

Pengaruh Konsentrasi Kapang dan Lama Waktu Fermentasi terhadap Kadar Bioetanol dari Limbah Kulit Singkong (*Manihot esculenta*)

*Effect of Mold Concentration and Length of Fermentation Time on Bioethanol Levels from Cassava Peel Waste (*Manihot esculenta*)*

Sasani Setyawan Jati* dan Tri Widayatno

Departemen Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta, Jl. A. Yani, Mendungan, Pabelan, Kec. Kartasura, Kabupaten Sukoharjo, Jawa Tengah 57169, Surakarta, 57102, Indonesia

*Email: D500180098@student.ums.ac.id

Abstrak

Tujuan dari penelitian ini adalah pembuatan bioetanol dengan memanfaatkan kulit singkong, proses ini melalui proses hidrolisis asam dan fermentasi. Pembuatan bioetanol dengan variasi pengaruh laju waktu fermentasi (5 hari dan 10 hari), serta dengan variasi jumlah konsentrasi kapang (10%, 20%, dan 30%). Kapang yang digunakan adalah *Saccharomyces cerevisiae*, kemudian hasil bioetanol yang masih bercampur dipisahkan melalui proses distilasi dan akan menghasilkan bioetanol. Berdasarkan hasil yang diperoleh kadar etanol tertinggi terdapat pada variasi penambahan kapang 30% dihari ke-5 sebesar 8,09% dan untuk kadar etanol yang terendah terdapat pada variasi penambahan kapang 10% di hari ke-10 sebesar 5,86%. Hal ini membuktikan bahwa masing-masing variasi memiliki nilai optimum dalam menghasilkan kadar bioetanol dari kulit singkong.

Kata kunci: bioetanol, kulit singkong, hidrolisis asam, fermentasi, distilasi

Abstract

The purpose of this research is the manufacture of bioethanol by utilizing cassava peel, this process is through acid hydrolysis and fermentation processes. Making bioethanol with variations in the effect of the rate of fermentation time (5th days and 10th days), as well as with variations in the amount of mold concentrations (10%, 20%, and 30%). The mold used is *Saccharomyces cerevisiae*, then the mixed bioethanol is separated through the distillation process and will produce bioethanol. Based on the data obtained, the highest ethanol content was found in the variation of the addition of 30% mold on the 5th day of 8.09% and the lowest ethanol content was found in the variation of the addition of 10% mold on the 10th days of 5.86%. This proves that each variation has an optimum value in producing bioethanol content from cassava peels.

Keywords: bioethanol, cassava peel, acid hydrolysis, fermentation, distillation

Pendahuluan

Kebutuhan energi pada saat ini masih banyak disuplai dari bahan bakar fosil, terbatasnya sumber bahan bakar fosil dapat berakibat pada krisis energi yang akan berdampak buruk bagi perekonomian di dunia [1]. Hal ini dibuktikan pada setiap tahun semakin meningkatnya kebutuhan bahan bakar minyak atau biasa dikenal dengan BBM, sehingga berdampak pada perekonomian masyarakat yang memicu krisis sosial. Dampak lain dari BBM sendiri adalah mengakibatkan fenomena krisis pada lingkungan atau biasa dikenal dengan pemanasan global karena disamping sisi penggunaan BBM akan menghasilkan gas-gas sehingga menyebabkan

bertambahnya konsentrasi rumah kaca di atmosfer seperti karbondioksida (CO_2), Nitrogen Oksida (NO_2), Sulfur Oksida (SO_2), dan Metana (CH_4) [2].

Dalam mengatasi dampak negatif yang timbul akibat penggunaan BBM, dibutuhkan energi alternatif yang bersifat dapat diperbarui. Salah satu sumber energi alternatif terbarukan yang berpotensi besar untuk dikembangkan adalah bahan bakar nabati yang merupakan bahan bakar dari sumber daya hayati yang disebut bioetanol. Bioetanol merupakan bahan bakar cair yang bahan bakunya dapat diperbarui dan tidak merusak lingkungan [1].

Bioetanol merupakan sumber bahan bakar alternatif untuk menyelesaikan masalah ketersediaan

bahan bakar yang saat ini masih tergantung pada BBM. Bioetanol juga mampu meningkatkan angka oktan dan mengurangi penggunaan aditif bertimbang yang berbahaya terhadap lingkungan yang akan memicu pemanasan global [3].

Salah satu bahan yang dapat digunakan bioetanol berupa tanaman singkong. Tanaman singkong di Indonesia ini banyak diproduksi dan menghasilkan limbah kulit singkong dalam jumlah yang sangat banyak, akan tetapi belum dimanfaatkan dengan baik. Penggunaan singkong sebanyak 18,9 juta ton per tahun. Limbah kulit dalam yang berwarna putih dapat mencapai 1,5 juta - 2,8 juta ton sedangkan limbah kulit luar yang berwarna coklat mencapai 0,04 juta - 0,09 juta ton per tahun di Indonesia [1].

Kulit singkong mengandung karbohidrat cukup tinggi. Hasil analisis awal pada kulit singkong yaitu mengandung 36,5% pati atau amilum [4]. Pembuatan bioetanol dilakukan melalui proses hidrolisis. Hidrolisis merupakan suatu proses yang terjadi antara reaktan dengan air sehingga suatu senyawa pecah atau terurai [5].

