

No. Reg: 201050000032184

LAPORAN PENELITIAN



FERMENTASI MOLASE DARI TETES TEBU SEBAGAI ALTERNATIF BAHAN BAKAR TERBARUKAN

Ketua Peneliti

Adean Mayasri, M.Sc.

NIDN: 2012039201

NIPN: 201203920108001

Klaster	Penelitian Pembinaan/Kapasitas
Bidang Ilmu Kajian	Sains dan Teknologi
Sumber Dana	DIPA UIN Ar-Raniry Tahun 2020

PUSAT PENELITIAN DAN PENERBITAN
LEMBAGA PENELITIAN DAN PENGABDIAN KEPADA MASYARAKAT
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI AR-RANIRY BANDA ACEH
OKTOBER 2020

**LEMBARAN IDENTITAS DAN PENGESAHAN LAPORAN PENELITIAN
PUSAT PENELITIAN DAN PENERBITAN LP2M UIN AR-RANIRY
TAHUN 2020**

1. a. Judul : **Fermentasi Molase dari Tetes Tebu sebagai Alternatif Bahan Bakar Terbarukan**
- b. Klaster : Penelitian Pembinaan/Kapasitas
- c. No. Registrasi : 201050000032184
- d. Bidang Ilmu yang diteliti : Sains dan Teknologi

2. Peneliti/Ketua Pelaksana
 - a. Nama Lengkap : Adean Mayasri, M.Sc.
 - b. Jenis Kelamin : Perempuan
 - c. NIP^(Kosongkan bagi Non PNS) : 199203122018012002
 - d. NIDN : 2012039201
 - e. NIPN (ID Peneliti) : 201203920108001
 - f. Pangkat/Gol. : III/b
 - g. Jabatan Fungsional : Asisten Ahli
 - h. Fakultas/Prodi : Fakultas Tarbiyah dan Keguruan/Pendidikan Kimia

 - i. Anggota Peneliti 1
 - Nama Lengkap : -
 - Jenis Kelamin : -
 - Fakultas/Prodi : -
 - j. Anggota Peneliti 2 ^(Jika Ada)
 - Nama Lengkap : -
 - Jenis Kelamin : -
 - Fakultas/Prodi : -

3. Lokasi Kegiatan : Laboratorium Pendidikan Kimia FTK UIN Ar-Raniry
4. Jangka Waktu Pelaksanaan : 7 (Tujuh) Bulan
5. Tahun Pelaksanaan : 2020
6. Jumlah Anggaran Biaya : Rp.
7. Sumber Dana : DIPA UIN Ar-Raniry B. Aceh Tahun 2020
8. *Output* dan *Outcome* : a. Laporan Penelitian; b. Publikasi Ilmiah; c. HKI

Mengetahui,
Kepala Pusat Penelitian dan Penerbitan
LP2M UIN Ar-Raniry Banda Aceh,

Dr. Anton Widyanto, M. Ag.
NIP. 197610092002121002

Banda Aceh, 5 Oktober 2020
Pelaksana,



Adean Mayasri, M.Sc.
NIDN. 2012039201

Menyetujui:
Rektor UIN Ar-Raniry Banda Aceh,

Prof. Dr. H. Warul Walidin AK., MA.
NIP. 195811121985031007

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : **Adean Mayasri, M.Sc.**
NIDN : 2012039201
Jenis Kelamin : Perempuan
Tempat/ Tgl. Lahir : Takengon/12 Maret 1992
Alamat : Jl. Cenderawasih No.5 Kp. Keuramat,
Banda Aceh
Fakultas/Prodi : Fakultas Tarbiyah dan Keguruan/Prodi
Pendidikan Kimia

Dengan ini menyatakan dengan sesungguhnya bahwa penelitian yang berjudul: **“Fermentasi Molase dari Tetes Tebu sebagai Alternatif Bahan Bakar Terbarukan”** adalah benar-benar Karya asli saya yang dihasilkan melalui kegiatan yang memenuhi kaidah dan metode ilmiah secara sistematis sesuai otonomi keilmuan dan budaya akademik serta diperoleh dari pelaksanaan penelitian pada klaster Penelitian Pembinaan/Kapasitas (PPK) yang dibiayai sepenuhnya dari DIPA UIN Ar-Raniry Banda Aceh Tahun Anggaran 2020. Apabila terdapat kesalahan dan kekeliruan di dalamnya, sepenuhnya menjadi tanggung jawab saya.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya.

Banda Aceh, 22 September 2020
Saya yang membuat pernyataan,
Ketua Peneliti,



Adean Mayasri, M.Sc.
NIDN. 2012039201

FERMENTASI MOLASE DARI TETES TEBU SEBAGAI ALTERNATIF BAHAN BAKAR TERBARUKAN

Ketua Peneliti:
Adean Mayasri, M.Sc.

Abstrak

Setiap tahun populasi manusia dan kegiatan yang dilakukan di bumi terus meningkat. Kegiatan ini tidak lepas dari penggunaan bahan bakar. Bahan bakar merupakan sumber daya alam yang tidak dapat diperbaharui dan berasal dari fosil yang membutuhkan proses ratusan ribu tahun untuk berubah menjadi minyak. Pembakaran dari bahan bakar fosil ini mengemisikan gas yang lama kelamaan membahayakan kehidupan di bumi. Penggunaan bahan bakar fosil ini secara terus menerus akan membuatnya habis. Diperlukan alternatif suatu bahan bakar yang dapat diperbaharui serta ramah lingkungan seperti bioetanol. Bioetanol dapat diperoleh melalui fermentasi bahan alam. Penelitian tentang fermentasi molase dari tetes tebu sebagai alternatif bahan bakar terbarukan telah dilakukan. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui fermentasi molase dari tetes tebu sebagai alternatif bahan bakar terbarukan. Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan metode Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan dua faktor. Faktor A yaitu waktu yang dibutuhkan selama proses aerasi. Faktor B yaitu pengenceran yang dilakukan terhadap molase. Faktor A dilakukan dengan empat variasi yaitu 24, 48, 72, dan 96 jam. Faktor B dilakukan dengan tiga variasi perbandingan yaitu 1:1,5; 1:2; dan 1:2,5.

Hasil penelitian menunjukkan pada perhitungan kadar alkohol $F_{hit}P = 74,35 > F_{tabel(11;36;0,05)} = 2,07$ dan $F_{tabel(11;36;0,01)} = 2,79$ diperoleh kesimpulan perlakuan faktor A dan B memberikan pengaruh sangat nyata terhadap kadar alkohol yang dihasilkan. Uji lanjutan diperoleh nilai BNJ 1% = 0,63. Hal ini menunjukkan perlakuan terbaik adalah A_4B_3 . Disisi lain, perhitungan pH menunjukkan $F_{hit}P = 2,85 > F_{tabel(11;36;0,05)} = 2,07$ dan $F_{tabel(11;36;0,01)} = 2,79$ diperoleh kesimpulan perlakuan faktor A dan B memberikan pengaruh sangat nyata terhadap kadar keasaman (pH). Uji lanjutan diperoleh nilai BNJ 5% = 0,61. Hal ini juga menunjukkan kondisi keasaman terbaik pH pada perlakuan A_4B_3 . Berdasarkan hasil ini diketahui bahwa perlakuan terbaik dan menghasilkan kadar alkohol tertinggi yaitu dengan melakukan aerasi selama 96 jam dan pengenceran dengan perbandingan 1:2,5. Kadar alkohol rata-rata yang dihasilkan yaitu 6,31% dengan pH sebesar 4,45.

