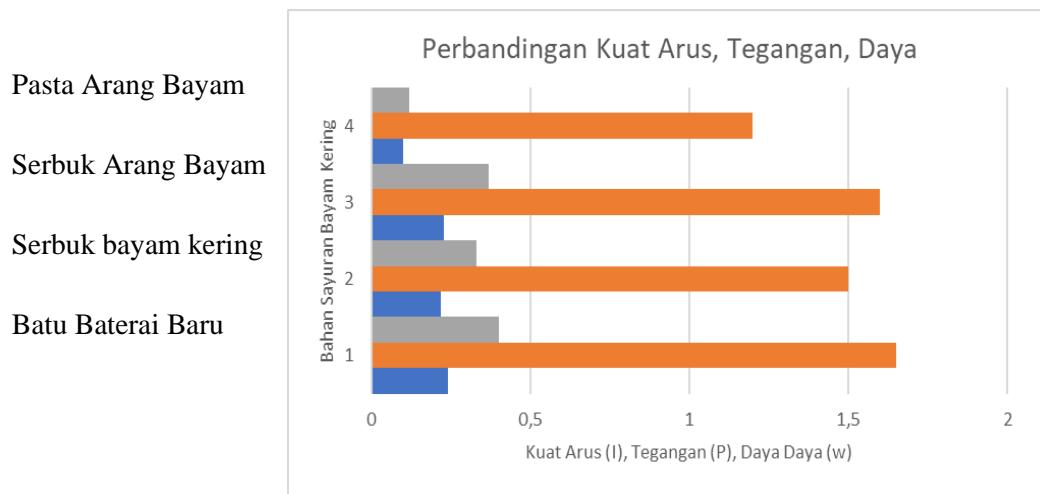
Pasta Serbuk Arang Bayam	0,10	1,20	0,12	-	<input checked="" type="checkbox"/>	-
--------------------------	------	------	------	---	-------------------------------------	---

Sumber : Data Primer, 2024

Besaran daya listrik yang dihasilkan dari baterai dengan isian bayam dihitung dengan rumus persamaan 1: $P = V \cdot I$ (1)

Berdasarkan hasil pengamatan yang disajikan pada Tabel 1 di atas terbukti bahwa bayam dapat menghasilkan listrik yang ditunjukkan nyala lampu. Dari ketiga variasi perlakuan dalam pengisian baterai (pengganti pasta elektrolite), pengisian dari serbuk arang bayam lebih baik dibandingkan dengan serbuk bayam kering dan pasta arang bayam. Sedangkan nyala lampu yang paling redup pada pengujian pasta serbuk arang bayam. Hal ini terjadi karena lem kanji bersifat isolator/bukan pengantar arus listrik yang baik.

Untuk memudahkan pengamatan atau pembacaan perbandingan besarnya (Kuat Arus dan Tegangan serta Daya) hasil percobaan dari ketiga perlakuan yang tertera pada tabel 1 di atas, maka dibuatlah grafik histogram di bawah ini (gambar 2) :



Grafik Perbandingan kuat arus listrik, tegangan, dan Daya yang dihasilkan dalam baterai dengan isian bayam kering.

Grafik (Gambar 1) di atas terlihat bahwa hasil yang mendekati baterai aslinya ditunjukkan pada isian baterai dengan serbuk arang bayam sebagai elektrolite memiliki daya mendekati baterai asli, sedangkan baterai aslinya (dalam kondisi baru) 1,65 Volt. Hal ini terjadi karena arang merupakan karbon aktif yang baik digunakan sebagai elektrode.

Prinsip bio-baterai hanya melibatkan transportasi elektron antara dua elektroda yang dipisahkan oleh medium konduktif (elektrolit) serta memberikan kekuatan gerak elektro berupa potensial listrik dan arus (Kartawidjaja, et. al , 2011). Listrik arus DC atau *direct current* yang dihasilkan melalui pasta bayam diakibatkan karena adanya perbedaan muatan sehingga ion-ion positif dan negatif yang terdapat di dalam batu baterai dapat bergerak secara bebas dan aktif, pergerakan ini terjadi karena adanya beda muatan pada kutup positif (katoda) dan kutup negatif (anoda) pada biobaterai.