Berdasarkan penelitian sebelumnya menurut Artiyani dan Soedjono (2011), kombinasi variabel yang menghasilkan bioetanol terbanyak dalam proses fermentasi selama 96 jam dari kulit singkong dengan *Saccharomyces cerevisiae* 20% adalah fermentasi dari hasil hidrolisis asam H_2SO_4 4% selama 240 menit yaitu menghasilkan etanol sebesar 0,225%. Selanjutnya hasil fermentasi tersebut didistilasi dan hasil tersebut mengalami peningkatan konsentrasi etanol sebesar 1,637% [4]. Pada penelitian tersebut etanol yang dihasilkan kurang optimal, sehingga pada penelitian ini dilakukan pengolahan kulit singkong menjadi bioetanol dengan menggunakan hidrolisis asam dan fermentasi. Proses hidrolisis asam menggunakan bantuan katalis HCl. Variabel yang digunakan adalah laju fermentasi glukosa dengan selang waktu serta penambahan konsentrasi kapang tertentu. Pada penelitian ini menggunakan kapang *Saccharomyces cerevisiae*.

Teori

Kulit Singkong

Singkong adalah tanaman yang masuk dalam family *Euphorbiaceae* dengan Ordo: *Euphorbiales*, Sub Kelas: *Rosidae*, Kelas: *Magnoliopsida*, Divisi: *Magnoliophyta*, Super Divisi: *Spermatophyta*, Sub Kingdom: *Tracheobionta*, dan Kingdom: *Plantae*. *Manihot* merupakan salah satu tanaman tropis. Umbi singkong sering digunakan masyarakat umum untuk memproduksi tepung tapioka dan juga sebagai bahan pengganti makanan pokok tetapi pemanfaatan singkong sebagai bahan makanan ini juga menimbulkan limbah yang berasal dari kulit singkong itu sendiri yang sampai saat ini hanya menjadi limbah organik yang belum dimanfaatkan dengan baik, padahal limbah kulit singkong ini mengandung karbohidrat cukup tinggi. Singkong adalah umbi-umbian yang mengandung 36,8% karbohidrat, lemak

0,3 %, serat 0,9%, abu 0,5%, dan air sebesar 61,4 % [5].

Kulit singkong merupakan limbah makanan yang melimpah di negara berkembang, dimana jumlah panen yang tinggi singkong sehingga semakin tinggi limbah kulit singkong. Telah diakui di seluruh dunia, bahwa kulit singkong adalah salah satu pilihan terbaik untuk menggantikan sumber yang dapat dimakan untuk produksi etanol bahan bakar, tanpa membahayakan ketahanan pangan [6].

Dari penelitian sebelumnya diperoleh hasil dari analisis awal kandungan kulit singkong yang disajikan pada Tabel 1 [7].

Tabel 1. Analisis kandungan awal kulit singkong

No	Komponen	Kandungan (%)
1	Selulosa	43,626
2	Pati/amilum	36,580
3	Hemiselulosa	10,384
4	Lignin	7,646
5	Lainnya	1,764
Total		100 %

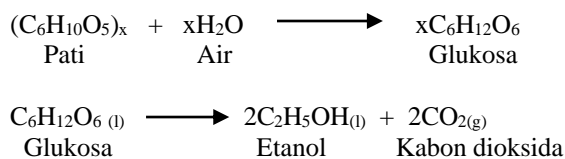
Tabel 1 menunjukkan bahwa kulit singkong memiliki kandungan pati dan selulosa yang cukup tinggi, hal ini berpotensi sebagai bahan baku bioetanol. Sampel kulit singkong pada tahap pendahuluan di *pretreatment* untuk menghilangkan lignin karena lignin merupakan polimer yang memiliki dinding yang kokoh sehingga dapat menghambat proses hidrolisis dan menghambat pertumbuhan mikroba dalam proses fermentasi [7].

Bioetanol

Bioetanol merupakan bahan kimia yang dapat diproduksi dari bahan pangan yang mengandung pati, seperti ubi kayu, ubi jalar, jagung, dan sagu. Banyak penelitian yang membuktikan bahwa etanol berasal dari bahan pangan, hal ini menjadi permasalahan ketika bahan pangan digunakan untuk bahan pembuat energi alternatif, oleh sebab itu pemanfaatan limbah dari bahan pangan dapat diolah menjadi bahan dan dimanfaatkan menjadi alternatif bahan baku pembuatan etanol. Etanol (C_2H_5OH) merupakan cairan bening yang tidak berwarna dan terurai secara biologis, etanol ini terbentuk melalui proses fermentasi gula yang bersumber dari karbohidrat menggunakan bantuan mikroorganisme. Pembuatan etanol dapat menggunakan bahan baku yang mengandung selulosa, polisakarida, dan monosakarida [5].

Bioetanol memiliki keunggulan sebagai bahan bakar alternatif yang diolah dari tumbuhan dan mampu mengurangi emisi CO_2 hingga 18%, dibandingkan dengan emisi bahan bakar fosil seperti minyak tanah. Bioetanol dapat digunakan sebagai pengganti bahan bakar minyak tergantung kemurniannya. Bioetanol dengan 95%-99% konten dapat digunakan sebagai substitusi premium (bensin), sedangkan konten 40% dapat digunakan sebagai pengganti untuk minyak tanah [8].

