

Pemanfaatan Buah Kedondong Dan Kulit Pisang Ambon Sebagai Sumber Energi Listrik Alternatif

Hurin Kamilah¹⁾, Tri Wardoyo DS²⁾, Siti Maftukhah³⁾

Program Studi Teknik Kimia, Universitas Islam Syekh Yusuf Tangerang
Jl. Maulana Yusuf Tangerang 15118, telp. (021)55270611-5527063 fax. 021-5581068

Email: ¹⁾ kamilahurin0705@gmail.com, ²⁾ triwardoyods@unis.ac.id, ³⁾ sitimaftukhah@unis.ac.id

Abstrak

Energi listrik merupakan energi yang menjadi kebutuhan utama pada zaman digital dimana manusia sangat bergantung pada energi listrik untuk memenuhi kebutuhan dalam beraktivitas. Sumber energi listrik berasal dari sumber daya alam tidak terbarukan dan terbarukan, sehingga usaha untuk menghadapi berkurangnya ketersediaan sumber daya alam tak terbarukan dengan mencari energi listrik alternatif. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pemanfaatan buah kedondong (BK) dan kulit pisang ambon (KP) yang dapat menghasilkan energi listrik. Metode penelitian menggunakan sel volta bio baterai yang diisikan oleh sampel bubur dengan perbandingan konsentrasi bahan baku BK : KP (0% : 100%, 25% : 75 %, 50% : 50%, 75% : 25%, dan 100% : 0%), dan variasi waktu fermentasi (12, 24, 46, 72, dan 96 jam). Hasil penelitian menunjukkan konsentrasi bahan baku hanya kulit pisang ambon saja (0% : 100%) menghasilkan tegangan 4,01 V dan arus 1,88 mA lebih besar daripada hanya buah kedondong saja yaitu tegangan 3,90 V dan arus 1,05 mA dengan waktu fermentasi yang sama (12 jam). Sedangkan hasil campuran yang terbaik dihasilkan pada konsentrasi bahan baku 25% : 75% dengan waktu fermentasi 24 jam yaitu tegangan 3,84 V dan arus 2,13 mA.

Kata kunci: arus listrik, buah kedondong, energi listrik alternatif, kulit pisang ambon, tegangan

Abstract

Electrical energy is the main need in the digital age where humans are very dependent on electrical energy to meet their needs for activities. Sources of electrical energy come from non-renewable and renewable natural resources, so that efforts to deal with the reduced availability of non-renewable natural resources are by looking for alternative electrical energy. This study aims to determine the utilization of kedondong fruit (BK) and ambon banana peel (KP) which can produce electrical energy. The research method used a bio voltaic battery cell filled with slurry samples with a ratio of the concentration of raw material BK : KP (0%: 100%, 25%: 75%, 50%: 50%, 75%: 25%, and 100%: 0 %), and the variation of fermentation time (12, 24, 46, 72, and 96 hours). The results showed that the concentration of raw material only ambon banana peels (0%: 100%) produced a voltage of 4.01 V and a current of 1.88 mA greater than just kedondong fruit, namely a voltage of 3.90 V and a current of 1.05 mA with the same fermentation time (12 hours). While the best mixed results were produced at a raw material concentration of 25%: 75% with a 24-hour fermentation time, namely a voltage of 3.84 V and a current of 2.13 mA.

Keywords: alternative electrical energy, ambon banana peel, electrical current, kedondong fruit, voltage

I. Pendahuluan

Energi listrik merupakan energi yang menjadi kebutuhan utama pada zaman digital, dimana manusia sangat bergantung pada energi listrik untuk memenuhi kebutuhan dalam beraktivitas, seperti dalam hal aktivitas memperoleh informasi melalui perangkat elektronik maupun aktivitas rumah tangga seperti sumber penerangan di dalam rumah. Sumber energi listrik berasal dari sumber daya alam yang tidak terbarukan dan terbarukan. Sumber energi alam yang tidak terbarukan contohnya energi fosil, dalam

ketersediaan setiap tahunnya mengalami penurunan di dunia maupun di Indonesia. Penurunan disebabkan oleh peningkatan jumlah penduduk dan pertumbuhan ekonomi (Dewan Energi Nasional, 2019).

Sumber energi terbarukan telah menjadi harapan masyarakat untuk memenuhi kebutuhan energi. Energi terbarukan dalam ketersediaannya dianggap berlimpah lestari dan ramah lingkungan sehingga dapat berperan menjadi andalan pada pasokan energi dunia dan Indonesia (Liun, 2011). Salah satu usaha dalam menghadapi krisis sumber

energi listrik adalah dengan mencari energi alternatif yang menghasilkan listrik.

Energi alternatif merupakan istilah yang digunakan untuk sumber energi yang dapat menggantikan energi fosil atau energi konvensional. Energi alternatif disebut juga dengan energi terbarukan, energi hijau dan energi bersih (Schlager & Weisblatt, 2006). Energi listrik alternatif dapat dihasilkan dari pemanfaatan buah-buahan, sayur-sayuran, maupun limbah bio (Yasa et al., 2019). Energi listrik yang berasal dari buah dan sayuran karena terdapat ion elektrolit. Elektrolit yang dihasilkan akan menghasilkan energi listrik, yang mana dapat digunakan sebagai bio baterai untuk memenuhi kebutuhan listrik. Bio baterai lebih aman bagi lingkungan daripada baterai komersil yang sudah ada. Baterai komersil yang telah dipakai akan dibuang begitu saja ke tempat pembuangan sampah akan berbahaya bagi lingkungan karena mengandung limbah berbahaya serta menimbulkan kecelakaan seperti ledakan. Penelitian bio baterai yang dilakukan menggunakan bahan seperti jeruk, mangga, kulit pisang dan limbah sayuran (Arlianti & Nurlatifah, 2019).

Buah-buahan mengandung ion elektrolit seperti kalium, natrium dan elektrolit lainnya, dan pada buah yang memiliki sifat asam atau pH rendah, karena terdapat kandungan asam askorbat dan asam sitrat dapat menjadi elektrolit. Sifat asam pada buah memiliki tingkat yang berbeda-beda yang mana dapat mempengaruhi nilai tegangan dan kuat arus listrik yang dihasilkan (Atina, 2015). Pada penelitian menggunakan bahan jeruk nipis memiliki pH 2,39 dapat menghasilkan kuat arus listrik sebesar 1,22 mA dengan menggunakan elektroda seng (Zn) sebagai anoda dan tembaga (Cu) sebagai katoda (Pujayanto & Hana, 2015). Pada penelitian Muhlisin et al., (2015) menggunakan empat jenis pisang yang berbeda yaitu pisang raja, kepok, mas, dan ambon dengan waktu fermentasi 192 jam menghasilkan listrik terbaik adalah kulit pisang ambon diperoleh tegangan 3,71 Volt dan kuat arus 33,08 mA. Penelitian lain dengan perbandingan jenis kulit yang berbeda yaitu pisang barangan, ambon, dan bantan diasilkan jenis kulit pisang yang terbaik adalah pisang ambon yang memperoleh tegangan 0,85 Volt, arus listrik 1,5 mA dan kapasitas daya 1,275 Watt (Pulungan et al., 2017).

