



PEMBUATAN BAHAN BAKAR BIOETANOL DARI LIMBAH KULIT SINGKONG MELALUI FERMENTASI RAGI

Muhammad Izzuddin Musyamas, Evi Novita Viviana, Alicia Putri Angelina
Siti Kustiwi S.Pd
SMA Negeri 1 Kalitidu
Muhammadizzuddinmusyamas@gmail.com

ABSTRAK

Permasalahan kelangkaan bahan bakar minyak (BBM) di dunia terjadi karena bahan baku yang berasal dari fosil sudah mulai habis. Bioetanol merupakan salah satu produk pengembangan energi terbarukan yang dapat dijadikan sebagai bahan bakar alternatif BBM serta berpotensi ramah lingkungan karena bahan baku yang berasal dari sumber pati (jagung, ubi, sorgum, dan lain-lain). Kulit singkong disebut sebagai sumber energi terbarukan sebab mudah dicari, harga yang murah, regenerasinya dalam jangka yang pendek. Kulit singkong merupakan limbah dari singkong yang memiliki kandungan karbohidrat tinggi sehingga kulit singkong dapat dijadikan salah satu alternatif bahan baku pembuatan bioetanol. Tujuan dari penelitian ini mengetahui pembuatan bioetanol bersumber bahan baku nabati berupa singkong. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode penelitian kuantitatif jenis percobaan atau eksperimen. Data diperoleh secara primer melalui uji bioetanol yang dihasilkan. Penelitian ini dapat menghasilkan bioetanol yang berbahan dasar kulit singkong yang memiliki karakteristik yang mudah dicari, murah, dan dapat beregenerasinya dalam waktu pendek dengan cara melakukan fermentasi dan menambahkan ragi yang memiliki bakteri *saccharomyces cerevisiae* didalamnya, bioetanol yang dihasilkan dari kulit singkong memiliki nilai kalor yang lebih rendah dibandingkan dengan bensin. Hal ini berarti bahwa untuk menghasilkan jumlah energi yang sama, lebih banyak bioetanol yang diperlukan dibandingkan dengan bensin. Bioetanol umumnya memiliki nilai kalor sekitar 21-23 MJ/L, sementara bensin memiliki nilai kalor sekitar 31-35 MJ/L. Waktu fermentasi yang paling optimum pada proses fermentasi adalah 96 jam. Kesimpulan penelitian ini adalah kulit singkong dapat menghasilkan bioetanol yang memiliki tingkat energi oktan setara dengan bahan bakar bensin yang berbahan minyak bumi.

Kata Kunci : : *Kulit Singkong, Bioetanol, Fermentasi*





PENDAHULUAN

Pemerintah telah menargetkan bauran energi nasional pada tahun 2024 sebesar 19,49% dan pemerintah optimis bahwa pada tahun 2025 mampu mencapai 23%. Percepatan swasembada gula nasional ini berguna untuk menjamin ketahanan pangan nasional, ketersediaan bahan baku dan bahan penolong industry, serta meningkatkan ketahanan energi dan pelaksanaan energi bersih (Adi A. C., 2024) .

Energi terbarukan merupakan salah satu alternatif pengolahan energi yang berasal dari proses alam yang berkelanjutan dan dapat digunakan sebagai energi alternatif. Energi terbarukan bersifat ramah lingkungan sehingga berkontribusi dalam mengurangi emisi (Sarante J., 2024). Penggunaan bahan bakar fosil selain dapat mencemari lingkungan juga memiliki kekurangan pada ketersediaannya, sehingga dapat menyebabkan krisis energi dunia. Krisis ini terjadi karena adanya ketergantungan akan energi yang berasal dari bahan bakar fosil. Menurut Haryono dkk, 2011 menyatakan upaya yang dapat dilakukan untuk mengatasi yaitu dengan upaya pemanfaatan sumber energi alternatif yang dijadikan sebagai bahan bakar (Erna, I Said., dan P. H. Abram, 2016).

Bioetanol dapat dimanfaatkan sebagai pengganti dari bahan bakar fosil tapi tergantung dengan kemurniannya. Bahan utama dari bioetanol adalah bahan yang mengandung pati (singkong, ubi jalar, sagu, jagung, ubi kayu). Kulit singkong adalah salah satu bahan yang dapat dibuat menjadi bioetanol karena memiliki jumlah pati dan karbohidrat yang cukup tinggi (Widyastuti P., 2019). Kulit singkong mengandung selulosa sebesar 80-85%, sehingga berpotensi dalam pembuatan bioetanol (Ariyanti D., A. Purbasari., H. Kusumayanti., N. A. Handayani, 2019).

