

Pembuatan Bioetanol dari Umbi Singkong Karet (*Manihot Glaziovii*) yang Dihidrolisis Asam dan Enzim

Sofiah^{1a}), Yuniar¹⁾, Depta Adelia Rani¹⁾

¹Department of Chemical Engineering, Sriwijaya State Polytechnic

^aCorresponding/Main Contributor: : sofiahzainal_sofie@yahoo.com

ABSTRAK

Bioetanol merupakan salah satu bahan bakar alternatif terbaru yang dapat menggantikan bahan bakar fosil. Tujuan penelitian ini adalah untuk membandingkan bioetanol yang dihasilkan dari tepung (ampas singkong karet, singkong karet parut, dan pati singkong karet) dengan metode hidrolisis asam klorida dan Hidrolisis Enzim α –amilase, Enzim glukamilase, terhadap bioethanol yang dihasilkan dengan berat tepung sebanyak 300 gram. Hasil penelitian menunjukkan bahwa Bioetanol dari tepung singkong karet parut yang dihidrolisis dengan enzim menghasilkan volume sebanyak 2,7 ml memiliki kadar etanol tertinggi, yaitu 84,25% dan indeks biasnya adalah 1,361 mendekati indeks bias etanol murni yaitu 1,3633, sedangkan singkong karet parut yang dihidrolisis asam menghasilkan bioetanol dengan volume sebanyak 1,6 ml dan indeks bias 1,332 dan kadar alkohol yaitu 24,25%. Hasil penelitian yang menunjukkan bahwa kadar gula tertinggi diperoleh dari singkong karet parut, yaitu 17,748 ppm dari hasil hidrolisis enzim dan 18,744 ppm dari hasil hidrolisis asam. Bioetanol dari singkong karet parut yang dihidrolisis dengan enzim menghasilkan volume sebanyak 2,7 ml memiliki kadar etanol tertinggi, yaitu 84,25% dari hasil perhitungan data indeks bias dan 38,571% dari hasil analisis *gas chromatography*, sedangkan singkong karet parut yang dihidrolisis asam menghasilkan bioetanol dengan volume sebanyak 1,6 ml memiliki kadar yang lebih rendah, yaitu 24,25% dari hasil perhitungan data indeks bias dan 15,640% dari hasil analisa menggunakan *gas chromatography*.

Kata Kunci : Bioetanol, Singkong Karet, Hidrolisis Asam, Hidrolisis Enzim.

Abstract

Bioethanol is one of the most needed alternative fuels on this day, as the amount of fossil fuels is depleting but their needs are increasing. The purpose of this research was to compare the bioethanol from hydrolyzed acids and enzymes rubber cassava tubers, grated rubber cassava, and rubber cassava starch with the glucose produced. The methods that use are grated tubers, grated and starch from starch separation. The results from this research got the highest sugar content was obtained from grated rubber cassava 17,748 ppm from enzyme hydrolysis result and 18,744 ppm from acid hydrolysis result. Bioethanol with the highest levels obtained from grated rubber cassava hydrolyzed enzyme, with a volume of 2,7 ml, refractive index of 1,362, and density of 0,8131 g/cm³ of 84,25% from the calculation of refractive index data and 38,571% from the result of analysis using gas chromatography, while acid-hydrolyzed grated rubber cassava produces bioethanol with a volume of 1,6 ml, refractive index of 1,338, and density of 0,9198 g /cm³ and has a lower content of 24,25% from the calculation of refractive index data and 15,640% from the result of analysis using gas chromatography.

PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara yang kaya akan sumber daya alam, baik yang dapat diperbarui ataupun tidak dapat diperbarui. Menipisnya sumber bahan bakar fosil di Indonesia dan meningkatnya akan kebutuhan bahan bakar, mendorong upaya untuk mencari energi alternatif dalam menunjang kebutuhan energi. Solusi lain untuk memenuhi

sumber energi alternatif adalah pemanfaatan bahan-bahan yang mengandung gula dan pati-patian yang dapat diolah menjadi bahan bakar. Pemerintah telah menegaskan seperti yang tercantum dalam jurnal kajian Lembaga Ketahanan Nasional (LEMHANNAS) RI tahun 2012 [1], bahwa kebijakan yang dicanangkan pemerintah untuk konservasi dan diversifikasi energi adalah suatu kebijakan yang tepat. Pengembangan Energi Baru Terbarukan (EBT) sebagai komplementer energi berbasis fosil mutlak dilakukan karena sumber energi bukan hanya batu bara dan BBM saja, melainkan juga panas bumi, Bahan Bakar Nabati (BBN), dan bahkan dengan bahan sampah sekalipun.

Salah satu energi alternatif yang dapat menggantikan bahan bakar fosil tersebut adalah bioetanol. Bioetanol merupakan cairan hasil proses fermentasi gula dari karbohidrat yang mempunyai prospek yang baik sebagai bahan bakar cair dengan bahan baku yang dapat diperbarui, ramah lingkungan, dan sangat menguntungkan ekonomi. Bioetanol dapat digunakan sebagai campuran bensin untuk bahan bakar kendaraan dan dapat digunakan sebagai bahan bakar dalam memasak pada rumah tangga.[2]

Di Indonesia sendiri, produksi dan penggunaan bioetanol masih sangat terbatas. Pemerintah Indonesia, dalam hal ini Kementerian Negara Riset dan Teknologi telah menargetkan pembuatan minimal satu gasohol (campuran gasoline dan alkohol) pada tahun 2005-2006. Selain itu, ditargetkan juga bahwa penggunaan bioenergi tersebut akan mencapai 30% pasokan energi nasional pada tahun 2025. Dilihat dari sumber daya alam yang dimiliki, Indonesia berpeluang besar menjadi negara produsen etanol terbesar di dunia. Indonesia kaya akan berbagai jenis tanaman umbi-umbian. [3]

Pembuatan bioetanol secara umum dapat dilakukan dengan menghidrolisis pati dengan bantuan katalis asam atau enzim, sehingga menghasilkan glukosa yang nantinya akan difermentasi untuk menghasilkan bioetanol yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku pengganti bahan bakar minyak (BBM). Proses hidrolisis yang umumnya digunakan pada industri etanol adalah menggunakan hidrolisis asam (*acid hydrolysis*) dengan menggunakan asam sulfat (H_2SO_4) atau dengan asam klorida (HCl). Proses hidrolisis juga dapat dilakukan menggunakan enzim (*enzymatic hydrolysis*), yaitu hidrolisis dengan menggunakan enzim jenis selulosa atau jenis yang lain.[4]

Singkong karet (*Manihot glaziovii*) merupakan tanaman pangan berupa perdu dengan nama lain ketela karet atau ubi karet. Singkong karet (*Manihot glaziovii*) berasal dari Amerika Latin, tepatnya dari Brazil. Singkong karet sebagai bahan baku sumber energi alternatif yang memiliki kadar karbohidrat sekitar 98,4674%. Tanaman singkong karet dapat tumbuh di lahan yang kurang subur dan masa panennya tidak tergantung pada musim[5]. Komposisi kandungan singkong karet pada tabel 1.



Sumber : [6]

