

**Baterai Ramah Lingkungan dari Limbah Serbuk Kayu Merbau (*Intsia bijuga*) dan Matoa (*Pometia sp.*)
(*Eco-friendly battery from Merbau (*Intsia bijuga*) and Matoa (*Pometia sp.*) sawdust*)**

Dessy Ernawati, Mulyana Arifudin*, Susilo B Husodo

Laboratorium Teknologi Hasil Hutan Fakultas Kehutanan Universitas Papua
Manokowari Papua Barat 98314 Indonesia

*Penulis Korespondensi: m.arifudin@unipa.ac.id

Abstract

This research aimed to elucidate the potency of merbau and matoa sawdust as filler material of dry cell battery. The sawdust was ground, sieved to get a-80 mesh particle size and then made into paste. Then, the paste was put into the battery that its electrolyte has been removed previously. There were 40 batteries tested based on 3 treatments, namely wood species (A), charging time (B) and usage method (C). Each variable was tested with 5 replications. The battery was tested for its voltase generated and usage duration. The result indicated that the highest voltase was obtained from battery with matoa groundwood which was directly used for a stopwatch (1.99 volt), while the lowest voltase was found in battery with merbau groundwood which was kept for 20 minutes after charging, before it was used for the tested stopwatch (0.43 volt). Besides, the highest usage duration (>20 mins) was found in both bio-batteries from merbau and matoa groundwood which were directly used after charging, with total 21 batteries. Sawdust of merbau and matoa has potency to be used as bio-battery, but their voltage generated and usage duration are still low, so several challenging problems are needed to be addressed.

Keywords: bio-battery, groundwood, matoa, merbau, sawdust

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui potensi serbuk gergaji merbau dan matoa sebagai bahan pengisi baterai sel kering. Serbuk gergaji digiling, diayak untuk mendapatkan ukuran partikel 80 mesh dan kemudian dibuat menjadi pasta. Kemudian, pasta dimasukkan ke dalam baterai yang elektrolitnya telah dilepas sebelumnya. Ada 40 baterai yang diuji berdasarkan 3 perlakuan, yaitu jenis kayu (A), waktu pengisian (B) dan metode penggunaan (C). Setiap variabel diuji dengan 5 ulangan. Baterai diuji untuk voltase yang dihasilkan dan durasi pemakaian. Hasil menunjukkan bahwa voltase tertinggi diperoleh dari baterai dengan matoa serbuk kayu yang secara langsung digunakan untuk stopwatch (1,99 volt), sedangkan voltase terendah ditemukan pada baterai dengan serbuk kayu merbau yang disimpan selama 20 menit setelah pengisian, sebelum digunakan untuk stopwatch yang diuji (0,43 volt). Selain itu, durasi penggunaan tertinggi (>20 menit) ditemukan di kedua bio-baterai dari merbau dan matoa serbuk kayu yang langsung digunakan setelah pengisian, dengan total 21 baterai. Serbuk gergaji dari merbau dan matoa memiliki potensi untuk digunakan sebagai bio-baterai, tetapi tegangan yang dihasilkan dan durasi penggunaan masih rendah, sehingga beberapa masalah yang menantang diperlukan untuk ditangani.

Kata kunci: bio-baterai, matoa, merbau, serbuk gergaji, serbuk kayu

Pendahuluan

Baterai merupakan salah satu sumber energy yang fleksibel karena dapat digunakan dimanapun. Baterai mengubah energy kimia menjadi energy listrik yang terjadi dalam elektroda (Winarsih 2012). Baterai secara umum mengandung logam-logam berat yang bersifat *non-renewable* and *non-degradable*, antara lain merkuri, timbal, kadmium dan nikel. Apabila baterai tidak dibuang dengan baik, maka akan menyebabkan pencemaran lingkungan. Djuniardi *et al.* (2010) memaparkan bahwa komponen penyusun baterai berdampak negatif seperti kandungan kadmium dan mangan yang mencemari tanah sebagai media tanam sayuran mengakibatkan darah tinggi pada orang yang mengkonsumsinya, terganggunya fungsi ginjal, hilangnya sel darah merah, terjadinya gejala seperti berhalusinasi, keracunan saraf, dan untuk gejala jangka panjang dapat mengakibatkan impoten.

