

**PROTOTYPE PEMBANGKIT LISTRIK
TENAGA LIMBAH CAIR TEPUNG TAPIOKA**

NASKAH PUBLIKASI TUGAS AKHIR

**Adhitya Whisnu Bayu Aji
5140711101**

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNOLOGI INFORMASI DAN ELEKTRO
UNIVERSITAS TEKNOLOGI YOGYAKARTA
YOGYAKARTA
2019**

HALAMAN PENGESAHAN
NASKAH PUBLIKASI TUGAS AKHIR MAHASISWA

Judul Naskah Publikasi:
PROTOTYPE PEMBANGKIT LISTRIK
TENAGA LIMBAH CAIR TEPUNG TAPIOKA

Disusun oleh:
Adhitya Whisnu Bayu Aji
NIM 5140711101

Mengetahui,

Nama	Jabatan	Tanda Tangan	Tanggal
Ikrima Alfi, S.T., M.Eng	Dosen Pembimbing

Naskah Publikasi Tugas Akhir ini telah diterima sebagai salah satu persyaratan Untuk memperoleh gelar Sarjana pada Program Studi Teknik Elektro

Yogyakarta,
Ketua Program Studi Teknik Elektro
Fakultas Teknologi Informasi dan Elektro, Universitas Teknologi Yogyakarta

Mengetahui
Ketua Program Studi Teknik Elektro

M.S. Hendriyawan, A., S.T., M.Eng.
NIK 110810056

PERNYATAAN PUBLIKASI

Yang bertanda tangan di bawah ini, saya:

Nama : Adhitya Whisnu Bayu Aji

NIM : 5140711101

Program Studi : Teknik Elektro

Fakultas : Teknologi Informasi dan Elektro

Judul Karya Tulis Ilmiah:

“Prototipe Pembangkit Listrik Tenaga Limbah Cair Tepung Tapioka”

menyatakan bahwa Naskah Publikasi ini hanya akan dipublikasikan di *JURNAL* Teknik Elektro, *Fakultas Teknologi Informasi dan Elektro*, Universitas Teknologi Yogyakarta, dan tidak dipublikasikan di jurnal yang lain. Demikian surat pernyataan ini dibuat dengan sebenar-benarnya.

Yogyakarta, 21 Febuari 2019

Penulis,

Adhitya Whisnu Bayu Aji

5140711101

PROTOTIPE PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA LIMBAH CAIR TEPUNG TAPIOKA

Adhitya Whisnu Bayu Aji

*Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknologi Informasi dan Elektro
Universitas Teknologi Yogyakarta*

Jl. Ringroad Utara Jombor Sleman Yogyakarta

E-mail : adhitya.wba@gmail.com

ABSTRAK

Kebutuhan akan energi, khususnya energi listrik di Indonesia, makin berkembang menjadi bagian yang tak terpisahkan dari kebutuhan hidup masyarakat sehari-hari seiring dengan pesatnya peningkatan pembangunan di bidang teknologi, industri dan informasi. Pemanfaatan sumber daya energi minyak bumi dan batu bara masih menjadi sumber energi utama yang terus menerus digunakan. Penggunaan terus menerus ini mengakibatkan cadangan energi yang semakin berkurang tiap tahunnya. Telah banyak bahan yang cukup potensial sebagai pengganti minyak bumi, diantaranya ethanol, gas alam, listrik, *hydrogen*, *propane*, biodiesel, methanol, dan *P-series*. Namun keberadaan bahan-bahan tersebut semakin lama juga semakin menipis karena terlalu sering dieksplorasi oleh manusia, sementara untuk memproduksinya kembali alam butuh waktu hingga ratusan tahun. Alternatif lain yang masih dapat dimanfaatkan ialah limbah, salah satunya ialah limbah cair tepung tapioka. Limbah cair tepung tapioka mempunyai kandungan glukosa yang memiliki potensi untuk digunakan sebagai sumber energi dari accu dan baterai. Karena banyaknya limbah cair tepung tapioka yang hanya dimanfaatkan untuk bahan pakan ternak, maka penulis membuat Prototipe Pembangkit Listrik Tenaga Limbah Cair Tepung Tapioka dengan proses fermentasi menggunakan *Saccharomyces cerevisiae* dan *Acetobacter aceti*.

Kata Kunci: Energi, Minyak bumi, Limbah, Accu, Pembangkit listrik, Arduino.

ABSTRACT

The need for energy, especially electricity in Indonesia, is increasingly developing into an inseparable part of people's daily needs along with the rapid development in the fields of technology, industry and information. The use of petroleum and coal energy resources is still the main energy source that is continuously used. This continuous use has resulted in decreasing energy reserves each year. There have been many materials that are quite potential as substitutes for petroleum, including ethanol, natural gas, electricity, hydrogen, propane, biodiesel, methanol, and P-series. However, the existence of these materials is also increasingly depleted because of being explored too often by humans, while to reproduce them nature takes hundreds of years. Another alternative that can still be utilized is waste, one of which is liquid tapioca flour. The liquid waste of tapioca flour has a glucose content that has the potential to be used as an energy source for batteries and batteries. Because of the large amount of tapioca liquid waste that is only used for animal feed ingredients, the authors made a prototype of Tapioca Tepung Liquid Waste Power Plant by fermentation using *Saccharomyces cerevisiae* and *Acetobacter aceti*.

Keywords: Energy, Petroleum, Waste, Battery, Power Plant, Arduino.