Tanaman singkong di Indonesia banyak ditanam dan menghasilkan limbah kulit singkong dalam jumlah yang sangat banyak, akan tetapi pemanfaatan kulitnya masih belum maksimal. Produksi singkong di Indonesia mencapai 18,9 juta ton per tahun, sedangkan limbah kulit luar yang berwarna coklat mencapai 0,04 juta-0,09 juta ton per tahun dan limbah kulit singkong yang berwarna putih mencapai 1,5 juta -2,8 juta ton per tahun di Indonesia.

Berdasarkan fakta dilapangan tanaman singkong sangat melimpah dan kulit singkong juga sangat melimpah bahkan menjadi limbah jika tidak maksimal dalam pemanfaatannya. Ide penelitian ini berdasarkan banyaknya limbah kulit singkong yang belum dapat dimanfaatkan secara maksimal, padahal kulit singkong merupakan salah satu bahan yang memiliki kandungan pati yang lumayan tinggi. Melimpahnya limbah kulit singkong di Indonesia maka muncul ide pemanfaatan limbah kulit singkong menjadi bioetanol.

Berdasarkan penelitian sebelumnya oleh Paramesty, dkk. 2022, menunjukkan bahwa pembuatan bioetanol yang berbahan dasar dari umbi singkong tanpa disertai pretreatmen. Sedangkan penelitian yang akan dilakukan adalah pembuatan bioetanol yang berbahan dasar dari limbah kulit singkong dengan pretreatmen sebab jika tidak dimanfaatkan akan menimbulkan limbah di lingkungan. Penelitian ini dibuat untuk mengurangi limbah kulit singkong dan menghasilkan energi terbarukan berupa bioetanol, maka penelitian ini mengangkat judul "Pembuatan Bahan Bakar Bioetanol dari Limbah





Kulit Singkong melalui Fermentasi Ragi”. (Paramesty B. S., N. L. Ramadhani, dan R. S. Fizabilillah, 2022)

1.2 Rumusan Masalah

- A. Bagaimana proses pembuatan bioetanol dengan bahan kulit singkong?
- B. Bagaimana pengaruh waktu fermentasi terhadap hasil bioetanol?

1.3 Tujuan

- A. Mengetahui bagaimana proses pembuatan bioetanol yang menggunakan bahan kulit singkong
- B. Mengetahui pengaruh waktu fermentasi terhadap hasil bioetanol

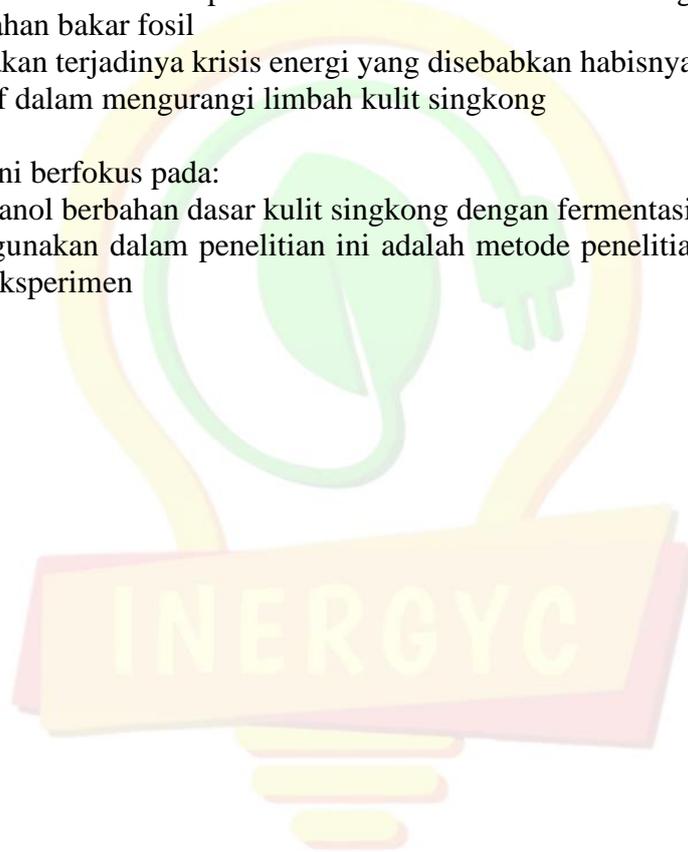
1.4 Manfaat

- A. Adanya energi terbarukan berupa bioetanol dari limbah kulit singkong yang dapat menggantikan bahan bakar fosil
- B. Mengantisipasi akan terjadinya krisis energi yang disebabkan habisnya bahan bakar fosil
- C. Adanya alternatif dalam mengurangi limbah kulit singkong

1.5 Batasan

Pada penelitian ini berfokus pada:

- A. Pembuatan bioetanol berbahan dasar kulit singkong dengan fermentasi
- B. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode penelitian kuantitatif jenis percobaan atau eksperimen





TINJAUAN PUSTAKA

BIOETANOL

Bioetanol merupakan bahan kimia yang dapat dihasilkan dari bahan yang mengandung pati seperti singkong, ubi jalar, jagung dan sagu. Etanol (C_2H_5OH) adalah cairan bening, tidak berwarna, dan dapat terurai secara hayati. Etanol ini terbentuk melalui proses fermentasi gula dengan bantuan mikroorganisme. Etanol dapat diproduksi dari bahan baku yang mengandung selulosa, suatu gula sederhana.

