

PENGARUH LAMA PENGAKTIFAN RAGI UNTUK FERMENTASI KULIT KOPI ARABIKA MENJADI BIOETANOL

A. Zulfikar Syaiful¹⁾, Hermawati²⁾, Meti Sonda³⁾

^{1,2,3} Prodi Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Bosowa

Email: syaifulzulfikar@yahoo.com

ABSTRAK

Limbah kulit kopi adalah salah satu bahan yang mengandung 49%, selulosa 24,5%, hemiselulosa dan 7,63% lignin hingga dapat dimanfaatkan untuk pembuatan bioetanol. Tujuan Penelitian adalah mengetahui lama waktu aktif ragi yang efektif untuk proses fermentasi kulit kopi arabika dan untuk mengetahui volume yang terbaik dalam proses destilasi kulit kopi arabika. Metode yang digunakan yaitu proses pembersihan, pengeringan dan penghalusan kulit kopi, kemudian proses hidrolisis, pengaktifan ragi, fermentasi, dan destilasi. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah 500 gram kulit kopi arabika yang sudah dihaluskan, dengan asam klorida (HCl) sebanyak 20% w/v selama 2 jam. Lalu dilanjutkan proses fermentasi dengan waktu pengaktifan ragi 15 menit dan fermentasi selama 9 hari. Hasil destilasi didapatkan kadar bioetanol tertinggi dengan volume 1.800 ml sebanyak 10.05%.

Kata Kunci : Bioetanol, Hidrolisis, Fermentasi, Kulit kopi arabika

1. PENDAHULUAN

Dalam beberapa tahun terakhir, kapasitas cadangan Bahan Bakar Minyak (BBM) sudah mulai berkurang, dan harga minyak dunia yang terus meningkat dari tahun ketahun. Permasalahan tersebut memerlukan solusi, antara lain menggunakan energi terbarukan atau energi biomassa. Biomassa merupakan sumber energi terbarukan yang saat ini mendapat perhatian yang tinggi. Faktor lingkungan alasan politik dan tingkat keamanan yang dapat mengurangi ketergantungan impor minyak mentah dapat di dukung dengan pemanfaatan sumber daya terbarukan yaitu dengan menggunakan bahan dari alam yaitu bahan non fosil (nabati) dari tumbuh-tumbuhan (Retanabun, dkk, 2018).

Salah satu bahan non fosil (tanaman) yang dapat diekstraksi dari tumbuhan sebagai bioetanol adalah limbah kulit kopi arabika. Jumlah limbah kulit kopi arabika yang dihasilkan setiap tahunnya sangat tinggi.

Bioetanol merupakan salah satu sumber bioenergi yang digunakan sebagai pengganti bensin dan ramah lingkungan. Bioetanol diperoleh melalui proses fermentasi gula sederhana glukosa yang terdapat pada bahan alami (tumbuh-tumbuhan) dengan memanfaatkan kemampuan mikroorganisme tertentu. Bioetanol merupakan salah satu sumber energi baru yang memiliki kelebihan dibandingkan dengan Bahan Bakar Minyak

(BBM), diantaranya memiliki kandungan oksigen yang lebih tinggi (35%) sehingga terbakar terlebih sempurna, nilai oktan lebih tinggi, dapat diproduksi oleh mikroorganisme secara terus menerus dan lebih ramah lingkungan karena emisi gas CO yang dihasilkan lebih rendah 19-25%. Menurut penelitian yang ada bahwa bioetanol dapat diproduksi dari proses fermentasi limbah kulit kopi (Lini F.Z, 2015).

Badan Pusat Statistik (BPS) mencatat, produksi kopi di Indonesia mencapai 774,6 ribu ton pada 2021. Nilai tersebut naik 2,75% dari tahun sebelumnya yang sebesar 753,9 ribu ton. Produksi kopi Indonesia mengalami fluktuasi dalam satu dekade terakhir. Pada 2011, jumlah produksi kopi sebesar 638,6 ribu ton. Angka produksi kopi Indonesia sempat naik 8,23% menjadi 691,16 ribu ton pada 2012. Hanya saja, jumlahnya kembali turun hingga sebesar 639,4 ribu ton pada 2015. Produksi kopi baru naik lagi setahun setelahnya menjadi sebanyak 663,9 ribu ton. Kenaikan itu pun berlanjut hingga mencapai angka tertingginya pada 2021. Adapun, Sumatera Selatan menjadi produsen kopi terbesar di Indonesia lantaran menghasilkan 201,4 ribu ton. Setelahnya ada Lampung dengan produksi kopi sebesar 118 ribu ton. Produksi kopi di Sumatera Utara sebanyak 76,80 ribu ton. Sementara, Aceh dan Bengkulu

masing-masing menghasilkan kopi sebanyak 74,20 ribu ton dan 62,40 ribu ton.

Berdasarkan banyaknya jumlah kopi yang ada, maka pengolahan kopi akan menghasilkan banyak limbah. Limbah buah kopi biasanya berupa daging buah yang secara fisik komposisi mencapai 48%, terdiri dari kulit buah 42% dan kulit biji 6%. Sementara produksi kulit kopi yang dihasilkan dalam pengolahan cukup besar yaitu 40-45%. Padahal kandungan kulit kopi masih cukup bagus, yaitu protein kasar 10,4%, serat kasar 17,2% (Zainuddin et al 1995).

Menurut Sarjoko (1991), bioetanol dapat diproduksi oleh mikroorganisme secara terus-menerus. Produksi bioetanol di berbagai negara telah dilakukan dengan menggunakan bahan baku yang berasal dari hasil pertanian dan perkebunan. Melyani (2009) juga menyatakan bahwa, berbagai upaya telah dilakukan untuk mencari bahan bakar alternatif lain dari sektor non pangan untuk pembuatan bioetanol, bahan selulosa memiliki potensi sebagai bahan baku alternatif pembuatan etanol. Salah satu contohnya adalah limbah kulit kopi, karena ketersediaan limbah kulit kopi cukup besar, pada pengolahan kopi akan menghasilkan 65% biji kopi dan 35% limbah kulit kopi..

Limbah kulit kopi berpeluang besar untuk dijadikan sebagai bahan baku dalam pembuatan bioetanol. Menurut Ardiyanto dan Zainuddin (2015), pembuatan bioetanol dari bahan yang mengandung selulosa ini dapat dilakukan dengan proses fermentasi. Fermentasi yang merupakan proses pemecahan senyawa-senyawa organik oleh mikroorganisme pada keadaan anaerob untuk menghasilkan suatu produk atau senyawa organik yang lebih sederhana (Abercromie, 1993). Salah satu mikroorganisme yang bisa membantu proses fermentasi bioetanol adalah *saccharomyces cerevisiae*.

Menurut Azizah et al (2012), *saccharomyces cerevisiae* mempunyai keunggulan dibandingkan mikroorganisme lain yang digunakan pada fermentasi. *saccharomyces cerevisiae* lebih mudah beradaptasi dengan lingkungan hidupnya, lebih tahan terhadap kadar alkohol yang tinggi, dan lebih mudah ditemukan.

Ragi tape banyak dijumpai dipasar tradisional. Pada ragi pasar merupakan kumpulan dari bermacam-macam mikroba yang mempunyai fungsi-fungsi tertentu dalam

proses fermentasi (Anonim, 2011). Menurut Rahman (2011), ragi padat dalam keadaan normal lebih cepat rusak dan akan kehilangan daya peragiannya, ragi harus disimpan pada suhu 4,5°C. Kondisi ragi akan semakin buruk apabila disimpan pada udara yang panas karena akan menyerap panas dan kemudian akan beremah. Menurut Maria, (2021) pengaktifan ragi ialah agar mampu melakukan proses perubahan gula menjadi alkohol.