1. PENDAHULUAN

Kebutuhan akan energi, khususnya energi listrik di Indonesia, makin berkembang menjadi bagian yang tak terpisahkan dari kebutuhan hidup masyarakat sehari-hari seiring dengan pesatnya peningkatan pembangunan di bidang teknologi, industri dan informasi. Pemanfaatan sumber daya energi minyak bumi dan batu bara masih menjadi sumber energi utama yang terus menerus digunakan. Penggunaan terus menerus ini mengakibatkan cadangan energi

yang semakin berkurang tiap tahunnya. Berdasarkan Kebijakan Umum Bidang Energi (KUBE) dari Departemen Pertambangan dan Energi, sifat dari minyak bumi dan gas alam yang tidak terbarukan (*non renewable*) serta cadangan di dalam bumi kita diperkirakan akan menurun, oleh karena itu pemerintah harus terus berusaha menggalakkan usaha-usaha penghematan energi dan pengembangan sumber energi alternatif. Untuk mempertahankan

kelangsungan energi di Indonesia, pemerintah telah merumuskan kebijakan energi nasional. (*ipb.ac.id*).

Telah banyak bahan yang cukup potensial sebagai pengganti minyak bumi, diantaranya ethanol, gas alam, listrik, *hydrogen*, *propane*, biodiesel, methanol, dan *P-series*. Namun keberadaan bahan-bahan tersebut semakin lama juga semakin menipis karena terlalu sering dieksplorasi oleh manusia, sementara untuk memproduksinya kembali alam butuh waktu hingga ratusan tahun. Alternatif lain yang masih dapat dimanfaatkan ialah limbah, salah satunya ialah limbah tepung tapioka. Limbah cair tepung tapioka mempunyai kandungan glukosa yang memiliki potensi untuk digunakan sebagai sumber energi dari accu dan baterai.

Upaya ini merupakan salah satu bentuk inovasi pengembangan energi terbarukan yang sangat dibutuhkan oleh masyarakat. Karena banyaknya limbah tepung tapioka yang hanya dimanfaatkan untuk bahan pakan ternak, maka penulis membuat Prototipe Pembangkit Listrik Tenaga Limbah Tepung Tapioka dengan proses fermentasi menggunakan *Saccharomyces cerevisiae* dan *Acetobacter aceti*.

2. TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka

Beberapa hasil penelitian yang telah dilakukan oleh peneliti sebelumnya memiliki beberapa kesamaan dalam bidang dan tema dengan penelitian ini.

Penelitian oleh Wira Dian Jauharah (2013) dengan judul Analisis Kelistrikan yang Dihasilkan Limbah Buah dan Sayuran Sebagai Energi Alternatif Bio-Baterai. Dalam penelitian ini membahas tentang pembuatan listrik dari limbah yang berasal dari buah-buahan dan sayur-sayuran yang sudah membusuk.

Penelitian oleh Syifa Fadilah, dkk (2015), dengan judul Pembuatan Biomaterial dari Limbah Kulit Pisang (*Musa Paradisiaca*). Dalam penelitian membahas tentang pemanfaatan limbah kulit pisang menjadi biomaterial dengan menambahkan garam KCl 0.75 gram dengan tegangan 1.40 volt dengan daya tahan sebesar 4880 menit.

Penelitian oleh Evan Permana dkk. (2015), dengan judul Rancangan Alat Pengisi Daya dengan Panel Surya (*Solar Charging Bag*) Menggunakan *Quality Function Deployment* (QFD). Dalam penelitian tersebut membahas tentang pembuatan tas punggung yang dapat menghasilkan listrik dengan mengambil daya dari solar cel yang dipasang di sisi luar dari tas tersebut.

Tabel 1 Perbandingan Tinjauan Pustaka

Peneliti	Judul Penelitian	Keterangan
Wira Dian Jauharah (2013)	Analisis Kelistrikan yang Dihasilkan Limbah Buah dan Sayuran sebagai Energi Alternatif Bio-Baterai	<ul style="list-style-type: none"> - Merancang desain pembangkit listrik sederhana - Melakukan uji energi yang dihasilkan dari limbah - Melakukan uji dari jarak antar elektroda dengan menggunakan jarak yang berbeda-beda.
Syifa Fadilah dkk (2015)	Pembuatan Biomaterial dari Limbah Kulit Pisang (<i>Musa Paradisiaca</i>)	<ul style="list-style-type: none"> - Pemanfaatan limbah kulit pisang bisa dimanfaatkan sebagai biobaterai - Didapatkan tegangan sebesar 1.40 Volt - Menghasilkan daya tahan sebesar 5880 menit
Evan Permana dkk. (2015)	Rancangan Alat Pengisi Daya dengan Panel Surya (<i>Solar Charging Bag</i>) Menggunakan <i>Quality Function Deployment</i> (QFD)	<ul style="list-style-type: none"> - <i>Solar Charging Bag</i> memiliki kemampuan mengisi daya menggunakan komponen <i>solar cell</i>, <i>solar charge controller</i>, <i>inverter</i>, baterai dengan media tambahan yaitu tas <i>carrier</i> - Keunggulan <i>solar charging bag</i> dapat mengisi daya untuk voltase sampai 11.8 V

Seperti terlihat pada Tabel 2.1 perbedaan dari ke-tiga referensi dengan judul yang diangkat oleh penulis terletak pada perubahan dari limbah cair tepung tapioka menjadi sumber energi alternatif pengganti listrik. Sehingga nantinya listrik tersebut dapat digunakan untuk menghidupkan lampu.

2.2 Landasan Teori

2.2.1 *Light Emiting Diode* (LED)

Lampu LED adalah suatu lampu indikator dalam perangkat elektronika yang biasanya memiliki fungsi untuk menunjukkan status dari perangkat elektronika tersebut. Lampu LED terbuat dari plastik dan dioda semikonduktor yang dapat menyala apabila dialiri tegangan listrik rendah (± 1.5 volt DC). Lampu LED merupakan lampu terbaru yang merupakan sumber cahaya yang efisien energinya. Lampu LED ketika memancarkan cahaya nampak pada gelombang spektrum yang sangat sempit, mereka dapat memperlakukan “cahaya putih” (www.calce.umd.edu).