Bioetanol adalah salah satu jenis *biofuel* (bahan bakar cair pengolahan tumbuhan) disamping biodiesel. Bioetanol adalah etanol yang dihasilkan dari fermentasi glukosa yang dilanjutkan dengan proses distilasi. Proses distilasi dapat menghasilkan etanol dengan kadar 95%. Pemanfaatan etanol untuk digunakan sebagai bahan bakar perlu lebih dimurnikan agar bisa mencapai 99% yang lazim disebut *fuel grade ethanol* (FGE). Etanol dihasilkan dari proses fermentasi glukosa dengan bantuan enzim dari ragi. Proses ini berlangsung dalam dua tahap dimana tahap pertama berupa perubahan polisakarida (amilum dan selulosa) menjadi monosakarida (glukosa) dengan katalis asam dan tahap kedua berupa perubahan glukosa menjadi bioetanol dengan bantuan ragi. Untuk proses terkonversinya pati yang ada pada biji alpukat menjadi bioetanol, memiliki reaksi sebagai berikut [9].



Bioetanol merupakan etanol yang dihasilkan melalui tahap hidrolisis, tahap fermentasi dari biomassa oleh mikroorganisme seperti *Saccharomyces cerevisiae*, dan tahap distilasi sebagai pemisah air dan etanol untuk meningkatkan kadar dari etanol tersebut. Bahan baku dari bioetanol adalah bahan bergula, pati, dan berserat. Limbah kulit singkong merupakan salah satu sumber serat yang mudah ditemukan. Kulit singkong dipotong dan digiling untuk memperbesar luas permukaan, sehingga meningkatkan kontak antara larutan hidrolisis dengan permukaan kulit singkong bubuk. Hal tersebut membuat kandungan karbohidrat pada kulit singkong semakin banyak untuk dihidrolisis [10].

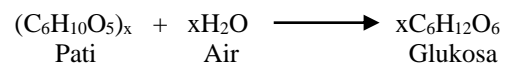
Ada beberapa hasil penelitian terdahulu mengenai pembuatan bioetanol dari kulit singkong. Salah satu penelitian yang telah dilakukan, produksi bioetanol secara *Separated Hydrolysis Fermentation* (SHF) dan *Simultaneous Saccharification Fermentation* (SSF) menggunakan *Aspergillus niger*, *trichoderma viride* dan *new aule instant dry yeast* pada media kulit ubi kayu. Hasil dari penelitian tersebut adalah penggunaan metode SSF mampu menghasilkan etanol lebih tinggi yaitu sebesar 2,93 g/L dibandingkan dengan metode SHF yang hanya mampu menghasilkan 2,58 g/L. Penelitian yang dilakukan oleh Witantri (2017) yaitu pembuatan bioetanol dari limbah kulit singkong melalui proses hidrolisis enzimatis dan mikrobiologi, penelitian ini menggunakan multi enzim (selulase) dengan proses fermentasi menggunakan fermipan sebanyak 2% dalam waktu 2 hari dapat menghasilkan etanol sebesar 3.67% [11].

Hidrolisis

Hidrolisis merupakan reaksi kimia yang memecah molekul menjadi dua bagian dengan penambahan molekul air (H₂O) dengan bertujuan untuk mengkonversi polisakarida menjadi monomer-monomer sederhana. Hidrolisis asam merupakan proses yang dilakukan secara acak atau tidak spesifik. Beberapa asam yang umum digunakan untuk hidrolisis kimiawi antara lain asam sulfat (H₂SO₄), asam perklorat (HClO₄), dan asam klorida (HCl). Komponen yang terlarut pada hidrolisis polisakarida dengan katalis asam adalah xilosa, glukosa, selobiosa, *furfuraldehyde*, *hidrosimetilfurfural*, dan asam-asam organik.

Reaksi hidrolisis pada umumnya merupakan reaksi endotermis atau reaksi yang memerlukan panas. Proses yang terjadi pada reaksi hidrolisis adalah pemutusan rantai polimer meliputi unit-unit dekstrosa (C₆H₁₂O₆). Pemutusan rantai polimer ini bertujuan membentuk dekstrosa yang dapat dibentuk melalui beberapa cara misalnya secara enzimatis, kimiawi atau juga dapat melalui kombinasi keduanya [12].

Pembuatan bioetanol dilakukan dengan proses hidrolisis. Hidrolisis adalah suatu proses yang terjadi antara reaktan dengan air sehingga suatu senyawa pecah atau terurai, dan reaksi hidrolisis adalah sebagai berikut [5].