Polisakarida dan bioetanol memiliki keunggulan sebagai bahan bakar alternatif yang diolah dari tumbuhan dan mampu menurunkan emisi CO_2 hingga 18% dibandingkan emisi bahan bakar fosil seperti minyak tanah. Tergantung pada kemurniannya, bioetanol dapat digunakan sebagai pengganti bahan bakar minyak.

Bioetanol dengan kandungan 95%-99% dapat digunakan sebagai pengganti (bensin) berkualitas tinggi, dan bioetanol dengan kandungan 40% dapat digunakan sebagai pengganti minyak tanah. Bioetanol merupakan etanol yang dihasilkan melalui proses fermentasi dan destilasi glukosa. Proses destilasi menghasilkan etanol 95% (Jati, S. S. dan T. Widiyatno, 2022).

Bioetanol bersifat mudah menguap, mudah terbakar, larut dalam air, tidak bersifat karsinogenik, dan tidak menimbulkan dampak negatif terhadap lingkungan. Sama halnya dengan minuman beralkohol, bioetanol mempunyai manfaat untuk dikonsumsi manusia. Selain itu, bioetanol dengan kandungan etanol minimal 10% dapat digunakan sebagai bahan bakar (Seftian D., F. Antonius, dan M. Faizal, 2012).

KULIT SINGKONG

Tanaman singkong (*Manihot sp.*) merupakan tanaman asli Amerika Selatan, khususnya Brazil dan Paraguay. Namun tanaman ini melimpah di Afrika, Amerika dan beberapa negara di benua Asia. Di bawah ini adalah klasifikasi tanaman singkong.

Klasifikasi tumbuhan secara lengkap adalah sebagai berikut:

Kingdom	: Plantae
Phylum	: Monokotil
Kelas	: Euphorbiales
Famili	: Euphorbiaceae
Genus	: Singkong

Spesies Singkong merupakan tanaman tropis dan subtropis yang memerlukan cuaca hangat atau panas minimal 8 bulan untuk berproduksi dan akarnya matang. Tanaman singkong dapat tumbuh pada tanah yang rendah unsur hara dan pada lahan kering. Di lahan kering, tanaman singkong menggugurkan daunnya untuk menjaga kelembapan dan pada saat hujan, daun-daun baru tumbuh. Tanaman singkong tidak tahan terhadap iklim yang sangat dingin. Tanaman ini paling baik ditanam pada tanah dengan pH tanah 4 hingga 8 dan dalam kondisi panas.

Singkong merupakan umbi-umbian yang mengandung karbohidrat 36,8%, lemak 0,3%, serat 0,9%, abu 0,5%, dan kadar air 61,4%. Kulit singkong mengandung selulosa 43,626%, pati/amilum 36,580%, hemiselulosa 10,384%, lignin 7,646%, dan lain-lain 1,764% (Kurnendy, R., 2020).





FERMENTASI

Fermentasi adalah proses yang memanfaatkan kemampuan mikroorganisme untuk menghasilkan metabolit primer dan sekunder dalam lingkungan yang terkendali. Fermentasi merupakan bentuk penerapan atau penerapan tertua di bidang bioteknologi. Awalnya, istilah fermentasi digunakan untuk menggambarkan proses perubahan glukosa menjadi alkohol, yang terjadi secara anaerobik.

Proses fermentasi dibagi menjadi dua tahap dan dapat dijelaskan sebagai berikut.

a. Fermentasi tahap pertama berlangsung dalam kondisi aerobik (dengan adanya oksigen terlarut) dan di permukaan dan digunakan untuk menumbuhkan ragi, yang ditandai dengan produksi gas karbonat kayu, dan reaksinya adalah sebagai berikut.



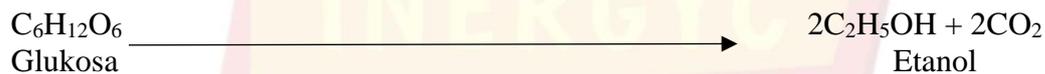
Pada proses fermentasi tahap pertama, etanol yang dihasilkan tidak ada atau sangat sedikit.

b. Fermentasi berlangsung dalam kondisi anaerobik. Pada tahap ini, fermentasi terjadi hingga cukup banyak ragi dan enzim yang dihasilkan dan reaksi selanjutnya mengubah sebagian atau seluruh gula menjadi etanol.



