

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Review Penelitian Sebelumnya

Di Indonesia, bioetanol merupakan salah satu alternatif pengganti sumber energi ramah lingkungan. Studi yang dibahas dalam jurnal ini berfokus pada potensi penggunaan berbagai produk makanan dan limbah pertanian sebagai bahan baku untuk sintesis bioetanol, termasuk stroberi, kulit pisang, kulit nanas, cucian beras, batang jagung, santan, dan nira kelapa. Berbagai penelitian telah dilakukan untuk memaksimalkan prosedur hidrolisis dan fermentasi untuk mendapatkan konsentrasi etanol yang ideal dari komponen-komponen sisa ini. Temuan-temuan tersebut menunjukkan potensi yang signifikan dari produk-produk limbah ini sebagai bahan baku untuk sintesis bioetanol. Indonesia memiliki potensi yang sangat besar untuk produksi bioetanol dari berbagai tanaman pertanian dan perkebunan serta limbahnya. Karena harganya yang terjangkau dan mudah digunakan, teknik hidrolisis dan fermentasi masih menjadi pilihan utama untuk produksi bioetanol. Strategi pengelolaan limbah lainnya adalah dengan menggunakan buah, sayuran, makanan, minuman, dan limbah lainnya sebagai bahan baku untuk memproduksi bioetanol. Berbagai penelitian dan pengembangan yang berkaitan dengan bioetanol telah dilakukan dan dipublikasikan di berbagai jurnal ilmiah. Secara keseluruhan, penelitian ini menekankan pada kemungkinan memproduksi bioetanol dari bahan limbah pertanian dan makanan serta menekankan pentingnya mengoptimalkan proses fermentasi dan hidrolisis untuk memaksimalkan hasil etanol.

Jurnal ini juga menekankan pentingnya bioetanol sebagai pengganti energi yang berkelanjutan di Indonesia dan beberapa langkah dalam proses produksinya, seperti hidrolisis, fermentasi, pemurnian, dan pra-perlakuan. Studi yang dibahas dalam jurnal ini berfokus pada kemungkinan penggunaan berbagai produk makanan dan limbah pertanian sebagai bahan baku untuk

sintesis bioetanol, termasuk stroberi, kulit pisang dan nanas, cucian beras, batang jagung, santan, dan nira kelapa. Berbagai penelitian telah dilakukan untuk memaksimalkan prosedur hidrolisis dan fermentasi untuk mendapatkan konsentrasi etanol yang ideal dari komponen-komponen sisa ini.

Menurut hasil penelitian, bahan limbah memiliki potensi yang signifikan sebagai bahan baku pembuatan bioetanol. Indonesia memiliki potensi yang sangat besar untuk produksi bioetanol dari berbagai tanaman pertanian dan perkebunan serta limbahnya. Karena keterjangkauan dan kesederhanaan penggunaannya, teknik hidrolisis dan fermentasi terus menjadi pilihan utama untuk produksi bioetanol. Strategi pengelolaan limbah lainnya adalah dengan menggunakan buah, sayuran, makanan, minuman, dan limbah lainnya sebagai bahan baku untuk memproduksi bioetanol. Sejumlah penelitian dan pengembangan bioetanol telah dilakukan dan dipublikasikan di berbagai jurnal ilmiah. Secara keseluruhan, penelitian ini menyoroti potensi pemanfaatan bahan limbah pertanian dan makanan untuk produksi bioetanol, menekankan pentingnya mengoptimalkan proses hidrolisis dan fermentasi untuk memaksimalkan produksi etanol. Selain itu, hal ini juga menggarisbawahi pentingnya bioetanol sebagai alternatif energi ramah lingkungan di Indonesia dan berbagai tahapan yang terlibat dalam produksinya, termasuk pretreatment, hidrolisis, fermentasi, dan pemurnian.