Merbau (*Intsia bijuga*) dan matoa (*Pometia sp.*) sebagai flora identitas provinsi Papua dan Papua Barat merupakan kayu dengan pemakaian paling dominan diantara semua jenis kayu yang terdapat di pulau Papua. Masyarakat seringkali menggunakan kayu ini sebagai dasar tiang rumah, termasuk alat-alat rumah tangga serta sebagai bahan baku pembuatan kerajinan kayu dalam industri mebel. Selain itu, berdasarkan Peraturan Gubernur Papua Barat Nomor 2 Tahun 2008 Tentang Pengaturan Peredaran Hasil Hutan Kayu, untuk kepentingan berbagai industri pemerintah Papua dan Papua Barat melarang keras terjadinya ekspor log dari wilayah pulau Papua. Oleh karena itu, pemerintah menyarankan agar kayu yang masih dalam bentuk log diubah terlebih dahulu menjadi kayu olahan untuk meningkatkan nilai

ekonomis dari kayu tersebut. Kondisi ini mengakibatkan tingginya jumlah limbah yang dihasilkan terutama dari kedua jenis kayu tersebut. Limbah yang paling banyak dihasilkan dalam bentuk serbuk kayu yang pada umumnya hanya dibuang atau dibakar.

Berbeda dengan baterai, kayu merupakan sumberdaya yang dapat diperbaharui (*renewable*) dan memiliki banyak kelebihan dilengkapi berbagai komponen kimia di dalamnya. Kayu mengandung beberapa zat organik (selulosa, hemiselulosa, pektin, dll) dan zat anorganik yang disebut komponen abu (mineral). Sjostrom (1995) mengatakan bahwa abu asalnya terutama dari berbagai garam yang diendapkan dalam dinding-dinding sel dan lumen. Komponen-komponen utama dari abu kayu adalah kalsium (Ca), kalium (K), dan magnesium (Mg), sedangkan natrium (Na), mangan (Mn) dan aluminium (Al) terdapat dalam jumlah yang relatif kecil. Komponen mineral paling penting dari abu adalah kalium dengan kadarnya berkisar antara 10-30% dari total abu kayu. Komponen organik dan anorganik tersebut dapat berfungsi sebagai elektrolit (pengganti pasta pada baterai). Elektrolit inilah yang nantinya akan menghasilkan arus listrik dalam batu baterai.

Beberapa penelitian sebelumnya telah mencoba menggunakan bahan organik dalam pembuatan baterai. Plous (2007) telah menggunakan elektrolit jus lemon yang kaya akan asam sitrat yang diletakkan dalam casing baterai yang terbuat dari selulosa rumput dan jus okra untuk membuat baterai yang ramah lingkungan. Lo dan Wong (2014) menyatakan bahwa selulosa dan polisakarida lainnya (lignoselulosa, pektin, kitin, dll) terkandung dalam serbuk kayu dan limbah kayu lainnya

sehingga dapat digunakan sebagai alternatif dalam pembuatan substrat elektroda.