Pada buah-buahan yang dilakukan pencampuran dengan jenis buah lainnya seperti campuran buah belimbing wuluh dengan kulit pisang ambon menghasilkan energi listrik dengan tegangan 12,1 Volt tanpa beban, tegangan setelah dibebani 7,8 Volt dan arus listrik 19 mA (Widyaningsih & Margana, 2019). Dan ketika buah-buahan dilakukan proses fermentasi (Arlianti, 2018a), buah akan menghasilkan asam lebih yang dapat meningkatkan nilai pH sehingga elektrolit yang dihasilkan lebih banyak (Hendri et al., 2015).

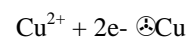
Jurnal ini merupakan hasil penelitian untuk mencari sumber energi listrik alternatif dari pemanfaatan buah kedondong dan kulit pisang ambon dengan variasi konsentrasi bahan baku dan waktu fermentasi.

II. Tinjauan Pustaka

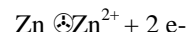
Elektrokimia

Elektrokimia adalah ilmu yang mempelajari tentang perpindahan elektron pada sebuah media penghantar listrik. Proses elektrokimia memerlukan media penghantar sebagai tempat terjadinya reaksi reduksi-oksidasi (redoks) serta larutan elektrolit. Reaksi reduksi-oksidasi merupakan gabungan reaksi reduksi yaitu penangkapan elektron, serta reaksi oksidasi yaitu pelepasan elektron. Larutan elektrolit terdapat tiga jenis yaitu larutan elektrolit kuat, lemah dan bukan elektrolit. Larutan elektrolit kuat mengandung ion-ion terlarut yang dapat menghantarkan listrik dengan baik sehingga proses serah terima elektron dihasilkan energi yang relatif lebih besar. Proses elektrokimia memerlukan media penghantar yang biasanya memakai logam yang dicelupkan pada larutan disebut elektroda (Harahap, 2016). Sel volta merupakan sel elektrokimia yang dalam memproduksi energi listrik dengan adanya reaksi kimia. Biasanya dihasilkan dari dua sel dengan masing-masing menggunakan logam yang berbeda dalam larutan garam dan dihubungkan oleh jembatan garam. Energi listrik timbul akibat adanya reaksi redoks dalam sel tersebut. Reaksi reduksi terjadi pada katoda yang berkutub positif, sedangkan oksidasi terjadi pada anoda yang berkutub negatif (Putri & Maruf, 2018).

Reaksi Katoda :



Reaksi Anoda :



Bio Baterai

Bio baterai merupakan salah satu pengembangan banyak peneliti untuk mengembangkan energi alternatif. Pertama kali dipopulerkan oleh peneliti dari Jepang, dimana dipaparkan bahwa sumber bio baterai adalah karbohidrat, glukosa, enzim dan asam amino. Seiring dengan perkembangan, para peneliti mengembangkan bio baterai dari bahan organik yang ramah lingkungan dan dapat menggantikan baterai komersial (Fadilah et al., 2015).

Kedondong

Kedondong (*Spondias dulcis* dan nama binomialnya adalah *Spondias cytherea*) dalam bahasa Inggris disebut ambarella atau golden apple merupakan tanaman buah tropis yang tergolong dalam keluarga Anacardiaceae seperti tanaman buah

tropis lainnya yaitu mangga (*Mangifera indica* L) dan kacang mete (*Anacardium occidentale* L.) dan buah asli dari Polynesia (Koubala et al., 2018).

untuk dikonsumsi dan dapat diolah menjadi aneka makanan bahkan dapat menjadi obat penyembuhan akibat luka (Koubala et al., 2018).

Tabel 1 Klasifikasi Ilmiah Kedondong

Klasifikasi Ilmiah	
Kerajaan	<i>Plantae</i>
Ordo	<i>Sapindales</i>
Famili	<i>Anacardiaceae</i>
Genus	<i>Spondias</i>
Species	<i>S. dulcis</i>

Sumber : Koubala et al., 2018; “*Spondias dulcis*,” n.d

Kedondong merupakan buah tropis yang tersebar di berbagai negara yang memiliki nama yang berbeda-beda seperti di Thailand disebut Makok farang, di Jamaika disebut June Plum, di Jerman disebut Goldflaume. Tanaman ini dapat tumbuh dengan tinggi mencapai 9 sampai 12 meter, daun yang menyirip, bunga yang berwarna putih, dengan buah berbentuk oval. Buah yang belum matang berwarna hijau dan keras, serta akan berwarna kuning jika sudah matang. Buah yang matang akan berwarna kuning atau oranye terang, karena warnanya seperti itu maka disebut dengan golden apple (Koubala et al., 2018).



Gambar 1 Kedondong

Pada buah kedondong ditemukan vitamin C dan A, jumlah kandungan vitamin nya lebih besar daripada vitamin yang ditemukan di buah mangga. Buah kedondong mempunyai nilai pH yang tinggi yaitu sebesar 3,87 sampai 4,05 dibandingkan dengan buah tropical lainnya. Kandungan kimia dan nutrisi pada buah kedondong dapat dilihat di Tabel 2.6. Karbohidrat sebanyak 50% ada di daging buah, selain karbohidrat ditemukan pula serat. Pektin yang terkandung jumlahnya sebesar 2,13%. Kalsium, fosfor dan kalsium juga terkandung didalam buah kedondong. Buah kedondong dapat dimanfaatkan