Kata Kunci: Fermentasi; Molase; Tetes tebu; Bioetanol

KATA PENGANTAR



Syukur Alhamdulillah kepada Allah SWT dan salawat beriring salam penulis persembahkan kepangkuan alam Nabi Muhammad SAW, karena dengan rahmat dan hidayah-Nya penulis telah dapat menyelesaikan laporan penelitian dengan judul **“Fermentasi Molase dari Tetes Tebu sebagai Alternatif Bahan Bakar Terbarukan”**.

Dalam proses penelitian dan penulisan laporan ini tentu banyak pihak yang ikut memberikan motivasi, bimbingan dan arahan. Oleh karena itu penulis tidak lupa menyampaikan ucapan terima kasih kepada yang terhormat:

1. Bapak Rektor Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh;
2. Ibu Ketua LP2M UIN Ar-Raniry Banda Aceh;
3. Bapak Kepala Pusat Penelitian dan Penerbitan UIN Ar-Raniry Banda Aceh;
4. Bapak Dekan Fakultas Tarbiyah dan Keguruan UIN Ar-Raniry Banda Aceh beserta Wakil Dekan;
5. Bapak Ketua Prodi Pendidikan Kimia UIN Ar-Raniry Banda Aceh beserta Sekretaris;
6. Laboran Laboratorium Pendidikan Kimia UIN Ar-Raniry Banda Aceh;
7. Pihak terkait yang ikut berkontribusi dalam penyelesaian penelitian ini;

Akhirnya hanya Allah SWT yang dapat membalas amalan mereka, semoga menjadikannya sebagai amal yang baik.

Harapan penulis, semoga hasil penelitian ini bermanfaat dan menjadi salah satu amalan penulis yang diperhitungkan sebagai ilmu yang bermanfaat di dunia dan akhirat. *Amin ya Rabbal 'Alamin.*

Banda Aceh, 5 Oktober 2020
Ketua Peneliti,



Adean Mayasri

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMBUNG	
HALAMAN PENGESAHAN	
HALAMAN PERNYATAAN	
ABSTRAK	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL	viii
DAFTAR GAMBAR.....	ix
DAFTAR LAMPIRAN.....	x
BAB I : PENDAHULUAN	
A. Latar Belakang Masalah	1
B. Rumusan Masalah.....	3
C. Tujuan Penelitian.....	4
BAB II : LANDASAN TEORI	5
BAB III : METODE PENELITIAN.....	28
A. Alat dan Bahan	28
B. Metode Penelitian.....	28
C. Prosedur Penelitian	29
D. Pengolahan dan Analisis Data.....	31
E. Alur Penelitian.....	32
BAB IV : HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN.....	33
A. Hasil Penelitian.....	33
B. Pengolahan dan Interpretasi Data	37
C. Pembahasan	50
BAB V : PENUTUP.....	60
A. Kesimpulan	60
B. Saran-saran.....	60
DAFTAR PUSTAKA.....	61
LAMPIRAN-LAMPIRAN	66
BIODATA PENELITI	

DAFTAR TABEL

Tabel	4.1 Hasil Pengukuran Kadar Alkohol Sampel Kelompok I	34
Tabel	4.2 Hasil Pengukuran pH Sampel Kelompok I.....	34
Tabel	4.3 Hasil Pengukuran Kadar Alkohol Sampel Kelompok II...	35
Tabel	4.4 Hasil Pengukuran pH Sampel Kelompok II	36
Tabel	4.5 Hasil Pengukuran Kadar Alkohol Sampel Kelompok III .	36
Tabel	4.6 Hasil Pengukuran pH Sampel Kelompok III	37
Tabel	4.7 Perhitungan Kadar Alkohol Interaksi Faktor A dan B.....	38
Tabel	4.8 Analisis Sidak Ragam Kadar Alkohol Intraksi Faktor A dan Faktor B.....	42
Tabel	4.9 Perbandingan Rata-rata Perlakuan (Kadar Alkohol)	43
Tabel	4.10 Perhitungan pH Interaksi Faktor A dan B	44
Tabel	4.11 Analisis Sidak Ragam pH Intraksi Faktor A dan Faktor B	48
Tabel	4.12 Perbandingan Rata-rata Perlakuan (pH)	49

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Struktur Etanol.....	5
Gambar 2.2	Bagan Alir Pembuatan Bioetanol dengan Bahan Dasar Molase.....	7
Gambar 2.3	Jalur Glikolisis Karbohidrat.....	15
Gambar 2.4	Profil TPR untuk karbon yang terembankan prekursor Ni-Pd-klorida.....	21
Gambar 2.5	SEM karbon yang diaktivasi pada temperatur (a) 800 °C dan (b) 900 °C dengan dialiri gas CO ₂	24
Gambar 4.1	Proses Penimbangan Molase sebelum Diencerkan.....	51
Gambar 4.2	Proses Aerasi Molase sebelum Difermentasi.....	52
Gambar 4.3	Pengukuran pH dari Hasil Fermentasi.....	53
Gambar 4.4	Proses Pengukuran Kadar Alkohol Menggunakan Alkohol Meter.....	54

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	Foto-foto Penelitian	66
Lampiran 2	Biodata Peneliti	71

BAB I PENDAHULUAN

A. LATAR BELAKANG MASALAH

Setiap tahun populasi manusia meningkat dan kegiatan yang dilakukan juga semakin meningkat. Bahan bakar merupakan sumber energi pada hampir setiap kegiatan manusia. Hal ini merupakan dampak dari pengembangan yang dilakukan untuk mempermudah kegiatan manusia, sehingga konsumsi energi meningkat. Bahan bakar yang paling sering digunakan dalam kegiatan manusia salah satunya adalah bahan bakar fosil. Pembakaran sempurna dari bahan bakar fosil menghasilkan gas CO₂ dan H₂O. Akan tetapi, kenyataan bahwa pembakaran sempurna sangat jarang terjadi dan menyebabkan adanya emisi gas buang. Friedlingstein dkk. (2014) menyatakan bahwa konsentrasi CO₂ yang berasal dari emisi pembakaran bahan bakar fosil terakumulasi sehingga menyebabkan pemanasan global. Menurut Cao dkk. (2008) pembakaran terjadi dan melepaskan senyawa diantaranya yaitu partikulat, CO₂, CO, NO_x, dan SO₂.