Gambar 1. Singkong Karet

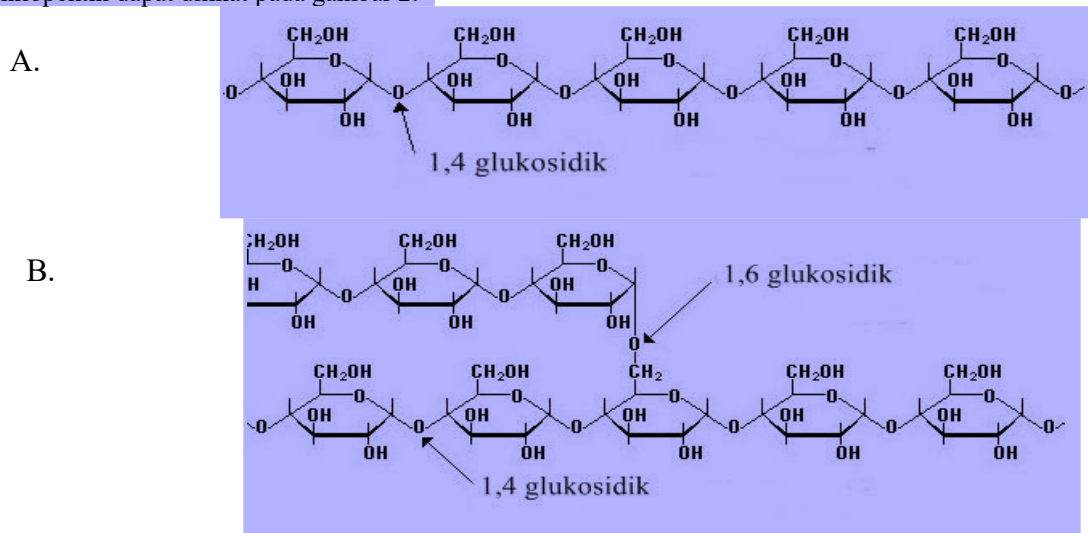
Tabel 1. Kandungan Pati Singkong Karet

No.	Analisa	Kadar (%)
1	Kadar Abu	0,4734
2	Kadar Lemak Kasar	0,5842
3	Kadar Serat Kasar	0,0067
4	Kadar Protein Kasar	0,4750
5	Kadar Karbohidrat	98,4674

Sumber: [2]

Pati

Pati atau amilum adalah karbohidrat berbentuk polimer glukosa yang terdiri atas amilosa dan amilopektin. Amilosa memberikan sifat keras, sedangkan amilopektin menyebabkan sifat lengket. Struktur amilosa dan amilopektin dapat dilihat pada gambar 2.



Sumber : [7]

Gambar 2. Struktur Amilosa (A), Amilopektin (B)

Amilosa merupakan rantai lurus yang terdiri atas molekul-molekul glukosa yang berikatan dengan α -1,4-D-glukosidik. Jumlah molekul glukosa pada rantai amilosa berkisar antara 250-350 unit. Panjang rantai polimer akan mempengaruhi berat molekul amilosa dan panjang rantai polimer ini sangat dipengaruhi oleh sumber pati. Derajat polimerisasi amilosa berkisar antara 500-6000 unit glukosa tergantung sumber pati.

Struktur kimia amilopektin pada dasarnya sama seperti amilosa terdiri atas rantai pendek α - (1,4)-D-glukosidik. Perbedaannya adalah amilopektin memiliki tingkat percabangan yang tinggi dan memiliki bobot molekul yang lebih besar dengan adanya ikatan α -1,6-D-glukosidik dimana setiap cabang mengandung 20-25 unit glukosa. Derajat polimerisasi amilopektin juga lebih tinggi dibandingkan amilosa, yaitu antara 105 sampai 3×10^6 unit glukosa [8]

Onggok / Limbah Padat/Ampas dari pemisahan pati

Onggok adalah ampas yang kering, padat dan keras, biasanya berukuran satu kepala atau pecahan lebih kecil tergantung dari hasil pemerasan. Onggok mengandung sejumlah besar karbohidrat, protein, lemak, garam-garam mineral dan sisa-sisa bahan kimia yang digunakan dalam pengolahan dan pembersihan [9] Gambar onggok dapat dilihat pada Gambar 3.



Sumber : google, 2018 [10]

Gambar 3. Limbah Padat Umbi (Onggok)

Badan Penelitian dan Pengkajian Teknologi Indonesia (BPPT) menyatakan, bahwa kandungan pati pada ampas tapioka sebesar 67,8%, analisis kandungan ongkok kering, yaitu karbohidrat sebesar 68%, protein sebesar 1,57%, lemak sebesar 0,26%, serat kasar sebesar 10% dan kadar air 20% [7]

Bioetanol

Bioetanol merupakan etanol yang bahan utamanya diperoleh dari tumbuhan dan umumnya menggunakan proses fermentasi. Etanol atau etil alkohol (C_2H_5OH) adalah suatu cairan bening tak berwarna, terurai secara biologis (biodegradable), memiliki toksisitas rendah dan tidak menimbulkan polusi udara yang besar bila bocor. Bioetanol termasuk bahan bakar ramah lingkungan karena gas CO_2 yang dihasilkan dari pembakarannya jauh lebih kecil dibandingkan CO_2 yang dihasilkan dari pembakaran bahan bakar fosil [11].

