



Technical Analysis of Bioethanol Production and Electrical Power Potential By Utilizing Cassava Waste

Analisis Teknis Produksi Bioetanol dan Potensi Daya Listrik Dengan Memanfaatkan Limbah Singkong

Tiara Puja Hariyadi^{1*}, Susi Afriani²

^{1,2}Teknik Elektro, Sains dan Teknologi, Riau

Corresponden E-Mail: tiarapuja5@gmail.com, susiafriani@gmail.com

Makalah: Diterima 30 Juli 2021; Diperbaiki 25 May 2022; Disetujui 05 Juni 2022

Corresponding Author: tiarapuja5@gmail.com

Abstrak

Produksi singkong di Provinsi Riau memiliki potensi bioetanol yang cukup mumpuni sebagai pengganti bahan bakar fosil. Bioetanol merupakan salah satu energi alternatif serta ramah lingkungan yang dapat dijadikan sebagai campuran bahan bakar generator set. Salah satu sumber bahan baku penghasil bioetanol tertinggi didapatkan dari tanaman singkong. Limbah yang berasal dari ampas dan kulit singkong masih belum dimanfaatkan secara maksimal, padahal limbah ini mengandung karbohidrat yang dapat dikonversikan menjadi etanol. Berdasarkan kandungan yang berasal dari singkong itu sendiri memiliki kadar pati sebesar 35% yang mengandung amyloza dan amylopektin yang dapat di konversi menjadi etanol. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah penelitian deskriptif dengan biochemical conversion. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui potensi listrik yang dihasilkan bioetanol dari limbah singkong sehingga diharapkan dapat mengurangi penggunaan bahan bakar fosil. Untuk mengetahui kadar etanol yang dihasilkan dapat dilakukan dengan mensimulasikan di software SuperPro. Tahapan yang dilakukan dalam menghasilkan bioetanol yaitu pre- treatment, hidrolisis, fermentasi, dan pemurnian, dari jumlah produksi singkong sebanyak 203.417 ton/tahun akan menggunakan singkong sebanyak 25.683 kg/jam dengan bioetanol sebanyak 1093,4 L/hari. Potensi daya 100% tanpa campuran bensin adalah 266,75 kW sedangkan 10% etanol dengan campuran 90% bensin adalah 402,79 kW.

Kata Kunci: Bioetanol, Generator Set, Limbah Singkong, Potensi Daya, SuperPro

Abstract

Cassava production in Riau Province has bioethanol potential which is quite capable as a substitute for fossil fuels. Bioethanol is an alternative and environmentally friendly energy that can be used as a fuel mixture for generator sets. One of the highest sources of raw material for bioethanol production is the cassava plant. Waste originating from cassava dregs and peels is still not fully utilized, even though this waste contains carbohydrates which can be converted into ethanol. Based on the content derived from cassava itself, it has a starch content of 35% which contains amylose and amylopectin which can be converted into ethanol. The method used in this research is descriptive research with biochemical conversion. This study aims to determine the electrical potential generated by bioethanol from cassava waste so that it is expected to reduce the use of fossil fuels. To determine the level of ethanol produced, it can be done by simulating it in the SuperPro software. The steps taken to produce bioethanol are pre-treatment, hydrolysis, fermentation, and purification, from the total production of cassava as much as 203,417 tons / year, 25,683 kg / hour of cassava will be used with 1093.4 L / day of bioethanol. The 100% power potential without a gasoline mixture is 266.75 kW, while 10% ethanol with a mixture of 90% gasoline is 402.79 kW.