2.2.2 Energi dan Daya

Energi adalah sesuatu yang bersifat abstrak yang sukar dibuktikan tapi dapat dirasakan adanya. Energi adalah kemampuan untuk melakukan kerja. Energi bersifat kekal. Energi dapat berubah dari suatu bentuk energi ke bentuk energi yang lain. Perubahan bentuk energi ini disebut transformasi energi (sutrisno, 1997).

Energi merupakan kuantitas yang mendasar, suatu konsep lain menamakan energi sebagai daya, yang merupakan kecepatan energi tersebut per satuan waktu, atau bisa dituliskan dengan rumus sebagai berikut

$$P = \frac{E}{t} \dots\dots\dots (2.1)$$

Di mana E merupakan energi (*joule*, *J*), t satuan waktu (detik, s), dan P adalah daya (watt, W) (Kadir, 1995).

Ketika muatan melewati elemen rangkai maka medan listrik bekerja pada muatan tersebut. Total usaha yang bekerja pada muatan q yang melewati rangkaian elemen sebanding dengan produk q dan beda potensial V. Jika arus adalah *I* dan selang waktu *dt*, maka jumlah muatan yang mengalir adalah $dQ = I dt$. Usaha yang bekerja pada muatan ini adalah (Young and Freeman, 1996).

$$dW = VdQ = Vidt \dots\dots\dots (2.2)$$

2.2.3 Ketela

Singkong yang juga dikenal sebagai ketela pohon atau ubi kayu adalah pohonan tahunan tropika dan subtropika dari keluarga *Euphorbiaceae*. Umbinya dikenal luas sebagai makanan pokok penghasil karbohidrat dan daunnya sebagai sayuran. Ubi akar singkong banyak mengandung glukosa dan dapat dimakan mentah. Ubi kayu (*Manihot Utilissima*) menghasilkan umbi setelah tanaman berumur 6 bulan. Setelah tanaman berumur 12 bulan dapat menghasilkan umbi basah sampai 30 ton/ha (Gaspersz, 1991).

2.2.4 Kelistrikan

Kelistrikan merupakan sesuatu yang biasa digunakan sehari-hari. Kata "listrik" berasal dari kata Yunani yaitu elektron (Tipler, 1996). Dalam kelistrikan kita sering mendengar beberapa kata yang berhubungan dengan listrik, yakni konduktivitas listrik, daya listrik, arus listrik, beda potensial dan beberapa alat yang digunakan dalam mengukur besar dari listrik tersebut seperti ampermeter, voltmeter dan ohmmeter.

2.2.5 Elektrokimia

Elektrokimia adalah reaksi kimia yang menghasilkan energi listrik. Dalam elektrokimia

melibatkan reaksi yang sering disebut reaksi oksidasi atau disingkat dengan redoks (Rosenberg, 1996).

2.2.6 Proses Fermentasi Asam Asetat

Fermentasi merupakan proses mikrobiologi yang dikendalikan oleh manusia untuk memperoleh produk yang berguna, dimana terjadi pemecahan karbohidrat dan asam amino secara anaerob. Peruraian dari kompleks menjadi sederhana dengan bantuan mikroorganisme sehingga menghasilkan energi (Lancaster, 2002).

2.2.7 Sel Galvanik

Sel galvanik adalah sel dimana energi bebas dari reaksi kimia diubah menjadi energi listrik, disebut juga sebagai sel elektrokimia (Dogra, 1990). Sel galvanik terdiri atas dua elektroda dan elektrolit. Elektroda merupakan penghantar listrik yang terdiri dari anoda dan katoda. Anoda adalah elektroda dimana terjadi reaksi oksidasi sedangkan katoda adalah elektroda dimana terjadi reaksi reduksi.

Reaksi oksidasi-reduksi dapat membangkitkan listrik jika bahan pengoksidasi dan pereduksi tidak sama dalam larutan air. Susunan demikian untuk membangkitkan arus listrik

2.2.8 Metode Statistik

Analisis hasil rekapitulasi rata-rata jumlah hama wereng yang tertarik dan tertangkap pada alat penangkap hama wereng. Data dikumpulkan kemudian dianalisis. Analisis pertama menggunakan rata-rata setiap uji warna lampu.

Uji ANOVA. Pengujian menggunakan uji anova yang berarti menguji analisis variannya, yang menunjukkan bahwa data tersebut memiliki perbedaan yang nyata variannya

3. METODOLOGI PENELITIAN

Metode penelitian meliputi pengujian kapasitas daya ketahanan perangkat dengan kondisi lingkungan, pengujian alat, pengambilan data dan analisa data.

Pada penelitian ini akan diambil data pada kapasitas daya yang dihasilkan dari limbah tepung tapioka. Keluaran tersebut akan dihitung dalam bentuk energi selama pengukuran sebelum dilakukan *step up*.

3.1 Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan terhadap sampel yang telah ditentukan sebelumnya. Pengumpulan data sangat penting dilakukan agar tingkat penelitian berkualitas baik dan akurat sesuai dengan sumber yang dipilih berupa buku, artikel, dan data sheet

3.2 Analisa Data

Analisa data merupakan kegiatan yang dilakukan untuk menambah data hasil dari penelitian

menjadi informasi yang nantinya bisa dipergunakan dalam mengambil kesimpulan. Tahap ini bertujuan untuk membentuk model yang optimal dari sistem yang akan dibuat dengan mempertimbangkan permasalahan dan kebutuhan yang telah ditentukan.

3.3 Perancangan Pembuatan

Rancangan riset yang dilakukan dalam kegiatan ini adalah studi literatur dan reverse engineering dan penerapan langsung dilapangan.