Pada umumnya industri pembuatan etanol saat ini masih menggunakan metode yang sama dimana gula sederhana adalah sebagai bahan bakunya menggunakan enzim zimase sebagai pengubahnya yang diperoleh dari ragi dengan hasil akhir etanol dan karbon dioksida. Etanol itu sendiri merupakan kelompok senyawa alkohol yang mengandung gugus hidroksil $-OH$ [3] Mutu bioetanol sebagai bahan bakar cukup ketat yang mensyaratkan kadar etanol lebih dari 99% serta beberapa parameter lainnya. Hal ini berhubungan manfaatnya sebagai pengganti bahan bakar. Spesifikasi standar bioetanol terdenaturasi untuk gasohol sesuai dengan SNI nomor 7390-2012 disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Spesifikasi Standar Bioetanol Terdenaturasi Untuk Gasohol

No.	Sifat	Unit	Spesifikasi
1	Kadar etanol	%-v, min	99.5 (sebelum denaturasi) 94.0 (setelah denaturasi)
2	Kadar metanol	%-v, maks	0,5
3	Kadar air	%-v, maks	0,7
4	Kadar denaturan hidrokarbon atau denatonium benzoat	%-v	2 – 5
5	Kadar tembaga (cu)	mg/l	4 – 10
6	Keadasamaan sebagai CH_3COOH	mg/kg, maks	0,1
7	Tampakan	mg/l, maks	30
8	Kadar ion klorida (Cl)		Jernih dan terang, tidak ada endapan dan kotoran
9	Kandungan belerang (S)	mg/l, maks	20
10	Kadar getah (gum), dicuci	mg/100 ml, maks	50

Sumber : [12]

METODE PENELITIAN

Bahan

Penelitian ini dilakukan dengan metode Hidrolisis asam klorida dan Hidrolisis enzim dari tepung singkong karet parut, tepung pati singkong karet dan tepung ampas singkong karet. Adapun bahan singkong karet yang telah diberikan perlakuan menjadi tepung (umbi yang diparut, pati, ampas), asam klorida, Natrium hidrosiksa Aquades, NPK, Urea, *Saccaromyces cerevisiae*, Enzim α – amilase, Enzim glukamilase, abu sekam padi, NaCl, blender, hot plate, pipet ukur, unit destilasi, gelas ukur, Erlenmeyer, pengaduk, kertas lakmus, botol vial, pisau, bola karet, dan pisau.

Prosedur penelitian

Persiapan Bahan

Singkong karet dibersihkan kemudian dikupas kulitnya selanjutnya dicuci dengan air sampai bersih, dipotong dengan pisau, direndam dengan air garam selama 2 hari. mengganti air rendaman setiap 6 jam. *dihancurkan* sampai halus dengan alat blender kemudian sebagian disisihkan untuk dijemur dan sebagian lagi di peras untuk memisahkan pati, air perasan yang didapat diendapkan selama 1 hari untuk diambil patinya. Selama proses pengendapan, air yang telah terpisah dibuang lalu ditambahkan air yang bersih kemudian diendapsapai kadar asam sianida hilang, pati yang didapat dijemur dengan sinar matahari hingga kering. Singkong karet halus, ampas singkong karet dan patinya setelah kering lalu dihaluskan menggunakan *grinder* kemudian di ayak sehingga didapat masing-masing bahan yang sudah halus dan kering.

Hidrolisis asam

Timbang masing-masing bahan sebanyak 300 gram, masukkan bahan ke dalam gelas kimia dan tambahkan 3000 ml aquadest, HCl 0,5 N hingga pH 2, hidrolisiskan larutan pada suhu 100°C selama 1 jam, dinginkan, netralkan dengan larutan natrium hidroksida kemudian pisahkan air dengan padatan melalui proses penyaringan.