Studi yang tercakup dalam jurnal ini berfokus pada kemungkinan penggunaan berbagai produk limbah makanan dan pertanian sebagai bahan baku untuk sintesis bioetanol, termasuk stroberi, kulit pisang dan nanas, cucian beras, batang jagung, santan, dan sari kelapa. Berbagai penelitian telah dilakukan untuk memaksimalkan prosedur hidrolisis dan fermentasi untuk mendapatkan konsentrasi etanol yang ideal dari komponen-komponen sisa ini. Bahan limbah ini menawarkan banyak potensi sebagai bahan baku untuk sintesis bioetanol, menurut hasil penelitian [3]. Indonesia memiliki potensi yang sangat besar untuk produksi bioetanol dari berbagai tanaman pertanian dan perkebunan dan limbahnya. Karena keterjangkauan dan kesederhanaan

penggunaannya, teknik hidrolisis dan fermentasi terus menjadi pilihan utama untuk produksi bioetanol. Strategi pengelolaan limbah lainnya adalah dengan menggunakan buah, sayuran, makanan, minuman, dan limbah lainnya sebagai bahan baku untuk memproduksi bioetanol.

Berbagai penelitian dan pengembangan bioetanol telah dilakukan dan dipublikasikan di berbagai jurnal ilmiah. Secara keseluruhan, penelitian ini menyoroti potensi pemanfaatan bahan limbah pertanian dan makanan untuk produksi bioetanol, menekankan pentingnya mengoptimalkan proses hidrolisis dan fermentasi untuk memaksimalkan produksi etanol. Selain itu, hal ini menggarisbawahi pentingnya bioetanol sebagai alternatif energi ramah lingkungan di Indonesia dan berbagai tahapan yang terlibat dalam produksinya, termasuk pretreatment, hidrolisis, fermentasi, dan pemurnian pertanian dan pangan, seperti kulit pisang, kulit nanas, cucian beras, batang jagung, santan, nira kelapa, dan stroberi, sebagai bahan baku bioetanol. Produksi.

Berbagai penelitian telah dilakukan untuk memaksimalkan prosedur hidrolisis dan fermentasi untuk mencapai konsentrasi etanol yang ideal dari komponen sisa ini. Menurut hasil penelitian, bahan limbah ini memiliki potensi yang signifikan sebagai bahan baku pembuatan bioetanol. Indonesia memiliki potensi yang sangat besar untuk produksi bioetanol dari berbagai tanaman pertanian dan perkebunan serta limbahnya. Karena harganya yang terjangkau dan mudah digunakan, teknik hidrolisis dan fermentasi masih menjadi pilihan utama untuk produksi bioetanol. Cara lain untuk mengelola limbah adalah dengan menggunakan buah, sayuran, makanan, minuman, dan limbah lainnya sebagai bahan baku untuk memproduksi bioetanol. Sejumlah penelitian dan pengembangan bioetanol telah dilakukan dan dipublikasikan di berbagai jurnal ilmiah. Secara keseluruhan, penelitian ini menyoroti potensi pemanfaatan bahan limbah pertanian dan makanan untuk produksi bioetanol, menekankan pentingnya mengoptimalkan proses hidrolisis dan fermentasi untuk memaksimalkan produksi etanol. Selain itu, hal ini juga menggarisbawahi pentingnya bioetanol sebagai alternatif energi ramah

lingkungan di Indonesia dan berbagai tahapan yang terlibat dalam produksinya, termasuk pretreatment, hidrolisis, fermentasi, dan pemurnian[10]

Proses pretreatment melibatkan penggunaan air panas cair dan uap untuk mengubah ampas tebu menjadi etanol. Proses hidrolisis dilakukan dengan menggunakan larutan HCl dan H₂SO₄, dilanjutkan dengan filtrasi dan pengukuran glukosa menggunakan spektrometer UV-vis. Selanjutnya proses fermentasi diawali dengan penambahan NaOH dan amonium sulfat, dilanjutkan dengan pasteurisasi dan penambahan ragi