1. Persiapan

Disini perlu dipersiapkan lokasi tempat penelitian, pengumpulan literatur.

a) Perancangan/desain peralatan

Desain peralatan yang dilakukan meliputi : desain wadah limbah dan desain lampu.

b) Mengumpulkan peralatan

Pengumpulan peralatan sesuai dengan kebutuhan yang digunakan, dengan cara membeli melalui toko online dan offline.

c) Pembuatan alat

Pembuatan peralatan yang dilakukan meliputi : rangkaian alat, rangkaian wadah limbah dan modul *step up*.

d) Uji coba peralatan

Uji coba pada peralatan ini dilakukan untuk mengetahui kehandalan, efisiensi, efektifitas sistem yang dibuat.

e) Analisa dan evaluasi

Analisa dan evaluasi yang dilakukan pada peralatan yang dibuat meliputi, analisa hasil uji menguji lamanya pengisian, besarnya nilai tegangan dan besarnya nilai arus

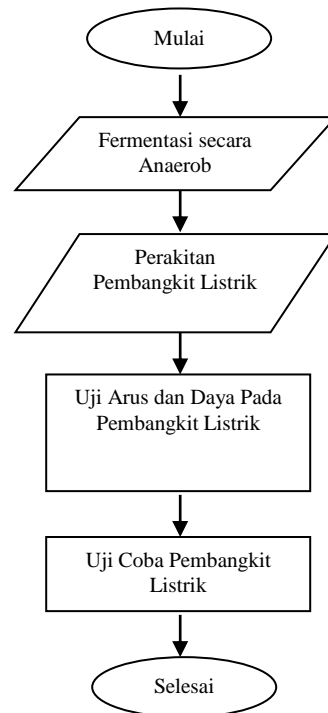
3.4 Penyusunan Laporan

Mengambil kesimpulan dari hasil penelitian yang sudah diperoleh, kemudian dituliskan pada laporan proyek tugas akhir setelah semua pengumpulan data dan proses analisis selesai.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Pembuatan Alat

Bedasarkan identifikasi penelitian tentang pembangkit listrik dari limbah cair tepung tapioka ini sebagai pengganti sumber listrik dari PLN maupun *accu* dan *diesel* yang masih sering digunakan oleh masyarakat desa. Pada bagian ini akan membahas mengenai alur perancangan alat sesuai dengan yang sudah direncanakan pada BAB III. Berikut adalah diagram *flowchart* perancangan alat pembangkit listrik dari limbah cair tepung tapioka.



Gambar 1 Flowchart Rancangan Alat

Pada Gambar 1 merupakan diagram alir dari perancangan sistem yang akan dibuat. Pertama sebelum menuju pembuatan alat, limbah cair tepung tapioka tersebut harus difermentasi terlebih dahulu selama ± 14 hari atau kurang lebih selama dua minggu. Proses fermentasi juga bisa dipercepat menggunakan *saccaromyces cerevisiae* agar dapat mempersingkat waktu fermentasi tersebut. Setelah proses fermentasi selesai, dimulailah perakitan bahan penyangga lampu yang digunakan dalam prototipe ini adalah berupa paralon dengan panjang 0.4 meter. Pada pengaplikasiannya bisa digunakan tiang penyangga berupa besi ataupun baja yang lebih kokoh dan tahan lama. Proses selanjutnya adalah melakukan pengujian alat tersebut berapa lama waktu yang dapat dihasilkan nyala lampu tersebut yang berasal dari limbah cair tepung tapioka.

Limbah cair tepung tapioka merupakan hasil dari pengolahan industri tepung tapioka. Limbah ini didapatkan dari hasil pengolahan singkong yang kemudian akan menjadi tepung tapioka. Hasil dari pengolahan tersebut dihasilkan dua limbah, yaitu limbah padat dan limbah cair. Limbah padat lebih sering disebut oleh masyarakat dengan sebutan onggok. Limbah ini lebih sering digunakan masyarakat untuk dijadikan pakan ternak. Sedangkan limbah cair ini digunakan masih digunakan oleh pabrik untuk melakukan pencucian ketela selama beberapa kali. Ketika limbah cair tersebut sudah beberapa kali digunakan sebagai pencucian,

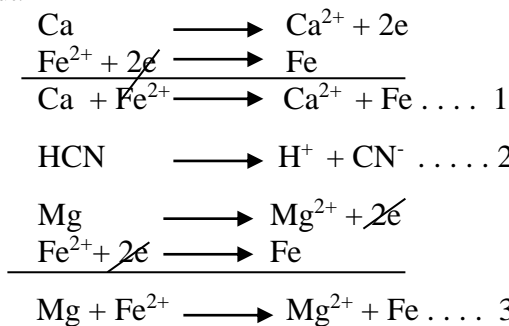
kemudian limbah tersebut dialirkan ke bak limbah. Ketika limbah sudah sampai pada tahap tersebut. Limbah tersebut tidak digunakan kembali oleh pabrik pengolahan tepung tapioka.

Proses pertama dalam fermentasi limbah cair ini adalah dengan menaruh limbah cair tepung tapioka tersebut kedalam wadah yang dapat tertutup rapat. Langkah kedua, ditambahkan bakteri *acetobacter aceti* kedalam cairan limbah tersebut. Hal tersebut dilakukan agar fermentasi didalamnya bisa berjalan secara maksimal. Langkah ketiga dilakukan penambahan *sacharomyces cerevisiae* yang bertujuan untuk mempercepat proses fermentasi limbah didalamnya.