Berbagai penelitian telah dilakukan untuk mengatasi pencemaran lingkungan. Beberapa penelitian yang banyak dilakukan saat ini diantaranya yaitu mengenai sumber energi terbarukan dan penambahan zat aditif pada bahan bakar. Zat aditif yang dimaksudkan disini yaitu suatu zat yang ditambahkan pada bahan bakar sehingga pembakaran yang terjadi lebih baik. Pembakaran yang lebih baik dapat mengurangi emisi gas buang yang berbahaya. Menurut Barrios dkk. (2014) pencampuran zat aditif yang merupakan senyawa oksigenat pada bensin memiliki pengaruh yang sangat besar terhadap emisi partikel. Penambahan zat aditif pada bensin sebanyak

15% menurunkan emisi partikel secara drastis dan hal ini merupakan keuntungan untuk kerja mesin.

Salah satu senyawa yang dapat digunakan sebagai zat aditif pada bahan bakar yaitu senyawa oksigenat. Senyawa oksigenat yaitu senyawa organik yang ditambahkan ke dalam bahan bakar sebagai pengganti senyawa TEL (*tetraethyl lead*). Beberapa senyawa yang termasuk kedalam senyawa oksigenat yaitu senyawa alkohol, eter, dan asetal. Alkohol sendiri dapat dihasilkan melalui fermentasi tumbuhan. Beberapa jenis alkohol dapat digunakan sebagai bahan bakar dan dapat juga digunakan sebagai *octane number booster* yang merupakan zat aditif pada bahan bakar kendaraan.

Etanol yaitu salah satu jenis alkohol yang paling sering digunakan dan dapat dengan mudah diperoleh melalui proses fermentasi. Fermentasi biasa dilakukan pada tumbuhan dikarenakan pada tumbuhan terdapat sumber karbohidrat. Beberapa tumbuhan merupakan sumber karbohidrat yaitu beras, tebu, kopi dan banyak lagi. Semakin manis yang menandakan bahwa tumbuhan tersebut semakin tinggi mengandung karbohidrat. Semakin sederhana karbohidrat yang difermentasikan maka akan semakin mudah untuk dilakukan fermentasi.

Tebu merupakan salah satu sumber karbohidrat dan menjadi bahan baku produksi gula. Gula tebu merupakan karbohidrat sederhana dengan jenis sukrosa atau dapat termasuk ke dalam disakarida. Produksi gula tebu pada industri akan menghasilkan produk samping/limbah yang disebut dengan molase (tetes tebu). Molase ini mengandung kadar gula yang tinggi dan kadar air rendah sehingga akan sangat baik untuk difermentasikan sehingga menghasilkan etanol.

Alkohol yang paling sering digunakan sebagai bahan bakar yaitu etanol dengan hasil emisi yang tidak mencemari lingkungan dan keberadaan yang melimpah. Alkohol yang diperoleh melalui fermentasi bahan alam secara langsung dan digunakan sebagai alternatif energi terbarukan masih sangat jarang dilakukan. Selain dapat digunakan sebagai bahan bakar, alkohol sendiri dapat digunakan langsung sebagai *octane number booster*. Menurut Kemal, dkk. (2014) penggunaan alkohol pada bahan bakar bensin menurunkan emisi gas CO dan NO_x sedangkan emisi gas CO₂ meningkat. Hal ini merupakan sesuatu yang baik dalam pembakaran. Penelitian yang telah dilakukan oleh Manochio, dkk. (2017) menunjukkan bahwa etanol yang merupakan salah satu jenis alkohol yang berasal dari tebu dapat dijadikan sebagai sumber energi alternatif dalam industri. Hal ini disebabkan karena energi yang dihasilkan dari pembakaran dapat disandingkan dengan hasil pembakaran bahan bakar fosil. Pemanfaatan etanol yang berasal dari tetes tebu yang merupakan limbah dan dapat menghasilkan biomassa merupakan sebuah keuntungan yang besar. Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian tentang fermentasi molase dari tetes tebu sebagai sumber alternatif bahan bakar terbarukan perlu dilakukan lebih lanjut.

B. RUMUSAN MASALAH

Berdasarkan latar belakang masalah yang telah dipaparkan maka rumusan masalah pada penelitian ini, yaitu bagaimanakah fermentasi molase dari tetes tebu sebagai sumber alternatif bahan bakar terbarukan?

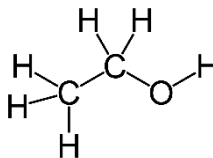
C. TUJUAN PENELITIAN

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui fermentasi molase dari tetes tebu sebagai sumber alternatif bahan bakar terbarukan.

BAB II LANDASAN TEORI

Bioetanol merupakan alkohol yang dapat dijadikan sebagai bahan bakar, dimana bioetanol berasal dari tumbuhan dan memiliki sifat seperti premium sebagai bahan bakar (Khairani, 2007). Fermentasi glukosa (gula) yang diteruskan dengan proses distilasi akan menghasilkan etanol (bioetanol). Proses distilasi ini bervariasi, hasil dari proses distilasi yang mencapai kadar etanol sebesar 95% belum dapat digunakan sebagai bahan bakar atau yang disebut dengan *biofuel*. Setelah proses distilasi tersebut, bioetanol perlu dimurnikan sehingga mencapai kemurnian sebesar 99% atau sering disebut dengan *fuel grade* etanol (Damianus, 2010).

Saat ini sedang gencar-gencarnya dalam mencari pengganti bahan bakar fosil yang merupakan sumber daya alam yang tidak dapat diperbaharui. Bioetanol menjadi alternatif bahan bakar fosil yang paling menjanjikan dan banyak digunakan saat ini. Sumber bioetanol adalah bahan-bahan dari alam seperti sumber tepung yang mengandung sukrosa, misalnya tebu, hasil gula dan sorgum manis. Selain itu, bioetanol dapat diperoleh dari bahan baku langsung seperti jagung, tebu, gandum, beras, barley dan kentang (Marco, 2012).



Gambar 2. 1 Struktur Etanol

Pada dasarnya pemanfaatan bioetanol sudah banyak sekali diterapkan, beberapa sumber menyebutkan manfaat dari bioetanol, yaitu sebagai berikut:

Fessenden (1992) menyatakan bahwa kegunaan bioetanol antara lain sebagai minuman keras, pelarut dan atau regensia yang digunakan di laboratorium maupun industri, dan sebagai bahan bakar.