Reaksi yang terjadi antara pati dan air berjalan sangatlah lambat, sehingga diperlukan bantuan katalis sebagai katalisator untuk memperbesar kereaktifan air. Katalisator dalam proses hidrolisis dapat berupa asam maupun enzim. Katalisator asam yang biasa digunakan seperti HCl, asam nitrat (HNO₃) dan H₂SO₄. Asam berfungsi sebagai katalisator dengan mengaktifkan air. Di dalam industri, asam yang banyak dipakai adalah asam sulfat (H₂SO₄) dan asam klorida (HCl). Faktor-faktor yang mempengaruhi proses hidrolisis sebagai berikut [5].

a. Kandungan selulosa di bahan baku

Kandungan selulosa sangat berpengaruh pada hasil glukosa yang dihasilkan. Semakin tinggi kandungan selulosa maka semakin tinggi glukosa yang dihasilkan, jika semakin rendah kandungan selulosa maka glukosa yang dihasilkan dari proses hidrolisis semakin rendah.

b. pH Hidrolisis

Apabila konsentrasi asam tinggi, maka kondisi pH juga semakin tinggi. pH sangat tergantung pada konsentrasi asam yang digunakan. Biasanya pH optimum yang digunakan berkisar antara 3 - 4,5.

c. Waktu hidrolisis

Semakin lama waktu hidrolisis maka semakin besar konsentrasi glukosa yang dihasilkan, karena berpengaruh pada lama waktu pemanasan yang

terjadi. Biasanya waktu yang digunakan untuk proses hidrolisis adalah sekitar 1-3 jam.

d. Suhu

Semakin besar suhu maka semakin besar konstanta kecepatan reaksi. Hal ini mengikuti hukum Arrhenius, yaitu semakin tinggi suhu yang digunakan semakin besar pula konversi gula yang dihasilkan, jika suhu terlalu tinggi akan menyebabkan turunnya konversi karena glukosa akan mengalami degradasi.

e. Tekanan

Tekanan sangat berpengaruh terhadap proses hidrolisis. Tekanan yang digunakan pada tahapan hidrolisis adalah 1 atm.

f. Konsentrasi

Semakin tinggi konsentrasi asam maka semakin tinggi juga kadar glukosa yang dihasilkan sampai dengan konsentrasi optimum. Penelitian sebelumnya telah dilakukan pada tahapan hidrolisis dengan dua kondisi yaitu dengan menggunakan katalis HCl dan katalis H₂SO₄. Konsentrasi alkohol tertinggi dengan menggunakan katalis HCl sebesar 29% volume dan untuk katalis H₂SO₄ adalah sebesar 30 % volume [5].

Saccharomyces cerevisiae

Saccharomyces cerevisiae adalah salah satu jenis khamir yang biasa dipakai untuk fermentasi pada produk alkohol. Hal tersebut karena *S. cerevisiae* mampu memproduksi alkohol dengan konsentrasi tinggi dan fermentasi spontan. Selain itu *S. cerevisiae* mempunyai toleransi yang tinggi terhadap alkohol, sehingga *S. cerevisiae* merupakan jalur terpilih yang biasa digunakan untuk fermentasi alkohol. *Saccharomyces cerevisiae* dapat memfermentasikan sukrosa menjadi etanol pada kondisi netral atau sedikit asam dalam kondisi anaerob, pada kondisi ini 10% glukosa dapat direspirasi menjadi CO₂ dan menghasilkan kadar etanol kurang dari 50%. Organisme yang disebut khamir adalah termasuk subdivisi *Thallophyta* dan digolongkan dalam tiga famili yaitu *Saccharomyces cereviceae*, *Sporabolomy cereviceae*, *Cryptococcae*. Ciri khas organisme ini adalah reproduksinya yang vegetatif atau disebut *budding* [12].

Fermentasi

Fermentasi adalah proses yang memanfaatkan kemampuan mikroba untuk menghasilkan metabolit primer dan metabolit sekunder dalam suatu lingkungan yang dikendalikan. Fermentasi merupakan bentuk penerapan atau aplikasi tertua di bidang bioteknologi. Pada mulanya istilah fermentasi digunakan untuk menunjukkan proses pengubahan glukosa menjadi alkohol yang berlangsung secara anaerob [13].

Proses fermentasi dapat dibedakan atas 2 tingkatan, dapat dijelaskan seperti berikut [14].

a. Peragian tingkat pertama, berlangsung dalam keadaan aerob (adanya O₂) yang terlarut dan di permukaan, berfungsi memperbanyak ragi

(khamir) yang dapat ditandai timbulnya gas asam arang, reaksi sebagai berikut.



Pada proses fermentasi tingkat pertama tidak ada atau sedikit sekali etanol yang dihasilkan [15].

b. Fermentasi berlangsung dalam keadaan anaerob. Pada tahap ini khamir dan enzim yang dihasilkan sudah cukup banyak, sehingga akan berlangsung fermentasi, sampai sebagian atau seluruh gula diubah menjadi etanol, dengan reaksi sebagai berikut.



Etanol yang dihasilkan dari proses fermentasi dapat digunakan dalam berbagai keperluan antara lain sebagai pelarut, desinfektan, sebagai bahan bakar konvensional [14].

Proses fermentasi menggunakan *Saccharomyces cerevisiae* (ragi roti) karena ragi ini mampu menghasilkan etanol yang tinggi, toleran terhadap kadar etanol tinggi, mampu hidup pada suhu tinggi, tetap stabil selama kondisi fermentasi, dan juga dapat bertahan hidup pada pH rendah [8].

Distilasi

Distilasi sederhana adalah teknik pemisahan untuk memisahkan dua atau lebih komponen zat cair yang memiliki perbedaan titik didih yang jauh. Selain perbedaan titik didih, juga perbedaan kevolatilan, yaitu kecenderungan sebuah zat untuk menjadi gas. Distilasi ini dilakukan pada tekanan atmosfer yang normal. Aplikasi distilasi sederhana digunakan untuk memisahkan campuran air dan etanol [15].