Tabel 2 Kandungan Kimia dan Nutrisi Buah Kedondong

No	Senyawa	Unit	Karakteristik		
			Belum Matang (Daging buah)	Matang (Daging buah)	Matang (Kulit)
1	Energi	Kcal/100g	-	44,0-46	-
2	Kelembaban	g/100g	79,6-90,5	87,2-90,0	73,44
3	Lemak	g/100g	0,07-0,34	0,10-0,53	0,85
4	Protein	g/100g	0,64-1,76	0,40-2,33	1,47
5	Karbohidrat	g/100g	12,3-13,75	11,0-17,5	21,47-45,0
6	Pati	g/100g	7,1	-	-
7	Asam Titratable	g/100g	0,82-1,3	0,81	0,85
8	pH		2,60-3,59	3,87-4,05	2,22-2,78
9	Pektin	g/100g	1,56	2,13	2,49-4,05
10	Asam Uronat	g/100g	-	0,96	10,8
11	Glukosa	g/100g	1,2	5,1	20,8
12	Arabinosa	g/100g	-	0,43	5,54
13	Galaktosa	g/100g	-	0,23	3,31
14	Fruktosa	g/100g	1,5	3,1	-
15	Mannosa	g/100g	-	0,26	2,18
16	Serat	g/100g	2,0-2,4	1,0-1,7	18,5
17	Phenolics	mg/100g	350-686	338	-
18	Natrium	mg/100g	4,36	1,0-4,14	-
19	Kalsium	mg/100g	13,60-32,76	35,05-56,00	-
20	Kalium	mg/100g	125	93,0-95,0	-
21	Besi	mg/100g	-	0,3	-
22	Fosfor	mg/100g	18	65,0-67	-
23	Seng	mg/100g	0,25	0,24	-
24	Magnesium	mg/100g	4,5-11,76	10,34	-
25	Karotenoid	µg/100g	-	200,0-205,0	-
26	Askorbat	mg/100g	5,5-52,0	5,86-35,0	-
27	Thiamin	mg/100g	-	0,05	-
28	Riboflavin	mg/100g	-	0,02	-
29	Niacin	mg/100g	-	1,4	-
30	Folates	µg/100g	-	7	-

Sumber : Koubala et al., (2018)

Kulit Pisang Ambon

Pisang adalah tanaman buah-buahan yang dapat dijumpai di berbagai daerah di Indonesia. Jenis pisang yang terdapat di Indonesia beraneka ragam seperti jenis pisang ambon (*Musa paradisiaca* var. *sapientum* (L.) Kunt) yang memiliki buah berwarna hijau (belum masak) dan warna cenderung kekuningan apabila sudah cukup masak serta memiliki warna daging buah yang cenderung putih kekuningan (Ambarita et al., 2015)

Tabel 3 Klasifikasi Ilmiah Pisang Ambon

Klasifikasi Ilmiah	
Kerajaan	<i>Spermatophyta</i>
Sub Divisi	<i>Angiospermae</i>
Kelas	<i>Monocotyledonae</i>

Famili	<i>Musaceae</i>
Genus	<i>Musa</i>
Spesies	<i>Musa spp</i>

Sumber : (Hendri et al., 2015)



Gambar 2 Kulit Pisang Ambon

Kulit pisang ambon merupakan limbah yang dihasilkan dari proses pengolahan pisang ambon yang hanya menggunakan daging buahnya saja untuk diolah sedangkan kulitnya dibuang. Kulit pisang memiliki nutrisi dan senyawa seperti protein 78,2 – 85,4 g/kg bahan kering, kalsium 5,70-6,30 g/kg bahan kering, fenol 57,6-64,9 g/kg berat kering, dan tanin 53,2-58,5 g/kg bahan kering (Ramdani et al., 2016).

Kandungan kulit pisang dapat dilihat di Tabel 4. Kulit pisang dapat menjadi antiseptik, karena pada ekstrak kulit pisang terdapat senyawa fenol, alkaloid, flavonoid dan terpenoid (Asih et al., 2018).

Tabel 4 Kandungan Kulit Pisang

Jenis Zat	Konsentrasi
Karbohidrat	59%
Protein	0,9%
Lipid	1,7%
Serat Kasar	31%
Kalsium	19,20 mg/100g
Kalium	78,10 mg/100g
Natrium	24,30 mg/100g
Fosfor	30 mg/100g
Besi	0,61 mg/100g

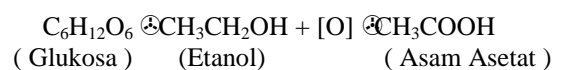
Mangan	76,20 mg/100g
Oksalat	0,51 mg/100g
Saponin	24 mg/100g
Fitat	0,28 mg/100g
Asam Sianida	1,33 mg/100g

Sumber : (Anhwange, 2008)

Fermentasi

Fermentasi merupakan penguraian senyawa organik oleh mikroorganisme yang menghasilkan produk seperti asam organik, alkohol dan gas yang pada umumnya berlangsung dengan kondisi terdapat oksigen (aerobik) maupun tanpa oksigen (anaerobik). Proses fermentasi merupakan proses dekomposisi zat organik dengan bantuan mikroorganisme atau enzim, proses fermentasi terjadi karena perubahan biokimia yang disebabkan oleh karbohidrat yang teroksidasi anaerob atau teroksidasi anaerob sebagian. Manfaat dari fermentasi yaitu membantu mempertahankan umur simpan pada makanan dan mencegah pembusukan (Chilton et al, 2015).

Pada karbohidrat yang mengandung glukosa apabila dicampur dengan air dan didiamkan tanpa adanya udara selama beberapa waktu maka akan terjadi fermentasi yang memperoleh etanol. Etanol yang tetap didiamkan akan teroksidasi menjadi asam etanoat atau asam asetat (Muhlisin et al., 2015).



Menurut Arlianti (2018), faktor-faktor yang mempengaruhi proses fermentasi yaitu pH, suhu, jenis mikroba, oksigen, dan nutrisi. Faktor-faktor ini mempengaruhi pertumbuhan mikroba pada proses fermentasi.

III. Metode Penelitian

Alat Dan Bahan Penelitian

Peralatan yang diperlukan dalam penelitian ini adalah blender, beaker glass, wadah sel dari bahan akrilik, pH meter, multimeter digital, kabel dan penjepit buaya, pengaduk, pisau dan wadah penyimpanan. Bahan yang digunakan adalah buah kedondong, kulit pisang ambon, elektroda cu-zn dan dioda LED.

Persiapan Bahan Baku

Buah kedondong yang dipakai dalam kondisi setengah matang, sedangkan kulit pisang ambon yang dipakai dalam kondisi matang. Sampel dicuci dan dikeringkan sampai air bekas cuci hilang. Kemudian untuk buah kedondong yang diambil hanya bagian

daging dan kulit nya saja. Masing-masing bahan dihaluskan menggunakan blender, kemudian bahan dicampur sesuai konsentrasi bahan baku buah kedondong (BK) dan kulit pisang ambon (KP) yaitu 0% : 100% ; 25% : 75% ; 50% : 50 % ; 75% : 25% ; dan 100% : 0% (BK : KP) dalam 2 liter (Widyaningsih et al., 2019).