Hidrolisis enzim

1. Timbang masing-masing bahan sebanyak 300 gram, masukkan bahan ke dalam gelas kimia dan tambahkan 3000 ml aquadest, panaskan campuran pada suhu 95°C selama 40 menit sambil diaduk.
2. Tambahkan larutan HCl 0,1 N hingga pH 5, tambahkan enzim α -amilase 1,12 ml lalu panaskan dengan suhu 90°C selama 2 jam, atur pH menjadi 4 dengan penambahan natrium hidroksida, lalu tes pH kemudian tambahkan enzim glukosa-amilase sebanyak 1,12 ml.
3. Panaskan larutan pada suhu 60°C selama 2 jam, dinginkan larutan dan periksa pH larutan.
4. Pisahkan air dan padatan dari hasil hidrolisis melalui penyaringan.

Fermentasi

Tambahkan 0,75 g NPK dan 1,5 g Urea, ragi (*Saccharomyces cerevisiae*) sebanyak 5,6 gram pada larutan yang telah dingin, pindahkan larutan ke dalam wadah fermentasi kemudian tutup wadah dengan rapat, biarkan proses fermentasi selama 7 hari

Destilasi

Pipet hasil fermentasi sebanyak 100 ml masukkan ke dalam labu destilasi, atur temperatur *water batch* pada suhu 78°C, distilasi larutan selama 4 jam, dan ukur volume destilat yang didapat.

Pengujian

Pengujian ini dilaksanakan di Laboratorium Teknik Kimia Politeknik Negeri Sriwijaya dengan prosedur untuk menganalisa hasil hidrolisis asam dan hidrolisis enzim pada bioetanol berbahan dasar singkong karet untuk Analisa Konsentrasi Glukosa dengan alat Spektrofotometer UV-Vis, Indeks Bias dengan alat Refraktometri dan Analisa Kadar Etanol dengan Gas Kromatografi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Tabel 3. Data Pengamatan

Katalis Hidrolisis	Sampel	Konsentrasi Glukosa (ppm)	Volume Distilat (ml)	Indeks Bias Bioetanol	Kadar Etanol
Asam	Tepung Ampas Singkong Karet	4,1814	1,0	1,336	4,4811
	Tepung Singkong Karet Parut	18,744	1,6	1,338	15,640
	Pati Singkong Karet	2,5679	0,4	1,332	0,2469
Enzim	Tepung Ampas Singkong Karet	7,6834	2,5	1,361	17,810
	Tepung Singkong Karet Parut	17,748	2,7	1,362	38,571
	Pati Singkong Karet	5,4617	1,7	1,361	20,434

Pengaruh Jenis Katalis Hidrolisis dan Bahan Baku yang Digunakan Terhadap Konsentrasi Glukos

Dari Tabel 3 menunjukkan bahwa konsentrasi glukosa tertinggi dihasilkan oleh singkong karet parut, baik yang dihidrolisis dengan katalis asam maupun dengan katalis enzim. Kandungan karbohidrat yang tinggi dimiliki oleh singkong karet parut yaitu 98,4674%, menyebabkan produk hidrolisis berkonsentrasi glukosa tinggi. Hal ini sesuai dengan pernyataan [11] bahwa semakin banyak kadar pati maka semakin besar pula kadar glukosa yang didapat.

Jika konsentrasi gula terlalu tinggi atau jika konsentrasi media terlalu pekat maka akan mengganggu metabolisme sehingga menghambat pembelahan sel dan selanjutnya berpengaruh terhadap etanol yang dihasilkan [12].