Distilasi adalah suatu metode pemisahan campuran yang didasarkan pada perbedaan tingkat volatilitas (kemudahan suatu zat untuk menguap) pada suhu dan tekanan tertentu. Distilasi merupakan proses fisika dan tidak terjadi reaksi kimia selama proses berlangsung. Dalam penyulingan, campuran zat dididihkan sehingga menguap, dan uap ini kemudian didinginkan kembali ke dalam bentuk cairan. Zat yang memiliki titik didih lebih rendah akan menguap terlebih dahulu. Metode ini termasuk unit operasi kimia jenis perpindahan massa. Penerapan proses ini didasarkan pada teori bahwa pada suatu larutan, masing-masing komponen akan menguap pada titik didihnya (titik didih ethanol 78 °C). Distilasi dilakukan untuk memisahkan etanol dari fermenter (sebagian besar adalah air dan etanol). Titik didih etanol murni adalah 78 °C, sedangkan air adalah 100 °C (kondisi standar) sehingga memanaskan larutan pada suhu 78 °C – 100 °C akan mengakibatkan sebagian etanol menguap, dan melalui unit kondensor akan bisa dihasilkan etanol dengan konsentrasi 95% volume [16].

Metodologi Penelitian

Persiapan Bahan

Menyiapkan kulit singkong yang masih segar dan dibersihkan dari kulit terluarnya, lalu dibersihkan dengan air, kemudian dipotong menjadi bagian-bagian yang lebih kecil dan dikeringkan menggunakan oven dengan suhu 100 °C selama 2 jam, setelah kering, kulit singkong dihaluskan menggunakan blender dan diayak dengan ayakan 200 mesh untuk dijadikan tepung kulit singkong.

Hidrolisis

Tahap pertama adalah merangkai alat hidrolisis. Kemudian menimbang tepung kulit singkong sebanyak 50 gram, perlakuan ini dilakukan sebanyak 6 kali dengan masing-masing perlakuan tersebut dimasukkan ke labu leher tiga dan ditambahkan larutan HCl 0,3 N yang telah diencerkan sebanyak 250 mL. Lalu, larutan tersebut dipanaskan hingga mendidih, untuk warna yang dihasilkan saat hidrolisis yang berlangsung adalah coklat tua. Kemudian membiarkan hasil hidrolisis dingin sampai suhu kamar, setelah itu disaring menggunakan kertas saring.

Fermentasi

Tahap fermentasi ini terdiri dari tiga langkah dan hal yang harus diperhatikan sebelum proses fermentasi dimulai adalah memastikan masing-masing alat dalam keadaan steril. Kemudian langkah pertama pembuatan media penumbuhan kapang yang menggunakan media agar yaitu media *Potatos Dextrose Agar* (PDA). Dalam tahap ini fermipan sebagai penumbuhan *Saccharomyces cerevisiae*, fermipan sebanyak 1 gram dilarutkan kedalam NaCl 2,125 gram yang telah diencerkan dalam *aquadest* sebanyak 250 mL, kemudian dimasukkan ke dalam cawan petri, masing-masing sebanyak 0,1 mL.

Langkah kedua, pembuatan starter dari kapang *Saccharomyces cerevisiae* yang terdapat cawan petri, yaitu dengan cara memperbanyaknya pada media fermentasi yang kemudian akan dimasukkan ke dalam tahap fermentasi. Pada tahap ini dilakukan penambahan urea masing-masing starter sebanyak 5 gram. Lalu ditambahkan dengan kapang (*Saccharomyces cerevisiae*) sesuai dengan variasi (10%, 20% dan 30%).

Langkah ketiga adalah proses fermentasi, melakukan pengambilan hasil hidrolisis pada tiap botol fermentasi sebanyak 230 mL dan mengatur pH sebesar 4,5 dengan menambahkan NaOH 1 N yang telah dilakukan pengenceran dalam *aquadest* 250 mL. Setelah itu, ditutup rapat kemudian dидiamkan dengan waktu variasi 5 hari dan 10 hari.

Distilasi

Melakukan perangkaian alat distilasi, kemudian memasukkan hasil dari fermentasi sebanyak 115 mL kedalam labu leher tiga dan dipanaskan pada suhu 80 °C selama 2 jam atau sampai tidak menetes lagi. Perlakuan ini dilakukan sebanyak 6 kali dengan variasi hari di hari ke 5 dan hari ke 10.

Analisis Kadar Etanol

Analisis kadar etanol dengan menggunakan piknometer 10 mL dan pada kondisi suhu kamar. Piknometer kosong ditimbang dengan variabel a (gram), kemudian piknometer diisi dengan *aquadest* sampai penuh dan ditimbang kembali hingga diperoleh variabel b (gram). Setelah itu, menghitung volume piknometer dengan menggunakan persamaan (1).

$$V_{pikno} = \frac{(b-a)}{0,995797} \dots\dots\dots(1)$$

Untuk densitas larutan etanol, piknometer diisi dengan larutan etanol sampai penuh hingga diperoleh variabel c (gram). Lalu dihitung menggunakan persamaan (2).