Persiapan Elektroda

Penelitian ini menggunakan elektroda plat seng (Zn) dan tembaga (Cu) dengan ukuran tinggi 5 cm dan lebar 5 cm (Irsan et al, 2015). Berdasarkan potensial elektroda, Cu akan mengalami reduksi yang akan bertindak sebagai katoda sedangkan Zn akan mengalami oksidasi yang akan bertindak sebagai anoda. Elektroda Zn-Cu dapat diperoleh dengan mudah di pasaran daripada jenis elektroda lainnya. Kemudian elektroda diberi lubang kecil untuk dihubungkan dengan kabel (Irsan et al., 2015).

Pembuatan Sel Bio-Baterai

Wadah yang digunakan untuk wadah sel bio baterai adalah wadah yang dibuat dari bahan akrilik yang dibentuk menjadi kotak persegi dengan ukuran panjang 10 cm, lebar 6 cm dan tinggi 7 cm. Penutup wadah diberi dua lubang kecil dengan jarak 5 cm untuk akses kabel yang dihubungkan dengan elektroda (Irsan et al., 2015) . Kemudian dimasukkan elektroda sesuai posisi lubang , dan dibuat sebanyak 5 sel yang dipasang secara seri. Selanjutnya setiap sel wadah diisi dengan bubur buah kedondong dan kulit pisang sebanyak 200 ml sesuai dengan sampel yang diteliti. Kemudian dilakukan proses fermentasi dengan waktu fermentasi yaitu 12, 24, 48, 72 dan 92 jam (Hendri et al., 2015).



(a) Tutup Wadah (b) Wadah Sel



(c) Rangkaian Wadah Sel Bio Baterai

Gambar 3 Wadah Sel Bio Baterai



Gambar 4 Proses Fermentasi

Analisa Sampel

Pengujian yang dilakukan yaitu uji kelistrikan dengan menggunakan multimeter digital untuk mengetahui tegangan dan arus yang dihasilkan, serta pengukuran nilai pH dengan menggunakan pH meter. Data yang diperoleh akan dianalisis menggunakan aplikasi *Microsoft Excel* dan aplikasi *SPSS (Statistical Package for The Social Sciences)*.



Gambar 5 Pengukuran Tegangan dan Arus



Gambar 6 Pengukuran Tegangan LED dan Arus LED



Gambar 7 Pengukuran pH

IV. Hasil dan Pembahasan

Hasil Pengujian Tegangan Dan Arus Pada Variasi Konsentrasi Bahan Baku Dan Waktu Fermentasi

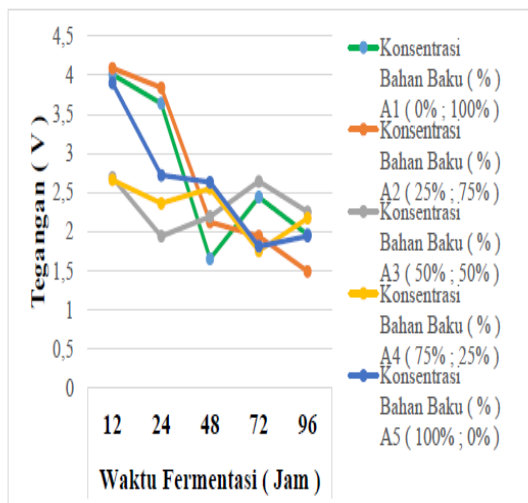
Pengukuran tegangan dan arus pada sel bio-baterai dengan variasi konsentrasi bahan baku dan waktu fermentasi ditunjukkan pada tabel dan grafik. Tabel 5 memperlihatkan pengukuran dan arus pada variasi konsentrasi bahan baku dan waktu fermentasi.

Tabel 5 Hasil Pengukuran Tegangan dan Arus Pada Variasi Konsentrasi Bahan Baku dan Waktu Fermentasi

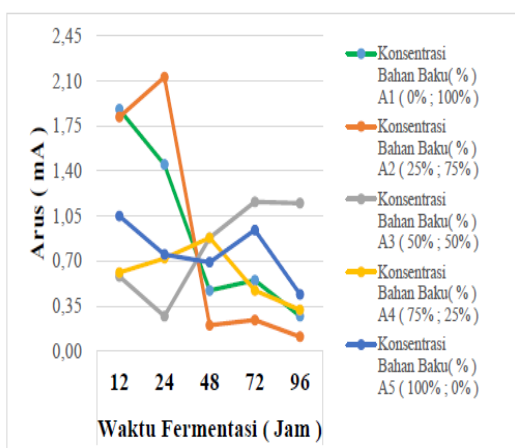
No	Variabel		Uji	
	Konsentrasi Bahan Baku (%) (BK : KP)	Waktu Fermentasi (Jam)	Tegangan (V)	Arus Listrik (mA)
1	0;100	12	4,01	1,88
		24	3,64	1,45
		48	1,65	0,47
		72	2,44	0,55
		96	1,96	0,27
2	25;75	12	4,09	1,82
		24	3,84	2,13
		48	2,12	0,20
		72	1,94	0,24
		96	1,49	0,11
3	50;50	12	2,69	0,58

		24	1,94	0,27
		48	2,19	0,88
		72	2,64	1,16
		96	2,25	1,15
4	75;25	12	2,66	0,61
		24	2,36	0,72
		48	2,55	0,88
		72	1,75	0,47
5	100;0	96	2,17	0,32
		12	3,90	1,05
		24	2,72	0,75
		48	2,63	0,69
		72	1,81	0,94
		96	1,94	0,44

Terlihat pada gambar 8 bahwa nilai tegangan dan arus terbesar dimiliki oleh konsentrasi bahan baku 25% (BK) : 75% (KP) pada waktu fermentasi 12 jam dengan nilai tegangan 4,09 V, sementara nilai terkecil diperoleh dari konsentrasi 25% (BK) : 75% (KP) pada waktu fermentasi 96 jam yaitu 1,49 V.



Gambar 8 Grafik Hasil Pengukuran Tegangan pada Variasi Konsentrasi Bahan Baku dan Waktu Fermentasi



Gambar 9 Grafik Hasil Pengukuran Arus pada Variasi Konsentrasi Bahan Baku dan Waktu Fermentasi

Pada gambar 9 hasil pengukuran arus terbesar dihasilkan dari konsentrasi bahan baku 25% (BK) : 75% (KP) di waktu fermentasi 24 jam yaitu 2,13 mA, sedangkan nilai terkecil pada konsentrasi bahan baku yang sama dengan waktu fermentasi 96 jam menghasilkan 0,11 mA. Pada penelitian Muhlisin et al (2015) menunjukkan hasil yang sama yaitu arus yang dihasilkan oleh kulit pisang mengalami penurunan dengan penambahan waktu.