Pada peneliti terdahulu terkait produksi bioetanol dari limbah kulit kopi telah dilakukan oleh (Siswati dkk, 2011), penelitian pembuatan bioetanol dari kulit kopi, menunjukkan bahwa kulit kopi dapat digunakan sebagai bahan baku alternatif pembuatan bioetanol dengan proses hidrolisis dan fermentasi. Proses fermentasi dengan penambahan starter 11% dan waktu fermentasi 7 hari menghasilkan bioetanol berkadar 9,04%. Pada proses fermentasi ini bakteri *Zymomonas mobilis* mampu mengkonversi glukosa sebesar 97,99%, dan yield etanol diperoleh sebesar 51,02%. Sedangkan proses destilasi yang dilakukan selama 8 jam menghasilkan bioetanol dengan kadar 38,68%.

Peneliti lain oleh Febrina, dkk (2020), menunjukkan bahwa kadar bioetanol tertinggi diperoleh dari penggunaan 15 gram ragi yaitu 1,46% sedangkan kadar terendah diperoleh pada 3 gram ragi sebesar 0,35%. Rendemen bioetanol tertinggi ialah sebesar 32,71% dengan penggunaan 15 gram ragi *Saccharomyces Cerevisiae*, sedangkan rendemen bioetanol terendah terdapat pada sampel dengan 3 gram *Saccharomyces Cerevisiae* yaitu 29,43%.

Retanabun, dkk (2018), melaporkan destilasi pertama kulit kopi menghasilkan etanol 17% dengan volume 1.100 ml, pada waktu destilasi 20 menit sudah tidak ada etanol yang menetes, pada destilasi kedua diperoleh kadar etanol 49% dengan volume 650 ml dengan lama fermentasi 11 menit, dan pada destilasi ketiga diperoleh kadar etanol 65% dengan volume 340 ml dengan waktu fermentasi 9 menit dan suhu 80-90°C.

Syabriana (2018), melaporkan penggunaan kedua medium fermentasi yaitu *Saccharomyces cerevisiae* dan *zimomonas mobilis* pada proses pembentukan etanol mampu menghasilkan hasil yang optimum, dan variasi temperature dan derajat keasaman (pH) dapat meningkat seiring dengan meningkatnya jumlah etanol.

Effendi dan Miftah (2020), melaporkan kandungan lignin selulosa pada limbah kulit kopi dapat digunakan sebagai bahan baku alternatif dalam pembuatan bioetanol dengan proses pretreatment, hidrolisis, fermentasi dan destilasi. *Saccharomyces Cerevisiae* berpotensi tinggi dalam produksi bioetanol karena menghasilkan kadar bioetanol sebesar 65% dan waktu fermentasi yang lebih singkat umumnya selama 2 hari, sedangkan pada *Zymomonas mobilis* waktu fermentasi yang dibutuhkan umumnya selama 7 hari.

Berdasarkan latar belakang diatas, maka peneliti tertarik untuk melakukan penelitian tentang “lama waktu pengaktifan ragi untuk fermentasi kulit kopi arabika menjadi bioetanol”.

1.2 Rumusan Masalah

1. Berapa lama waktu pengaktifan ragi untuk proses fermentasi kulit kopi arabika?
2. Berapa volume etanol yang dihasilkan dari proses destilasi kulit kopi arabika?

1.3 Tujuan Penelitian

1. Mengetahui lama pengaktifan ragi untuk proses fermentasi kulit kopi arabika.
2. Mengetahui volume yang diperoleh dalam proses destilasi kulit kopi arabika.

1.4 Manfaat Penelitian

1. Mengurangi banyaknya limbah kulit kopi.
2. Memberikan nilai tambah dari limbah padat kopi dengan menjadikan sebagai bahan baku alternatif untuk pembuatan bioetanol.
3. Memberi informasi tentang teknologi fermentasi bioetanol dari limbah kulit kopi.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Deskripsi Limbah Kopi

Di Indonesia perkebunan kopi terdiri dari perkebunan rakyat dan perkebunan industri.



Gambar 2.1 : Kulit Kopi (Sumber : Skoppi)

Kopi merupakan salah satu komoditas yang sangat menjanjikan, karena kopi Indonesia sangat terkenal di seluruh dunia. Menurut Ditjen perkebunan, Kementan (2021), menyebutkan bahwa produksi kopi yang dihasilkan sebagian besar di ekspor dengan volume ekspor tahun 2021 sebesar 382,93 ribu ton dan memberikan kontribusi devisa senilai Rp. 12,35 T. Hal ini membuktikan kopi menjadi salah satu komoditas unggulan. Berkembangnya pengolahan kopi baik skala kecil atau skala industri tentunya akan menghasilkan hasil sampingan dari pengolahan kopi tersebut yaitu salah satunya adalah limbah kulit kopi (Budiari, 2009).

Dari pengolahan kopi akan limbah kulit kopi merupakan salah satu limbah pertanian yang memiliki kandungan nutrisi yang relatif tinggi. Limbah ini sangat potensial sebagai salah satu bahan dasar pembuatan bioetanol. Limbah kulit kopi mempunyai kandungan serat sebesar 65,2% (Siswati et al., 2012). Komponen serat pada kulit kopi yaitu 49% selulosa, 24,5% hemiselulosa, dan lignin 7,63% (Diniyah et al., 2013). Kulit kopi sendiri memiliki kandungan nutrisi protein 9,94%, serat kasar 18,17%, lemak 1,97%, abu 11,28%, fosfor 0,20%, calcium 0,68%, total digestible nutrient 50,6% dan gross energi 3306 (Budiari, 2009).

Kulit kopi adalah bagian terluar dari buah kopi yang memiliki kandungan pada bagian eksokarp, mesokarp dan kulit ari. Pada bagian kulit kopi terluar (mesokarp), daging buah, dan kulit ari mengandung mineral (10,7%), protein (5,2%), karbohidrat (35%), serat (30,8), selain itu kulit kopi mengandung beberapa senyawa seperti kafein dan polifenol (Kurniawati, 2015).

Potensi limbah yang diperoleh dari tahapan pengolahan kopi merupakan kulit kopi yang terdiri atas kulit buah basah, limbah cair yang mengandung lensir, dan kulit gelondong kering maupun cangkang kering. Limbah sampingan berupa kulit kopi jumlahnya berkisar antara 50-60 persen dari hasil panen. Jika hasil panen sebanyak 1000 kg kopi segar berkulit, maka yang menjadi biji sekitar 400-500 kg dan sisanya adalah hasil sampingan berupa kulit kopi. (Effendi & Harta, 2014).

2.2 Kopi Arabika

Kopi jenis arabika merupakan kopi yang paling pertama masuk ke Indonesia. Kopi ini

dapat tumbuh pada ketinggian optimum sekitar 1.000 sampai 1.200 mdpl. Semakin tinggi lokasi penanaman, citarasa yang dihasilkan oleh bijinya semakin baik, selain itu kopi jenis ini sangat rentan pada penyakit karat daun yang disebabkan oleh cendawan *Hemelia Vastatrix*, terutama pada ketinggian kurang dari 600-700 mdpl. Karat daun ini dapat menyebabkan produksi dan kualitas biji kopi menjadi turun (Indrawanto et.al,2010). Oleh sebab itu, perkebunan kopi arabika hanya terdapat pada beberapa daerah tertentu.