$$Densitas = \frac{(c-a)}{V_{piknometer}} \dots\dots\dots(2)$$

Kadar etanol dapat dihitung menggunakan bantuan tabel densitas pada suhu kamar yaitu T distilat 26°C maka diperoleh suhu rentang kamar 25-30°C sesuai dengan tabel 2-110 pada *handbook Perry Chemical Engineering* [17], menggunakan persamaan (3).

$$\frac{T - T_1}{T_2 - T_1} = \frac{X - X_1}{X_2 - X_1}$$

$$Kadar = \frac{X - X_1}{X_2 - X_1} \dots\dots\dots(3)$$

Hasil

Bioetanol merupakan etanol yang dihasilkan dari fermentasi glukosa yang dilanjutkan pemurnian dengan proses distilasi. Pada penelitian yang telah dilakukan dalam pembuatan bioetanol menggunakan bahan baku dari limbah pertanian yaitu berupa kulit singkong, metode yang digunakan adalah hidrolisis asam dan fermentasi. Hidrolisis asam bertujuan untuk memecah selulosa menjadi glukosa dengan menggunakan larutan asam klorida (HCl) 37%. Menurut Guntama et al. (2019), katalis yang terbaik untuk proses hidrolisis adalah katalis HCl, karena dalam penggunaan asam sulfat selulosa akan terbakar sehingga menghasilkan gula yang rendah. Maka dapat ditarik hasil bahwa semakin tinggi suhu hidrolisis maka semakin tinggi pula gula yang dihasilkan. Hal ini dibuktikan dengan banyaknya glukosa yang didapatkan sebesar 12 °Brix dari proses hidrolisis tersebut [5].

Parameter yang digunakan untuk menghitung kadar etanol pada penelitian ini yaitu dengan menimbang berat volume dari piknometer yang berisikan etanol kemudian berat tersebut digunakan untuk menghitung densitas dari etanol dengan satuan berat. Hasil dari perhitungan ini ditunjukkan pada Tabel 2 dan Tabel 3.

Tabel 2. Hasil dari Berat Piknometer dengan Etanol dalam Pembuatan Bioetanol

Konsentrasi Kapang	Waktu Fermentasi (Hari)	Berat Piknometer + Etanol (gram)
10 %	5	22,156
	10	22,176
20 %	5	22,149
	10	22,162
30 %	5	22,142
	10	22,158

Pada Tabel 2 tersebut menunjukkan hasil dari berat piknometer yang berisi etanol yaitu pada konsentrasi 10% hari ke-5 berat piknometer etanol sebesar 22,156 gram, konsentrasi 20% hari ke-5 berat piknometer etanol sebesar 22,149 gram, konsentrasi 30% hari ke-5 berat piknometer etanol sebesar 22,142 gram, pada konsentrasi 10% hari ke-10 berat piknometer etanol sebesar 22,176 gram, konsentrasi 20% hari ke-10 berat piknometer etanol sebesar 22,162 gram, dan pada konsentrasi 30% hari ke-10 berat piknometer etanol sebesar 22,158 gram.

Tabel 3. Hasil dari Densitas Etanol dalam Pembuatan Bioetanol

Konsentrasi Kapang	Waktu Fermentasi (Hari)	Densitas Etanol (gram)
10 %	5	0,985445
	10	0,986492
20 %	5	0,983732
	10	0,985061
30 %	5	0,983016
	10	0,984652

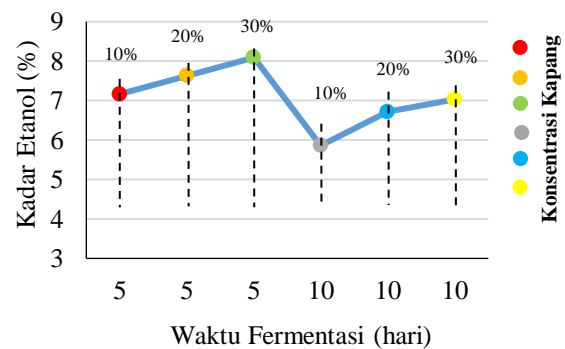
Pada Tabel 3 tersebut menunjukkan hasil dari densitas etanol yaitu pada konsentrasi 10% hari ke-5 densitas etanol sebesar 0,985445 gram, konsentrasi 20% hari ke-5 densitas etanol sebesar 0,983732 gram, konsentrasi 30% hari ke-5 densitas etanol sebesar 0,983016 gram, pada konsentrasi 10% hari ke-10 densitas etanol sebesar 0,986492 gram, konsentrasi 20% hari ke-10 densitas etanol sebesar 0,985061 gram, dan pada konsentrasi 30% hari ke-10 densitas etanol sebesar 0,984652 gram.

Pada Tabel 4 ditunjukkan hasil kadar bioetanol dari kulit singkong dengan perhitungan menggunakan persamaan (3) dengan panduan tabel 2-110 *Handbook Perry Chemical Engineering* [17], sementara Gambar 1 menunjukkan kadar etanol setelah dilakukan perhitungan yaitu pada konsentrasi 10% hari ke-5 kadar etanol sebesar 7,16%, konsentrasi 20% hari ke-5 kadar etanol sebesar 7,63%, konsentrasi 30% hari ke-5 kadar etanol sebesar 8,09%, pada konsentrasi 10% hari ke-10 kadar etanol sebesar 5,86%,

konsentrasi 20% hari ke-10 kadar etanol sebesar 6,72%, dan pada konsentrasi 30% hari ke-10 kadar etanol sebesar 7,03%.