Berdasarkan gambar 8 dan gambar 9 menunjukkan keadaan optimal pada masing-masing sampel. Pada sampel dengan konsentrasi 0% (BK) : 100% (KP) keadaan optimal dihasilkan pada waktu fermentasi 12 jam yaitu tegangan 4,01 V dan arus 1,88 mA, yang mana menghasilkan lebih besar daripada kondisi optimal pada sampel dengan konsentrasi bahan baku 100% (BK) : 0% (KP) dengan waktu fermentasi yang sama yaitu tegangan 3,90 V dan arus 1,05 mA. Sampel dengan konsentrasi bahan baku 25% (BK) : 75% (KP) memperlihatkan kondisi optimal dihasilkan pada waktu fermentasi 24 jam yaitu tegangan 3,84 V dan arus 2,13 mA, sedangkan pada sampel dengan konsentrasi bahan baku yang berkebalikan 75% (BK) : 25% (KP) menunjukkan kondisi optimal pada waktu fermentasi 48 jam yaitu tegangan 2,55 V dan arus 0,88 mA. Sementara sampel dengan konsentrasi 50% (BK) : 50% (KP) untuk kondisi optimal ditunjukkan pada waktu fermentasi 72 jam yaitu tegangan 2,64 V dan Arus 1.16 mA

Analisis varian dengan aplikasi SPSS bahwa tidak terdapat pengaruh konsentrasi bahan baku terhadap nilai tegangan dan arus, sementara terdapat pengaruh waktu fermentasi terhadap nilai tegangan dan arus serta terdapat pengaruh kedua variasi konsentrasi bahan baku dan waktu fermentasi terhadap nilai tegangan dan arus, yang mana nilai Sig yang berpengaruh lebih kecil daripada 0,05. Dan uji korelasi menunjukkan bahwa terdapat hubungan antara waktu fermentasi terhadap tegangan dan arus

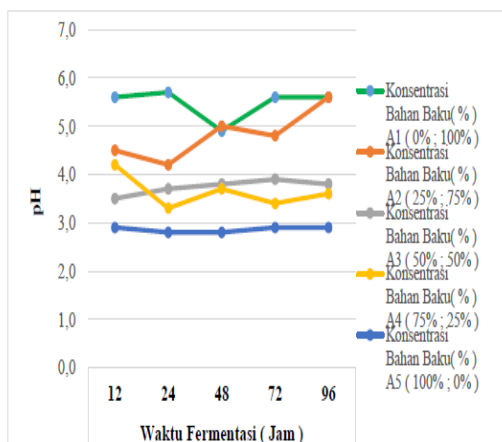
Hasil Pengujian Tegangan Dan Arus Terhadap pH Pada Variasi Konsentrasi Bahan Baku Dan Waktu Fermentasi

Pada tabel 6 memperlihatkan data hasil uji pH yang dikaitkan dengan hasil tegangan dan arus yang dihasilkan dari sampel dengan variasi konsentrasi bahan baku dan waktu fermentasi. Dari data grafik dan tabel dapat disimpulkan bahwa pada penelitian ini nilai pH tidak mempengaruhi sampel campuran.

Tabel 6 Hasil Pengukuran pH, Tegangan Dan Arus Pada Variasi Konsentrasi Bahan Baku dan Waktu Fermentasi

No	Variabel		Uji		
	Konsentrasi Bahan Baku (%) (BK : KP)	Waktu Fermentasi (Jam)	pH	Tegangan (V)	Arus Listrik (mA)
1	0;100	12	5,6	4,01	1,88
		24	5,7	3,64	1,45
		48	4,9	1,65	0,47
		72	5,6	2,44	0,55
		96	5,6	1,96	0,27
2	25;75	12	4,5	4,09	1,82
		24	4,2	3,84	2,13
		48	5,0	2,12	0,20
		72	4,8	1,94	0,24
		96	5,6	1,49	0,11
3	50;50	12	3,5	2,69	0,58
		24	3,7	1,94	0,27
		48	3,8	2,19	0,88
		72	3,9	2,64	1,16
		96	3,8	2,25	1,15
4	75;25	12	4,2	2,66	0,61
		24	3,3	2,36	0,72
		48	3,7	2,55	0,88
		72	3,4	1,75	0,47
		96	3,6	2,17	0,32
5	100;0	12	2,9	3,90	1,05
		24	2,8	2,72	0,75
		48	2,8	2,63	0,69
		72	2,9	1,81	0,94
		96	2,9	1,94	0,44

Gambar 10 menunjukkan nilai pH pada setiap sampel dengan variasi konsentrasi bahan baku dan waktu fermentasi. Nilai pH tertinggi berada pada konsentrasi bahan baku 0% (BK) : 100% (KP) sebesar 5,7 dalam waktu 24 jam, sedangkan nilai pH terendah dihasilkan dari sampel dengan konsentrasi bahan baku 100% (BK) : 0% (KP) yaitu 2,8 dalam waktu 24 dan 48 jam. Perbedaan nilai pH disebabkan buah kedondong memiliki kandungan asam askorbat yang memberi sifat asam sehingga lebih asam daripada kulit pisang ambon (Koubala et al., 2018).



Gambar 10 Grafik Hasil Pengukuran pH pada Variasi Konsentrasi Bahan Baku dan Waktu Fermentasi

Hasil analisis hubungan atau korelasi menggunakan aplikasi SPSS memperlihatkan tidak adanya hubungan antara nilai tegangan dan arus terhadap nilai pH, dimana ditunjukkan dengan nilai Sig 0,712 (tegangan) > 0,05 dan nilai Sig 0,828 (arus) > 0,05. Sementara uji korelasi lainnya menunjukkan adanya hubungan antara pH dengan konsentrasi bahan baku yang mana memiliki nilai -0,933** (Pearson Correlation) > 0,2787 (r.tabel 0,05) dan 0,000 (Sig. (2-tailed)) < r.tabel (0,05) yang berarti terdapat hubungan antara konsentrasi bahan baku dengan nilai pH yang bersifat negatif atau berkebalikan.

Hasil Pengujian Tegangan Dan Arus Pada LED Dengan Variasi Konsentrasi Bahan Baku Dan Waktu Fermentasi

Pengukuran tegangan dan arus dilakukan dengan penambahan LED dalam pengamatan nyala meliputi nyala terang, redup, dan mati. Hal ini terkait dengan kondisi optimal sel bio-baterai dalam kondisi penyalan LED. Data hasil pengukuran tegangan dan arus listrik pada LED dengan variasi konsentrasi bahan baku dan waktu fermentasi disampaikan pada Tabel 7.