Etanol yang dihasilkan dalam proses fermentasi dapat digunakan untuk berbagai keperluan, antara lain sebagai pelarut, desinfektan, dan bahan bakar konvensional. *Saccharomyces cerevisiae* (ragi tape) digunakan dalam proses fermentasi karena dapat menghasilkan etanol dalam jumlah besar, dapat mentolerir kadar etanol yang tinggi, bertahan pada suhu tinggi, dan menunjukkan stabilitas pada kondisi fermentasi rendah suhu (Jati, S. S. dan T. Widiyatno, 2022).

Fermentasi adalah proses modifikasi kimia dalam substrat organik yang terjadi melalui aksi katalis biokimia, yaitu enzim yang dihasilkan oleh mikroorganisme tertentu, misalnya *Saccharomyces cerevisiae*, yang menghasilkan etil alkohol (etanol) dan CO₂ melalui reaksi berikut.



Reaksi ini merupakan dasar dari pembuatan tape, brem, tuak, anggur minuman, bir, roti dan lain-lain (Kurnendy, R., 2020).

Faktor faktor yang mempengaruhi fermentasi antara lain ragi, suhu, oksigen, pengaruh pH, kadar gula. Beberapa faktor penting mempengaruhi hasil etanol dan efisiensinya yaitu, kondisi fisiologis inokulum mikroba yang ditambahkan ke dalam media, kondisi lingkungan selama proses fermentasi, dan kualitas bahan medium. Kondisi fisiologis (benih) bergantung pada kondisi pertumbuhan optimal spesifik mikroorganisme yang digunakan. Faktor lingkungan yang paling penting adalah pH dan suhu. Di sisi lain, faktor-faktor lain termasuk kapasitas buffering, tingkat kontaminasi pada tahap awal pertumbuhan, konsentrasi gula, konsentrasi alkohol, pemilihan strain ragi, dan nutrisi ragi, pertumbuhan ragi dan jumlah oksigen yang tersedia (Jannah A. M, 2010).





PEMBAHASAN

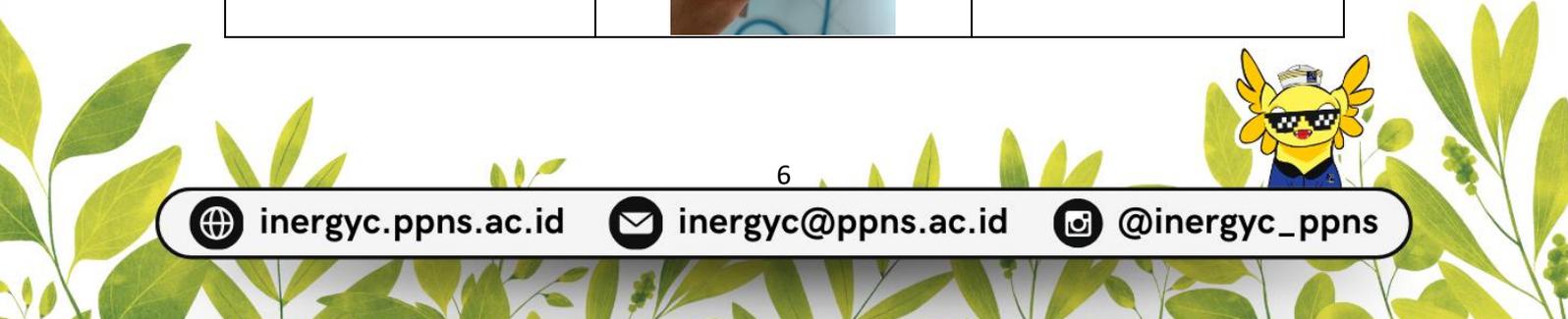
GAMBARAN OBJEK

Penelitian ini termasuk jenis penelitian terapan dengan menggunakan metode eksperimen. Penelitian terapan adalah kegiatan yang dilakukan untuk menemukan kebenaran yang objektif. Data sebagai bukti ilmiah untuk mendukung kebenaran hasil penelitian terapan adalah data yang berasal dari sumber primer untuk menjamin keaslian data sehingga terpecaya (Surya D., 2008)

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Kimia SMAN 1 Kalitidu, pada tanggal 13 Agustus – 4 September. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode penelitian kuantitatif jenis percobaan atau eksperimen. Bioetanol pada penelitian ini melalui proses fermentasi yang dibantu dengan bantuan bakteri *Saccharomyces cerevisiae* dari ragi.

Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah erlenmeyer, gelas kimia, gelas ukur, pipet tetes, pH meter, batang pengaduk, kain saring, lumpang dan alu, oven, alat destilasi. Bahan kegiatan yang digunakan yaitu kulit singkong (*Manihot Esculenta Crantz*), HCl, $(NH_4)_2SO_4$ (ammonium sulfat), NaOH, aquades (H_2O) dan ragi (*Saccharomyces cerevisiae*).