Gambar 2.2 : Kopi Arabika
(Sumber : Rimbakita.com)

Kopi arabika dapat tahan terhadap masa kering yang berat, walaupun kopi ini tidak memerlukan bulan kering. Hal ini dikarenakan kopi arabika ditanam pada elevasi yang tinggi (700-1700 dpl), suhu 16-20°C, dan relatif lebih lembab serta akarnya lebih dalam dari pada kopi robusta.

Klasifikasi tanaman kopi arabika (*Coffea arabica* L.) Menurut Rahardjo (2012) adalah sebagai berikut :

Kingdom : Plantae
Subkingdom : Tracheobionta
Super Divisi : Spermatophyta
Divisi : Magnoliophyta
Kelas : Magnoliophyta
Sub Kelas : Asteridae
Ordo : Rubiales
Famili : Rubiaceae
Genus : *Coffea*
Spesies : *Coffea arabica* L.

Karakteristik morfologi yang khas pada kopi arabika adalah tajuk yang kecil, ramping, ada yang bersifat rapuh dan ukuran daun yang kecil. Biji kopi arabika memiliki beberapa karakteristik yang khas dibandingkan biji jenis kopi lainnya, seperti bentuknya yang

agak memanjang, bidang cembungnya tidak terlalu tinggi, lebih bercahaya dibandingkan dengan jenis lainnya, ujung biji mengkilap, dan celah tengah dibagian datarnya berlekuk (Panggabea 2011).

2.3 Bioetanol

Bioetanol merupakan salah satu jenis biofuel (bahan bakar cair dari pengolahan tumbuhan) di samping biodiesel. Bioetanol adalah etanol yang dihasilkan dari fermentasi glukosa (gula) yang dilanjutkan dengan proses destilasi (Wardani, 2018). Proses destilasi dapat menghasilkan etanol dengan kadar 95%. Etanol yang akan digunakan sebagai bahan bakar perlu lebih dimurnikan lagi hingga 99% yang lazim disebut fuel grade ethanol (FGE), (Radita, 2018).

Bioetanol berasal dari sumber nabati terbarukan, sumber nabati yang dapat dijadikan bahan baku bioetanol adalah bahan-bahan nabati yang dapat mengalami proses fermentasi untuk menghasilkan bioetanol. Selain itu, bioetanol dapat diperoleh rekasi kimia dengan cara reaksi dengan steam. Bioetanol merupakan etanol yang diproduksi dengan cara fermentasi menggunakan bahan baku nabati. Sedangkan etanol adalah senyawa organik golongan alkohol yang mengandung gugus hidroksi (OH) dengan rumus kimia $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$. Etanol merupakan zat cair, tidak berwarna, berbau spesifik, mudah terbakar dan menguap, dapat bercampur dengan air dengan segala perbandingan.

Sifat-sifat fisik etanol

1. Rumus molekul : $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$
2. Berat molekul : 46,07 gram/mol
3. Titik didih pada 1 atm : 78,4°C
4. Titik beku : -112°C
5. Bentuk dan warna : Cair tidak berwarna

Sifat-sifat kimia etanol

1. Bobot molekul rendah sehingga larut dalam air
2. Diperoleh dari fermentasi gula
Pembentukan etanol
 $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 \rightarrow 2 \text{C}_2\text{H}_5\text{OH} + 2 \text{CO}_2$
Glukosa Etanol Karbon dioksida (gas)
3. Pembakaran etanol menghasilkan CO_2 dan H_2O

Pembakaran etanol $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH} + 3\text{O}_2 \rightarrow 2\text{CO}_2 + 3\text{H}_2\text{O} + \text{energi}$

Menurut Ashriyani (2009) spesifikasi alkohol didasarkan pada kadar alkohol dapat dibagi menjadi tiga tingkatan, yaitu :

1. Kadar 90-96,5% adalah bioetanol yang digunakan pada industri.
2. Kadar 96-99,5% adalah bioetanol yang digunakan sebagai campuran miras dan bahan dasar industri farmasi.
3. Kadar 99,5-100% yaitu alkohol yang digunakan sebagai bahan campuran bahan bakar untuk kendaraan.

Etanol ialah bahan bakar yang akan ramah lingkungan, karena selain sebagai sumber energi terbarukan tak beracun (Tidak mengandung bahan beracun seperti TEL, MTBE, dan ETBE), etanol juga mengeluarkan sedikit (rendah) emisi gas buang seperti CO, Nox, Sox, dan partikel debu yang berbahaya bagi manusia dan lingkungan.

2.4 Fermentasi

Fermentasi adalah proses terjadinya penguraian senyawa-senyawa organik untuk menghasilkan energi serta terjadi perubahan substrat menjadi produk baru oleh mikroba (Madigan et al, 2011). Fermentasi merupakan suatu proses terjadinya perubahan kimia pada suatu substrat organik melalui aktivitas enzim yang dihasilkan oleh mikroorganisme (Suprihatin, 2010).

Fermentasi dapat dilakukan dengan dua cara, yaitu spontan dan tidak spontan. Fermentasi spontan adalah yang tidak ditambahkan mikroorganisme dalam bentuk starter atau ragi dalam proses pembuatannya, sedangkan fermentasi tidak spontan adalah yang ditambahkan starter atau ragi dalam proses pembuatannya. Mikroorganisme tumbuh dan berkembang secara aktif merubah bahan yang difermentasi menjadi produk yang diinginkan pada proses fermentasi (Suprihatin, 2010).

Proses optimum fermentasi tergantung pada jenis organismenya. Faktor yang mempengaruhi proses fermentasi adalah suhu, pH awal fermentasi, inokulum, substrat dan kandungan nutrisi medium.

Menurut (Afrianti, 2013), Faktor-faktor yang mempengaruhi proses fermentasi :

a. Keasaman (pH)

Tingkat keasaman sangat berpengaruh dalam perkembangan bakteri. Kondisi keasaman yang baik untuk pertumbuhan bakteri adalah 4-5.

b. Mikroba

Fermentasi biasanya dilakukan dengan menggunakan kultur murni yang dihasilkan di laboratorium. Kultur ini disimpan dalam keadaan kering atau

dibekukan. Berbagai macam jasad renik digunakan untuk proses fermentasi antara lain yeast. Yeast tersebut dapat berbentuk bahan murni pada media agar-agar dalam bentuk dry yeast yang diawetkan.

c. Suhu

Suhu fermentasi sangat menentukan macam mikroba yang dominan selama fermentasi. Tiap mikroorganisme memiliki suhu pertumbuhan optimal, yaitu suhu yang memberikan pertumbuhan terbaik dan memperbanyak diri secara tercepat. Pada suhu 30°C mempunyai keuntungan terbentuk alkohol lebih banyak karena ragi bekerja optimal pada suhu itu.

d. Oksigen

Udara atau oksigen selama proses fermentasi harus diatur sebaik mungkin untuk memperbanyak atau menghambat mikroba tertentu. Setiap mikroba membutuhkan oksigen yang berbeda jumlahnya untuk pertumbuhan atau membentuk sel baru dan untuk fermentasi.

2.5 Penelitian Terdahulu

Penelitian- penelitian tentang produksi bioetanol dari kulit kopi yang telah dilakukan oleh peneliti lain adalah :

Pertama, penelitian yang dilakukan oleh Siswati, dkk (2011) yang berjudul “Bioetanol dari Limbah Kulit Kopi dengan Proses Fermentasi”. Proses pengolahan biji kopi, akan menghasilkan 35% limbah kulit kopi yang merupakan sumber bahan organik berkadar selulosa dan tersedia melimpah di Indonesia, sehingga limbah kulit kopi dapat dimanfaatkan menjadi bioetanol. Proses pembuatan bioetanol dilakukan dengan menghidrolisis kulit kopi menjadi glukosa menggunakan katalis H_2SO_4 dan HCl. Selanjutnya glukosa difermentasi menjadi bioetanol menggunakan bakteri *Zymomonas mobilis*. Variabel yang diteliti adalah waktu fermentasi dan konsentrasi starter *Zymomonas mobilis*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kulit kopi dapat digunakan sebagai bahan baku alternatif pembuatan bioetanol dengan proses hidrolisis dan fermentasi. Hasil pada konsentrasi starter 11 %, waktu fermentasi 7 hari menghasilkan bioetanol sebanyak 51,02% dengan kadar 38,68%.