Keyword: Bioethanol, Generator Set, Cassava Waste, Power Potency, SuperPro

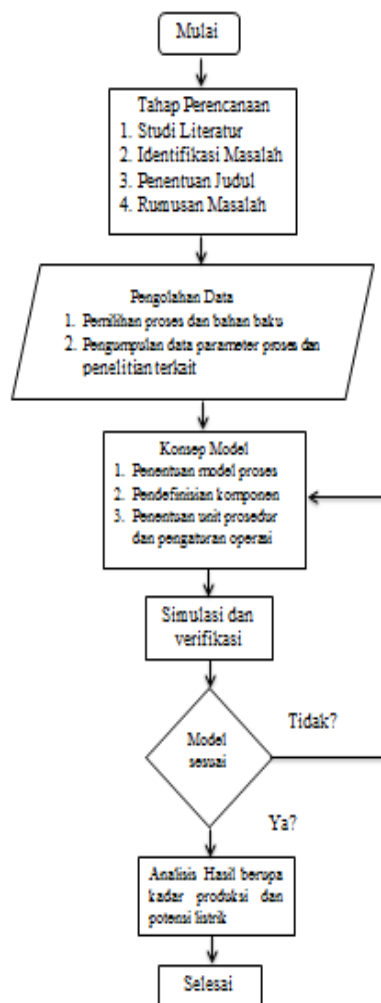
1. Pengantar

Pemakaian energi terbarukan di Indonesia masih jarang di implementasikan. Sementara itu, jumlah pemasangan minyak bumi di Indonesia pada saat ini lebih kecil dari pengeluaran. Sekitar 3,4% per bulannya produksi minyak menurun pada tahun 2018[1]. Peralihan dari energi fosil ke energi terbarukan sangat membantu mempertahankan konsumsi energi. Bioetanol merupakan bahan bakar dari sumber daya hayati yang dapat dijadikan sebagai sumber energi alternatif terbarukan. Sebagian besar bahan baku yang digunakan

bersumber dari bahan pangan hal ini akan berdampak buruk pada penyediaan bahan pangan. Untuk meminimalisir hal tersebut diperlukan bioetanol yang bersumber dari limbah agroindustri yang mengandung banyak lignoselulosa. Salah satu bahan baku yang digunakan untuk memproduksi bioetanol adalah limbah singkong. Di Indonesia tanaman singkong cocok untuk dibudidayakan karena sesuai dengan iklim di Indonesia. Provinsi Riau menjadi salah satu sentra produksi singkong terbesar di Indonesia sekitar 13% setiap tahunnya. Berdasarkan Badan Pusat Statistik Provinsi Riau produksi singkong mencapai 133.738 ton.

Pada tahun 2018 sehingga diperkirakan pada tahun 2020 mencapai 203.417 ton[2]. Setiap pengolahan 1 ton singkong akan menghasilkan 300 kg secara keseluruhannya. Dengan kandungan kulit luar sebanyak 0,5-20% dan bagian dalam sebanyak 8-15%. Menurut prabawati singkong memiliki kandungan air 60%, serat kasar 2,5%, pati 35% sehingga dengan kandungan gula yang cukup tinggi limbah singkong dapat digunakan sebagai sumber bahan baku bioetanol[3]. Bioetanol dapat digunakan untuk bahan bakar generator set yang dapat dikonversi menjadi listrik. Simulasi kali ini menggunakan kapasitas produksi singkong sebanyak 203.417 ton/tahun yang akan menggunakan singkong sebanyak 25.683 kg/jam. Untuk mempermudah perencanaan dalam pembuatan bioetanol dengan memanfaatkan komponen-komponen yang terdapat di aplikasi tersebut. Proses disimulasi dilakukan dengan menggunakan pendekatan melalui persamaan-persamaan. Selain itu untuk mengurangi biaya produksi, produsen etanol dapat diperkirakan terlebih dahulu hasil dari etanol yang akan dihasilkan dengan melakukan pemodelan dan juga mensimulasikan di aplikasi *SuperPro* sehingga tidak mengalami kerugian akibat kesalahan produksi

2. Metode Penelitian



Gambar 1. Langkah Penelitian

2.1. Prosedur Penelitian

Penelitian dilakukan berdasarkan prosedur kerja yang telah dimodifikasi dari tahap-tahap produksi bioetanol dari singkong yang sering dilakukan. Penelitian ini dilakukan menggunakan *Software SuperPro*. Adapun tahapan penelitiannya sebagai berikut:

2.1.1. Tahap Pendahuluan

Pada tahapan awal dalam penelitian ini memilih bahan baku yang akan digunakan untuk menghasilkan etanol yang diinginkan. Berdasarkan pemilihan bahan baku yang paling tepat di kawasan Provinsi Riau adalah singkong. Maka pada penelitian ini digunakan limbah singkong sebagai bahan baku untuk menghasilkan etanol yang akan digunakan sebagai bahan bakar generator set. Adapun pada tahapan awal jumlah singkong yang digunakan sebanyak 25.683 kg yang berasal dari jumlah produksi singkong pada tahun 2020 di Provinsi Riau. Kandungan limbah singkong yang digunakan pada penelitian ini sekitar 8%. Jumlah ampas singkong yang digunakan sebanyak 2054,6 kg dan sebagai input awal dari simulasi. Pada tahap pendahuluan limbah singkong dihaluskan untuk memudahkan proses ke tahap selanjutnya.

2.1.2. Tahap Hidrolisis

Komponen yang telah dihaluskan di dalam penggilingan mengandung pati yang terdiri dari amylosa dan amylopektin. Pada tahap hidrolisis terjadi reaksi kimia antara air dengan suatu zat lain yang menghasilkan satu zat baru atau lebih dan juga dekomposisi suatu larutan dengan menggunakan air. Pada tahap hidrolisis ini menggunakan katalisator enzim untuk mendapatkan senyawa yang lebih sederhana yaitu glukosa yang berguna sebagai proses sakarifikasi awal. Pada tahap ini terjadi reaksi kimia yang berlangsung di dalam *Vessel procedure*. Adapun reaksi kimia pada tahap hidrolisis sebagai berikut:

Tabel 1. Reaksi Amylosa dan Air

<i>Component Reactants</i>	<i>Mass Coef.</i>	<i>Component Productis</i>	<i>Mass Coef.</i>
Amylosa	324,2810	Maltosa	342,2960
Water	18,0150		

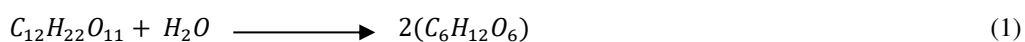
Tabel 2. Reaksi Amylopektin dan Air

<i>Component Reactants</i>	<i>Mass Coef.</i>	<i>Component Productis</i>	<i>Mass Coef.</i>
Amylopektin	469,2020	Dextrin	487,3030
Water	18,1010		

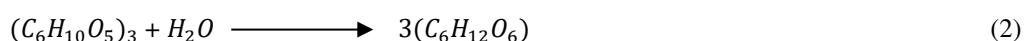
Pada proses ini masih menghasilkan amylosa dan amylopektin dengan kadar yang mulai berkurang dikarenakan terjadinya *losses* pada beberapa *unit procedure* sebelumnya. Pada proses ini terjadi hidrolisis yang tidak sempurna.

2.1.3. Tahap Sakarifikasi Awal

Pada tahap ini, proses kimia yang akan terjadi yaitu reaksi antara maltosa dan dextrin dengan air. Pada tahapan ini maltosa akan terhidrolisis sebanyak 92% dan dekstrin akan terhidrolisis hingga 98%. Pada tahap sakarifikasi awal terdapat perbedaan jumlah bahan masuk dan bahan keluar dikarenakan terjadi reaksi pada reaktor hidrolisis dan sakarifikasi awal. komponen yang mengalir dari *Vessel Reactor* hidrolisis akan dialirkan pada *batch reactor* sakarifikasi dengan penambahan glucoamylase. Adapun reaksi kimia pada tahap sakarifikasi awal sebagai berikut:



Maltosa Glukosa



Dextrin Glukosa

Penambahan glucoamylase bertujuan untuk memperlaju reaksi kimia pada tahap sakarifikasi awal. Dengan *unit procedure* yang sama dengan tahap hidrolisis *output* yang dihasilkan dari tahap sakarifikasi awal ini berupa glukosa sebanyak 33% dari total komponen yang dihasilkan. Sehingga pada tahapan ini dekstrin

dan amylosa belum terhidrolisis secara sempurna dan masih menyisakan amylosa sebanyak 8,8 % dan dekstrin sebanyak 13%.