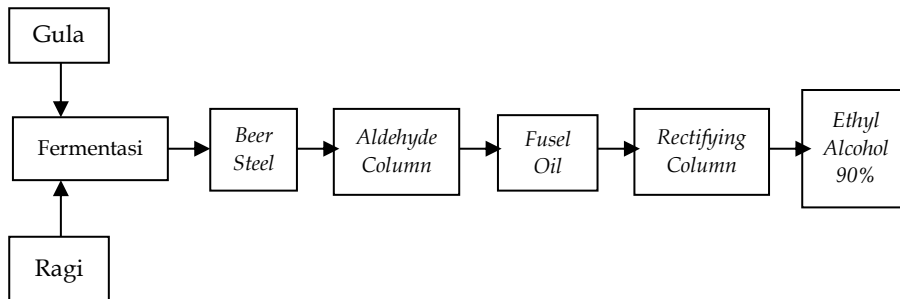
Austin (1984) menyebutkan ada beberapa kegunaan dari bioetanol. Adapun beberapa kegunaan tersebut adalah sebagai bahan yang digunakan dalam industri kimia, bahan dasar yang digunakan dalam racikan kosmetik dan kedokteran, pelarut yang dapat digunakan untuk sintesis senyawa kimia, dan bahan baku yang digunakan untuk membuat senyawa kimia lain seperti asetaldehid, etil asetat, asam asetat, etilen dibromide, glycol, etil klorida, dan senyawa etil ester.

Menurut Uhligh (1998), bioetanol dapat digunakan sebagai pelarut dalam membuat cat dinding dan bahan-bahan kecantikan (kosmetik). Selain itu, bioetanol juga diberdayakan dalam perdagangan domestik sebagai bahan bakar.

Banyaknya manfaat yang ditimbulkan oleh penggunaan bioetanol ini, terlebih dikarenakan produksi samping dari penggunaan bioetanol lebih ramah lingkungan. Menyebabkan gencarnya peneliti untuk mencari cara bagaimana produksi bioetanol ini dapat dilakukan secara massal. Ada beberapa cara yang dapat dilakukan untuk menghasilkan etanol. Salah satu cara untuk memproduksi etanol yaitu dengan cara fermentasi yang dilakukan dengan bahan dasar gula.

Pada proses fermentasi yang menggunakan gula sebagai bahan baku akan menghasilkan bahan bakar yang komposisinya bergantung pada

bahan fermentasi yang digunakan. Walaupun demikian, Sebagian besar komposisi yang dihasilkan adalah senyawa etil alkohol atau dengan nama lain etanol. Hasil yang diperoleh ini dapat dimurnikan melalui proses distilasi (Faith, 1961).



Gambar 2.2 Bagan Alir Pembuatan Bioetanol dengan Bahan Dasar Molase

Marco (2012) menyatakan bahwa produk bioetanol adalah salah satu senyawa yang dapat dihasilkan melalui proses *biorefinery* dengan memanfaatkan *bio-based resources*. Produk bioetanol ini juga merupakan biofuel yang paling menarik, hal ini dikarenakan bioetanol dapat dihasilkan dalam jumlah besar. Tidak hanya demikian, produk bioetanol ini juga dapat dicampur dengan bensin sebagai zat aditif pada bahan bakar kendaraan sehingga menjadi bahan bakar yang ramah lingkungan.

Hal ini disebabkan oleh kandungan oksigen yang lebih tinggi sehingga bioetanol ini memiliki kemampuan oksidasi yang lebih baik dari pada bensin. Dengan berjalannya seperti ini, kadar CO dan emisi partikulat dari bahan bakar fosil dapat dikurangi. Selain itu, dikarenakan jumlah bilangan oktan yang lebih tinggi dibandingkan dengan bensin maka waktu pembakaran yang dibutuhkan jadi lebih singkat.

Adapun proses penghasiian bioetanol ini dapat dilakukan dengan beberapa cara. Cara yang umum digunakan dan telah banyak dilakukan secara komersil yaitu dengan metode sintesis ethylene dan fermentasi (Faith, 1961). Metode fermentasi untuk menghasilkan bioetanol dapat menggunakan bahan baku dengan jenis karbohidrat, stracth, bahan berserat dan bahan-bahan yang mengandung komponen gula di dalamnya (Othmer, 1978).

Adapun proses fermentasi yang dilakukan dengan menggunakan bahan dasar molase atau tetes tebu untuk menghasilkan bioetanol. Proses dimulai dengan memasukkan tetes tebu ke tabung pencampuran dan dicampurkan dengan menggunakan air pada untuk menghasilkan molase dengan kandungan gula invert sebesar 10-15%. Pada bahan ini kemudian ditambahkan asam sulfat sehingga kadar keasaman dari molase turun dari pH sekitaran 5,3 menjadi 4,5.

Selain itu, ditambahkan senyawa ammonium sulfat dengan tujuan untuk mempertahankan pH (bertindak sebagai buffer) dengan dilakukan sterilisasi yang kemudian dimasukkan ke mesin ragi untuk mengkondisikan ragi sehingga seusai standar. Setelah pencampuran ini selesai baru kemudian dimasukkan ke dalam fermentor untuk dilakukan fermentasi dengan temperatur diatur berkisar 21-31 °C. Waktu yang dibutuhkan untuk fermentasi ini sendiri diperlukan waktu berkisar 28 hingga 72 jam atau dengan rata-rata waktu 45 jam untuk memperoleh alkohol dengan konsentrasi 8-10%.

Ketika fermentasi telah selesai, produk yang dihasilkan berupa alkohol dan CO₂. CO₂ yang dihasilkan memiliki fasa gas yang kemudian dialirkan ke scrubber dengan cara penambahan air, hal ini dilakukan agar alkohol tertahan hilang sebesar 0,5 hingga 1% dari total keseluruhan. Produk

ini kemudian dimurnikan dengan memanfaatkan adsorpsi dari karbon aktif. Setelah serangkaian proses ini selesai, produk alkohol dimasukkan ke dalam *Beer Still*. Pada tahap ini dilakukan untuk membuang slop atau yang disebut dengan air kotor melalui *Heat Exchanger*. Setelah itu, dimasukkan ke dalam *Aldehyde Column* dan terakhir dialirkan ke *Rectifying Column*. Pada tahap akhir dari proses ini akan dihasilkan etanol dengan kadar 90%.

Proses fermentasi untuk menghasilkan produk alkohol menggunakan bahan baku utama yaitu ragi. Di sini ragi berfungsi dalam mengkonversi glukosa menjadi alkohol dan gas CO₂. Ragi ini sendiri merupakan mikroorganisme bersel satu yang tidak memiliki klorofil dan termasuk ke dalam golongan *eumycetes*. Ada beberapa jenis dari golongan *Eumycetes* yaitu *Saccharomyces anamensis*, *Saccharomyces cerevisiae* dan *Saccharomyces pombe*. Jenis-jenis dari golongan *Eumycetes* ini memiliki kemampuan dalam menghasilkan alkohol dengan jenis berbeda.

Diperlukan penelitian-penelitian lebih lanjut untuk mengetahui ragi yang sesuai untuk produksi jenis alkohol tertentu. Namun, secara umum jenis ragi yang sering digunakan dalam proses fermentasi untuk menghasilkan bioetanol adalah *Saccharomyces cerevisiae*. Hal ini dikarenakan ragi jenis ini yang mampu bertahan pada temperature 30 °C dan pada derajat keasaman (pH) 4,8.