Berdasarkan fakta-fakta diatas, maka perlu dilakukan pemecahan masalah untuk mengurangi dampak negatif dari baterai dan limbah serbuk kayu gergajian. Pemecahan masalah tersebut dilakukan dengan cara daur ulang baterai menggunakan limbah serbuk gergajian kayu merbau dan matoa sebagai salah satu sumber energi yang lebih ramah lingkungan dan mudah diuraikan. Penelitian tentang potensi pemanfaatan limbah serbuk kayu sebagai bahan pengisi pada baterai belum pernah dilakukan di wilayah Papua/Papua Barat. Penelitian sebelumnya mengulas potensi pemanfaatan serbuk kayu dari kedua spesies ini sebagai sumber energi terbarukan dalam bentuk briket (Purnawati *et al.* 2009). Oleh karena itu, tujuan dilakukannya penelitian ini adalah untuk menilai potensi kayu merbau dan matoa sebagai pasta pengganti isi baterai (elektrolit). Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi informasi tentang bagaimana limbah serbuk kayu merbau dan matoa dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi terbarukan dalam bentuk baterai yang ramah lingkungan.

Bahan dan Metode

Persiapan bahan serbuk dan baterai bekas

Serbuk kayu matoa dan merbau diambil dari limbah pengolahan kayu Laboratorium Teknologi Hasil Hutan Fakultas Kehutanan Universitas Negeri Papua. Serbuk gergajian dihaluskan dengan menggunakan *hammermill* dan diayak menggunakan saringan 80 mesh. Serbuk kemudian dikering-anginkan, kemudian dilakukan penentuan kadar air masing-masing jenis serbuk dengan

menggunakan standar TAPPI T 264, sedangkan pengujian kadar abu dilakukan sesuai dengan standar TAPPI T 211 om-93 (TAPPI 2007).

Baterai bekas ukuran AA merk ABC diperoleh dari pengumpulan baterai bekas. Pembongkaran baterai bekas dilakukan dengan tidak merusak kedua elemen baterai (karbon dan zinc). Plastik yang menyelubungi anoda (zinc) pada baterai bekas dibuang dan penutup baterai tersebut kemudian dilepas. Isi baterai yang berwarna hitam tersebut kemudian dikeluarkan menggunakan pinset sampai bersih dan diusahakan tidak ada yang tertinggal di dalam selongsong baterai tersebut.

Pembuatan pasta serbuk kayu

Pasta serbuk kayu yang dibuat menggunakan serbuk kayu merbau dan matoa ukuran 80 mesh dengan komposisi untuk satu buah baterai yaitu 2 gram serbuk kayu, 5 ml air, dan 1 gram tepung tapioka. Komposisi pasta serbuk kayu ini diperoleh berdasarkan beberapa percobaan pendahuluan yang dilakukan, hingga akhirnya diperoleh komposisi yang tepat, yaitu menggunakan perbandingan 2:5:1 untuk serbuk kayu, air, dan tepung tapioka.

Bahan-bahan tersebut kemudian dimasukkan dalam sebuah panci yang dipanaskan menggunakan *hotplate* selama 2 menit. Pasta kemudian didinginkan.

Pengisian baterai dengan pasta serbuk kayu

Baterai bekas yang telah kosong isinya ditimbang terlebih dahulu untuk mengetahui berat awal dari baterai. Serbuk kayu yang telah dalam bentuk pasta dimasukkan ke dalam baterai bekas dengan berat pasta sebesar 3,5 gram per

masing-masing baterai (berat total dikurangi berat baterai kosong). Catatan bahwa kedua elemen (karbon dan seng) di dalam baterai bekas tersebut masih dalam kondisi baik dan tidak berkarat. Setelah itu pasta yang sudah dingin dimasukkan ke dalam baterai yang telah dibuang isinya.

Pengujian baterai

Pengujian baterai dilakukan untuk menentukan tegangan listrik yang dihasilkan oleh bio-baterai yang diperoleh dari interaksi 3 faktor, antara lain: jenis serbuk (A); matoa (A1) dan merbau (A2), waktu pengisian baterai (*charging*) (B); 4 jam (B1) dan 8 jam (B2), dan metode pemakaian (C); langsung digunakan setelah *charging* (C1) dan didiamkan selama 20 menit sebelum pemakaian (C2). Jadi terdapat 8 kombinasi perlakuan. Masing-masing perlakuan diuji sebanyak 5 kali pengulangan sehingga diperoleh 40 sample/satuan pengamatan. Ke-40 baterai tersebut akan diuji tegangan (voltase) yang dihasilkan. Pengujian voltase dilakukan dengan menggunakan AVometer untuk mengetahui besarnya tegangan yang dihasilkan dari baterai yang diuji. Pengujian masa pemakaian baterai dilakukan dengan menggunakan jam weker yang membutuhkan energi listrik sebesar 1,5 volt dan stopwatch untuk melihat periode pemakaian baterai tersebut (0, 1-10, 11-20, dan >20 menit).