Fermentasi ini dilaksanakan selama ±14 hari dan menggunakan cara *anaerob*. Fermentasi secara *anaerob* digunakan dikarenakan karakteristik limbah yang digunakan lebih mendapatkan hasil yang maksimal saat menggunakan metode fermentasi dengan cara tersebut. Lama proses fermentasi bergantung pada proses perkembangbiakan bakteri serta daya maksimal yang dapat dihasilkan nantinya. Namun, setelah dilakukan percobaan selama beberapa kali dengan rentang hari penelitian yang berbeda. Didapatkan hasil yang maksimal ketika percobaan tersebut berlangsung selama 14 hari..

Penyimpanan limbah ini ditempatkan pada wadah jerigen dengan kerapatan yang kuat. Hal ini dikarenakan agar daya yang dihasilkan didalamnya dapat maksimal. Pada 100 gram limbah cair tepung tapioka mengandung kadar air, besi, kalsium, magnesium, fosfor dan asam sianida.

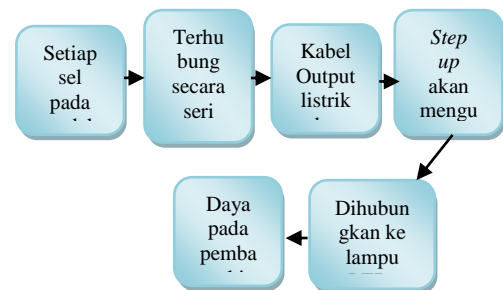
Fermentasi ini nantinya akan mengubah glukosa menjadi magnesium dan besi. Pada reaksi didalamnya didapatkan tiga reaksi volta yang dapat menghasilkan listrik. Dari tiga reaksi volta tersebut yang berperan penting dalam penghantaran arus listrik pada prototipe pembangkit listrik tenaga limbah cair tepung tapioka ini yaitu $\text{Ca}(\text{OH})_2$, CN^- , Mg , dan Fe_2O_3 . Didapatkan rumus kimia sebagai berikut:



Pada reaksi pertama kalsium berekstraksi dengan besi. Pada proses sebelum fermentasi kalsium dan besi 2+ mengalami reaksi kimia yang difermentasi sehingga ion positif dari besi ke

kalsium. Untuk reaksi volta kedua terjadi penguraian dari asam sianida, yang diuraikan menjadi H^+ ditambahkan CN^- . Ketika H memiliki kadar ion positif semakin banyak, maka larutan tersebut termasuk asam kuat. Sedangkan untuk reaksi yang ketiga adalah antara magnesium dan besi. Ion positif yang sebelumnya terdapat pada besi, setelah dilakukan fermentasi kemudian berpindah ke magnesium. Perpindahan ion positif semuanya itu terjadi sesuai dengan ketentuan dari reaksi volta dimana arus elektron akan mengalir dari anoda ke katoda. Sedangkan untuk arus listrik akan mengalir dari katoda ke anoda.

Pada saat energi listrik dalam limbah ini digunakan terjadi proses elektrokimia, yaitu proses sel galvanik. Ketika cairan ini digunakan untuk melakukan proses menghidupkan lampu terjadilah proses sel galvanik. Setiap sel tersebut akan mengalami perubahan yaitu elektroda grafit berubah menjadi ion melalui elektrolit dan menjadi elektroda positif. Berikut adalah *flowchart* dari proses aliran daya pada pembangkit listrik tenaga limbah tepung tapioka.



Gambar 2 *Flowchart* Alur Aliran Listrik

Pada proses listrik seperti pada gambar 5.2 pada pembangkit listrik tenaga limbah tepung tapioka digunakan. Pertama setiap sel yang telah diisi cairan limbah, diberikan seng dan tembaga sebagai anoda dan katoda. Setiap anoda dan katoda dihubungkan secara seri. Kemudian akan kabel output positif masuk ke input positif dari step up dan kabel output negatif akan masuk ke input negatif step up. Kemudian dari modul step up akan dialirkan ke usb port lampu penerangan yang sudah disediakan. Step up tersebut dapat mengubah tegangan DC 1-3 V menjadi DC 5 V.

Bagian ini akan mengulas tentang implementasi atau penerapan dari rancangan yang sudah dibuat pada bab sebelumnya. Kerangka seperti pada Gambar 3 di bawah ini merupakan tempat penyimpanan cairan dari limbah. Tempat ini terbuat dari bahan plastik yang disertai dengan tutup. Kerapatan yang dihasilkan oleh tutupnya sangatlah rapat. Tujuannya agar fermentasi yang terjadi didalamnya tetaplah

sempurna. Volume total dari wadah tersebut adalah 10 liter.



Gambar 3 Wadah Limbah

Didalam tempat penyimpanan cairan ini terdapat delapan sekat yang model sekatnya disusun menyerupai aki pada umumnya. Setiap sekat didalamnya memiliki volume yang sama. Sekat-sekat yang digunakan menggunakan bahan dari akrilik kemudian direkatkan dengan menggunakan lem tembak dan lem kaca. Sekat-sekat itu nantinya akan diisi oleh cairan limbah yang sudah digunakan. Ukuran dari setiap selnya dapat menampung cairan sebanyak ± 600 ml. Namun pada penerapannya nanti, setiap sekat akan berisi air limbah pengolahan tepung tapioka sebanyak 500 ml. Hal ini bertujuan agar cairan didalamnya dapat terjaga dan tidak sampai pada permukaan sekat. Sehingga dapat meminimalisir jika terjadi tumpahnya cairan diluar sel. Sekat-sekat ini haruslah rapat dan tidak ada celah antar sekatnya. Tujuannya agar listrik yang dihasilkan dari limbah ini bisa maksimal nantinya.