Cara kerja bio-baterai seperti cara kerja sel galvani-volta, jika ada dua elektroda yang berbeda dimasukkan pada elektrolit maka dapat menghasilkan energi listrik sebagai hasil reaksi kimia yang berlangsung spontan. Reaksi spontan terjadi jika dalam sel sirkuit telah lengkap artinya ada elektroda dan elektrolit, dan reaksi hanya dapat terjadi jika pereaksi-pereaksi direaksikan pada wadah yang sama. Reaksi yang terjadi pada bio-baterai adalah reaksi oksidasi-reduksi dengan elektroda Zn sebagai anoda dan Cu sebagai katoda. Pada anoda terjadi oksidasi dan elektron bergerak menuju elektroda. Elektron mengalir melalui sirkuit luar menuju katoda dan berpindah ke zat dalam elektrolit, zat yang menerima elektron mengalami reduksi. Dalam elektrolit (sirkuit dalam), muatan diangkut oleh kation ke katoda dan oleh anion ke anoda. Begitu reaksi terjadi berulang-ulang sehingga menghasilkan energi listrik (Yoffi, 2020).

KESIMPULAN

Bayam dapat digunakan menjadi bahan isian baterai ramah lingkungan baik dalam bentuk serbuk bayam kering, dalam bentuk serbuk arang dan pasta arang. Dari hasil eksperimen elektrolite bayam yang paling besar menghasilkan daya listrik dalam bentuk serbuk arang. Kuat arus, Tegangan, dan daya yang dihasilkan dari 100 gr serbuk arang bayam menghasilkan daya listrik sebesar 1,60 Volt mendekati baterai yang asli dalam kondisi baru.

Dalam eksperimen ini belum meneliti terhadap lama nyala lampu, sehingga belum bisa diketahui berapa kebutuhan serbuk bayam untuk menghasilkan daya listrik yang memadai untuk keperluan rumah tangga, penelitian ini juga tidak menghitung kebutuhan bahan baku bayam basah sebelum diaplikasikan pada eksperimen pengisi batu baterai, diharapkan ada keberlanjutan penelitian terkait lama nyala lampu dan kebutuhan bayam basah.

Penelitian ini baru mencari bahan limbah sayuran yang mana yang paling besar dayanya. Kalau sudah ditemukan mana yang paling tinggi akan dicoba juga lama waktunya.

DAFTAR PUSTAKA

- Jurusan, D., Fakultas, F., Universitas, M., & Palembang, P. (2015). *Tegangan Dan Kuat Arus Listrik Dari Sifat Asam*. 12(2), 28–42.
- Kartawidjaja, M., Abdurroqman, A., dan Rumeksa, E. 2008. Pencarian Parameter Bio-Baterai Asam Sitrat (C₆H₈O₇). Prosiding Seminar Nasional Sains dan Teknologi-II : 105-115.
- Mardwianta, B. (2016). Bawang Putih, Bayam Dan Garam Sebagai Energi Alternatif Baterai. Conference SENATIK STT Adisutjipto Yogyakarta, 2, 77. <https://doi.org/10.28989/senatik.v2i0.74>
- Sawyer, Dittenhofer, S. Cheiner, 2005. *Internal Auditing, Buku Satu, Edisi Kelima*, Jakarta : Salemba Empat.
- SNI, 1990. Standar Nasional Indonesia 04-2051-1990 : Baterai Kering, Mutu, dan Cara Uji. Dewan Standarisasi Nasional. Jakarta.
- Sudrajat, H. S. (2004). *Analisis sifat thermoelektrik bahan dengan sistem kopel*. VI(2), 155–160.
- Wilkinson dan Cotton . 1976. *Kimia Anorganik Dasar*. Jakarta : UI Press
- Yoffi, A. (2020). Kajian Limbah Buah Dan Sayur Dengan Ilmu Agroteknologi Sebagai Energi Alternatif Bio Baterai. *Seminar of Social Sciences Engineering & Humaniora*, 1–8. <http://id.wikipedia.org/wiki/Bayam> Diakses pada 19 Desember 2024.