No	Gambar	Nama
Gambar 1. alat dan bahan penelitian		erlenmeyer
Gambar 2. alat dan bahan penelitian		Gelas kimia
Gambar 3. alat dan bahan penelitian		Gelas ukur





Gambar 4. alat dan bahan penelitian			Pipet tetes
Gambar 5. alat dan bahan penelitian			Ph meter
Gambar 6. alat dan bahan penelitian			batang pengaduk
Gambar 7. alat dan bahan penelitian			kain saring
Gambar 8. alat dan bahan penelitian			lumpang dan alu





Gambar 9. alat dan bahan penelitian		oven
Gambar 10. alat dan bahan penelitian		alat destilasi
Gambar 11. alat dan bahan penelitian		wadah spirtus dan spirtus
Gambar 12. alat dan bahan penelitian		kulit singkong (Manihot Esculenta Crantz)
Gambar 13. alat dan bahan penelitian		HCl



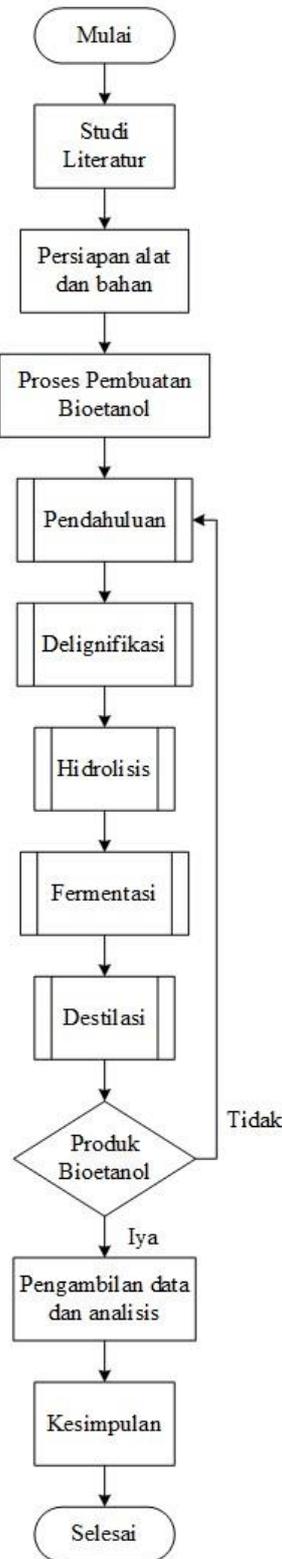


Gambar 14. alat dan bahan penelitian		$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ (ammonium sulfat)
Gambar 15. alat dan bahan penelitian		NaOH
Gambar 16. alat dan bahan penelitian		aquades (H_2O)
Gambar 17. alat dan bahan penelitian		ragi (<i>Saccharomyces cerevisiae</i>)





ALUR PENELITIAN BIOETANOL





PROSES PEMBUATAN BIOETANOL

Tahap pendahuluan

Kulit singkong segar yang telah dikupas dan dipisahkan dengan kulit terluar lalu direndam selama 5 hari, dilanjutkan dengan penjemuran selama 5 hari lalu dipotong menjadi bagian-bagian yang lebih kecil. Kulit singkong yang sudah kering dihaluskan dengan lumpang dan alu (Erna, I Said., dan P. H. Abram, 2016).