Proses distilasi kemudian digunakan untuk memisahkan etanol dari larutan fermentasi, dan kadar etanol diukur menggunakan alkohol meter. Hidrolisis juga dianalisis kandungan glukosanya menggunakan metode anthrone yang melibatkan penggunaan larutan standar dan larutan blanko. Terakhir, proses pemisahan dilakukan melalui penguapan dan penentuan kadar etanol menggunakan alkohol meter. Proses-proses ini selaras dengan langkah-langkah umum yang terlibat dalam produksi bioetanol, termasuk prperlakuan, hidrolisis, fermentasi, distilasi, dan pemisahan.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa glukosa yang dapat difermentasi menjadi etanol dibuat dengan menghidrolisis kulit singkong. pH filtrat hidrolisis dinaikkan selama proses fermentasi, dan nutrisi untuk mikroorganisme *Saccharomyces cerevisiae* ditambahkan. Lamanya fermentasi berkorelasi dengan peningkatan kadar etanol, menurut data fermentasi. Setelah 8 hari fermentasi, konsentrasi etanol tertinggi (6,00%) diperoleh dari fermentasi kulit singkong, menghasilkan kadar glukosa 9,9%. Artikel ini membahas tentang fermentasi sampah kulit singkong untuk menghasilkan bahan bakar bioetanol. Karena bioetanol berasal dari sumber pati, bioetanol dianggap sebagai bahan bakar alternatif yang ramah lingkungan. Kulit singkong kaya akan karbohidrat dan dapat difermentasi dengan bantuan mikroba untuk menghasilkan etanol yang dapat digunakan sebagai sumber energi. Perlakuan awal, hidrolisis, fermentasi, pemisahan,

dan tahap persiapan semuanya termasuk dalam proses penelitian. Menurut penelitian awal, kulit singkong memiliki kandungan pati dan selulosa yang tinggi, sehingga cocok sebagai bahan baku bioetanol. Lignin yang dapat menghalangi proses fermentasi dan hidrolisis dihilangkan dengan perlakuan awal. Asam terbaik untuk hidrolisis pati ditemukan dengan menghidrolisis pati pada beberapa konsentrasi dan jenis asam. Fermentasi dilakukan dengan bantuan ragi, sehingga menghasilkan kadar glukosa sebesar 9,9% dan konsentrasi etanol tertinggi sebesar 6,00% setelah fermentasi selama 8 hari. Proses pemisahannya melibatkan penggunaan evaporator dan pengukur alkohol untuk menentukan kandungan etanol. Sumber pertama membahas produksi bahan bakar etanol dari limbah organik dan makanan, sedangkan sumber kedua mengeksplorasi aspek heterogen hidrolisis asam selulosa[1]

2.2 Bahan Bakar

Bahan bakar sebagai sumber energi Bahan bakar adalah zat yang ketika dibakar dapat diubah menjadi energi karena mengandung energi panas yang dapat dimanipulasi. Mayoritas bahan bakar yang digunakan oleh manusia mengalami proses pembakaran, yang juga dikenal sebagai reaksi redoks, di mana bahan bakar bereaksi dengan oksigen di atmosfer untuk menghasilkan panas. Reaksi kimia eksotermik adalah metode lain yang digunakan bahan bakar untuk melepaskan energi. Bahan bakar yang diklasifikasikan sebagai hidrokarbon, seperti bensin dan solar, adalah bahan bakar yang paling banyak digunakan di antara manusia. Logam radioaktif juga dapat digunakan sebagai bahan bakar. Bahan-bahan yang digunakan dalam reaksi nuklir, seperti peluruhan radioaktif, fisi nuklir, atau fusi nuklir, kadang-kadang dapat dianggap sebagai bahan bakar juga.[11]

Ada dua kategori bahan bakar: pembakaran internal dan pembakaran eksternal. Bahan bakar pembakaran internal saat ini banyak digunakan untuk berbagai aplikasi, terutama di sektor transportasi. Karena bahan bakar digunakan sebagai tenaga penggerak di hampir semua kendaraan, terutama yang beroperasi di darat, bahan bakar memainkan peran penting dalam industri

transportasi. Banyaknya tugas yang dapat dilakukan oleh motor bakar dengan cepat dan mudah menyebabkan konsumsi bahan bakar yang tinggi. Dengan kemajuan teknologi di industri otomotif, kendaraan bermotor sekarang dapat menggunakan bahan bakar alternatif, asalkan bahan bakar tersebut terjangkau, menghasilkan emisi yang aman bagi lingkungan, dan memiliki nilai oktan yang tinggi. Mengingat bahaya yang ditimbulkan oleh bensin yang mengandung timbal (TEL) terhadap lingkungan, maka perlu diidentifikasi alternatif yang lebih aman dari bensin ketika menggunakan TEL sebagai bahan bakar motor. Bahan bakar premix, pertamax, dan pertamax plus dapat digunakan untuk hal ini. Penggunaan bahan bakar alternatif sangat penting untuk sementara waktu untuk mencegah krisis energi yang parah akibat menipisnya persediaan bahan bakar minyak (BBM), yang merupakan bahan bakar fosil yang menurut definisinya merupakan bahan bakar yang tidak dapat diperbaharui. Bioetanol merupakan salah satu alternatif bahan bakar yang dapat digunakan.