Berdasarkan proses fermentasi terbatas, maka ragi dapat dikategorikan ke dalam dua, yaitu:

a. Ragi Atas (*Top Yeast*)

Ragi jenis ini merupakan ragi yang aktif pada bagian atas permukaan media. Ragi ini menghasilkan produk berupa etanol dan gas CO₂, serta banyak digunakan pada industri alkohol dan anggur.

b. Ragi Bawah (*Bottom Yeast*)

Ragi jenis ini merupakan ragi yang aktif pada bagian bawah dan umumnya digunakan untuk menghasilkan bir. Ragi ini tidak banyak memproduksi etanol dan membutuhkan waktu yang lama agar fermentasi terjadi sempurna.

Selain melalui proses fermentasi, senyawa etanol juga dapat diperoleh dari hidrasi senyawa etilen yang merupakan turunan atau derivat dari batu bara maupun minyak bumi. Proses yang dilalui tanpa fermentasi ini dilakukan dengan cara menambahkan air pada saat temperatur tinggi (Winarno, 2007).

Murdiyatmo (2007) menyatakan bahwa persentase penggunaan etanol sebagai bahan bakar yaitu sebesar 68%. Dimana etanol ini diperoleh dengan melakukan proses fermentasi dari bahan-bahan pertanian yang merupakan sumber gula. Penggunaan alkohol dengan jenis etanol ini banyak digunakan dalam kegiatan sehari-hari dikarenakan sifatnya yang tidak beracun.

Sifat yang tidak beracun ini dimanfaatkan oleh pelaku industri untuk menggunakan etanol sebagai pelarut dalam bidang farmasi, makanan bahkan minuman. Dari segi warna dan rasa, etanol juga merupakan cairan yang tidak berwarna dan tidak berasa. Namun demikian etanol ini memiliki bau yang khas dan dapat menimbulkan efek memabukkan apabila diminum. Etanol memiliki rumus molekul yaitu C_2H_5OH dan rumus empiris yaitu C_2H_6O .

Pada dasarnya penggunaan etanol ini tidak hanya digalakkan pada jaman sekarang, namun sudah digunakan semenjak masa lalu sebagai bahan pemabuk dalam minuman beralkohol. Bahkan residu yang ditemukan pada

keramik yang merupakan peninggalan sejarah sejak 9000 tahun yang lalu ditemukan bahwa sejak masa neolitik minuman beralkohol sudah dikonsumsi manusia (Muslimin, 1996).

Pada dasarnya kita tidak akan menemukan etanol dengan persentase 100%. Hal ini dikarenakan pada suhu ruang etanol akan membentuk campuran azeotrope dengan air. Hal ini menyebabkan, walaupun pemurnian etanol telah dilakukan, hasil maksimum kadar alkohol yang diperoleh melalui proses distilasi yaitu berkisar 96%. Pada awalnya etanol murni atau dapat juga disebut dengan etanol absolut pertama kali ditemukan oleh Johan Tobias Lowitz pada tahun 179. Etanol ini ditemukan dengan menyaring alkohol yang telah didistilasi terlebih dahulu dan melewatkannya pada arang. Penemu lain yaitu Lavoisier menyatakan bahwa etanol merupakan senyawa kimia yang tersusun atas karbon, hidrogen dan oksigen.

Beberapa tahun berlalu, hingga tahun 1808 seorang peneliti bernama Saussure berhasil menentukan rumus kimia dari senyawa etanol. Sedangkan rumus bangun etanol ditemukan setelah lima puluh tahun kemudian oleh Couper pada tahun 1858. Hal ini juga menjadikan bahwa etanol merupakan senyawa kimia pertama yang berhasil ditentukan rumus bangunnya (Muslimin, 1996).

Dalam proses fermentasi untuk menghasilkan etanol terdapat istilah waktu inkubasi. Waktu inkubasi ini sangat mempengaruhi hasil dari fermentasi. Hal ini dikarenakan semakin banyak waktu inkubasi maka kadar etanol yang dihasilkan akan semakin tinggi. Sebelum dihasilkan alkohol pada proses fermentasi, bahan dasar harus membentuk glukosa terlebih dahulu agar dikonversi menjadi alkohol. Dimana pembentukan produk alkohol ini membutuhkan waktu yang lebih lama dari pada

membentuk glukosa. Akan tetapi, waktu yang terlalu lama juga dapat menyebabkan ragi/khamir yang digunakan rusak atau nutrisi dalam substrat rusak sehingga proses fermentasi terhenti (Purbarini, 2003).

Proses fermentasi merupakan suatu proses yang menghasilkan energi yang terjadi di dalam sel. Kondisi yang diperlukan yaitu keadaan anaerob atau tanpa melibatkan oksigen ataupun aerob. Pada umumnya proses fermentasi merupakan salah satu proses respirasi anaerob. Di sisi lain juga terdapat pengertian tentang fermentasi yang dinyatakan sebagai respirasi anaerob tanpa akseptor elektron dari luar (Dirmanto, 2006).

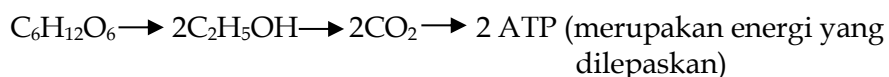
Proses fermentasi dalam kata lain merupakan pengaplikasian metabolisme dari mikroba untuk mengkonversi bahan utama menjadi suatu produk/hasil yang memiliki nilai jual/guna tinggi, hasil-hasil ini dapat berupa protein sel tinggal, antibiotik, biopolymer dan asam-asam organik. Selain itu, proses ini sebenarnya sudah dilakukan sejak jaman dulu kala untuk pembuatan tempe, oncom, tape dan lain-lain (Nurhayani, 2000). Di sisi lain fermentasi ini juga dapat diartikan sebagai proses perubahan gradual dengan menggunakan enzim dari beberapa khamir, jamur dan bakteri. Aplikasi dari pemanfaatan fermentasi yaitu oksidasi senyawa nitrogen organik, proses dekomposisi senyawa pati maupun gula menjadi alkohol dan gas CO₂, dan proses pengasaman susu (Hidayat, 2006).

Menurut Siswadji (1985) apabila suatu proses fermentasi yang dilakukan selama tiga hari lebih maka akan terjadi konversi gula menjadi alkohol, sehingga membuat suatu minuman sari buah mengandung alkohol. Pada dasarnya proses fermentasi mengikutkan beberapa jenis enzim yang dihasilkan oleh kapang, dimana sejumlah sel kapang ini dapat hidup paling

lama selama tiga hari. Hal ini menandakan proses fermentasi akan menurun setelah lewat dari tiga hari ini (Inggrid, 2003).