Tabel 4. Hasil Kadar Bioetanol dari Kulit Singkong

Konsentrasi Kapang	Waktu Fermentasi (Hari)	Kadar Etanol (%)
10 %	5	7,16
	10	5,86
20 %	5	7,63
	10	6,72
30 %	5	8,09
	10	7,03



Gambar 1. Hasil Kadar Bioetanol dari Kulit Singkong

Pada proses fermentasi, jenis kapang yang digunakan adalah *Saccharomyces Cerevisiae* dengan variasi konsentrasi 10%, 20%, dan 30%. Menurut Nata et al. (2014), fermentasi merupakan proses produksi energi dari mikroorganisme dalam kondisi anaerobik (tanpa udara), dalam penelitian menunjukkan bahwa besarnya jumlah mikroba yang diberikan mempengaruhi besarnya kadar bioetanol yang dihasilkan [3].

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, kadar bioetanol yang tertinggi terjadi pada hari ke-5 dengan konsentrasi kapang 30% yaitu sebesar 8,09% dan untuk kadar etanol yang terendah terjadi pada hari ke-10 dengan konsentrasi kapang 10% yaitu sebesar 5,86014%. Semakin besar jumlah konsentrasi kapang akan berbanding lurus terhadap etanol yang dihasilkan.

Pengaruh dari lama waktu fermentasi dalam penelitian diperoleh waktu optimal pada hari ke-5 dan konsentrasi mikroba sebesar 30%. Menurut Widyanti dan Moehadi (2016), hal ini dikarenakan waktu kontak antara *Saccharomyces cerevisiae* dengan sumber karbon (glukosa) yang maksimal [14] serta menurut Sriyana dan Nasita (2019), semakin semakin lama waktu fermentasi dan semakin banyak jumlah fermipan (mikroba) yang ditambahkan maka volume yang dihasilkan akan semakin banyak [18].

Pada konsentrasi kapang 30% dihasilkan kadar etanol yang lebih besar dibandingkan dengan konsentrasi kapang 10% dan 20%, sehingga semakin

kecil konsentrasi kapang yang digunakan maka akan semakin kecil atau lambat kadar etanol yang dihasilkan. Hal ini dikarenakan pembentukan etanol melambat maupun kapang yang mati karena nutrisi berlebih, sehingga *Saccharomyces cerevisiae* berpengaruh terhadap kinerja produksi dan menyebabkan etanol yang dihasilkan menurun. Pertumbuhan mikroba memiliki beberapa tahapan fase yaitu fase lag, percepatan, eksponensial, perlambatan, stationer dan fase kematian. Fase lag merupakan fase adaptasi dari mikroba [19].

Menurut Bahri et al. (2019), jika konsentrasi ragi yang diberikan kurang dari kadar optimal yang disarankan akan menurunkan kecepatan fermentasi karena sedikitnya massa yang akan menguraikan glukosa menjadi etanol, sedangkan maka akan dibutuhkan substrat yang lebih banyak karena substrat yang ada tidak cukup, karena itu menurunkan kecepatan fermentasi. Turunnya kadar bioetanol ini juga disebabkan oleh kapang yang mati dalam media karena imunnya yang rendah. Hal ini dikarenakan oleh alat yang digunakan tidak steril secara optimal. Kadar etanol yang turun juga disebabkan oleh *human error* maupun keadaan alat yang kurang optimal [20].

Kesimpulan

Kesimpulan yang diperoleh dari penelitian yang telah dilakukan dalam pembuatan bioetanol dari limbah kulit singkong yaitu:

1. Pada penelitian ini kadar etanol yang didapat memiliki kenaikan seiring bertambahnya konsentrasi kapang *Saccharomyces cerevisiae* pada waktu tertentu.
2. Pengaruh dari lama waktu fermentasi pada kadar etanol dipengaruhi oleh jumlah konsentrasi dari kapang. Jika konsentrasi kapang kecil maka waktu yang dibutuhkan dalam fermentasi akan lama dan sebaliknya, jika konsentrasi kapang besar maka waktu yang dibutuhkan dalam fermentasi akan cepat.
3. Kadar bioetanol tertinggi diperoleh pada konsentrasi kapang *Saccharomyces cerevisiae* 30% pada hari ke-5 yaitu sebesar 8,09 % dan kondisi terendah pada konsentrasi kapang *Saccharomyces cerevisiae* 10% pada hari ke-10 yaitu sebesar 5,86014%.

Ucapan Terima Kasih

Penulis menyampaikan terima kasih kepada Universitas Muhammadiyah Surakarta, khususnya Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknik, dan Laboratorium Teknik Kimia Universitas Muhammadiyah Surakarta sebagai tempat pelaksanaan penelitian.

Daftar Pustaka

[1] N. M. Sari, S. R. Muria, and E. Yeni, "Produksi bioetanol dari limbah kulit nanas menggunakan bakteri *Clostridium acetobutylicum* dengan variasi konsentrasi inokulum dan penambahan

nutrisi," *J. Fteknik*, vol. 5, pp. 1–6, 2018.