2.1.4. Tahap Fermentasi

Setelah mendapatkan keluaran glukosa dari tahap hidrolisis sebelumnya, komponen akan dialirkan menuju tangki pembasaan yang mana pada tangki ini dilakukan penambahan *yeast* yang dikenal dengan ragi (*Saccaromyces ceverisiae*) yang digunakan sebanyak 0,9 % dari berat komponen yang masuk. Proses ini akan dijadwalkan selama 1 jam proses simulasi. Pada proses fermentasi aerob ini menghasilkan energi dalam bentuk adenosin trifosfat (ATP). Proses ini membutuhkan udara dikarenakan proses aerob agar bakteri tetap hidup. Masa koefisien pada reaksi kimia harus disetarakan pada proses ini agar simulasi dapat berjalan dengan baik. Selama fermentasi *yeast* menjadi menjadi piruvat melalui jalur glikolisis. Piruvat mengalami proses dekarboksilasi menjadi asetaldehida, yang direduksi menjadi etanol. Pada tangki pembasaan di *seed fermentation* terjadi reaksi kimia antara glukosa dan *yeast* yang mana akan menghasilkan molekul etanol dan untuk diinputkan pada tangki *fermentation*[4]. Pada tangki fermentasi ini akan terjadi reaksi kimia didalam reaktor fermentasi yang menghasilkan *ethyl* alkohol atau etanol. Adapun reaksi kimia yang terjadi pada tahap fermentasi sebagai berikut:

Tabel 3 . Reaksi Antara Glukosa dan Yeast Pada Seed Fermentation

<i>Component Reactants</i>	<i>Mass Coef.</i>	<i>Component Productis</i>	<i>Mass Coef.</i>
Glukosa	100,0000	<i>Carb. Dioxide</i>	150,0000
<i>Oxygen</i>	150,0000	<i>Water</i>	60,0000
		<i>Yeast</i>	40,0000

2.1.5. Tahap Pemisahan

Adapun yang terjadi pada tahap pemurnian dari simulasi ini adalah pemisahan serat, *decanter* dan distilasi. Proses pemisahan serat-serat halus yang terkandung pada etanol, pemisahan ini berupa pemisahan liquid terikut solid sebesar 88% pada air, liquid terikut solid sebesar 80% pada maltosa dan liquid terikut solid sebesar 80% pada glukosa. Destilasi ini dapat memisahkan hingga etanol menjadi 96%[5]. Destilasi dilakukan dengan menyaring hasil dari proses fermentasi dan dimasukkan kedalam labu distilasi guna pemisahan etanol dengan air. Proses distilasi dilakukan dengan 3 tahapan yaitu evaporasi yaitu perubahan dari cair ke uap, pemisahan antara uap dan cairan guna memisahkan komponen yang mempunyai titik didih yang lebih rendah yang lebih volatil dari komponen yang kurang volatil, kondensasi dari uap untuk menghasilkan pelarut yang lebih volatil[6]. Proses distilasi terjadi di *unit procedure Distillation*. Pemisahan serat pada tahap pemurnian ini menghasilkan kadar etanol sebanyak 96% untuk pemurnian ini menggunakan penambahan Zeolit Sintetis. Hasil distilasi berupa etanol berkadar 99,9% sehingga dapat dikategorikan sebagai *Full Grade ethanol* (FGE).