Waktu yang dibutuhkan untuk menjalankan proses fermentasi ini sangat tergantung pada bahan utama dan jenis hasil/produk yang akan dihasilkan. Proses simpan yang singkat atau proses fermentasi tidak sempurna dapat berlangsung dalam waktu kisaran 1 sampai 2 minggu. Waktu selama ini dapat menghasilkan etanol dengan kadar sekitar 3 sampai 8%. Bir merupakan salah satu contoh produk yang dihasilkan. Namun apabila dibandingkan dengan proses simpan yang lebih lama atau proses fermentasi sempurna akan membutuhkan waktu berbulan-bulan bahkan bertahun-tahun. Produk yang dihasilkan akan mengandung etanol dengan kadar sekitar 7 sampai 18% (Hidayat, 2006).

Seperti yang sudah dijelaskan sebelumnya, bahwa jenis bahan utama sangat menentukan jenis alkohol yang dihasilkan. Demikian juga reaksi yang terjadi selama proses fermentasi yang akan berbeda-beda sesuai dengan jenis bahan utama/gula yang digunakan diikuti dengan hasil yang diperoleh. Glukosa dengan rumus kimia $C_6H_{12}O_6$, gula jenis ini dikenal sebagai molekul gula yang paling sederhana. Fermentasi dari glukosa akan menghasilkan etanol sebanyak 2 mol, dari setiap mol konversi gula atau fermentasi gula. Adapun persamaan konversi gula selama proses fermentasi dapat dilihat sebagai berikut:



Diketahui bahwa gula dapat berupa glukosa, fruktosa dan sukrosa dikonversi menjadi etanol diikuti dengan gas karbondioksida dan energi dalam bentuk ATP (adenosin triphosfat) (Nurdyastuti, 2008). Hal yang

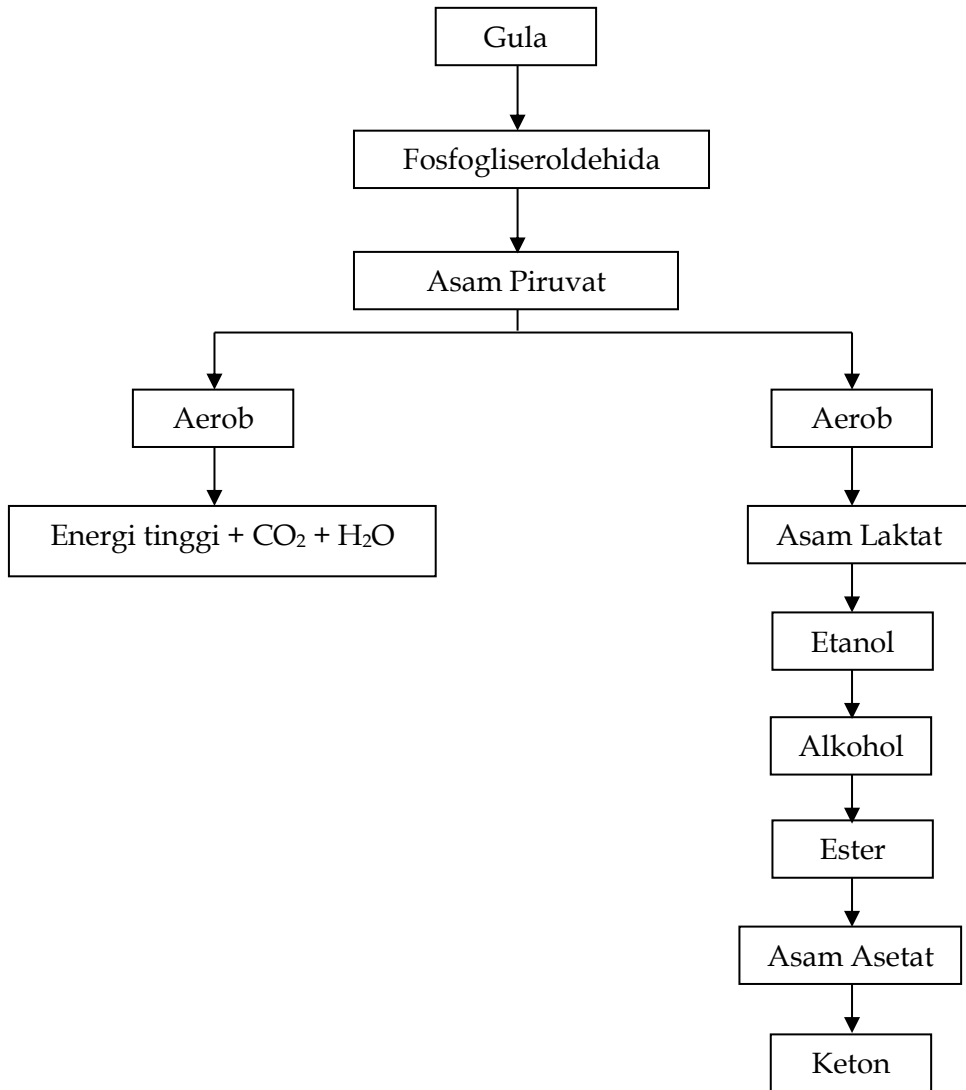
harus diperhatikan dalam proses fermentasi adalah kondisi ragi, Adapun hal-hal tersebut yaitu kadar keasaman (pH) dan konsentrasi karbohidrat dari bahan utama, temperatur pada proses fermentasi, dan konsentrasi dari ragi yang digunakan (Winarno, 1980).

Menurut Tarigan (1988) menyatakan jumlah penambahan khamir pada bahan utama sangat menentukan proses fermentasi yang terjadi. Dimana jumlah ragi yang ditambahkan banyak maka akan semakin meningkatkan kadar alkohol yang dihasilkan. Disisi lain Yuliani (2013) menyatakan bahawa proses fermentasi dengan waktu yang lama akan meningkatkan keasaman. Dilanjutkan oleh Muljono dan Daewis (1990) selama proses fermentasi akan terbentuk senyawa asam yang mengakibatkan turunnya pH dari sistem. Adapun asam yang terbentuk yaitu asam laktat, asam asetat dan asam piruvat.

Apabila proses fermentasi terjadi dalam keadaan anaerob maka sebagian besar khamir akan melakukan proses fermentasi pada bahan utamayang merupakan karbohidrat, sehingga menghasilkan etanol dengan sedikit produk samping. Proses ini terjadi sesuai dengan jalur glikolisis yang diuraikan oleh Buckle (1987).

Menurut Sugiarti (2007) bahwa kadar alkohol yang dihasilkan dari suatu proses fermentasi akan semakin tinggi seiring dengan lamanya waktu yang digunakan selama proses fermentasi. Hal ini juga berlaku dengan banyaknya ragi yang ditambahkan ke dalam sistem, dimana semakin banyak ragi yang ditambahkan ke dalam sistem maka akan menghasilkan kadar alkohol yang semakin tinggi. Disisi lain Sariyanti (2003) menambahkan bahwa kadar gula yang terkandung dalam suatu karbohidrat

yang lebih tinggi akan menghasilkan kadar alkohol yang lebih tinggi dalam proses fermentasi.