Penggunaan bioetanol sebagai bahan bakar alternatif diharapkan dapat mengantikan bensin dan mengurangi efek emisi gas buang kendaraan. Namun. Karena bioetanol masih dalam tahap penelitian dan pengujian, bioetanol belum digunakan sebagai bahan bakar alternatif. Sebaliknya, Indonesia memiliki kekayaan sumber daya hayati yang dapat digunakan sebagai bahan baku produksi bioetanol. Etanol murni memiliki nilai kalor bersih yang tinggi yaitu 21 MJ/liter (sekitar dua pertiga dari nilai kalor bersih bensin), membuatnya sangat mudah terbakar. Hal ini menjadikannya sumber bahan bakar yang cocok[12]

2.3 Bioetanol

Selain biodiesel, jenis bahan bakar nabati lain yang berasal dari pengolahan tanaman adalah bioetanol. Bioetanol adalah etanol yang dibuat dengan cara memfermentasi glukosa, atau gula, dan kemudian menyuling hasilnya. Meskipun etanol yang dihasilkan dari penyulingan dapat mencapai tingkat 95% volume, etanol harus dimurnikan lebih lanjut hingga mencapai 99%, atau *fuel grade ethanol* (FGE), untuk dapat digunakan sebagai bahan

bakar (biofuel). Untuk memisahkan air dari senyawa etanol selama proses pemurnian berdasarkan prinsip dehidrasi, metode *Molecular Sieve* biasanya digunakan. Bahan baku untuk produksi bioetanol seperti singkong, tebu, sagu, dan lain-lain, tersedia [13].

Salah satu bahan bakar alternatif yang memiliki keunggulan dibandingkan bensin adalah bioetanol. Berdasarkan siklus karbon, bioetanol dianggap lebih ramah lingkungan karena CO₂ yang dihasilkan akan diserap oleh tanaman, yang kemudian akan menggunakan tanaman tersebut sebagai bahan baku bahan bakar, dan seterusnya, sehingga mencegah penumpukan karbon di atmosfer[14].

Dapat disimpulkan bahwa bioetanol adalah suatu cairan yang berasal dari proses fermentasi gula dari sumber karbohidrat menggunakan bantuan mikroorganisme. Bioetanol ini diperoleh dari tanaman yang mengandung komponen gula, pati, serta selulosa, dan hasilnya disebut sebagai bioetanol. Karakteristik bioetanol melibatkan kejernihan, tidak berwarna, dapat terurai secara biologis, memiliki kandungan toksitas rendah, serta tidak menimbulkan polusi udara. Bioetanol diakui sebagai bahan bakar alternatif yang menjanjikan, terutama karena bahan bakunya dapat diperoleh dari tumbuhan yang menghasilkan umbi-umbian yang mudah ditemui di Indonesia. Penggunaan bioetanol dianggap sebagai langkah penting dalam mengurangi dampak negatif dari penggunaan bahan bakar fosil, dengan potensi untuk membantu mengurangi emisi gas rumah kaca dan dampak negatif lainnya terhadap lingkungan.

Tabel 2. 1 Sifat fisik bioetanol pada 20oC dan 1 atm [1]

Sifat	Satuan	Nilai
Rumus Molekul	-	C ₂ H ₅ OH
Berat molekul	g. mol ⁻¹	46,07
Densitas	g. cm ⁻³	0,789
Tekanan uap	kPa	5,95
Viskositas	Pa.s	0,012