Pengaruh Jenis Katalis Hidrolisis dari sampel yang Digunakan Terhadap Volume Destilat

Berdasarkan Tabel 3, tepung singkong parut yang di hidrolisis dengan enzim memiliki volume destilat lebih banyak dibandingkan yang dihidrolisis dengan asam. Hal ini berkaitan dengan singkong karet parut memiliki konsentrasi glukosa tertinggi. Volume destilat dari singkong karet parut yang dihidrolisis enzim sebanyak 2,7 ml pada sampel singkong karet parut dengan metode hidrolisis asam hanya mampu menghasilkan volume destilat sebanyak 1,6 ml

Pengaruh Jenis Katalis Hidrolisis dari sampel yang Digunakan Terhadap Indeks Bias Bioetanol

Berdasarkan SNI 7390:2012 Penyusunan bioetanol Terdenaturasi untuk gasohol ini dilakukan dengan memperhatikan standar sejenis yang sudah berlaku di negara- negara lain yang pemakaian bioetanolnya sudah luas dan mencapai tahap komersial. Faktor lain yang juga diperhatikan adalah keberagaman bahan baku bioetanol di tanah air [13].

Dari table 3, dapat dianalisa bahwa terdapat beberapa sampel yang nilai indeks biasanya mendekati nilai indeks bias etanol berdasarkan SNI 06-3565-1994. Beberapa sampel tersebut merupakan hasil dari hidrolisis dengan enzim, singkong karet parut, ampas singkong karet dan pati singkong karet yang mana nilai indeks biasanya sebesar 1,360 - 1,362. Sedangkan untuk sampel bioetanol yang dihasilkan dari hidrolisis dengan katalis asam memiliki nilai indeks bias yang lebih kecil yakni 1,330 – 1,338. Berdasarkan data yang telah didapatkan, sampel bioetanol yang memiliki indeks bias yang paling mendekati dengan indek bias etanol murni, yaitu bioetanol dari singkong karet parut yang dihidrolisis enzim, dengan nilai indeks biasanya sebesar 1,362. Indeks bias sampel bioetanol yang didapat melalui hidrolisis dengan asam cenderung mendekati indeks bias air. Hal ini menunjukkan bahwa bioetanol yang dihasilkan memiliki kadar etanol yang lebih rendah, karena konsentrasi glukosa yang dimiliki sampel hasil hidrolisis asam lebih kecil dari konsentrasi glukosa sampel hasil hidrolisis enzim. Hal ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh [14] yang menyatakan bahwa besarnya kadar glukosa akan mempengaruhi kadar etanol yang dihasilkan.

Pengaruh Jenis Katalis Hidrolisis dari sampel yang Digunakan Terhadap Kadar Etanol

Dari tabel 3 dapat dilihat. Kadar Ethanol Hasil Analisa Gas Chromatography Penentuan kadar etanol pada produk bioetanol yang dihasilkan pada penelitian ini dilakukan dengan dua cara yaitu melalui perhitungan dari data indeks bias dan dengan menggunakan alat *gas chromatography*. Berdasarkan pengujian kadar bioetanol yang dilakukan pada masing-masing sampel, hasil yang didapat ditampilkan pada Gambar 7. Sampel yang memiliki kadar biotanol tertinggi dimiliki oleh sampel bioetanol dari singkong karet parut yang dihidrolisis enzim. Kadar etanol yang didapat melalui perhitungan yang didasarkan pada data indeks bias produk bioetanol yang dihasilkan pada penelitian ini memiliki kadar etanol tertinggi sebesar 84,25%. Sedangkan pada penentuan kadar etanol menggunakan alat *gas chromatography* nilai yang didapat jauh lebih rendah. Kadar etanol tertinggi yang dicapai hanya sebesar 38,571%. Perbedaan hasil yang didapat pada penentuan kadar etanol setiap sampel disebabkan sebagian besar etanol yang terdapat pada sampel sudah menguap. Kerapatan wadah yang digunakan dan suhu udara selama penyimpanan menjadi faktor penyebab etanol menguap dan mengakibatkan kadar etanol berkurang.