Gambar 2. 3 Jalur Glikolisis Karbohidrat

Terdapat beberapa hal yang mempengaruhi aktifitas mikroba selama proses fermentasi , yaitu:

a. Keasaman (pH)

Kadar keasaman sangat mempengaruhi kinerja dari mikroba dalam proses fermentasi. Dimana kadar keasaman yang paling efektif yaitu berkisar antara 4,5 hingga 5,5.

b. Temperatur

Pada dasarnya setiap jenis mikroorganisme akan memiliki temperatur pertumbuhan tertentu. Temperatur optimal yang temperatur yang membuat mikroorganisme dapat berkembang dengan cepat.

c. Kadar Oksigen

Kadar oksigen dapat membunuh atau memperbanyak jenis mikroorganisme tertentu sehingga harus diatur sebaik mungkin. Berbeda jenis mikroorganisme maka kebutuhan akan oksigen juga berbeda. Seperti *Saccharomyces cerevisiae* akan memfermentasi gula lebih cepat dalam keadaan anaerob dibandingkan dengan keadaan aerob.

d. Mikroba

Mikroba merupakan kultur yang dikembangkan di laboratorium yang digunakan dalam proses fermentasi. Kultur ini dapat langsung digunakan atau disimpan terlebih dahulu dengan cara dibekukan.

e. Waktu

Laju mikroorganisme semakin banyak berbeda setiap jenisnya. Pada dasarnya saat waktu optimum mikroorganisme akan membelah setiap 20 menit. Apabila waktu regenerasi yang dibutuhkan adalah 20 menit maka dalam 7 jam akan menghasilkan beberapa juta sel.

Zat aditif pada bahan bakar berperan dalam bahan bakar ekonomi dan mengurangi emisi baik secara langsung maupun tidak langsung. Beragam zat aditif digunakan dalam bahan bakar biodisel automotif untuk mencapai batas spesifikasi dan meningkatkan kualitas. Contoh zat aditif pada bahan bakar kendaraan yaitu aditif logam basa, aditif oksigenat, antioksidan, peningkat angka setana, pelumas, dan peningkat aliran dingin yang digunakan untuk mencapai spesifikasi dan kualitas (Rashedul dkk., 2014).

Agirre dkk. (2011) menyatakan berbagai jenis zat aditif ditambahkan pada bahan bakar kendaraan. Zat aditif yang terdiri dari alkil yang terikat dengan logam yang terlibat dalam aktivitas katalitik pembakaran terbukti mengurangi emisi bahan bakar dan konsumsi bahan bakar yang lebih hemat. Akan tetapi emisi yang dihasilkan sangat tidak ramah lingkungan sehingga digunakan senyawa MTBE (metil ter-butyl eter) dan ETBE (etil ter-butyl eter) yang merupakan senyawa oksigenat sebagai zat aditif bahan bakar. Menurut Weaver dkk. (2009) penggunaan senyawa MTBE sebagai zat aditif kendaraan menimbulkan masalah lingkungan baru. Sehingga lebih disarankan untuk menggunakan etanol yang dapat diperbaharui/diperoleh kembali melalui fermentasi dan dapat larut dalam air dengan perbandingan volume tertentu.

Kristanto dkk. (2002) menyatakan bahwa salah satu parameter dalam menentukan kualitas suatu bahan bakar adalah angka oktana. Apabila angka oktana suatu bahan bakar terlalu rendah, maka akan muncul ketukan (*knocking*) yang dapat mengurangi kinerja mesin. Suatu zat aditif anti-ketuk (*anti-knock*) ditambahkan ke dalam bahan bakar untuk mengatasi ketukan ini. Semakin tinggi angka oktana suatu bahan bakar, semakin tinggi pula

ketahanannya terhadap penyalaan dini pada saat kompresi tinggi, tanpa dipengaruhi oleh penyalaan dari busi.

Penggunaan zat aditif pada kendaraan dimaksudkan untuk meningkatkan

kinerja dari bahan bakar. Salah satu zat aditif untuk bahan bakar kendaraan yaitu isobutanol. Menurut Mack dkk. (2014) sifat anti-ketuk dari *biofuel* dapat diketahui dengan menginvestigasi RON (*Research Octane Number*) dan BRON (*Blending Research Octane Number*). Hal ini dilakukan untuk menentukan potensi zat aditif bahan bakar pada mesin. Salah satu senyawa yang diuji yaitu 2-metil-1-propanol (isobutanol) yang memiliki RON dan BRON masing-masing 106,5 dan 120,7 menunjukkan bahwa isobutanol merupakan sebuah zat aditif yang ideal untuk digunakan sebagai *anti-knock*.

An dkk. (2015) menunjukkan bahwa konsentrasi oksigen keseluruhan memiliki efek yang menguntungkan secara signifikan terlihat dari berkurangnya emisi NO_x , CO, dan jelaga. Khususnya dengan meningkatnya konsentrasi oksigen, puncak konsentrasi CO, dan tingkat emisi akhir tercatat berkurang mengacu pada oksigen yang tersimpan dalam bahan bakar, mengurangi masuknya karbon sebagaimana kemungkinan mempercepat laju oksidasi CO. Reduksi yang lebih nyata ditunjukkan pada kemungkinan emisi jelaga karena ikatan C-O pada bahan bakar bercampur oksigenat memiliki peranan penting dalam menghambat atom karbon saat membentuk jelaga. Secara umum, ditemukan bahwa konsentrasi oksigen keseluruhan terlihat menjadi faktor utama yang mendominasi emisi.

Di antara banyak alkohol, butanol merupakan yang paling menguntungkan karena untuk memproduksinya tidak memerlukan biaya tinggi dan tidak korosif. Butanol dapat diperoleh melalui fermentasi

tanaman seperti tebu dan limbah kayu. Beberapa isomer butanol yaitu n-butanol, 2-butanol, isobutanol, dan ter-butanol merupakan yang dapat digunakan sebagai zat aditif pada bahan bakar kendaraan. Penggunaan butanol bahan bakar kendaraan dapat meningkatkan pemanasan dan menurunkan konsumsi bahan bakar.

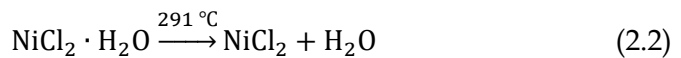
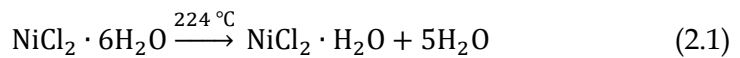
Menurut Sharon dkk. (2013) pencampuran butanol yang berasal dari minyak kelapa sawit dengan bahan bakar diesel mengurangi emisi gas CO, NO_x, dan asap. Selama uji dilakukan ketukan tidak terjadi, tetapi emisi hidrokarbon meningkat. Peningkatan emisi hidrokarbon yang terjadi masih dalam batas yang diperbolehkan dan dapat diatasi dengan meningkatkan angka setana.