Analisis data

Data tegangan listrik yang diperoleh selanjutnya dianalisis dengan *Analisis of Variance* (ANOVA), sedangkan data periode/masa pemakaian baterai dianalisis secara deskriptif.

Hasil dan Pembahasan

Kadar air dan kadar abu serbuk kayu

Kadar air dan kadar abu serbuk kayu kayu merbau (*Intsia bijuga*) dan matoa (*Pometia* sp.) dalam kondisi kering udara ditampilkan pada Tabel 1.

Tabel 1 Rata-rata pengukuran kadar air dan kadar abu kayu merbau dan matoa dalam kondisi kering udara

Jenis kayu	Kadar air, %	Kadar abu, %
Merbau	15,27	0,52
Matoa	39,39	1,31

Kadar air dan kadar abu dari kayu matoa lebih besar dibandingkan kayu merbau (Tabel 1). Oleh karena itu, diduga baterai dengan bahan pengisi serbuk kayu matoa menghasilkan tegangan listrik yang lebih tinggi dibandingkan baterai dari serbuk kayu merbau. Pada umumnya kayu merupakan bahan hantar yang jelek untuk aliran listrik. Daya hantar listrik ini dipengaruhi oleh kadar air kayu. Pada kadar air 0% kayu akan menjadi isolator yang baik, sebaliknya apabila kayu mengandung air maksimum (kayu basah), maka daya hantarnya boleh dikatakan sama dengan daya hantar air (Dephut 2014). Jadi, kadar air dalam kayu sangat berperan dalam menghantarkan arus listrik yang terjadi di baterai akibat perubahan energi kimia menjadi energi listrik.

Selain kadar air, kandungan komponen mineral dalam kayu juga berpengaruh terhadap jumlah tegangan yang dihasilkan oleh baterai. Mineral-mineral tersebut akan menghantarkan daya yang diterima untuk mengalirkan arus listrik, sehingga semakin besar kandungan mineral dalam kayu maka semakin besar pula daya yang dapat dihasilkan.

Tegangan (voltase) yang dihasilkan dan masa pakai baterai

Tabel 2 menunjukkan tegangan (volt) dan masa pakai (menit) yang dihasilkan dari baterai serbuk kayu merbau dan matoa, dengan lama *charging* masing-masing 4 dan 8 jam serta metode pemakaian langsung digunakan dan didiamkan selama 20 menit sebelum digunakan. Rata-rata tegangan yang dihasilkan diperoleh dari 5 kali pengulangan dari masing-masing satuan pengamatan. Hasil ANOVA dari interaksi ketiga perlakuan tersebut ditampilkan pada Tabel 3.

Tegangan yang dihasilkan oleh baterai serbuk kayu berkisar antara 0,43 dan 1,99 volt (Tabel 2). Hasil ini sejalan dengan Plous (2007) yang menggunakan selulosa sebagai casing baterai dan jus lemon sebagai elektrolit yang menghasilkan tegangan baterai sebesar 0,51 volt. Winarsih (2012) menggunakan elektrolit kulit pisang dalam baterai menghasilkan tegangan sebesar 1,24 volt.