<i>Flash point</i>	°C	13
Titik nyala	°C	362
<i>Heating value</i>	Cal/g	6900

2.4 Umbi Suweg dan Porang

Di dalam genus *Amorphophallus*, suweg (*Amorphophallus campanulatus*) berkerabat dekat dengan ilies-iles dan bunga bangkai (*Amorphophallus titanum*). Karena umbinya yang sedikit mengiritasi dan bunganya yang berbau tidak sedap, tanaman ini tidak banyak digunakan di masyarakat. Tanaman suweg mudah ditemukan di pekarangan, tegalan, pinggiran hutan, di bawah tanaman tahunan pemberi naungan, dan di area yang tidak dikelola secara intensif. Umbi suweg memiliki kandungan per 100 gram sebagai berikut: 0,1 g lemak, 15,7 g karbohidrat, 82 g air, 62 mg kalsium, 1 g protein, 69 g kalori, dan 41 m fosfor[4]

Umbi porang, yang secara ilmiah dikenal sebagai *Amorphophallus oncophyllus* dan merupakan anggota keluarga Araceae, adalah varietas umbi-umbian yang memiliki masa depan yang menjanjikan di Indonesia. Umbi ini tersedia secara luas namun belum dimanfaatkan secara maksimal karena hanya dibuat menjadi tepung atau keripik. Umbi porang memiliki nilai gizi sebagai berikut: 43,57% karbohidrat, 12,42% protein, 11,07% air, 8,84% abu, dan 1,48% lemak. Berdasarkan latar belakang yang telah dipaparkan di atas, penulis bekerja sama untuk melakukan penelitian tentang produksi bioetanol, dengan fokus pada peran jumlah ragi dalam pemilihan teknik fermentasi yang optimal untuk menghasilkan jumlah bioetanol yang maksimal dan kelayakan produksi bioetanol dari umbi porang secara ekonomi. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan jumlah ragi yang optimal untuk mencapai kandungan bioetanol terbesar selama fermentasi dan untuk menilai kelayakan produksi bahan bakar bioetanol dari umbi porang dari segi ekonomi [2]

2.5 Fermentasi

Tujuan dari proses degradasi yang dikenal sebagai fermentasi adalah

untuk mengubah substrat menjadi produk yang diinginkan dengan menggunakan mikroorganisme. Apa pun yang ditangani dengan penambahan mikroorganisme atau enzim untuk menyebabkan perubahan biokimia yang akan menyebabkan perubahan besar disebut sebagai fermentasi[15].

2.6 Destilasi

Etanol murni memiliki titik didih 78°C. Distilasi, juga dikenal sebagai pemisahan dengan cara didih, adalah proses pemisahan komponen larutan. Metode distilasi ini dapat digunakan untuk mendapatkan kadar etanol.[16]. Distilasi dilakukan sebanyak 2 kali dan dilakukan di smkn 3 Madiun dan distilasi pertama menghasilkan 12% dan destilasi ke dua menghasilkan 30%.

2.7 Arang

Proses karbonisasi, yang merupakan proses pembakaran tidak sempurna yang menyisakan bahan yang hanya berkarbonasi dan tidak teroksidasi, menghasilkan arang, bahan padat berpori yang terbakar pada suhu tinggi. Mayoritas pori-pori arang masih terisi oleh ter, hidrokarbon, dan zat organik lainnya[17].

Proses karbonisasi dan proses aktivasi adalah dua langkah dalam produksi arang aktif. Proses pembakaran biomassa dengan sedikit oksigen menggunakan peralatan pirolisis disebut karbonisasi. Aktivasi adalah proses membuat arang menjadi lebih berpori pada permukaannya untuk meningkatkan kemampuannya dalam menyerap cairan dan gas (dengan menghilangkan hidrokarbon). Ada dua pendekatan dasar untuk proses aktivasi: metode kimia dan fisika. Bahan baku yang digunakan, zat pengaktif, suhu, dan proses aktivasi semuanya mempengaruhi kualitas arang aktif.[18].