2.1.6. Tahap Analisa

Tahap analisa merupakan tahapan akhir dari penelitian ini. Dengan menganalisa potensi listrik yang dihasilkan dari keluaran simulasi. Agar bioetanol dapat dimanfaatkan dan performa generator set E10 tidak mengalami kendala sebaiknya kadar etanol yang dihasilkan >99,5%[7]. Adapun hasil akhir dari tahapan simulasi berupa *volumetric flow* yang dihasilkan dari tahapan distilasi dengan kadar etanol dalam liter/hari yang akan di konversikan dengan rumus potensi energi listrik dan potensi daya (E100) maupun (E10) yang output akhir diinginkan berupa potensi energi listrik dalam satuan kWh/hari dan potensi daya dalam satuan kW. Untuk dapat menentukan potensi listrik dari bioetanol maka kita terlebih dahulu harus mengetahui kandungan energinya[8]. Adapun perbandingan kandungan bahan bakar dapat dilihat pada tabel 5.

Tabel 4. Perbandingan Kandungan Bahan Bakar

<i>Fuel</i>	<i>Lower Heatir.g Value(LHV)</i>
<i>Gasoline</i> (E0)	115.400 BTU/gal
<i>Gasoline</i> (E10)	114.300 BTU/gal
Diesel	128.700 BTU/gal
Biodiesel(B100)	117.100 BTU/gal
Etanol(E100)	75.700 BTU/gal

3. Hasil dan Pembahasan

Setiap kilogram singkong dapat menghasilkan 15-20% kulit singkong. Bagi mikroorganisme pati sangat dibutuhkan sebagai sumber energi sementara itu kandungan pati yang terdapat di dalam singkong cukup tinggi[9]. Pada penelitian ini singkong yang digunakan berasal dari Provinsi Riau sebanyak 25.683 kg yang mana produksi singkong di hitung menggunakan persamaan linear dengan memperkirakan produksi singkong pada tahun 2020. Sehingga, limbah singkong yang digunakan sebanyak 2054,6 kg. Limbah singkong pada tahap pendahuluan dimasukkan ke dalam tangki dan dilakukan penambahan air sebanyak 16% agar mempermudah penggilingan pada tahapan selanjutnya dan bertujuan agar proses hidrolisis dapat terjadi secara cepat. Pada campuran awal lama operasi yang akan dilakukan yaitu 0.5 jam di dalam tangki. Limbah singkong kemudian diangkat menggunakan *belt conveying* menuju *grinding* untuk dihaluskan.

Tahapan pemindahan dari tangki pencampuran ke proses *grinding* selama 0.5 jam, sedangkan untuk proses penggilingan akan dilakukan selama 1 jam. Pada tahap penggilingan di *belt conveying* komponen-komponen yang terlibat di dalamnya adalah kandungan dari ampas singkong seperti Amylase, amylopektin, lemak, air serta senyawa lainnya. Amylase pada pati dan amylopektin yang terkandung dalam limbah singkong akan di ubah menjadi senyawa yang lebih sederhana yaitu glukosa dengan menggunakan katalisator pada tahap hidrolisis. Glukosa ini sangat berguna untuk proses selanjutnya. Pada tahap ini komponen yang dialirkan dari *grinding* akan diinputkan pada *reactor liqifikasi*. Komponen yang berada pada *grinding* akan dialirkan menuju *mixing a-amylase*. Setelah dilakukan penambahan enzim komponen kemudian akan mengalir ke *reactor liqifikasi* yang mana, pada proses ini masih menghasilkan amylosa dan amylopektin dengan kadar yang mulai mengalami *losses*.

Untuk mendapatkan kandungan glukosa pada pati. Pada tahap sakarifikasi awal akan terjadi reaksi antara maltose dan dextrin untuk mendapatkan glukosa sebanyak 33%. Sementara itu, amylosa yang terdapat pada proses sakarifikasi awal sebanyak 8,8% dan dextrin 13%. Suhu pada proses hidrolisis ini sekitar 35,3°C dan tekanan 7,2 bar. Setelah mendapatkan keluaran glukosa pada tahap hidrolisis komponen akan dialirkan menuju tangki pembasaan yang mana yang mana pada tangki ini dilakukan penambahan *yeast* yang dikenal dengan ragi (*Saccharomyces cerevisiae*) yang digunakan sebanyak 0,9 % dari berat komponen yang masuk. Proses ini akan dijadwalkan selama 1 jam proses simulasi. Pada proses fermentasi aerob ini menghasilkan energi dalam bentuk adenosin trifosfat (ATP). Metabolisme anaerob menghasilkan 2 ATP per molekul glukosa, dibandingkan dengan 36-38 ATP selama oksidasi aerob. Proses ini membutuhkan udara dikarenakan proses aerob agar bakteri tetap hidup. Masa koefisien pada reaksi kimia harus disetarakan pada proses ini agar simulasi dapat berjalan dengan baik. Pada proses ini menampahkan ragi sebanyak 0,14 g/ liter[4]. Pada tangki *seed fermentation* komponen keluaran akan dialirkan menuju tangki *fermentation*. Pada tangki fermentasi ini akan terjadi reaksi kimia didalam reaktor fermentasi yang menghasilkan *ethyl alkohol* atau etanol. Pada proses ini akan dihasilkan etanol sebanyak 1417,87 kg/hari dengan kadar 45%.