Ketika cairan limbah hasil pengolahan limbah tepung tapioka yang sudah ditambahkan bakteri *acetobacter aceti* sudah dimasukkan kedalam masing-masing sel. Kemudian akan diberikan penutup di atasnya yang berupa akrilik. Setiap penutup pada masing-masing sel tersebut terdapat masing-masing dua lubang, seperti terlihat pada Gambar 4. Lubang-lubang tersebut nantinya akan dimasukkan anoda dan katoda yang sudah disediakan. Setiap sel nantinya akan dimasukkan paku sebagai penghantar untuk arus negatif dan tembaga sebagai penghantar untuk arus yang positif.



Gambar 4 Sel Anoda dan Katoda

Setelah masing-masing sel sudah dipasangkan anoda dan katoda. Kemudian masing-masing anoda dan katoda tersebut dihubungkan secara seri. Rancangannya dapat dilihat pada Gambar 4 di atas ini. Tujuan dihubungkan secara seri ini adalah untuk dapat menghasilkan daya yang cukup besar untuk dapat menghidupkan lampu penerangan nantinya. Masing-masing nanti akan dihubungkan

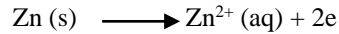
menggunakan kabel, kemudian akan ditarik outputan positif dan negatifnya.

Anoda dan katoda yang dipakai dalam penelitian ini adalah seng (Cu) dan tembaga (Zn) dengan luas untuk seng 4cm x 2 cm dan tembaga 5cm x 0.2 cm. Pemilihan seng dan tembaga yang dipakai dalam penelitian ini dikarenakan dua bahan tersebut memiliki unsur logam dan memiliki beda potensial yang cukup besar.

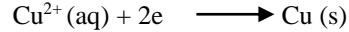
$$\text{Zn} - \text{Cu} = 0.34 \text{ V} - (-0.76) = 1.1 \text{ V}$$

Apabila elektroda seng dan elektroda tembaga dihubungkan, maka elektron mengalir dari seng ke tembaga. Reaksi yang terjadi adalah:

Oksidasi



Reduksi pada elektroda tembaga



Jumlah kedua setengah reaksi di atas adalah



Dari outputan tersebut kemudian dialirkan ke lampu yang sudah disediakan. Pemasangan dengan menggunakan USB akan dapat mengatur kapan lampu harus dipasang dan dilepas untuk dialiri oleh listrik. Tentu hal ini akan memaksimalkan energi yang dihasilkan dari limbah cair industri tepung tapioka.



Gambar 4 Modul Step Up

4.2. Unjuk Kerja Dari Prototipe Pembangkit Listrik Tenaga Limbah Cair Tepung Tapioka

Limbah cair tepung tapioka hasil fermentasi tersebut kemudian dimasukkan kedalam wadah yang sudah disediakan. Masing-masing ruang pada wadah tersebut diisi sebanyak ± 500 ml. Pengisian dilakukan dengan cara membuka penutup bagian atasnya kemudian cairan yang sudah difermentasi tersebut dimasukkan dengan menggunakan gelas ukur atau gelas biasa. Setelah semua cairan masuk kedalam masing-masing cell. Kemudian ditutup kembali bagian atasnya. Setelah itu sambungkan lampu LED yang sudah disediakan ke port USB output daya dari pembangkit listrik tersebut.



Gambar 5 Prototipe Pembangkit Listrik Dari Limbah Cair Tepung Tapioka

Sebelum disambungkan ke modul *step up* terlebih dahulu output awal dari limbah cair tepung tapioka tersebut diukur untuk menguji kapasitas yang dihasilkan serta kemampuan maksimal daya dari fermentasi yang sudah dilakukan sebelumnya. Sesudah dilakukan fermentasi kurang lebih selama 14 hari, langkah selanjutnya adalah dengan melakukan pengukuran pada masing-masing cell yang terdapat dalam wadah tersebut untuk mengetahui tegangan, arus dan daya dari masing-masing cell tersebut. Tabel 5.1 akan menjelaskan hasil pengukuran tegangan, arus, dan daya pada limbah tepung tapioka. Berikut adalah hasil perhitungan daya pada masing-masing cell yang telah dilakukan fermentasi selama 14 hari.

Tabel 2 Hasil Pengukuran Tegangan Selama 14 Hari

	Tegangan (DC V)							
	1	2	3	4	5	6	7	8
1	0	0.1	0.1	0.1	0	0.1	0.1	0.1
2	0.1	0.2	0.2	0.2	0.1	0.2	0.2	0.2
3	0.2	0.3	0.3	0.3	0.2	0.3	0.3	0.3
4	0.3	0.3	0.4	0.4	0.2	0.4	0.4	0.4
5	0.4	0.4	0.5	0.5	0.3	0.5	0.5	0.4
6	0.4	0.5	0.5	0.5	0.3	0.5	0.5	0.5
7	0.5	0.5	0.6	0.6	0.4	0.6	0.6	0.6
8	0.6	0.6	0.6	0.6	0.4	0.6	0.6	0.6
9	0.6	0.6	0.7	0.7	0.5	0.7	0.7	0.6
10	0.6	0.7	0.7	0.7	0.5	0.7	0.7	0.7
11	0.7	0.7	0.8	0.8	0.6	0.8	0.8	0.7
12	0.7	0.7	0.8	0.8	0.6	0.8	0.8	0.8
13	0.8	0.8	0.9	0.9	0.7	0.9	0.9	0.8
14	0.8	0.9	1.0	1.0	0.7	1.0	0.9	0.9

Tabel 3 Hasil Pengukuran Arus Selama 14 Hari

	Arus (mAh)							
	1	2	3	4	5	6	7	8
1	200	220	220	220	200	220	210	210
2	220	230	230	225	210	230	220	220
3	230	240	240	230	220	240	230	230
4	240	250	250	240	230	250	240	240
5	250	260	260	250	240	260	250	250
6	260	265	265	260	250	265	260	260
7	265	270	270	270	255	270	270	265
8	270	275	280	280	260	275	280	270
9	275	280	285	285	270	280	285	280
10	280	285	290	290	275	285	290	285
11	285	290	295	295	280	290	295	290
12	290	295	300	300	285	300	300	295
13	295	305	315	310	290	310	310	305
14	303	312	324	322	295	320	318	312