Hasil ANOVA pada penelitian ini menunjukkan bahwa perbedaan jenis serbuk kayu, lamanya *charging* dan metode pemakaian baterai tidak

memberikan pengaruh yang signifikan terhadap tegangan listrik yang dihasilkan (Tabel 3). Interaksi antara 2 faktor, yaitu jenis serbuk kayu and metode pemakaian baterai mempengaruhi jumlah tegangan yang dihasilkan (Tabel 3), dimana tegangan tertinggi dihasilkan oleh baterai dari serbuk kayu matoa yang langsung digunakan (1,99 volt) dan tegangan terendah (0,43 volt) dihasilkan oleh baterai dari serbuk kayu merbau yang didiamkan selama 20 menit kemudian digunakan (Tabel 2). Tingginya tegangan yang dihasilkan oleh baterai dari serbuk kayu matoa dibandingkan dengan baterai dari serbuk kayu merbau (Tabel 2) ini diduga akibat tingginya kadar air dan kadar abu jika dibandingkan kayu merbau (Tabel 1). Jika ditinjau dari perbedaan metode pemakaian, tegangan yang dihasilkan baterai dengan perlakuan langsung digunakan ternyata menghasilkan tegangan yang lebih tinggi dibandingkan dengan yang didiamkan selama 20 menit. Selisih tegangan yang dihasilkan yaitu rata-rata 0,87 volt. Rendahnya tegangan listrik yang dihasilkan oleh baterai yang disimpan selama 20 menit sebelum pemakaian ini dapat diduga bahwa baterai dengan serbuk kayu ini tidak dapat menyimpan energi listrik dengan waktu yang lama.

Tabel 2 Tegangan dan masa pemakaian yang dihasilkan dari baterai serbuk kayu merbau dan matoa

Serbuk kayu (A)	<i>Charging</i> , jam (B)	Pemakaian (C)	Tegangan, Volt	Masa Pakai, Menit ke-			
				0	1-10	11-20	> 20
Merbau	4	Langsung digunakan	1,82	1	4	-	-
		Didiamkan	0,43	4	1	-	-
	8	Langsung digunakan	1,84	-	-	-	5
		Didiamkan	0,76	4	-	-	1
Matoa	4	Langsung digunakan	1,99	-	1	-	4
		Didiamkan	1,47	3	-	-	2
	8	Langsung digunakan	1,96	-	-	-	5
		Didiamkan	1,49	1	4	-	-

Tabel 3 Hasil ANOVA dari baterai serbuk kayu

Sumber keragaman	F	P sig
A*B*C	1,504	0,229
A*B	2,883	0,099
A*C	48,730	0,000
B*C	2,883	0,099
A	94,407	0,000
B	2,572	0,119
C	266,331	0,000

Di sisi lain, interaksi 2 faktor lainnya, yaitu interaksi antara faktor jenis serbuk kayu dan faktor lamanya *charging* maupun interaksi antara faktor lamanya *charging* dan faktor metode pemakaian menghasilkan jumlah tegangan listrik yang tidak berbeda nyata (Tabel 3). Hal ini dapat mengindikasikan bahwa lama *charging* 4 ataupun 8 jam menghasilkan jumlah tegangan yang sama.

Dilihat dari segi periode/masa pakai baterai serbuk kayu, Tabel 2 menunjukkan bahwa dari total 40 baterai yang diuji, terdapat 21 baterai yang dapat digunakan sebagai sumber energi jam weker 0,5 volt selama lebih dari 20 menit. Kemampuan ini diperoleh dari baterai serbuk kayu matoa dan merbau dengan 8 jam *charging* dan langsung digunakan dalam jam weker yang diuji. Pergerakan jarum jam pada masa pemakaian ini termasuk dalam kategori lemah. Lama pemakaian baterai serbuk kayu pada penelitian ini masih jauh dibandingkan dengan baterai berbahan pengisi kulit pisang yang lama pemakaiannya dapat mencapai 135 jam, digunakan dalam jam dinding (Winarsih 2012). Namun, hasil penelitian ini masih dapat dimaklumi karena *cellulose-based battery* yang diteliti oleh Lo dan Wong (2014) memiliki stabilitas yang kurang baik dalam pemakaian.