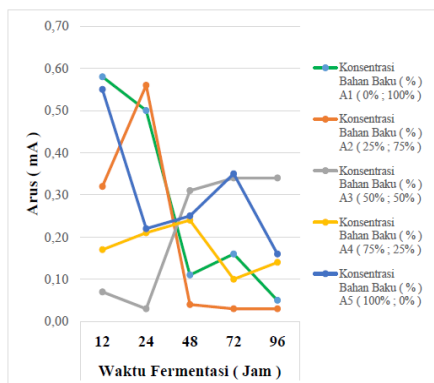
Tabel 7 Hasil Pengukuran Tegangan dan Arus Pada LED Dengan Variasi Konsentrasi Bahan Baku dan Waktu Fermentasi

No	Variabel		Uji			
	Konsentrasi Bahan Baku (%) (BK : KP)	Waktu Fermentasi (Jam)	Tegangan (V)	LED (Terang/Redup/Mati)	Arus Listrik (mA)	LED (Terang/Redup/Mati)
1	0;100	12	1,76	Terang	0,58	Terang
		24	1,75	Terang	0,50	Terang
		48	1,68	Redup	0,11	Terang
		72	1,70	Terang	0,16	Terang
		96	1,65	Redup	0,05	Redup
2	25;75	12	1,74	Terang	0,32	Terang
		24	1,75	Terang	0,56	Terang
		48	1,62	Redup	0,04	Redup
		72	1,50	Redup	0,03	Redup
		96	1,54	Redup	0,03	Mati
3	50;50	12	1,65	Redup	0,07	Terang
		24	1,61	Redup	0,03	Mati
		48	1,71	Terang	0,31	Terang
		72	1,74	Terang	0,34	Terang
		96	1,73	Terang	0,34	Terang
4	75;25	12	1,71	Terang	0,17	Terang
		24	1,71	Terang	0,21	Terang
		48	1,73	Terang	0,24	Terang
		72	1,69	Redup	0,10	Redup
		96	1,52	Redup	0,14	Redup
5	100;0	12	1,76	Terang	0,55	Terang
		24	1,72	Terang	0,22	Terang
		48	1,72	Terang	0,25	Terang

	72	1,71	Terang	0,35	Terang
	96	1,64	Redup	0,16	Redup

Tabel 7 menunjukkan nilai tegangan dan arus yang dihasilkan dengan penambahan LED yang mengalami perubahan pada setiap variasi konsentrasi bahan baku dan waktu fermentasi

Pada gambar 11 yaitu hasil tegangan pada LED dengan variasi konsentrasi bahan baku dan waktu fermentasi menunjukkan tegangan paling tinggi dihasilkan oleh konsentrasi bahan baku 100% (BK) : 0% (KP) yaitu 1,76 V di waktu fermentasi 12 jam dengan kondisi nyala LED terang, sedangkan hasil tegangan paling rendah dihasilkan pada konsentrasi 25% (BK) : 75% (KP) dengan waktu fermentasi 72 jam yaitu 1,50 V dengan kondisi nyala LED redup/mati. Hasil nilai tegangan pada LED yang menunjukkan kestabilan dalam nilai yang mengalami penurunan maupun peningkatan dihasilkan dari sampel dengan konsentrasi bahan baku 0% (BK) : 100% (KP) dan 100% (BK) : 0% (KP). Sedangkan sampel yang mengalami penurunan yang drastis ditunjukkan pada konsentrasi bahan baku 25% (BK) : 75% (KP) dan 75% (BK) : 25% (KP). Pada sampel dengan konsentrasi 50% (BK) : 50% (KP) mengalami peningkatan nilai tegangan dari waktu fermentasi 12 jam sampai 96 jam.

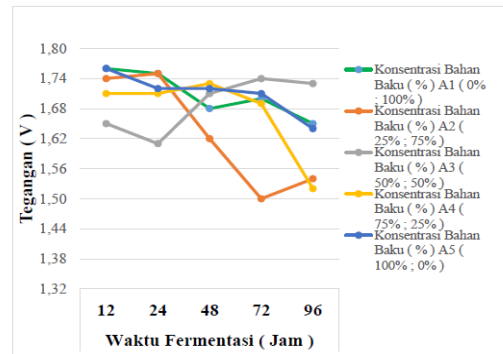


Gambar 11 Grafik Hasil Pengukuran Tegangan Pada LED Dengan Variasi Konsentrasi Bahan Baku dan Waktu Fermentasi

Hasil analisis hubungan atau korelasi antara hasil tegangan pada LED dengan konsentrasi bahan baku menunjukkan tidak terdapat hubungan, sementara antara hasil tegangan LED dan waktu fermentasi terdapat hubungan yang bersifat negatif atau berkebalikan.

Gambar 12 memperlihatkan perubahan nilai hasil pengukuran arus pada LED dengan variasi konsentrasi bahan baku dan waktu fermentasi, yang mana nilai arus tertinggi ditunjukkan pada konsentrasi bahan baku 0% (BK) : 100% (KP) dengan waktu fermentasi 12 jam yang kondisi nyala LED terang. Sedangkan nilai arus terendah terdapat pada sampel dengan konsentrasi bahan baku 25%

(BK) : 75% (KP) dengan waktu fermentasi 96 jam yang kondisi LED mati.



Gambar 12 Grafik Hasil Pengukuran Arus Pada LED Dengan Variasi Konsentrasi Bahan Baku dan Waktu Fermentasi

Kondisi optimal masing-masing sampel dengan variasi konsentrasi bahan baku dan waktu fermentasi dengan melihat nilai tegangan, arus serta kondisi nyala LED dalam keadaan terang yang mana di dapatkan yaitu, kondisi optimal sampel dengan konsentrasi bahan baku 0% (BK) : 100% (KP) terdapat pada waktu fermentasi 12 jam sebesar tegangan 1,76 V dan arus 0,58 mA, sedangkan dalam waktu fermentasi yang sama sampel dengan konsentrasi 100% (BK) : 0% (KP) sebesar tegangan 1,76 V dan arus 0,55 mA. Sementara kondisi optimal pada sampel dengan konsentrasi bahan baku 25% (BK) : 75% (KP) didapatkan pada waktu fermentasi 24 jam yaitu tegangan 1,75 V dan arus 0,56 mA, pada sampel dengan konsentrasi bahan baku yang berkebalikan yaitu 75% (BK) : 25% (KP) didapatkan kondisi optimal dengan nilai tegangan 1,73 V dan arus 0,24 mA dalam waktu fermentasi 48 jam. Sementara kondisi optimal 50% (BK) : 50% (KP) dengan waktu fermentasi 72 jam memperoleh nilai tegangan 1,74 V dan arus 0,34 mA. Hasil analisis hubungan atau korelasi dengan menggunakan aplikasi SPSS menunjukkan bahwa hasil arus LED memiliki hubungan dengan waktu fermentasi daripada konsentrasi bahan baku yang mana bersifat negatif atau berkebalikan.