Kedua penelitian Syabriana (2018), yang berjudul “ Produksi Bioetanol Dari Limbah Kulit Kopi Menggunakan *Zymomonas*

Mobilis Dan *Saccharomyces Cerevisiae*". Proses pembuatan bioetanol dilakukan dengan menghidrolisis limbah kulit kopi menjadi glukosa menggunakan katalis HCl. Selanjutnya glukosa difermentasikan menjadi bioetanol menggunakan bakteri *Saccharomyces cerevisiae* dan *Zymomonas Mobilis*. Variabel yang diteliti adalah waktu fermentasi 5, 7 dan 9 hari, konsentrasi starter 5%, 10% dan 15% dan rasio kombinasi enzim *Saccharomyces cerevisiae* dan *Zymomonas mobilis* (1:2,1:1,2:1). Hal ini disebabkan karena pada setiap waktu fermentasi dari masing-masing konsentrasi enzim, mengalami kenaikan nilai alkohol, yang berkisar antara 4% sampai dengan 8% pada rasio enzim yaitu 1:1. Penelitian ini diharapkan dapat menemukan kondisi yield dan kadar etanol terbaik jika dibandingkan dengan tanpa kombinasi enzim.

Ketiga penelitian Febrina, dkk (2020), yang berjudul "Pengaruh Variasi Ragi *Saccharomyces Cerevisiae* Terhadap Kadar Bioetanol Berbahan Dasar Limbah Kulit Kopi Arabika (*Coffea arabica* L)". Tujuan penelitian ini adalah mengetahui pengaruh variasi massa ragi *Saccharomyces cerevisiae* terhadap kadar bioetanol limbah kulit kopi arabika. Metode yang digunakan terdiri dari beberapa tahap yaitu pretreatment, hidrolisis, fermentasi, destilasi, dan penentuan kadar bioetanol menggunakan kromatografi gas. Kadar bioetanol yang diperoleh pada 25 g limbah kulit kopi dengan variasi massa ragi 3, 9, dan 15 g pada 3 hari fermentasi yaitu 0,35%; 0,57%; dan 1,46%. Kadar bioetanol tertinggi diperoleh sebesar 1,46% pada penambahan 15 g massa ragi *Saccharomyces cerevisiae* dengan waktu fermentasi selama 3 hari.

Keempat, Septiani, dkk (2020) yang berjudul "Perbandingan Metode Produksi Bioetanol Dari Kulit Kopi". Akan menghasilkan biji kopi sebanyak 65%. Tujuan dari penelitian ini yaitu mengetahui waktu fermentasi optimal untuk menghasilkan bioetanol dengan kadar yang tinggi menggunakan mikroorganisme *Saccharomyces cerevisiae* dan *Zymomonas mobilis*. Metode penelitian yang dilakukan adalah penelusuran pustaka dengan mencari sumber dalam bentuk data sekunder dengan mengakses situs jurnal nasional dan internasional. Hasil perbandingan bioetanol kulit kopi menggunakan *Saccharomyces cerevisiae* dan *Zymomonas mobilis*, yaitu

kadar bioetanol yang paling tinggi dihasilkan sebesar 65% dan waktu fermentasi yang lebih singkat umumnya selama 2 hari dengan bantuan *Saccharomyces cerevisiae*, sedangkan pada *Zymomonas mobilis* waktu fermentasi yang dibutuhkan umumnya lebih lama yaitu selama 7 hari.

Kelima, penelitian Retanubun, dkk (2018) yang berjudul "Pemanfaatan Limbah Kulit Kopi Arabika (*Arabica Coffe*) Dijadikan Bioetanol". Bahan yang digunakan dalam penelitian ini, 1.000 gram kulit kopi arabika kering, asam klorida 500 ml, 1.000 ml tetes tebu, 150 gram Urea, 150 gram ragi, 150 gram NPK (kandungan N:15%, P:15%, K:15%). Proses hidrolisis dilakukan selama 60 menit dengan suhu 80-90°C. Fermentasi dilakukan selama 7 hari, dan ditambahkan cairan fermentor yaitu 150 gram Urea, 150 gram ragi, 150 gram NPK (kandungan N:15%, P:15%, K:15%) yang di encerkan dengan 100 ml aquades dan ditambahkan tetes tebu 1000 ml, di aduk secara merata dan diberi penutup wadah yang kedap udara. Cairan fermentasi yang didapatkan yaitu 2000 ml setelah penyaringan. Proses destilasi menggunakan destilator mini kapasitas 5 liter. Data hasil destilasi yaitu, destilasi pertama menghasilkan kadar etanol 17% dengan volume 1.100 ml dengan waktu 20 menit, destilasi kedua menghasilkan kadar etanol 49% dengan volume 650 ml dengan waktu 11 menit, dan destilasi ketiga menghasilkan kadar etanol 65% dengan volume 340 ml dalam waktu 9 menit dengan suhu 80-90°C.

3. METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini akan dilaksanakan selama dua bulan yaitu pada bulan Mei dan Juni 2022 di Laboratorium Kimia Jurusan Teknik Kimia Universitas Bosowa Makassar.

3.2 Alat dan Bahan Penelitian

Adapun alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu :

3.2.1 Alat Penelitian

Alat yang digunakan yaitu :

1. Neraca Analitik
2. Saringan (Kain Flanel)
3. Panci
4. Ayakan 60 Mesh
5. Pemanas
6. Gelas Ukur
7. Gelas Beker
8. Kromatografi Gas-Spektrometri Massa (GC-MS)

9. Alat Destilasi
10. Blender
11. Wadah
12. Thermometer

3.2.2 Bahan Penelitian

Bahan yang digunakan yaitu :

1. Kulit Kopi Arabika
2. Ragi Tape
3. Asam Klorida
4. Aquadest

3.3 Metode Penelitian

Penelitian ini dilakukan untuk membuat bioetanol dari limbah kulit kopi arabika, dimulai dari persiapan bahan baku dilanjutkan dengan proses pengaktifan ragi, proses fermentasi dan proses destilasi, serta tahapan akhir yaitu pengujian kadar etanol dan pH.

3.4 Penetapan Variabel

a. Variabel Tetap

- Kulit Kopi Arabika : 500 gram
- HCl : 20%
- Ragi Tape : 150 gram

b. Variabel Berubah

- Pengaktifan ragi : (5,10,15) menit
- Perbandingan volume substrat dengan tangki

3.5 Prosedur Kerja

Prosedur kerja pada penelitian kali ini dibagi menjadi beberapa tahap yaitu :

1. Persiapan Bahan Baku

Kulit kopi terlebih dahulu dibersihkan dan dicuci dengan air kemudian dilanjutkan dengan proses pengeringan kulit kopi secara manual yang memerlukan waktu 2-3 hari untuk bisa kering total dengan dijemur di panas matahari. Setelah kering total dihaluskan menggunakan blender kemudian di saring menggunakan ayakan 60 mesh.