KESIMPULAN

Hasil penelitian yang menunjukkan bahwa kadar gula tertinggi diperoleh dari singkong karet parut, yaitu 17,748 ppm dari hasil hidrolisis enzim dan 18,744 ppm dari hasil hidrolisis asam. Bioetanol dari singkong karet parut yang dihidrolisis dengan enzim menghasilkan volume sebanyak 2,7 ml memiliki kadar etanol tertinggi, yaitu 84,25% dari hasil perhitungan data indeks bias dan 38,571% dari hasil analisis *gas chromatography*, sedangkan singkong karet parut yang dihidrolisis asam menghasilkan bioetanol dengan volume sebanyak 1,6 ml memiliki kadar yang lebih rendah, yaitu 24,25% dari hasil perhitungan data indeks bias dan 15,640% dari hasil analisa menggunakan *gas chromatography*.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini tidak dapat terwujud tanpa bantuan keuangan dari Kementerian Perindustrian Republik Indonesia. Penulis juga menyampaikan terima kasih kepada Badan Riset Industri dan Standarisasi Palembang atas bantuan fasilitas dan instrumen laboratorium yang digunakan. Kepada semua anggota tim, penulis juga menyampaikan ucapan terima kasih atas kerja keras tanpa henti-henti ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Lembaga Ketahanan Nasional (LEMHANNAS). 2012. *Pengembangan Energi Baru*. PT. Balai Pustaka : Jakarta
- [2] Hapsari, M.A. dan Alice Pramashinta. 2013. *Pembuatan Bioetanol dari Singkong Karet (Manihot glaziovii) Untuk Bahan Bakar Kompor Rumah Tangga Sebagai Upaya Mempercepat Konversi Minyak Tanah ke Bahan Bakar Nabati*. Jurnal Teknologi Kimia dan Industri, Vol.2, No.2, Tahun 2013, Halaman 240-2459]
- [3] Rikana, H. Dan Risky, A. 2010. *Pembuatan Bioetanol dari Singkong Secara Fermentasi Menggunakan Ragi Tape*. UNDIP Digital Library, Indonesia, Hal 2-4.
- [4] Muin, R., Lestari, D., dan Sari, T.W. 2014. *Pengaruh Konsentrasi Asam Sulfat dan Waktu Fermentasi Terhadap Kadar Bioetanol yang Dihasilkan dari Biji Alpukat*. Jurnal Teknik Kimia, 4(20), 1-7.
- [5] Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI). 2008. *Jurnal Ekonomi dan Pembangunan*. Vol XVI.
- [6] Dokumen penelitian, 2018
- [7] Robi'a & Aji Sutrisno. 2015. *Karakteristik sirup glukosa dari tepung ubi ungu (Kajian Suhu Likuifikasi dan Konsentrasi α -Amilase)*: Kajian Pustaka. Jurnal Pangan dan Agroindustri 3(4):1531-1537.
- [8] Hustiany, R. 2006. *Modifikasi Asilasi dan Suksinilasi Pati Tapioka sebagai Bahan Enkapsulasi Komponen Flavor*. Disertasi Pasca Sarjana. Institut Pertanian Bogor .
- [9] Jenie, B.S.L. dan W.P. Rahayu. 1990. *Penanganan Limbah Industri Pangan*. Penerbit Kanisius. Yogyakarta.
- [10] Winarno, F.G, S. Fardiaz dan D. Fardiaz. 1988. *Pengantar Teknologi Pangan*. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- [11] Standar Nasional Indonesia (SNI) 7390:2012. *Bioetanol Terdenaturasi untuk Gasohol*.
- [12] Judoamidjojo. R, Mulyono. 1990. *Biokonversi*. Bogor: Dikti Pusat Antar Universitas Bioteknologi.
- [13] Cahyani, A. et al. 2015. *Pengaruh Volume Enzim Terhadap Kadar Alkohol dan Nilai Kalor Dari Bioetanol Berbahan Baku Umbi Gadung (Dioscorea hirsuta Dennst.)*. Fakultas Teknologi Pertanian - Universitas Brawijaya, Malang.
- [14] Marjoni, R.M. 2014. *Pemurnian Etanol Hasil Fermentasi Kulit Umbi Singkong (Manihot Utilissima Pohl) Dari Limbah Industri Kerupuk Sanjai Di Kota Bukit tinggi Berdasarkan Suhu Dan Waktu Destilasi*.