1.1 pemisahan kulit luar



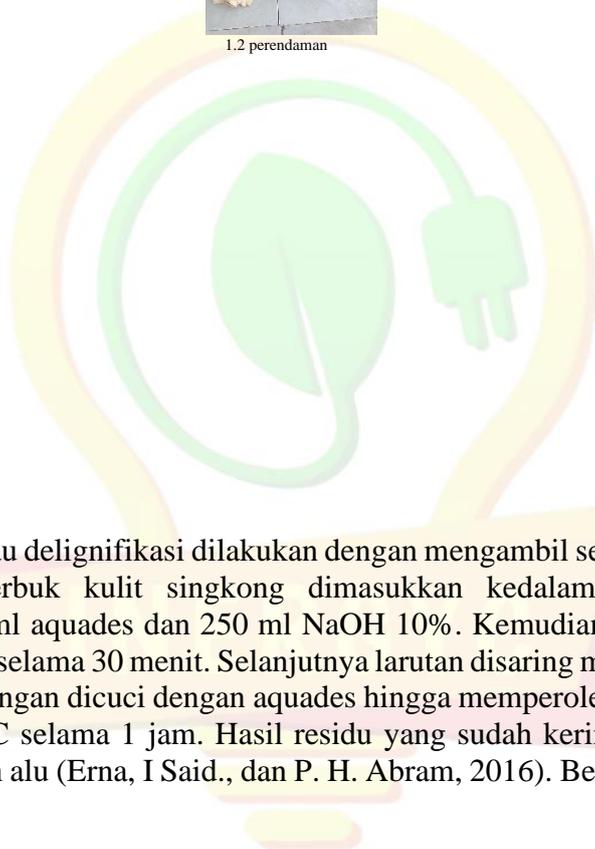
1.2 perendaman



1.3 penjemuran



1.4 penghalusan



Tahap delignifikasi

Pre-treatment atau delignifikasi dilakukan dengan mengambil sebanyak 120 gram serbuk kulit singkong. Serbuk kulit singkong dimasukkan ke dalam erlenmeyer kemudian ditambahkan 2160 ml aquades dan 250 ml NaOH 10%. Kemudian dipanaskan dan diaduk menggunakan stirer selama 30 menit. Selanjutnya larutan disaring menggunakan kain saring. Residu hasil penyaringan dicuci dengan aquades hingga memperoleh pH netral. Lalu dioven dengan suhu 100 oC selama 1 jam. Hasil residu yang sudah kering kemudian dihaluskan dengan lumpang dan alu (Erna, I Said., dan P. H. Abram, 2016). Berikut rumus titrasi NaOH 10% dari soda api :

Diketahui :

- Na = 23
- O = 16
- H = 1
- m = 0,1 Mol
- V = 250 ml

$$M = \frac{n}{v} / \frac{0,1}{250} = n$$

$$n = 250 \times 0,1 = 25 \text{ Mol}$$





$$\begin{aligned} \text{massa} &= \text{Mol} \times \text{Ar} \text{ Mr} \\ &= 25 \times (23 + 16 + 1) \\ &= 25 \times (40) \\ &= 1000 \text{ mg} \\ &= 1 \text{ gram} \end{aligned}$$

Keterangan :

- M = Molaritas
- n = Mol
- V = Volume
- Mr = Molekul relative
- Ar = Atom relatif



2.1 memasukan kulit singkong pada erlenmeyer



2.2 pembuatan larutan



2.3 pencampuran kulit singkong dengan larutan



2.6 penjemuran



2.5 penyaringan residu



2.4 pemanasan



2.7 pengovenan kulit residu

Tahap hidrolisis





Hasil dari proses delignifikasi kemudian dilakukanya proses hidrolisis, dilakukan dengan menakar residu sebanyak 3 sendok makan. Tambahkan dengan larutan HCl 15% dan ditambahkan dengan 180ml aquades, lalu dipanaskan selama 2jam (Erna, I Said., dan P. H. Abram, 2016).

Berikut rumus titrasi HCl 15% :

Diketahui :

- H = 1
- Cl = 35,5
- Massa = 0,15 Mol
- V = 180 ml

$$M = \frac{n}{v} / n = 0,15 \times 180 = 27$$

$$\begin{aligned}
 \text{Massa} &= \text{Mol} \times \text{Mr} \\
 &= 27 \times (1 + 35,5) \\
 &= 27 \times 36,5 \\
 &= 985,5 \text{ mg} \\
 &= 0,986 \text{ gram}
 \end{aligned}$$

Keterangan :

- M = Molaritas
- n = Mol
- V = Volume
- Mr = Molekul relatif



3.1 penakaran residu



3.2 pembuatan larutan HCl



3.2 pembakaran dari pencampuran larutan dan residu

Tahap fermentasi

Proses fermentasi dilakukan dengan mengambil 160 ml filtrat hasil hidrolisis dan menambahkan larutan NaOH 6 M hingga pH 4,5. Kemudian ditambahkan 14 gram amonium sulfat dan dipasteurisasi pada suhu 80°C selama 2 jam. Kemudian ditambahkan ragi (*Saccharomyces cerevisiae*) sebanyak 1,5 gram dan hasil pengamatan bioetanol diamati secara 4 tahap hari, hari ke 1, 2, 3 dan 4 (Erna, I Said., dan P. H. Abram, 2016). Berikut rumus titrasi NaOH 6 M :

Diketahui :

$$n = 960$$





V=160

$$M = \frac{n}{V} / M = \frac{960}{160} = 6$$

Keterangan :

- M = Molaritas
- n = Mol
- V = Volume
- Mr = Molekul relatif



4.1 pembuatan larutan HCl



4.2 pembakaran dari pencampuran larutan dan residu



4.3 peragian

Tahap destilasi

Proses destilasi dilakukan dengan memasukkan hasil fermentasi ke dalam erlenmeyer dan dipasang pada rangkaian alat yang berfungsi untuk mengubah dan memisahkan larutan dari bentuk cairan menjadi uap. Pada proses ini dilakukan pemanasan pada suhu 78 oC. Kemudian masing-masing hasil larutan ditampung dalam gelas kimia dan kemudian di ukur menggunakan gelas ukur (Erna, I Said., dan P. H. Abram, 2016).