2. Proses Hidrolisis

Serbuk kulit kopi ditimbang sebanyak 500 gram, kemudian ditambahkan aquadest dan katalis asam HCl dengan konsentrasi 20% w/v hingga total larutan menjadi 2 liter, kemudian dimasukkan kedalam labu hidrolisis dan dilakukan hidrolisis dengan suhu 80°C selama 2 jam, dan disaring.

3. Proses Pengaktifan Ragi

Proses pengaktifan ragi 150 gram ditambahkan air hangat dengan suhu 40°C dengan perbandingan 1:10 dengan variasi waktu 5,10 dan 15 menit.

4. Proses Fermentasi

Ambil filtrat dari proses hidrolisis sebanyak 1.000 ml, dan ditambahkan ragi yang telah diaktifkan dengan waktu optimum 15 menit sebanyak 200 ml, 400 ml, 600 ml dan 800 ml kedalam wadah diaduk rata hingga homogen, dan ditutup dengan rapat. Fermentasi dilakukan selama 9 hari dengan suhu fermentasi 30°C. Larutan hasil fermentasi diambil untuk uji pH.

5. Proses Destilasi

Filtrat hasil fermentasi dimasukkan kedalam labu leher dengan variasi volume 1.200 ml, 1.400 ml, 1.600 ml dan 1.800 ml, lalu dipasangkan pada alat destilasi dengan volume destilasi sekitar 2.000 ml kemudian dihubungkan dengan pemanas dengan suhu destilator 80-90°C, lalu amati waktu destilasi pada saat etanol mulai menetes hingga dengan waktu 60 menit. Hasil destilasi kemudian dilakukan analisis kadar alkoholnya dan pH.

3.6 Uji Karakteristik

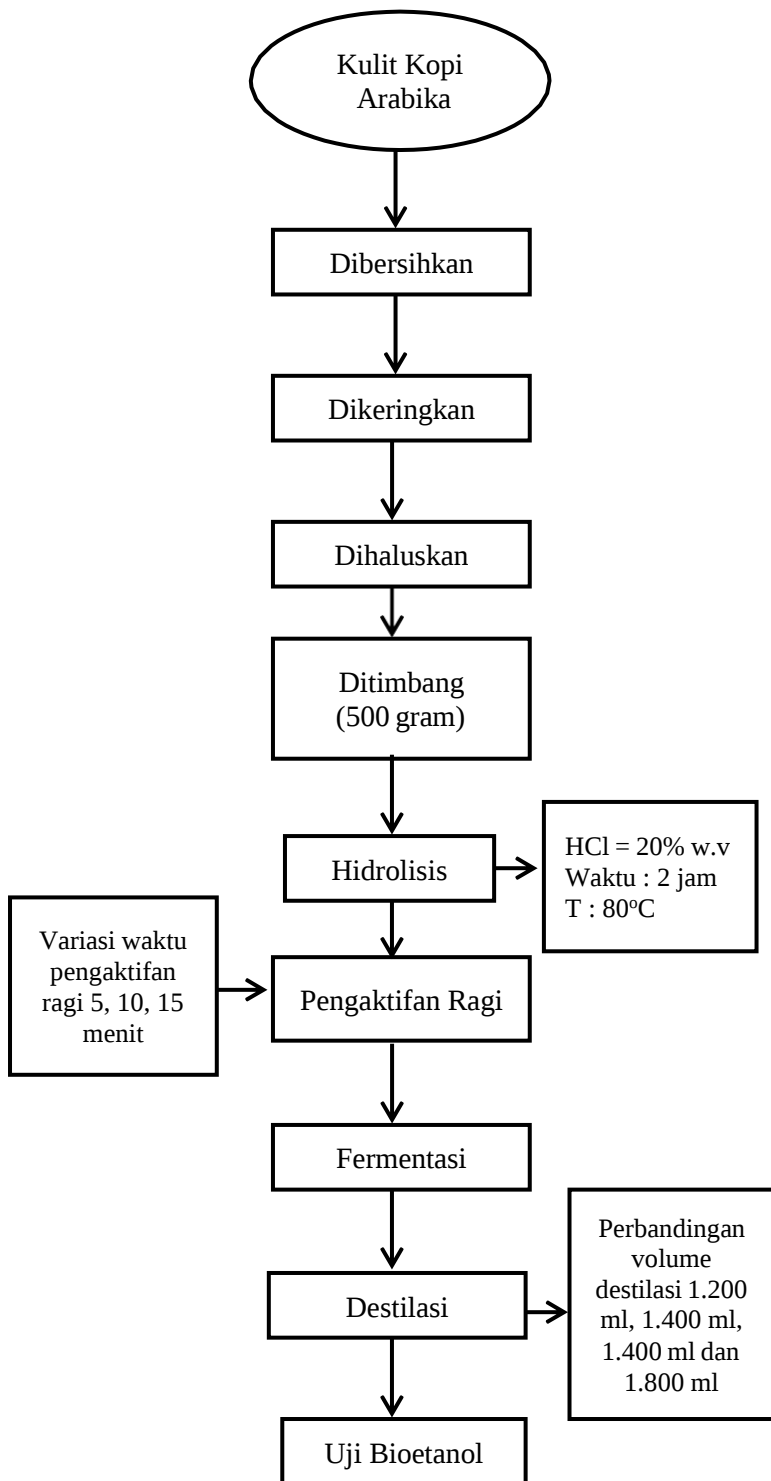
1. Pengujian Kadar Etanol

Destilasi yang dilakukan bertujuan untuk memisahkan air dengan etanol. Destilasi dilakukan dengan volume destilasi yang berbeda yaitu 1.200 ml, 1.400 ml, 1.600 ml dan 1.800 ml, menggunakan destilator sederhana. Pengujian kadar etanol menggunakan alat Kromatografi Gas-Spektrometri Massa (GC-MS). Kromatografi Gas-Spektrometri Massa (GC-MS) merupakan gabungan antara alat kromatografi gas dan spektrometri massa. GC-MS adalah salah teknik yang digunakan untuk mendeteksi senyawa-senyawa yang mudah menguap dan menentukan bobot molekul serta rumusnya.

2. Uji pH

Sampel hasil bioetanol diuji menggunakan kertas pH universal. Pengukuran ini dicelupkan sehelai kertas indikator ke dalam larutan yang akan kamu ukur pH-nya. Jika berubah menjadi merah, berarti larutan tersebut asam, jika berwarna biru, maka larutan tersebut basa. Kemudian dalam wadah pH indikator universal terdapat skala perubahan warna dari pH 0-14 pada bagian belakang wadah. Cocokkan warna pada pH indikator yang telah kita gunakan untuk menguji larutan dengan warna pada skala tersebut.

3.7 Diagram Alir Penelitian



Gambar 3.1 Diagram Pembuatan Bioetanol

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Etanol atau etil alkohol dapat dihasilkan dari pemecahan substrat yang mengandung pati atau gula tinggi melalui proses fermentasi oleh khamir sebagai biokatalis. Umumnya pada fermentasi yang berbahan baku molases digunakan adalah ragi tape. Ragi tape

merupakan populasi campuran yang terdiri dari spesies-spesies genus *Aspergillus*, *Saccharomyces*, *Candida*, *Hansenulla*, dan bakteri *Acetacter*.