proses selanjutnya akan dilakukan pemisahan antara etanol dan komponen lainnya, agar etanol yang dihasilkan merupakan etanol murni yang mencapai > 96%. Dari hasil simulasi yang telah dilakukan dapat dilihat hasil keluaran dari tahap distilasi etanol yang dihasilkan sekitar 99,9% dan air sekitar 0,1% sehingga pada tahapan ini bioetanol sudah dapat digunakan untuk bahan bakar. Berdasarkan hasil akhir yang didapatkan dari simulasi dengan kadar etanol 99,9% dan air sekitar 0,1% dipengaruhi oleh beberapa faktor sehingga diperoleh jumlah etanol sebanyak 1131,74 kg per hari atau setara dengan 1093,4 L/hari. Hal ini dipengaruhi oleh penambahan A-amylase pada tahap *liqifikasi* dan *glukoamylase* pada tahap sakarifikasi awal sehingga dapat mempercepat laju reaksi yang mana pada tahapan ini menghasilkan kadar glukosa sebanyak 33,3% yang akan menghasilkan etanol >95%. Adapun komponen lain yang terlibat pada proses produksi etanol yaitu penambahan NPK sebanyak 283,6 kg per jam pada proses pemurnian. Pemisahan serat pada tahap pemurnian ini menghasilkan kadar etanol sebanyak 96%.

Setelah menyelesaikan simulasi bioetanol, dapat dilakukan analisa potensi listrik yang dihasilkan dari limbah industri singkong yang mana diperoleh jumlah etanol sebanyak 1131,74 kg per hari atau 1093,4 L/hari dengan ampas singkong yang digunakan sebanyak 2054,6 kg. Kadar etanol yang dihasilkan yaitu 99,9% yang mana >99,5% sehingga etanol sudah dapat digunakan sebagai bahan bakar. Kandungan energi yang terdapat pada etanol (E100) adalah 75.700 BTU/gal dan 1 BTU mengandung 0,000293071 kWh dan 1 liter setara dengan 0,264 galon dan dikalikan dengan nilai dari hasil *volumetric flow* sehingga dari 2054,6 kg ampas singkong menghasilkan potensi energi listrik hingga 6.402,7 kWh/hari dan dengan potensi daya hingga 266,75 kW. Akan tetapi, hal ini masih menggunakan etanol murni 100%. Untuk dapat digunakan sebagai bahan bakar sebaiknya melakukan pencampuran dengan gasolin. Agar dapat digunakan bioetanol tanpa adanya modifikasi mesin harusnya ada penambahan 5-10% bioetanol dengan gasolin. Sebagai salah satu contoh kita akan melakukan penambahan 10% bioetanol dan 90% gasolin untuk bahan bakar generator set. Berdasarkan hasil yang didapat dari penggunaan E10 dengan menggunakan LHV 75.700 BTU/gal maka didapatlah hasil dari potensi listrik sebesar 9.667,5 kWh. Dari percobaan yang telah dilakukan, penulis membandingkan dengan beberapa penelitian terkait produksi etanol dengan memanfaatkan limbah singkong