5.1 alat destilasi



5.2 perendaman



5.3 hasil bioetanol



5.5 uji hasil



5.4 pengukuran





Hasil penelitian

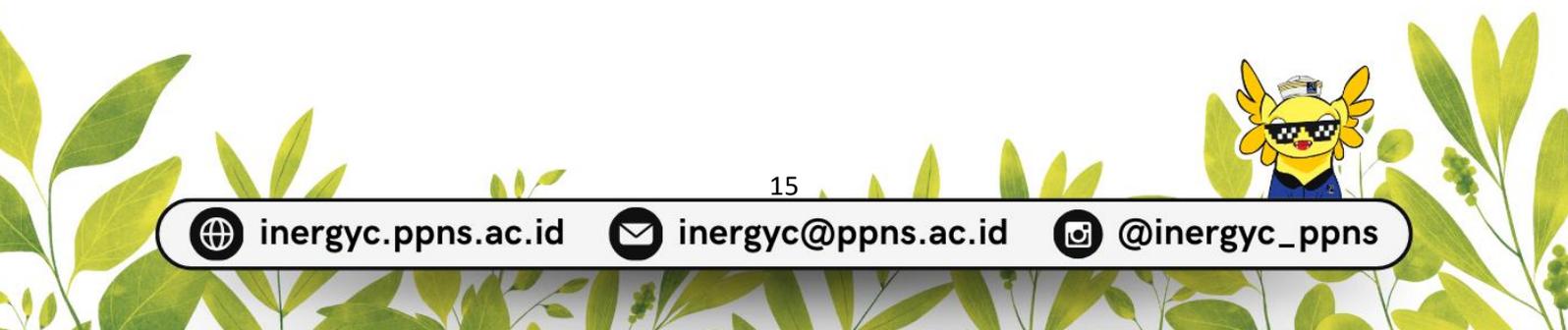
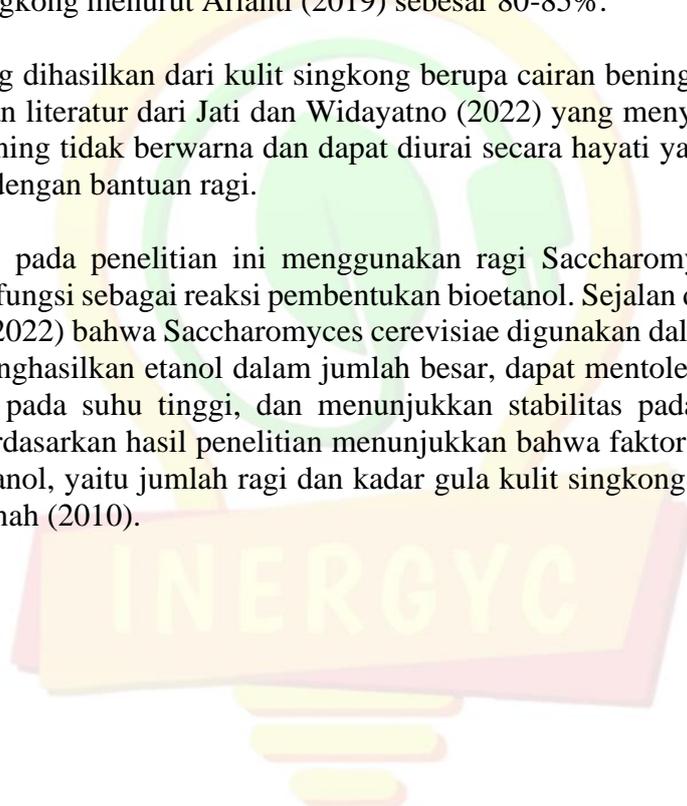
Hari	Volume
Hari ke-1	3ml
Hari ke-2	8ml
Hari ke-3	16ml
Hari ke-4	28ml

Analisis dan Pembahasan

Berdasarkan data hasil penelitian menunjukkan bahwa kulit singkong dapat menghasilkan bioetanol. Hal ini sejalan dengan penelitian dari Widyastuti (2019) yang menyatakan bahwa kulit singkong adalah salah satu bahan yang dapat dibuat menjadi bioetanol karena memiliki jumlah pati dan karbohidrat yang cukup tinggi. Kandungan selulosa kulit singkong menurut Arianti (2019) sebesar 80-85%.

Etanol yang dihasilkan dari kulit singkong berupa cairan bening tidak berwarna. Hal ini sejalan dengan literatur dari Jati dan Widayatno (2022) yang menyatakan bahwa etanol adalah cairan bening tidak berwarna dan dapat diurai secara hayati yang terbentuk melalui fermentasi gula dengan bantuan ragi.