Tabel 4 Hasil Pengukuran Daya Selama 14 Hari

	Daya (Watt)							
	1	2	3	4	5	6	7	8
1	0	0.02	0.02	0.02	0	0.02	0.02	0.02
2	0.02	0.04	0.04	0.04	0.02	0.04	0.04	0.04
3	0.04	0.07	0.07	0.06	0.04	0.07	0.06	0.06
4	0.07	0.07	0.10	0.09	0.04	0.10	0.09	0.09
5	0.10	0.10	0.13	0.12	0.07	0.13	0.12	0.10
6	0.12	0.13	0.13	0.13	0.11	0.13	0.13	0.12
7	0.13	0.13	0.14	0.14	0.12	0.14	0.14	0.13
8	0.14	0.14	0.14	0.14	0.12	0.14	0.14	0.15
9	0.14	0.14	0.16	0.16	0.13	0.16	0.16	0.17
10	0.16	0.16	0.16	0.16	0.15	0.18	0.20	0.19
11	0.17	0.18	0.17	0.17	0.17	0.20	0.23	0.20
12	0.18	0.20	0.18	0.18	0.19	0.24	0.24	0.23
13	0.21	0.23	0.24	0.27	0.20	0.27	0.27	0.23
14	0.24	0.28	0.32	0.32	0.21	0.32	0.29	0.28

Keterangan :

- : Hari
- : Cell

Tabel 5 Hasil Pengukuran Tegangan, Arus, dan Daya pada Limbah Cair Tepung Tapioka Pada Masing-Masing Cell

Baterai	Tegangan	Arus	Daya
1	DC 0.8 V	303 mAh	0.24 w
2	DC 0.9 V	312 mAh	0.28 w
3	DC 1.0 V	324 mAh	0.32 w
4	DC 1.0 V	322 mAh	0.32 w
5	DC 0.7 V	295 mAh	0.21 w
6	DC 1.0 V	320 mAh	0.32 w
7	DC 0.9 V	318 mAh	0.29 w
8	DC 0.9 V	312 mAh	0.28 w
Total	DC 3.6 V	626 mAh	2.25 w

Dalam rangkaian tersebut dibuatlah rangkaian seri dan paralel. Hal ini bertujuan agar tegangan dan arus yang dihasilkan dapat sama besar. Pada sel volta nomor satu (1) sampai dengan empat (4) dibuatlah rangkaian seri, dan nomor lima (5) sampai dengan delapan (8) dibuatlah rangkaian seri. Setelah itu kedua rangkaian tersebut di paralelkan untuk mendapatkan tegangan. Begitu juga sebaliknya untuk mendapatkan hasil arus yang maksimal.

- Diketahui : $V_1 = 0.8 V$ $I_1 = 303 \text{ mAh}$
 $V_2 = 0.9 V$ $I_2 = 312 \text{ mAh}$
 $V_3 = 1.0 V$ $I_3 = 324 \text{ mAh}$
 $V_4 = 1.0 V$ $I_4 = 322 \text{ mAh}$
 $V_5 = 0.7 V$ $I_5 = 295 \text{ mAh}$
 $V_6 = 1.0 V$ $I_6 = 320 \text{ mAh}$
 $V_7 = 0.9 V$ $I_7 = 318 \text{ mAh}$
 $V_8 = 0.9 V$ $I_8 = 312 \text{ mAh}$

Perhitungan :

#Tegangan

Rumus Tegangan:

- Seri :

$$V_{\text{Total}} = V_1 + V_2 + V_3 + \dots + V_n \dots\dots\dots 4$$
- Paralel :

$$V_{\text{total}} = \frac{V_1 + V_2 + V_3}{\text{Total Cell}} \dots\dots\dots 5$$

$$V_{p1} = V_1 + V_2 + V_3 + V_4 = 0.8 + 0.9 + 1.0 + 1.0 = 3.7 \dots\dots\dots 6$$

$$V_{p2} = V_5 + V_6 + V_7 + V_8 = 0.7 + 1.0 + 0.9 + 0.9 = 3.5 \dots\dots\dots 7$$

$$V_{\text{total}} = \frac{V_1 + V_2 + V_3}{\text{Total Cell}}$$

$$V_{total} = \frac{3.7 + 3.5}{2}$$

$$V_{total} = \frac{7.2}{2} \dots\dots\dots 8$$

$$V_T = 3.6 \text{ V} \dots\dots\dots 9$$

#Arus

- Rumus Arus Seri :

$$I_{total} = \frac{I_1 + I_2 + I_3 + I_4}{Total \text{ Cell}} \dots\dots\dots 10$$

- Rumus Arus Pararel :

$$I_{Total} = I_1 + I_2 + I_{...} + I_n \dots\dots\dots 11$$

$$I_{total} = \frac{I_1 + I_2 + I_3 + I_4}{Total \text{ Cell}}$$

$$I_{total1} = \frac{303 + 312 + 324 + 322}{4}$$

$$I_{total1} = \frac{1261}{4}$$

$$I_{p1} = 315 \text{ mAh} \dots\dots\dots 12$$

$$I_{total2} = \frac{I_5 + I_6 + I_7 + I_8}{Total \text{ Cell}}$$

$$I_{total2} = \frac{295 + 320 + 318 + 312}{4}$$

$$I_{total2} = \frac{1245}{4}$$

$$I_{p2} = 311 \text{ mAh} \dots\dots\dots 13$$

$$I_T = I_{p1} + I_{p2}$$

$$= 315 + 311$$

$$= 626 \text{ mAh} \dots\dots\dots 14$$

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan diatas terkait kapasitas tegangan, arus dan daya pada limbah cair tepung tapioka didapatkan hasil kapasitas total daya adalah DC 3.6 V , arus 626 mAh dan daya 2.25 w. Daya dan arus tersebut kemudian di step up menggunakan modul step up. Keluaran tegangan yang dihasilkan menjadi DC 5 V, arus 100 mAh dan dayanya 0.50 w.