Pembahasan

Pemanfaatan buah kedondong dan kulit pisang ambon dalam menghasilkan listrik sebagai energi listrik alternatif dengan variasi konsentrasi dan waktu fermentasi dapat terjadi hantaran listrik. Sel bio-baterai yang diisikan oleh buah kedondong dan kulit pisang ambon dengan jumlah satu sel bio-baterai terdiri dari 5 wadah sel yang masing-masing berisi 200 ml sampel dengan variasi konsentrasi bahan baku yang diteliti. Sel bio-baterai tersebut dapat menghasilkan tegangan dan arus meskipun nilai yang didapat masih sangat kecil.

Pada analisis statistika dengan menggunakan aplikasi SPSS (*Statistical Package for The Social Sciences*) terhadap tegangan dan arus dengan variasi konsentrasi bahan baku didapatkan bahwa konsentrasi bahan baku tidak berpengaruh, maka setiap konsentrasi bahan baku memiliki kondisi optimal masing-masing. Dalam penelitian ini didapatkan hasil yang optimal untuk campuran adalah konsentrasi bahan baku 25% (BK) : 75% (KP) dalam waktu fermentasi 24 jam sebesar tegangan 3,84 V dan arus 2,13 mA. Sedangkan konsentrasi bahan baku hanya kulit pisang ambon saja menghasilkan nilai tegangan 4,01 V dan arus 2,13 mA yang lebih besar dibandingkan konsentrasi bahan baku hanya buah kedondong saja yaitu tegangan 3,90 V dan arus 1,05 mA pada waktu fermentasi yang sama.

Hasil ini disebabkan kandungan mineral yang terdapat pada buah kedondong dan kulit pisang ambon berperan dalam menghantarkan listrik. Pada kulit pisang ambon memiliki kandungan fosfor dan air yang dapat mengalirkan listrik (Yasa et al., 2019). Fosfor dapat meningkatkan konduktivitas suatu bahan yang membuat lebih mudah menghantarkan listrik. Kandungan air yang terkandung pada kulit pisang ambon juga berperan dalam penghantaran listrik karena mengandung ion-ion (Hendri et al., 2015). Selain fosfor dan air terdapat kandungan kalium dan garam klorida, jika dilarutkan dengan air dapat menghantarkan listrik karena dapat terionisasi. Sementara pada buah kedondong terkandung zat asam askorbat yang termasuk larutan elektrolit serta terdapat fosfor dan kalium. Terlihat dari tabel 4.1 hasil tegangan dan arus lebih besar kulit pisang ambon daripada buah kedondong, dengan demikian kulit pisang ambon memiliki jumlah kandungan fosfor yang lebih banyak daripada buah kedondong (Lisdawati & Faridha, 2018).

Dalam analisis statistik antara tegangan dan arus terhadap waktu fermentasi menunjukkan adanya pengaruh yang signifikan dan bersifat negatif atau berbanding terbalik, artinya semakin lama waktu fermentasi, maka tegangan dan arus yang dihasilkan kecil. Perubahan nilai hasil yang menurun dapat disebabkan dari larutan elektrolit yang mengalami perubahan, elektroda dalam cairan mengalami perubahan, elektrolit menguap, sebagian elektroda tidak tercelup elektrolit, beban yang tinggi dan sambungan yang kotor atau longgar (Widyaningsih & Margana, 2019).

Penurunan nilai tegangan dan arus disebabkan oleh paparan oksigen pada proses pengukuran, sehingga mengalami proses oksidasi dimana ion hidrogen terlepas. Proses oksidasi dapat menyebabkan tingkat kerapatan ion muatan listrik berkurang karena jumlah oksigen semakin bertambah yang menjadikan proses penghantaran listrik semakin sulit. Dan proses oksidasi mengakibatkan korosi pada elektroda sehingga juga berakibat pada hasil

tegangan dan arus semakin kecil saat penambahan waktu fermentasi (Suciwati et al., 2019). Penurunan nilai tegangan dan arus juga bisa disebabkan aktivitas mikroorganisme yang belum optimal sehingga nilai yang dihasilkan masih rendah. Adanya mikroorganisme yang beraktivitas secara optimal selama fermentasi membuat nilai pH menurun sehingga hasil tegangan dan arus akan ikut meningkat (Yasa et al., 2019).

Nilai pH dapat dipengaruhi oleh konsentrasi bahan baku, pH rendah didapatkan dari buah kedondong yang memiliki tingkat keasaman yang lebih tinggi dari kulit pisang ambon. Buah kedondong memiliki asam askorbat yang dapat memberikan sifat asam, asam askorbat mudah larut dalam air dan mudah rusak akibat jangka waktu penyimpanan dan paparan sinar matahari (Febrianti et al., 2015).

Penelitian dengan melihat kondisi nyala atau mati sebuah LED menunjukkan adanya pengaruh waktu fermentasi dengan hasil arus dan pengaruh yang kecil pada hasil tegangan. Hubungan waktu fermentasi dengan kondisi LED adalah berbanding terbalik, semakin lama waktu fermentasi kondisi LED menjadi mati.

V. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Buah kedondong dan kulit pisang ambon dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi listrik alternatif meski nilai yang dihasilkan kecil.
2. Hasil tegangan dan arus yang dihasilkan dipengaruhi oleh waktu fermentasi.
3. Kondisi paling baik didapatkan pada konsentrasi bahan baku hanya kulit pisang ambon saja (0% : 100%) dengan waktu fermentasi 12 jam yaitu tegangan 4,01 V dan arus 1,88 dengan kondisi LED menyala terang, yang mana lebih besar dari konsentrasi bahan baku hanya buah kedondong (100% : 0%) dengan waktu fermentasi 12 jam yaitu tegangan 3,90 V dan arus 1,05 mA dengan kondisi LED menyala terang.
4. Pada sampel campuran buah kedondong dan kulit pisang ambon didapatkan hasil yang optimal adalah konsentrasi bahan baku 25% (BK) : 75% (KP) dengan waktu fermentasi 24 jam yaitu tegangan 3,84 V dan arus 2,13 mA dengan kondisi LED menyala terang.

Saran

1. Diharapkan dapat melakukan penelitian lebih lanjut dalam variasi waktu fermentasi.
2. Diharapkan melakukan penelitian dengan wadah sel bio –baterai dengan elektroda yang berbeda. Dan diharapkan melakukan

penelitian dengan rangkaian sel bio-baterai seri maupun paralel.