dari penelitian [10] yang mana menghasilkan etanol sebanyak 215 ml dengan jumlah bahan baku seberat 5 kg dan melakukan proses 3 kali distilasi sehingga menghasilkan kadar etanol sebanyak 53%. Selain itu, berdasarkan penelitian [11] dengan bahan baku ampas tahu dalam jumlah penggunaan ampas tahu sebanyak 2329,2 kg menghasilkan etanol sebanyak 135,1 liter/hari dan potensi listrik (E100) sebesar 791,7 kWh/hari sedangkan berdasarkan hasil yang diperoleh dari penulis dengan bahan baku limbah singkong sebanyak 2054,6 kg dapat menghasilkan etanol sebanyak 1093,4 liter/hari dan potensi listrik (E100) sebesar 6.402,7 kWh. Adapun perbedaan yang mempengaruhi dari kedua percobaan adalah kadar amylopektin dan amylase pada singkong lebih tinggi dibandingkan dengan ampas tahu.

4. Kesimpulan

Limbah singkong dapat dimanfaatkan menjadi bioetanol dengan menggunakan singkong sebanyak 203.417 ton/tahun dan ampas yang digunakan sebanyak 2568,3 kg sehingga dapat menghasilkan etanol sebanyak 1131,75 kg dengan kemurnian mencapai 99,9%. Potensi energi listrik yang dihasilkan untuk 100% etanol adalah 6.402,7 kWh/hari dan dengan penambahan 10% etanol dan 90% bensin potensi energi listrik yang dihasilkan 9.667,5 kWh/hari. Sedangkan potensi daya yang dihasilkan masing-masing adalah 266,75 kW dan 402,79 kW.

Daftar Pustaka

- [1] BPPT, "Indonesia Darurat Energi," 2018. <https://www.bppt.go.id/teknologi-informasi-energi-dan-material/3296-bppt-indonesia-darurat-energi> (accessed Jan. 11, 2021).
- [2] Dinas Ketahanan Pangan Riau, *Buku Statistik Pangan Tahun 2019*. DISKEPANG.RIAU.GO.ID, 2019.
- [3] Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, "Agro inovasI 2 Agroinovasi," *Agroinovasi*, vol. edisi 4-10, no. 29, 2011, [Online]. Available: www.litbang.deptan.go.id.
- [4] R. Prihandana *et al.*, *Bioetanol Ubi Kayu; Bahan Bakar Masa Depan*. Jakarta: AgroMedia Pustaka, 2007.
- [5] S. Fano, "Pra Rencana Pabrik Etanol dari Ubi Kayu dengan Proses Fermentasi Kapasitas 20000 Ton/Tahun," Universitas Tribhuwana Tunggaladewi, 2008.
- [6] S. Susilo, "Rancangan dan Uji Kinerja Alat Distilasi Etanol Dengan Metode Rektifikasi," Institut Pertanian Bogor, 2009.
- [7] Oktovero, "Pemodelan Proses dan Analisis Ekonomi Produksi Bioetanol Dengan Memanfaatkan Sampah Makanan di Kota Pekanbaru Sebagai Bahan Bakar Generator Set," UIN Sultan Syarif Kasim Riau, 2017.
- [8] D. of E. U.S., "Clean Cities Alternative Fuel Price Report," 2016. http://www.afdc.energy.gov/uploads/publication/alternative_fuel_price_report_july_2016 (accessed Jan. 24, 2021).
- [9] I. Said and P. H. Abram, "Erna, Said, I., & Abram, P. H. 2016," vol. 5, no. August, pp. 121–126, 2016.
- [10] D. S. Laboratorium, U. S. Ratulangi, and U. S. Ratulangi, *PRODUKSI BIOETANOL DARI SINGKONG (Manihot utilissima) DENGAN SKALA LABORATORIUM*, vol. 2, no. 1. 2013.
- [11] Y. M. D. PUTRA, "PEMODELAN PROSES DAN ANALISA TEKNIS PRODUKSI BIOETANOL DENGAN MEMANFAATKAN LIMBAH TAHU," Riau, 2018.