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan menunjukkan bahwa kulit kopi arabika dapat menghasilkan bioetanol dengan proses hidrolisis, fermentasi dan destilasi. Dalam penelitian ini digunakan asam HCl pada proses hidrolisis. Ragi diaktifkan sebelum digunakan yang berbeda-beda. Perbandingan komposisi ragi tape 150 gram dan 1.500 ml air (1:10), kemudian dipilih waktu optimum pengaktifan ragi yang terbaik yaitu 15 menit. Pada proses fermentasi ditambahkan hasil pengaktifan ragi dengan waktu optimum 15 menit dan difermentasi selama 9 hari. Untuk proses destilasi ini dilakukan variasi volume destilasi 1.200 ml, 1.400 ml, 1.600 ml dan 1.800 ml. Untuk mengetahui kadar etanol yang dihasilkan, maka dilakukan pengukuran atau uji kadar bioetanol dan uji pH pada sampel dengan menggunakan alat Kromatografi Gas-Spektrometri Massa (GC-MS) dan kertas pH universal.

4.1 Pengaktifan Ragi

Pada proses pengaktifan ragi dilakukan 3 variasi waktu yaitu 5 menit, 10 menit dan 15 menit. Waktu yang terlama pada variasi waktu adalah 15 menit karena banyaknya gelembung-gelembung udara yang muncul dipermukaan larutan yang menandakan bahwa ragi telah aktif dan siap untuk digunakan. Sedangkan pada waktu 5 menit dan 10 menit tidak memiliki gelembung-gelembung sehingga dipilih hasil pengaktifan ragi dengan waktu optimum yaitu 15 menit yang ditambahkan kedalam proses fermentasi.

Tabel 1. Variasi Waktu Pengaktifan Ragi

Variasi Waktu Pengaktifan Ragi (Menit)	Pengamatan Fisik
5	Tidak ada gelembung
10	Tidak ada gelembung
15	Ada gelembung

Perbandingan ragi aktif dan ragi tidak aktif dapat diketahui dengan kualitas ragi dari bahan ini. Menurut Fitrianti (2021), ragi yang masih aktif dapat dilihat dengan menggunakan air hangat dengan suhu 40°C, yang dapat menghasilkan buih atau gelembung sehingga digunakan pada fermentasi karena mampu menghasilkan jamur dengan jenis

Saccharomyces cerevisiae ini memiliki enzim zimase dan invertase yang mempunyai daya konversi gula menjadi etanol. Enzim invertase memiliki fungsi sebagai pemecah sukrosa menjadi bentuk monosakarida atau glukosa dan fruktosa. Sedangkan enzim zimase dapat mengubah glukosa menjadi bentuk etanol alkohol dan CO₂.

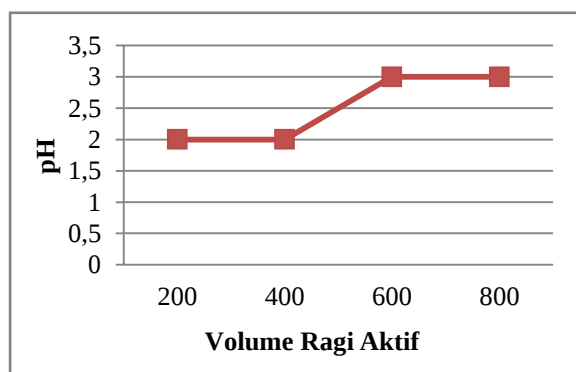
Sedangkan ragi yang tidak aktif ialah tidak dapat menghasilkan buih atau gelembung sehingga tidak dapat digunakan dalam media fermentasi karena tidak ada enzim yang dihasilkan untuk mengubah glukosa menjadi bentuk etanol.

4.2 Fermentasi Menggunakan Variasi Waktu Pengaktifan Ragi

Tabel 2. Fermentasi menggunakan variasi waktu pengaktifan ragi

Massa Kulit	Fitrat Hasil	Waktu Aktif Ragi	Volume Ragi Aktif	pH Setelah Fermentasi	Aroma	Warna
Kopi (Gram)	Hidrolisis (ml)	(Menit)	(ml)			
500	1.000	15	200	2	Kurang Menyengat	Coklat
			400	2	Kurang Menyengat	Coklat
			600	3	Menyengat	Coklat
			800	3	Menyengat	Coklat

Berikut ini grafik setelah fermentasi:



Grafik 1. Tingkat keasamaan (pH) setelah fermentasi

Setelah melakukan proses fermentasi kemudian mengukur pH pada masing-masing sampel sesuai dengan data pada tabel diatas yang menunjukkan bahwa pada penambahan volume aktif ragi 200 ml dan 400 ml dengan 1.000 ml hasil hidrolisis memiliki kadar pH bernilai 2 dengan aroma yang kurang menyengat, sedangkan pada penambahan

volume aktif ragi 600 ml dan 800 ml dengan 1.000 ml hasil hidrolisis memiliki kadar pH bernilai 3 dengan aroma yang menyengat. Berdasarkan sifat yang dihasilkan pada hasil fermentasi tersebut menunjukkan nilai pH dan aroma masing-masing sampel yang tidak terlalu jauh sehingga masing-masing sampel kemudian dilanjutkan dengan proses destilasi.

Pada penelitian ini menggunakan hidrolisis secara kimiawi dengan asam HCl sebagai katalis. Kemudian dilanjutkan dengan waktu proses fermentasi selama 9 hari, mikroorganisme yang digunakan pada proses fermentasi ini adalah ragi tape yang diaktifkan menggunakan waktu 15 menit kemudian ditambahkan dengan larutan hasil hidrolisis. Menurut Sulaiman (2016), faktor yang mempengaruhi kadar bioetanol adalah lama waktu fermentasi. Hal ini disebabkan faktor kondisi mikroba yang masih hidup, tetapi nutrisi atau unsur-unsur yang ada dalam medium dan juga faktor lingkungan yang kurang mendukung. Lama waktu fermentasi akan mempengaruhi perombakan karbohidrat menjadi gula-gula sederhana yang digunakan mikroba untuk membentuk etanol. Selain itu mikroba mempunyai kemampuan untuk membentuk kadar etanol secara terbatas sehingga apabila waktu fermentasi ditambah lama maka kadar etanol akan tetap tidak mengalami kenaikan, mikroba sudah tidak aktif yang disebabkan habisnya substrat, maka proses fermentasi atau pembentukan etanol akan berhenti.

Berdasarkan hasil uji tingkat keasaman (pH) dengan menggunakan kertas pH, diketahui bahwa variasi waktu aktif ragi dan lama fermentasi berpengaruh terhadap pH. Dari tabel 1, diatas dapat diketahui bahwa pengujian pH sebelum destilasi didapatkan masing-masing pH yaitu 2, 2, 3, dan 3. Dan dapat dilihat bahwa masing-masing sampel juga memiliki aroma kurang menyengat dan menyengat diakibatkan banyaknya hasil pengaktifan ragi dengan waktu 15 menit yang ditambahkan pada proses fermentasi. Sedangkan warna pada fermentasi masing-masing sampel berwarna coklat ini diakibatkan dari kulit kopi arabika yang digunakan.

Faktor lain yang mempengaruhi kadar etanol adalah karena belum dilakukan proses penghilang lignin yang dapat menghambat fermentasi selulosa. Penelitian sebelumnya menunjukkan kandungan lignin pada limbah kopi tidak dapat didegradasi oleh penambahan

jamur *Aspergillus niger* dan *Tricoderma viride*. Meskipun pendapat Murni, dkk (2008), Menyatakan bahwa mikroorganisme yang ideal dalam biokonversi lignoselulosa menjadi pakan ternak adalah mikroorganisme yang mempunyai kemampuan besar dalam mendekomposisi lignin tetapi rendah daya degradasinya terhadap selulosa dan hemiselulosa, akan tetapi tidak menyebutkan apakah jamur *Aspergillus niger* dan *Tricoderma viride* termasuk mikroba yang ideal dalam mendegradasi lignin.