Daftar Pustaka

- Ambarita, M. D. Y., Bayu, E. S., & Setiada, H. (2015). *Identifikasi Karakter Morfologis Pisang (Musa spp.) di Kabupaten Deli Serdang*. 4(1), 1911–1924.
- Anhwange, B. A. (2008). Chemical Composition of Musa Sapientum (Banana) Peels. *Journal of Food Technology* 6, 6, 263–266.
- Arlianti, L. (2018a). Bioetanol sebagai sumber green energy alternatif yang potensial di Indonesia. *Jurnal Keilmuan Dan Aplikasi Teknik UNISTEK*, 5(1), 16–22.
- Arlianti, L. (2018b). Bioetanol Sebagai Sumber Green Energy Alternatif yang Potensial Di Indonesia. *UNISTEK*, 5(1), 16–22.
- Arlianti, L., & Nurlatifah, I. (2019). Pemanfaatan Limbah Kulit Talas Bogor (Colocasia Esculenta) Sebagai Sumber Energi Alternatif Bioetanol. *Unistek*, 6(2), 34–37. <https://doi.org/10.33592/unistek.v6i2.261>
- Asih, I. A. R. A., Rita, W. S., Ananta, I. G. B. T., & Sri Wahyuni, N. K. D. M. (2018). Aktivitas Antibakteri Ekstrak Kulit Pisang (Musa sp.) Terhadap Escherichiacoli dan Staphylococcus aureus Serta Identifikasi Golongan Senyawa Aktifnya. *Cakra Kimia*, 6, 56–63.
- Atina. (2015). Tegangan Dan Kuat Arus Listrik Dari Sifat Asam Buah. *Atina*, 12(2), 28–42.
- Chilton, S. N., Burton, J. P., & Reid, G. (2015). Inclusion of Fermented Foods in Food Guides around the World. *Nutrients*, 390–404. <https://doi.org/10.3390/nu7010390>
- Dewan Energi Nasional. (2019). Outlook Energi Indonesia 2019. *Sekretariat Jenderal Dewan Energi Nasional*.
- Fadilah, S., Rahmawati, R., & Pkim, M. (2015). Pembuatan Biomaterial dari Limbah Kulit Pisang (Musa Paradisiaca). *Prosiding Simposium Nasional Inovasi Dan Pembelajaran Sains 2015*, 2015(Snips), 45–48.
- Febrianti, N., Yuniyanto, I., & Dhaniaputri, R. (2015). Kandungan Antioksi dan Asam Askorbat pada Jus Buah-Buahan Tropis. *Jurnal Bioedukatika*, 3(1), 6. <https://doi.org/10.26555/bioedukatika.v3i1.4130>
- Harahap, M. R. (2016). Sel Elektrokimia: Karakteristik dan Aplikasi. *CIRCUIT: Jurnal Ilmiah Pendidikan Teknik Elektro*, 2(1), 177–180. <https://doi.org/10.22373/crc.v2i1.764>
- Hendri, Y. N., Gusnedi, & Ratnawulan. (2015). Pengaruh Jenis Kulit Pisang dan Variasi Waktu Fermentasi Terhadap Kelistrikan dari Sel Accu dengan Menggunakan Larutan Kulit Pisang. *Pillar of Physic*, 6, 97–104.
- Irsan, Supriyanto, A., & Surtono, A. (2015). Analisis Karakteristik Elektrik Limbah Kulit Singkong (Manihot esculenta Crantz) sebagai Sumber Energi Listrik Alternatif Terbarukan untuk Mengisi Baterai Telepon Genggam. *Jurnal Teori Dan Aplikasi Fisika, II*, 9–18. [https://doi.org/10.1016/S0011-9164\(98\)00031-9](https://doi.org/10.1016/S0011-9164(98)00031-9)
- Koubala, B. B., Kansci, G., & Ralet, M. (2018). Ambarella — Spondias cytherea. In *Exotic Fruits Reference Guide* (Issue 1967). Elsevier Inc. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-803138-4.00005-8>
- Lisdawati, A. N., & Faridha, M. (2018). Pengaruh Variasi Suhu dan Waktu Pengeringan Sampel Pasta Baterai Kulit Pisang Kepok “Manurun” pada Tegangan dan Arus Listrik Baterai. *Jurnal Ilmiah Teknik Elektro*, 1(2), 41–52.
- Liun, E. (2011). Potensi Energi Alternatif Dalam Sistem Kelistrikan Indonesia. *Prosiding Seminar Nasional Pengembangan Energi Nuklir IV, IV*, 311–322.
- Muhlisin, M., Soedjarwanto, N., & Komarudin, M. (2015). *Pemanfaatan Sampah Kulit Pisang dan Kulit Durian Sebagai Bahan Alternatif Pengganti Pasta Batu Baterai*. 9(3).
- Pujayanto, & Hana, K. (2015). *Hubungan Kuat Arus Listrik dengan Keasaman Buah Jeruk dan Mangga*. 6, 42–46.
- Pulungan, N., Febria, M. A., Desma, I., Ayuningsih, R. D., & Nila, Y. (2017). Pembuatan Bio Baterai Berbahan Dasar Kulit Pisang. *Hasanudding Student Journal*, 2(2), 96–101.
- Putri, A. R., & Maruf, A. (2018). Energi alternatif dengan menggunakan reaksi elektrokimia. *Jurnal Ilmiah Peneliitian Dan Pembelajaran Informatika*, 03, 62–68.
- Ramdani, D., Hernaman, I., Nurmeidiansyah, A. A., & Heryadi, D. (2016). Potensi Nutriens, Fenol, dan Tanin Dalam Kulit Pisang Ambon Dengan Tingkat Kematangan Berbeda untuk Pakan Ternak. *Prosiding Seminar Nasional Peternakan Berkelanjutan* 8, 8, 883–888.
- Schlager, N., & Weisblatt, J. (2006). *Alternative Energy* (N. Schlager & J. Weisblatt (eds.); volume 1). Thomson Gale.
- Suciyati, S. W., Asmarani, S., & Supriyanto, A. (2019). *Analisis Jeruk dan Kulit Jeruk sebagai Larutan Elektrolit terhadap Kelistrikan Sel Volta*. 7(1), 7–16.
- Widyaningsih, W. P., & Margana. (2019). Pembangkit Listrik Electron Power Inverter (Epi) Dengan Memanfaatkan Buah Belimbing Wuluh Dan Kulit Pisang. *EKSERGI*, 15(1), 20–26.
- Yasa, W. K., Sukainah, A., & Rais, M. (2019). Pemanfaatan berbagai Limbah Buah – Buah sebagai Sumber Energi Listrik. *Jurnal Pendidikan Teknologi Pertanian*, 5, 109–113.