Baterai berbahan pengisi serbuk kayu ini menghasilkan tegangan yang baik, namun aplikasi baterai pada alat elektronik masih belum maksimal. Ada beberapa kelemahan yang perlu dicari jalan keluarnya, seperti: kemungkinan kadar air elektrolit pasta kayu masih kurang, keadaan keasaman pasta masih kurang, sehingga diperlukan *filler* yang bersifat asam sehingga dapat meningkatkan kapasitas baterai. Selain itu, ukuran serbuk kayu 80 mesh masih perlu dikecilkan lagi, misalnya 100 atau 200 mesh.

Kesimpulan

Interaksi antara ke-3 faktor jenis kayu, lamanya *charging* dan metode pemakaian tidak mempengaruhi jumlah tegangan yang dihasilkan oleh bio-baterai yang diujikan. Ditinjau dari interaksi 2 faktor, jenis serbuk kayu dan metode pemakaian, mempengaruhi jumlah tegangan yang dihasilkan. dimana tegangan tertinggi dihasilkan oleh baterai dari serbuk kayu matoa yang langsung digunakan (1,99 volt) dan tegangan terendah (0,43 volt) dihasilkan oleh baterai dari serbuk kayu merbau yang didiamkan selama 20 menit kemudian digunakan. Faktor lamanya *charging* antara 4 dan 8 jam tidak mempengaruhi tegangan listrik yang dihasilkan oleh baterai dari kedua jenis serbuk kayu.

Serbuk kayu merbau dan matoa dapat dikatakan berpotensi sebagai bahan pengisi baterai, namun dilihat dari tegangan dan masa pemakaiannya masih termasuk kategori lemah. Oleh karena itu, serbuk kayu merbau dan matoa dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi baterai, namun perlu penelitian lebih lanjut untuk memperbaiki atau meningkatkan kapasitas serbuk kayu sebagai elektrolit dalam baterai agar

masa pemakaian baterai yang dihasilkan menjadi lebih lama.

Daftar Pustaka

- Departemen Kehutanan. 2014. Standardisasi dan Lingkungan Kehutanan. Diakses dari www.dephut.go.id/halaman/standardisasi_&_lingkungan_kehutanan/info_v02/vii_v02.htm) [8 Juli 2014].
- Djuniardi, Fadjar, Ersya S. Nanda, Kusnandar, Husna. 2010. Penanganan Limbah B3 Bahan Berbahaya Dan Beracun Batu Baterai Bekas Melalui Partisipasi Konsumen dan Penerapan Metode Produksi Bersih. Bogor.
- LO CKJ, Wong CS. 2014. Biopolymer-Based Rechargeable Battery. *APEC Youth Scientist Journal* 6(2):116-134.
- Plous Evan. 2007. Production and use of biodegradable materials for incorporation in a non-toxic, eco-friendly battery. *Transactions of the Kansas Academy of Science* 110(1 & 2):116-124.
- Purnawati R, Arifudin M, Husodo SB. 2009. The utilization of sawdust as alternative energy. https://www.researchgate.net/publication/326316888_The_utilization_of_sawdust_as_an_alternative_energy [11 Juli 2018]
- Sjostrom, E. 1995. *Kimia Kayu. Dasar-dasar dan Penggunaan*. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- TAPPI. 2007. *TAPPI Standards: Preparation of Wood for Chemical Analysis USA*.
- Winarsih D. 2012. Potensi Kulit Pisang (*Musa paradisiaca*) sebagai Baterai Kering Ramah Lingkungan (*Biodegradable*). Karya Tulis. Kebumen, Jawa Tengah. <https://www.scribd.com/doc/299038051/Karya-Tulis-Potensi-Kulit-Pisang-docx>. [10 Juli 2018].

Riwayat naskah

Naskah masuk (*received*): 11 Oktober 2018
Diterima (*accepted*): 3 Desember 2018