Fermentasi pada penelitian ini menggunakan ragi *Saccharomyces cerevisiae* (ragi tape) dimana berfungsi sebagai reaksi pembentukan bioetanol. Sejalan dengan penelitian Jati dan Widayatno (2022) bahwa *Saccharomyces cerevisiae* digunakan dalam proses fermentasi karena dapat menghasilkan etanol dalam jumlah besar, dapat mentolerir kadar etanol yang tinggi, bertahan pada suhu tinggi, dan menunjukkan stabilitas pada kondisi fermentasi rendah suhu. Berdasarkan hasil penelitian menunjukkan bahwa faktor yang mempengaruhi fermentasi bioetanol, yaitu jumlah ragi dan kadar gula kulit singkong yang sejalan dengan literatur dari Jannah (2010).





KESIMPULAN

Kesimpulan penelitian ini adalah limbah kulit singkong berpotensi sebagai bahan dasar pembuatan bioetanol sebab mengandung pati dan zat gula yang tinggi. Hal ini karena ketersediaan kulit singkong yang melimpah dan mudah didapatkan. Analisis pada percobaan di atas membuktikan bahwa faktor yang mempengaruhi pembuatan bioetanol adalah kondisi bahan dan lama waktu fermentasi. Proses pembuatan bioetanol terdiri dari proses delignifikasi, hidrolisis, fermentasi dan destilasi. Bioetanol yang diperoleh dari hasil fermentasi selama 4 hari sebanyak 28 ml.





DAFTAR PUSTAKA

- Adi A. C. (2024, Januari 18). *Pemerintah Kejar Target Tingkatkan Bauran EBT*. (KEMENTERIAN ENERGI DAN SUMBER DAYA MINERAL KEMENTERIAN ENERGI DAN SUMBER DAYA MINERAL) Retrieved September 8, 2024, from <https://www.esdm.go.id/id/media-center/arsip-berita/pemerintah-kejar-tingkatkan-bauran-ebt#:~:text=Pemerintah%20menargetkan%20bauran%20energi%20nasional,mencaapai%2023%25%20pada%20tahun%202025>
- Ariyanti D., A. Purbasari., H. Kusumayanti., N. A. Handayani. (2019, juni). Penentuan Proses Pretreatment untuk Pemanfaatan Limbah Kulit Singkong sebagai Bahan Baku Bioetanol melalui Hidrolisa Enzimatis menggunakan *Aspergillus spp. Metana : Media Komunikasi Rekayasa Proses dan Teknologi Tepat Guna*, 15(1), :1-8.
- Erna, I Said., dan P. H. Abram. (2016, august 26). BIOETANOL DARI LIMBAH KULIT SINGKONG (*Manihot esculenta* Crantz) MELALUI PROSES FERMENTASI. *Pendidikan Kimia/FKIP*, 121-126.
- Jannah A. M. (2010, januari). PROSES FERMENTASI HIDROLISISAT JERAMI PADI UNTUK MENGHASILKAN BIOETANOL. *Jurnal Teknik Kimia*, 17(1).
- Jati, S. S. dan T. Widiyatno. (2022). Pengaruh Konsentrasi Kapang dan Lama Waktu Fermentasi terhadap Kadar Bioetanol dari Limbah Kulit Singkong (*Manihot esculenta*). *Jurnal Teknik Kimia USU*, 11(2), 102-109.
- Kurnendy, R. (2020). *Pemanfaatan Limbah Kulit Singkong menjadi Bahan Bakar Alternatif Bioetanol dengan Pupuk NPK dan Ragi Tape melalui Metode Eksperimen Desain Faktorial 2*. Skripsi, Universitas Pancasakti Tegal, Fakultas Teknik.
- Paramesty B. S., N. L. Ramadhani, dan R. S. Fizabilillah. (2022, mei). LAPORAN PEMBUATAN ETANOL DARI SINGKONG.
- Sarante J. (2024, juni minggu). *Energi Baru dan Terbarukan (EBT) Sebagai Teknologi Alternatif Dimasa Depan Mendukung Pertahanan Negara*. Retrieved september minggu, 2024, from <https://www.kemhan.go.id/pothan/wp-content/uploads/2024/06/Energi-Baru-dan-Terbarukan.pdf>
- Seftian D., F. Antonius, dan M. Faizal. (2012, januari). PEMBUATAN ETANOL DARI KULIT PISANG MENGGUNAKAN METODE HIDROLISIS ENZIMATIK DAN FERMENTASI. *Jurnal Teknik Kimia*, 18(1), 10.
- Surya D. (2008). *Politeknik Negeri Lhokseumawe Melayani, Sinergi dan Menolak Gratifikasi*. Retrieved september minggu, 8, from <file:///C:/Users/ASUS/Downloads/Perpres%20Nomor%20112%20Tahun%202022.pdf>





Widyastuti P. (2019, mei). PENGOLAHAN LIMBAH KULIT SINGKONG SEBAGAI BAHAN BAKAR BIOETANOL MELALUI PROSES FERMENTASI. *Jurnal Kompetensi Teknik*, 11(1), 1.