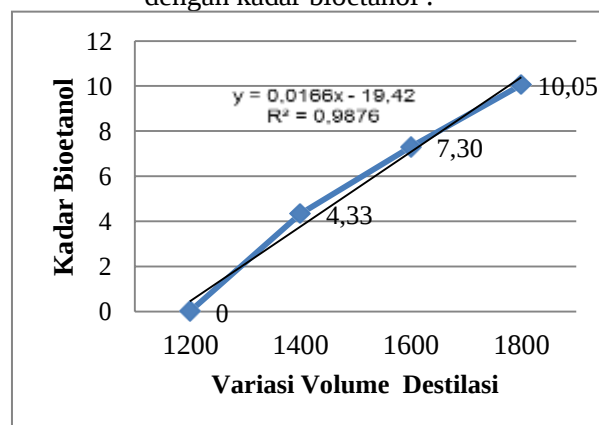
Lignin merupakan bahan yang menghambat konversi lignoselulosa menjadi etanol (Bahadori, 2014). Lignin menyelubungi selulosa, sehingga glukosa sulit terbentuk. Pemecahan atau pelonggaran struktur kimia lignin merupakan metode meningkatkan kinerja enzim untuk mempercepat konversi selulosa. Semakin rendah kandungan lignin semakin tinggi tingkat pencernaan zat makanan dan semakin besar positif peluang untuk dimanfaatkan sebagai sumber bahan pakan.

4.3 Destilasi Bioetanol

Tabel 3. Variasi volume destilasi

Variasi Volume Destilasi (ml)	Waktu Destilasi (Menit)	Suhu (°C)	Hasil Destilasi (ml)	Kadar Bioetanol			pH
				%	ml	Gram	
1.200	60	80-90	100	0%	0 ml	0 gr	5
1.400				4.33%	4.33 ml	3.41 gr	5
1.600				7.30%	7.30 ml	5.75 gr	5
1.800				10.05%	10.05 ml	7.92 gr	5

Berikut ini grafik variasi volume destilasi dengan kadar bioetanol :



Grafik 2. Grafik hubungan variasi volume destilasi dengan kadar bioetanol

Pada data diatas, dapat diketahui bahwa semakin banyak volume ragi aktif yang digunakan pada proses fermentasi maka semakin tinggi kadar etanol yang dihasilkan, jadi volume ragi aktif mempengaruhi fermentasi. Kalpatari ,dkk, (2019) menjelaskan bahwa pada waktu fermentasi yang tetap, semakin banyak ragi yang digunakan semakin bertambah enzim yang mengubah glukosa menjadi bioetanol didalamnya sehingga semakin banyak bioethanol yang dihasilkan dan akan mempunyai kadar yang tinggi. Hal ini didukung juga oleh hasil penelitian Eka dan Halim (2010), yang menyatakan bahwa semakin banyak persen starter yang dicampurkan ke dalam substrat maka jumlah *Saccharomyces cerevisiae* juga akan semakin banyak sehingga glukosa yang dikonversi menjadi etanol juga akan semakin meningkat.

Berdasarkan pada tabel di atas, proses destilasi pertama dengan volume 1.200 ml, menunjukkan waktu tetesan pertama berlangsung selama 15 menit. Perlakuan destilasi kulit kopi arabika dilakukan selama 60 menit dan suhu kulit kopi arabika juga dijaga yaitu pada suhu antara 80°C sampai 90°C. Kemudian hasil destilasi yang diperoleh adalah volume bioetanol sebanyak 100 ml dan diuji menggunakan alat Kromatografi Gas-Spektrometri Massa (GC-MS) dan menghasilkan kadar bioetanol sebesar 0% atau tidak terdeteksi kadar etanolnya karena terlalu kecil, dan kadar tertinggi yang didapat pada volume 1.200 ml.

Begitupun dengan pengamatan proses destilasi kedua dengan volume 1.400 ml, pada destilasi ini waktu tetesan pertama pada proses destilasi berlangsung selama 15 menit. Perlakuan destilasi kulit kopi arabika ini dilakukan selama 60 menit dan suhu kulit kopi arabika juga dijaga ialah pada suhu antara 80°C sampai 90°C. Dan hasil destilasi didapatkan sebanyak 100 ml, kemudian menghasilkan kadar bioetanol sebesar 4.33%.

Kemudian pada destilasi ketiga dengan volume 1.600 ml, pada destilasi ini waktu tetesan pertama pada proses destilasi berlangsung selama 15 menit. Perlakuan destilasi kulit kopi arabika dilakukan selama 60 menit dan suhu kulit kopi arabika juga dijaga yaitu pada suhu antara 80°C sampai 90°C. Dan hasil destilasi didapatkan sebanyak 100 ml, kemudian menghasilkan kadar bioetanol sebesar 7.30%.

Adapun untuk destilasi keempat dengan volume 1.800 ml. Pada destilasi ini waktu tetesan pertama pada proses destilasi berlangsung selama 15 menit. Perlakuan destilasi kulit kopi arabika dilakukan selama 60 menit dan suhu kulit kopi arabika juga dijaga yaitu pada suhu antara 80°C sampai 90°C. Dan hasil destilasi didapatkan sebanyak 100 ml, kemudian menghasilkan kadar bioetanol sebesar 10.05%.

Kemudian hasil destilasi di uji tingkat keasamaannya (pH) dengan menggunakan kertas pH universal. Dari tabel 2 diatas, dapat diketahui bahwa pH yang dihasilkan setelah destilasi selama 60 menit didapatkan masing-masing dengan volume destilasi 1.200 ml, 1.400 ml, 1.600 ml, dan 1.800 ml adalah pH yaitu 5.

Pada penelitian yang dilakukan Sutanto, dkk (2013), menjelaskan bahwa temperatur destilasi juga memiliki pengaruh terhadap kadar alkohol. Dari pengujian yang dilakukan terlihat bahwa antara temperatur destilasi dengan kadar alkohol terhadap hubungan keterbalikan dalam arti apabila destilasi berlangsung pada temperatur yang relatif tinggi misalnya pada tempeatur 80°C maka kadar alkohol yang didapatkan akan lebih rendah jika dibandingkan dengan proses destilasi yang dilakukan pada temperatur yang lebih rendah, misalnya 60°C. Hal demikian terjadi karena pada proses destilasi yang berlangsung pada temperatur yang lebih tinggi akan terdapat jumlah air yang lebih banyak menyertai alkohol dibandingkan apabila proses tersebut dilakukan pada temperatur yang lebih rendah. Oleh karena itu perbandingan antara alkohol dengan air pada hasil destilasi yang dilakukan pada temperatur yang tinggi akan bernilai lebih kecil jika dibandingkan dengan perbandingan alkohol dengan air pada hasil destilasi yang diperoleh melalui proses destilasi pada temperatur yang rendah.

5. KESIMPULAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan pengamatan yang telah dilakukan dan dari data yang didapatkan, maka dapat disimpulkan bahwa :

1. Waktu pengaktifan ragi terbaik untuk fermentasi adalah 15 menit.
2. Fermentasi bioetanol pada penggunaan volume destilasi 1.600 ml dan 1.800 ml menghasilkan pH 3.

3. Kadar bioetanol tertinggi diperoleh pada pengaktifan ragi selama 15 menit dengan volume destilasi 1.800 ml dengan kadar bioetanol sebesar 10.05%.

5.2 Saran

Bagi peneliti yang ingin melanjutkan penelitian ini perlu dilakukan lebih lanjut yaitu :

1. Sebelum melakukan fermentasi harus dilakukan prosedur penghilangan lignin.
2. Pada penelitian selanjutnya dapat dilakukan penelitian lanjutan mengenai variasi waktu destilasi.