2.8 Pasir Silica

Pasir silika tinggi juga dikenal sebagai pasir kuarsa atau pasir silika. Pasir putih, atau pasir silika, adalah hasil sampingan dari pelapukan batuan yang mengandung mineral penting seperti feldspar dan silikon dioksida. Oksida besi, kalsium oksida, magnesium oksida, alkali oksida, tanah liat, dan bahan organik

dari pelapukan sisa-sisa tanaman dan hewan adalah beberapa kontaminan yang biasanya ditemukan dalam pasir silika. Dalam senyawa kimia, silika disebut sebagai silikon dioksida dan memiliki rumus kimia SiO_2 adalah kombinasi heterogen dengan karakteristik yang menarik dalam berbagai kondisi dan ukuran.[19]

2.9 Batu Zeolit

Zeolit adalah zat yang konstituen utamanya adalah konfigurasi tetrahedra dari kation Si dan oksida Al yang dihubungkan dengan ion oksigen untuk menciptakan unit sekunder dalam dua dan tiga dimensi. Dengan pengendapan dan adsorpsi permukaan, zeolit dapat menghilangkan berbagai gas, logam, dan radionuklida dari cairan bersama dengan zat organik dan anorganik. Zeolit memiliki luas permukaan yang sangat besar karena bentuk kristalnya yang sangat seragam dan rongga-rongga yang terhubung ke segala arah. Sifat ini membuatnya ideal untuk digunakan sebagai katalis, adsorpsi, dan agen penukar kation.[20].

Zeolit adalah zat yang memiliki struktur dasar aluminosilikat terhidrasi, dengan empat anion oksigen di sekitar susunan tetrahedral kation silikon (Si^{4+}) dan aluminium (Al^{3+}). Bersama-sama, elemen-elemen ini menciptakan makromolekul yang terdiri dari SiO_2 dan AlO_2 dalam kerangka tiga dimensi tetrahedral. Zeolit adalah zat berpori yang memiliki diameter antara 2 dan 13 Å. Tanpa mengubah struktur kristal dasar, difusi dan pengangkutan ion atau molekul ke dalam dan ke luar struktur pori zeolit menjadi lebih mudah karena keragaman bentuk dan koneksi struktur pori. Dibandingkan dengan zeolit sintetis, bahan ini memiliki ukuran partikel yang lebih besar dan luas permukaan spesifik yang sangat besar hingga $400 \text{ m}^2\text{g}^{-1}$, di mana sebagian besar adalah area internal. [21]

2.10 Dehidrasi Bioetanol

Sebelum proses Dehidrasi di lakukan kadar alkohol yang awalnya hanya mampu menghasilkan 40% alkohol dengan perlakuan yang sama dengan bahan dehidrasi pasir silika,zeolit dan arang.Hanya etanol dengan persentase

95%, atau berpotensi kurang dari 97,20%, yang dapat diproduksi dengan proses distilasi. Dengan menggunakan katalis SiO₂ padat yang dilapisi asam fosfat, molekul alkena dihidrasi dengan uap air untuk menghasilkan etanol dalam skala industri. Reagen terus dituangkan di atas katalis untuk menyelesaikan proses produksi. Ketersediaan bahan baku membatasi teknik ini, yang menghasilkan etanol dengan kemurnian tinggi dengan cepat. Etanol murni memiliki titik didih 78°C, sedangkan air memiliki titik didih 100°C. Etanol menguap lebih dulu daripada air pada suhu 78°C. Sebuah pipa yang terendam air digunakan untuk mengalirkan uap etanol, yang kemudian mengembun dan diubah kembali menjadi etanol cair. Penguapan cairan menjadi uap dan kondensasi, atau proses mengubah uap menjadi cairan, keduanya membutuhkan pergeseran fase cairan dengan koefisien perpindahan panas yang tinggi. Ketika padatan yang lebih dingin dari suhu jenuhnya bersentuhan dengan uap jenuh, seperti uap, kondensasi terjadi, membentuk cairan, seperti air. Tekanan yang lebih rendah selama proses distilasi dapat menurunkan titik didih senyawa dan memungkinkan distilasi pada suhu yang lebih rendah ketika ada perbedaan yang signifikan dalam titik didih [22].

Distilasi atau penyulingan adalah suatu metode pemisahan larutan berdasarkan perbedaan titik didih. Titik didih etanol murni adalah 78°C. Proses distilasi akan meningkatkan kandungan etanol hingga 95%. Sisa air yang masih ada dihilangkan dengan proses dehidrasi hingga kandungan etanol mencapai 99,5% [23].