[2] Erna, I. Said, and P. H. Abram, "Bioetanol dari limbah kulit singkong (*Manihot Esculenta Crantz*) melalui proses fermentasi," *J. Akad. Kim.*, vol. 5, no. 3, pp. 121–126, 2016.

[3] I. F. Nata, J. H. Prayogo, and T. Arianto, "Produksi bioetanol dari alkali-pretreatment jerami padi dengan proses *simultaneous scharification and fermentation* (SSF)," *Konversi*, vol. 3, no. 1, pp. 10–16, 2014.

[4] A. Artiyani and E. S. Soedjono, "Bioetanol dari limbah kulit singkong melalui proses hidrolisis dan fermentasi dengan *Saccharomyces cerevisiae*," *Pros. Semin. Nas. Manaj. Teknol. XIII*, 2011, no. 1-8.

[5] D. Guntama, Y. Herdiana, U. A. Sujiana, R. L. Endes, and E. Sunandar, "Bioethanol dari limbah kulit singkong (*manihot esculenta crantz*) melalui metode hidrolisa dan fermentasi dengan bantuan *Saccharomyces cerevisiae*," *J. Teknol.*, vol. 7, no. 1, pp. 86–96, 2019.

[6] Hermansyah, T. Xayasene, N. Huu Tho, M. Miksusanti, Fatma, and A. T. Panagan, "Bioethanol production from cassava (*Manihot Esculenta*) peel using yeast isolated from durian (*Durio Zhibetinus*)," *J. Phys. Conf. Ser.*, vol. 1095, no. 1, pp. 1–8, 2018.

[7] P. Widyastuti, "Pengolahan limbah kulit singkong sebagai bahan bakar bioetanol melalui proses fermentasi," *J. Kompetensi Tek.*, vol. 11, no. 1, pp. 41–46, 2019.

[8] T. Mutiara, S. Widiawati, S. Rachmatyah, and A. Chafidz, "Production of bio-ethanol via hydrolysis and fermentation using cassava peel and used newspaper as raw materials," *Mater. Sci. Forum*, vol. 981, pp. 222–227, 2020.

[9] R. Muin, D. Lestari, and T. W. Sari, "Pengaruh konsentrasi asam sulfat dan waktu fermentasi terhadap kadar bioetanol yang dihasilkan dari biji alpukat," *J. Tek. Kim.*, vol. 20, no. 4, pp. 1–7, 2014.

[10] Z. Abidin, E. Saraswati, and T. Naid, "Bioethanol production from agro wastes by acid hydrolysis and fermentation process," *Int. J. PharmTech Res.*, vol. 6, no. 4, pp. 1209–1212, 2014.

[11] D. Anggriani, U. Kalsum, and N. Nurjannah, "Pengaruh konsentrasi enzim silanase dan *Saccharomyces cerevisiae* dalam pembuatan bioethanol dari limbah kulit singkong dengan proses sakarifikasi dan fermentasi simultan," *J. Chem. Process Eng.*, vol. 5, no. 2, pp. 44–49, 2020.

[12] R. Muin, I. Hakim, and A. Febriyansyah, "Pengaruh waktu fermentasi dan konsentrasi enzim terhadap kadar bioetanol dalam proses fermentasi nasi aking sebagai substrat organik," *J. Tek. Kim.*, vol. 21, no. 3, pp. 59–69, 2015.

[13] Surati, "Konsentrasi *S. cereviceae* dan lama fermentasi terhadap kadar etanol limbah jerami

- padi,” *J. Fikratuna*, vol. 7, no. 2, pp. 1–11, 2015.
- [14] E. M. Widyanti and B. I. Moehadi, “Proses pembuatan etanol dari gula menggunakan *Saccharomyces cerevisiae* amobil,” *Metana*, vol. 12, no. 2, pp. 31–38, 2016.
- [15] N. T. Wahyudi, F. F. Ilham, I. Kurniawan, and A. S. Sanjaya, “Rancangan alat distilasi untuk menghasilkan kondensat dengan metode distilasi satu tingkat,” *J. Chemurg.*, vol. 1, no. 2, pp. 30–33, 2017.
- [16] M. A. Batutah, “Ditilasi bertingkat bioetanol dari buah maja (*Aegle Marmelos* L.),” *J. IPTEK*, vol. 21, no. 2, pp. 9–18, 2017.
- [17] R. H. Perry and D. W. Green, *Perry’s chemical engineers’ Handbook*, 7th ed., Singapore: McGraw-Hill Book Company, 1999.
- [18] H. Y. Sriyana and U. Nasita, “Karakteristik Bioetanol Hasil Fermentasi Kulit Singkong,” *J. Inov. Tek. Kim.*, vol. 4, no. 2, pp. 1–5, 2019.
- [19] W. Ferdaus, F., Wijayanti, M.O., Retnoningtyas E.S., Irawati, “Pengaruh pH, konsentrasi substrat, penambahan kalsium karbonat dan waktu fermentasi terhadap perolehan asam laktat dari kulit pisang,” *Widya Tek.*, vol. 7, no. 1, pp. 1–14, 2008.
- [20] S. Bahri, A. Aji, and F. Yani, “Pembuatan bioetanol dari kulit pisang kepok dengan cara fermentasi menggunakan ragi roti,” *J. Teknol. Kim. Unimal*, vol. 7, no. 2, pp. 85–100, 2019.