DAFTAR PUSTAKA

1. Abercrombie, M., Hickman, M., Jhonson, M.L dan Thain, M. (1993). Kamus lengkap biologi. Terjemahan T. Siti Sutarmi dan Nawangsari Sugiri. Jakarta : Erlangga.
2. Afrianti, H. 2013. Teknologi pengawetan pangan. Alfabeta, Bandung.
3. Ardiyanto, A & Zainiddin, M. (2015). Pembuatan bioetanol dari limbah serat kelapa sawit melalui proses pretreatment hidrolisis. Jurnal teknik. 16(2).
4. Ashriyani, A. 2009. Pembuatan bioetanol dari Substrat makroalga genus eucheuma dan gracilaria. Skripsi . Departemen Kimia. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. UI.Depok.
5. Azizah, N., Al-Baari, N., Mulyani, S. (2012). Pengaruh lama fermentasi terhadap kadar alkohol, pH, dan produk gas pada proses fermentasi bioetanol dari whey dengan substitusi kulit nanas. Jurnal Teknologi aplikasi pangan. 1(1)
6. Budiari, N.L.G. 2009. Potensi dan pemanfaatan pohon dadem sebagai pakan ternak sapi pada musim kemarau. Bulletin Teknologi dan Informasi Pertanian. Edisi 22.Denpasar. Balai Pengkajian Teknologi Pertanian Bali : 10-12.
7. Diniyah, N., Maryanto, Nafi, A., Sulistia, D., & Subagio, A. (2013). Ekstraksi dan karakterisasi polisakarida larut air dari kulit kopi varietas rabika (coffea arabica) dan robusta (coffea canephora). Jurnal Teknologi Pertanian. 14(2).
8. Eka A,& A. Halim. (2010) "Pembuatan bioetanol dari nira siwalan secara fermentasi fase cair menggunakan ferminpan". Jurusan Teknik Kimia. Fakultas Teknik. Universitas Diponegoro. Semarang.

9. Fitrianti Diars. (2021). Uji efektifitas jumlah ragi dan lama waktu fermentasi oleh *saccharomyces cerevisiae* terhadap ampas tebu sebagai bioalkohol. Tugas Akhir Teknik Lingkungan Universitas Islam Negeri Sunan Ampel Surabaya.
10. Gery, R, Mufarida N.A, Kosjoko (2018). Pemanfaatan limbah kulit kopi arabika (Arabica Coffee) dijadikan bioetanol.
11. Indartono Y, 2005. Bioethanol, alternatif energi terbarukan : Kajian Prestasi Mesin dan Implementasi di lapangan. Fisika, LIPI.
12. Kalpatari, Sisi Oktadira., Chairul., & Yelmida. 2019. Biokonversi Kertas HVS Bekas menjadi Bioetanol dengan Variabel Konsentrasi *Saccharomyces cerevisiae*. Jom FTEKNIK Volume 6 Edisi 1
13. Kurniawati, D. 2015. Karakteristik fisik dan kimia biji kakao kering hasil perkebunan rakyat dikabupaten gunung kidul. Skripsi. Universitas Jember.
14. Lini, F. Z. (2015). Studi teknik produksi etanol dari limbah kulit buah kopi (Parchment hull /Endocarp). SKRIPSI – TK141581.
15. Madingan, ,M.T., J.M. Martinko, & D.A. Sthal. 2011. Biology of Microorganism. 13th ed. Benjamin Cummings, San Francisco : xxviii + 1040 hlm.
16. Maria Regina, Dkk. 2021. Pra Desain Pabrik Bioetanol dari Oil Palm Frond dengan Proses Fermentasi Menggunakan *Saccharomyces Cerevisae*. Journal Of Fundamentals and Applications of Chemical Engineering. Vol.02.No.02.
17. Melyani, V.2009. Petani Kopi Indonesia Sulit Kalahkan Brazil. (URL:<http://www.Tempointeraktif.com/hg/bisnis/2009/07/02/brk,20090702-184943,id.html>)
18. Murni, Dkk. (2008). Buku Ajar Teknologi Pemanfaatan Limbah Untuk Pakan. Laboratorium Makanan Ternak. Fakultas Peternakan Universitas Jambi.
19. Nana Dyah S, Luluk Edahwati, (2011), “Bioethanol dari Limbah Kulit Kopi dengan Proses Fermentasi”.
20. Panggabean, E. 2011. Buku Pintar Kopi. Jakarta (ID) : Agro Media Pustaka.
21. Purnama, H., & Said, N. (2020). Pembuatan bioetanol dari limbah kulit kopi arabika dan robusta dengan variasi waktu fermentasi. Universitas research colloquium.
22. Radita A. 2018. Pemanfaatan nipah untuk bioethanol di delta mahakam. Jakarta Barat.
23. Rahardjo, P.2012. Panduan budi daya dan pengolahan kopi arabika dan robusta. Trias QD, editor. Jakarta (ID): Penerbar Swadaya.
24. Raudah, E. (2012). Pemanfaatan kulit kopi arabika dari proses pulping untuk pembuatan bioetanol. Reaksi (Journal of Science and Technology).
25. Rifa Septiani, Diar Herawati Effendi, & Amir Musadad Miftah. 2020. Perbandingan metode produksi bioetanol dari kulit kopi. Bandung.
26. Saisa, (Januari, 2018). Produksi bioetanol dari limbah kulit kopi menggunakan enzim *Zymomonas Mobilis* dan *Saccharomyces Cerevisiae*. Skripsi, Universitas Serambi Mekkah.
27. Sarjoko. 1991. Bioteknologi latar belakang dan beberapa penerapannya. Jakarta : Gramedia Pustaka Umum.
28. Siswati, N. D, Yatim, M., dan Hidayanto, R. 2012. Bioetanol dari limbah kulit kopi dengan fermentasi. Jurnal Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri, Universitas Pembangunan.
29. Sulaiman, (2016). Pengaruh waktu fermentasi terhadap kadar bioetanol limbah kulit durian (*Durio Zibethinus*). [Skripsi], Jurusan Pendidikan MIPA Prodi Tadris Biologi, Fakultas Tabriyah dan Ilmu Keguruan, Institut Agama Islam Negeri Palangka Raya.
30. Suprihatin. 2010. Teknologi Fermentasi. UNESA Press. Surabaya.
31. Susanto, Rudy, dkk. (2013). Analisa pengaruh lama fermentasi dan temperatur distilasi terhadap sifat fisik (specific gravity dan nilai kalor) Bioetanol berbahan baku nanas (*Ananas Comosus*). Jurnal Dinamika Teknik Mesin, Volume 3 No.2.
32. Syabriana, S. M. (2018). Produksi Bioetanol Dari Limbah Kulit Kopi Menggunakan Enzim *Zymomonas Mobilis* Dan *Saccharomyces Cerevisiae* . Serambi Engineering, Volume III, No.1.
33. Wardani, A. K. (2018). Pengaruh lama waktu fermentasi pada pembuatan bioetanol dari *sargussum sp* menggunakan metode hidrolisis asam dan fermentasi menggunakan mikroba asosiasi (*Zymomonas mobilis*,

- saccharomyces cerevisiae* dalam ragi tape dan ragi roti).
34. Zainuddin, D. dan T. Murtisari, 1995. Penggunaan limbah agro-industri buah kopi (kulit buah kopi) dalam ransum ayam pedaging (Broiler). Pertemuan Ilmiah Komunikasi dan Penyaluran Hasil Penelitian.Semarang. Sub Balai Penelitian Ternak Klepu, Puslitbang Peternakan, Badan Litbang Pertanian. hlm. 71–78.