2.11 Pengujian Alkohol Meter

Pengujian kadar alkohol dalam bioetanol sangat penting karena berbagai alasan utama. Pertama, kadar alkohol menentukan kualitas akhir produk bioetanol, yang krusial baik untuk aplikasi bahan bakar maupun industri farmasi, mengingat standar kekuatan, kestabilan, dan kemurniannya. Kedua, dalam konteks bahan bakar, kadar alkohol mempengaruhi efisiensi pembakaran dan performa mesin; tingkat yang tidak tepat dapat mengurangi efisiensi atau menyebabkan kerusakan pada mesin. Ketiga, dari segi

keselamatan, penggunaan bioetanol dengan kadar alkohol yang tidak sesuai dapat membawa risiko dalam aplikasi non-bahan bakar seperti produk farmasi atau kosmetik. Keempat, pengujian diperlukan untuk memastikan kepatuhan terhadap regulasi yang berlaku di banyak negara terkait dengan kadar alkohol dalam bioetanol. Terakhir, dengan melakukan pengujian secara teratur, produsen dapat memastikan konsistensi produksi bioetanol yang memenuhi standar yang ditetapkan, menggunakan metode analisis kimia seperti kromatografi gas atau spektroskopi inframerah. Dengan rumus molekul C_2H_5OH , etanol, yang sering dikenal sebagai hidroksil alkohol, adalah turunan dari senyawa hidroksil atau gugus OH. Alkohol adalah istilah luas yang sering digunakan untuk zat ini. Kualitas etanol tidak berwarna, mudah menguap, dan larut dalam air [24].

2.12 Bomb Calorimeter

Kalorimeter bom digunakan untuk menentukan nilai kalor bahan bakar. Nilai kalor tertinggi (HHV) dan nilai kalor terendah (LHV) adalah nilai kalor yang ditentukan dengan menggunakan kalorimeter bom. Perhitungan nilai kalor bruto didasarkan pada ASTM D240. Dari pengujian ini dapat dihitung energi ekuivalen bom dan panas yang diserap oleh air dalam kalorimeter bom[25].

2.13 Perhitungan Kalor

Benzoic Acid berfungsi sebagai standar penghitungan nilai kalor yang digunakan pada Alat Bomb Calorimeter Type XRY-1A.

Rumus menghitung bomb calorimeter sebagai berikut :

$$E = \frac{Q_1 \cdot M_1 + 40}{\Delta T} \dots \dots \dots \quad (1)$$

Keterangan:

E = Kapasitas panas pada alat ($J/^\circ C$)

Q_1 = Nilai standart kalor benzoic acid (J/g)

M_1 = Berat sampel benzoic acid (gram)

40 = Panas tambahan (Sisa pembakaran dan sisa kawat)

$\Delta T = \text{Perbedaan suhu awal dan akhir } (\text{ }^{\circ}\text{C})$

$$Q = \frac{E \cdot \Delta T - 40}{M} \dots \dots \dots \quad (2)$$

Keterangan:

Q = Nilai kalor pada sampel(J/g)

E = Kapasitas panas pada alat (J/°C)

$\Delta T = \text{Perbedaan suhu awal dan akhir } (\text{ }^{\circ}\text{C})$

40 = Panas tambahan (Sisa pembakaran dan sisa kawat)

M = Berat pada sampel benda uji (gram)

2.14 Nyala Bioetanol

Nyala api pada pembakaran bioetanol terjadi karena reaksi kimia antara bioetanol (C_2H_5OH) dan oksigen (O_2) di udara. Dalam reaksi ini, bioetanol bereaksi dengan oksigen untuk menghasilkan karbon dioksida (CO_2) dan air (H_2O), sambil melepaskan energi dalam bentuk panas dan cahaya. Energi ini tampak sebagai nyala api. Nyala api bioetanol biasanya berwarna biru pucat, yang menandakan pembakaran yang bersih dan efisien. Warna biru ini disebabkan oleh tingginya suhu pembakaran serta rendahnya kandungan karbon dalam bioetanol, sehingga mengurangi pembentukan partikel karbon atau jelaga yang biasanya menyebabkan api berwarna oranye atau kuning. Selain itu, bioetanol memiliki tekanan uap yang tinggi dan mudah terbakar, sehingga pembakarannya berlangsung cepat saat terkena sumber api. Kecepatan pembakaran yang tinggi ini membuat nyala api bioetanol tampak konsisten dan stabil.