Pengukuran tersebut dilakukan pada saat limbah belum digunakan sama sekali untuk sumber ke lampu. Ketika listrik dari cairan limbah tersebut sudah sangat sering digunakan untuk menghidupkan lampu maka kemampuan daya maupun arus pada masing-masing cell akan menurun. Hal ini disebabkan kadar kekeruhan air yang ada di masing-masing cairan pada setiap cell tersebut akan mengalami penguapan akibat suhu panas yang

ditimbulkan saat limbah ini digunakan untuk mengalirinya pada lampu.

5. PENUTUP

5.1. Simpulan

Pada rumusan masalah yang sudah dituliskan pada bab sebelumnya serta jawaban dari rumusan masalah yang sudah dipaparkan pada bab sebelumnya, maka dapat diberikan simpulan sebagai berikut:

1. Pembuatan alat pembangkit listrik tenaga limbah cair tepung tapioka ini dimulai dengan melakukan fermentasi cairan, kemudian ditambahkan bakteri *acetobacter aceti*. Fermentasi berlangsung selama 14 hari untuk mendapatkan hasil yang maksimal. Terdapat delapan *cell* pada wadah limbah tersebut. Terdapat tiang penyangga untuk tempat kabel lampu led di samping wadah tersebut.
2. Prototipe dari limbah cair tepung tapioka ini dapat menyalakan lampu LED berkapasitas 1 W. Cahaya yang dihasilkan limbah cari tepung tapioka ini kurang begitu terang, hal ini dikarenakan arus yang mengalir tidak begitu besar. Total tegangan yang dihasilkan dari limbah cair tepung tapioka tersebut adalah DC 3.6 V, arus 626 mAh, dan dayanya 2.25 W. Akan tetapi ketika diberi modul step up tegangan naik menjadi 5 V, arus 100 mAh dan daya sebesar 0.5 w.

5.2. Saran

Berdasarkan pengalaman saat melakukan penelitian, didapatkan beberapa masalah yang mungkin akan bisa diatas oleh peneliti yang selanjutnya. Beberapa hal masukkan yang nantinya bisa dikaji ulang oleh peneliti selanjutnya adalah:

1. Dalam pembuatan wadah ini didapatkan kendala untuk pembuatan masing-masing cell. Seringkali antar cell mengalami bocor, atau terdapat lubang sehingga air antar cell bisa mengalir ke cell yang lain. Diharapkan penelitian selanjutnya dapat membuat model wadah yang lebih baik lagi.
2. Tegangan dan arus yang dihasilkan dalam penelitian ini cenderung fluktuatif sehingga sulit didapatkan daya yang sebenarnya. Hal ini mengakibatkan penelitian harus dilakukan kembali untuk mendapatkan hasil yang sesuai dengan harapan. Diharapkan penelitian selanjutnya dapat menemukan solusi agar daya yang dihasilkan bisa mnejadi stabil sehingga dapat mempermudah dalam pengukuran daya.

DAFTAR PUSTAKA

- [Anonim], (2012), University of Maryland College Park, *LED Research Group*.
<http://www.calce.umd.edu/LED/people.htm>,
diambil : 15 November 2018
- [Anonim], (2012), *LED (Light Emitting Diode)*.
Diakses: www.quantumkarmal.com, Diambil:
12 Agustus 2018
- Astuti, S D., Djoni Izak R., Ni'matuzahroh, M. Zainuddin, Suhariningsih. (2011). *Potensi Photodinamik Inaktivasi Staphylococcus Aureus dan Vibrio Cholerae Dengan Endogen Photosensitizer pada Penyinaran Led Biru (430± 4) Nm Dan Merah (629 ± 6) Nm*. Berk. Jurnal: 16 (127–131).
- Santoso Singgih., (2002), *SPSS Versi 10, Mengolah Data Secara Profesional*, Bandung: PT. Elek Media Komputindo.
- Hanafiah, Kemas Ali, (1991), *Rancangan Pengujian Teori & Aplikasi*, Rajawali Pers, Vol 12 (39), hal 228.
- Gaspersz, Vincent., (1991), *Metode Perancangan Pengujian*, Bandung : Armiko.
- Retnowati Dwi, Sutanti Rini., (2009). *Pemanfaatan Limbah Padat Ampas Singkong dan Lindur Sebagai Bahan Baku Pembuatan Etanol*, Skripsi, S.Pd., Pendidikan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Semarang, Semarang.
- Steel, RGD & Torrie, JH., (1991), *Prinsip & Prosedur Statistika, Suatu Pendekatan Biometric*. Jakarta : Gramedia Pustaka Utama.
- Sukma Ade., (2009), *Pemanfaatan Onggok yang Diperkaya dengan Protein Tepung Telur Dalam Pembuatan Rasi Instan Bergizi*, Palembang : Penebar Swadaya
- Suprpti, L., (2002), *Tepung Kasava Pembuatan dan Pemanfaatannya*, Yogyakarta : Kanisius
- Susmiati, (2006), *Peran Serat Makanan dari Aspek Pemeliharaan Kesehatan, Pencegahan dan Terapi Penyakit*, Skripsi, dr., Pendidikan Dokter, Fakultas Kedokteran, Universitas Andalas, Padang.