Antón dkk. (2016) menyatakan bahwa pencampuran bensin dengan bahan bakar terbarukan seperti senyawa etanol, isobutanol, dan ETBE menghasilkan suatu keuntungan. Penambahan senyawa isobutanol dan ETBE memiliki keuntungan yang lebih daripada penambahan senyawa etanol, yaitu mengenai massa jenis energi, rasio udara/bahan bakar, tekanan uap, bahan terbarukan, dan efek lainnya yang sangat baik.

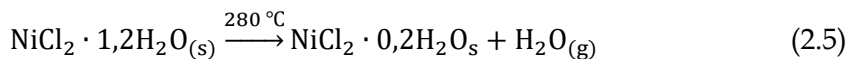
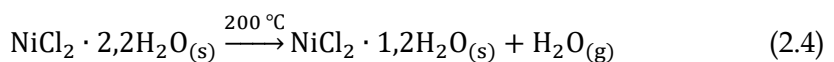
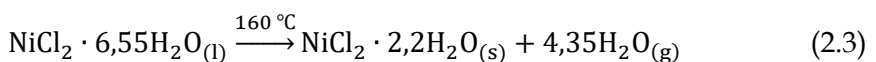
Fassaert dkk. (1972) menyatakan bahwa pada banyak reaksi logam Ni menunjukkan aktivitas yang tinggi. Ikatan antara nikel dan hidrogen yang teradsorb pada permukaan atom membentuk ikatan sigma. Interaksi utama yang terjadi yaitu antara orbital 3d_z, 4s, dan 1s yang berasal dari hidrogen. Orbital d memiliki peranan penting dalam kemisorpsi pada permukaan molekul dan orbital 4s memiliki peran yang sangat penting dalam adsorpsi kovalen. Pada logam Ni, adanya orbital 4s ini menyebabkan energi yang lebih rendah sehingga lebih stabil. Menurut Estupiñan dkk. (2013) adsorpsi ion Ni²⁺ dari larutannya pada karbon aktif terjadi melalui

modifikasi kimia permukaan dengan agen pengoksidasi asam nitrat dan hidrogen peroksida. Kapasitas adsorpsi ion Ni^{2+} dari larutannya pada *monolayer* bergantung pada luas permukaan pengemban.

Charles dkk. (2001) menyatakan bahwa dehidrasi dari garam hidrat yaitu $\text{NiCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, dimana molekul air tidak langsung lepas sekaligus. Pelepasan air atau dehidrasi terjadi bertahap sejalan dengan kenaikan temperatur. Reaksi yang terjadi ditunjukkan pada Reaksi 2.1 dan 2.2.

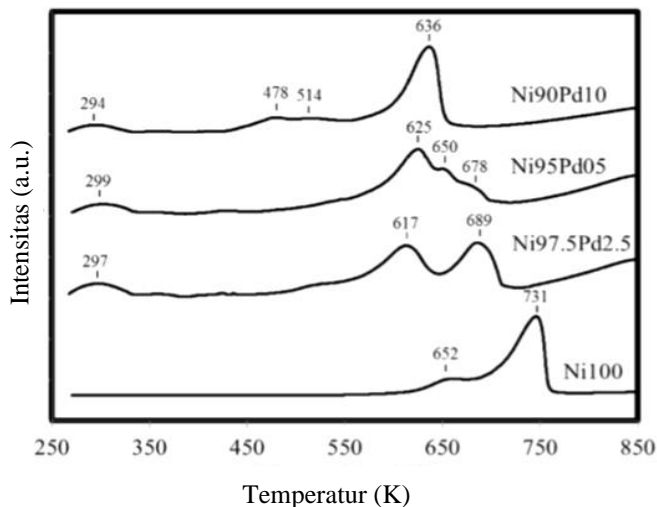


Mishra dan Kanungo (1992) menyatakan bahwa dehidrasi dan deklorinasi dari $\text{NiCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ terjadi pada beberapa tahap pelepasan pada masing-masing temperaturnya. Reaksi dehidrasi terjadi demikian sehingga semua molekul air terlepas. Dehidrasi selesai dilanjutkan dengan tahapan deklorinasi. Proses ini terjadi pada temperatur di atas temperatur dehidrasi dengan dialiri gas pereduksi. Reaksi yang terjadi dapat dilihat pada Reaksi 2.3-2.5.



Srebowata dan Kaminska (2015) menyatakan bahwa hasil analisis TPR (*Temperature-Programmed Reduction*) diperoleh reduksi larutan $\text{NiCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ yang diembankan pada karbon dengan dialiri gas H_2 . Hasil ini menunjukkan bahwa logam Ni_{100} yang merupakan logam yang akan

digunakan sebagai katalis diperoleh pada temperatur 731 °C seperti terlihat pada Gambar 2.4.



Gambar 2.4 Profil TPR untuk karbon yang terembankan prekursor Ni-Pd-klorida (Srebowata dan Kaminska, 2015)

Wang dkk. (2015) menyatakan bahwa preparasi katalis dilakukan dengan impregnasi basah. Perlakuan dimulai dengan melarutkan logam ke dalam air dengan jumlah sedikit kemudian ditambahkan pada pengemban. Setelah penambahan prekursor logam, dipanaskan pada temperatur 120 °C selama 8 jam dan dilanjutkan dengan kalsinasi pada temperatur 500 °C selama 4 jam.

Serp dan Machado (2015) menyatakan bahwa temperatur perlakuan yang tinggi pada karbon aktif dapat meningkatkan adsorpsi dengan meningkatnya situs- π pada struktur grafit. Pembuatan karbon aktif meliputi dua hal, yaitu karbonisasi dan aktivasi. Karbonisasi bertujuan untuk mengubah struktur karbon pada material. Pembakaran terhadap material dilakukan pada temperatur berkisar 673-1123 K dengan keadaan

anaerob. Arang terbentuk ketika karbon menata ulang dirinya sendiri menjadi lembaran kaku dan membentuk kelompok mikrokristal, masing-masingnya terdiri dari lembaran grafit. Reaksi pembentukan karbon (grafit) dapat dilihat pada Reaksi 2.6.



Tahapan yang terjadi pada proses karbonisasi meliputi pelepasan air (373-473 K), pirolisis (473-773 K), dan penggabungan struktur karbon (773-1123 K). Pori karbon dapat ditingkatkan melalui proses aktivasi. Aktivasi terdiri dari dua jenis yaitu aktivasi fisika dan kimia. Aktivasi fisika yaitu memanaskan karbon sambil dialiri gas CO₂ sehingga terjadi reaksi seperti pada Reaksi 2.7. Gas ini digunakan karena reaktif bereaksi dengan bahan baku dan dapat membersihkan dari pengotor volatil.



Menurut Radkevich dkk. (2008) dekomposisi senyawa turunan karboksilat terjadi pada temperatur tinggi yaitu pada 370-670 °C dan terdekomposisi menjadi gas CO dengan adanya gas CO₂. Gugus fenolat dan karbonil merupakan gugus yang lebih stabil pada permukaan yang terdekomposisi menjadi gas CO masing-masing pada temperatur 620 dan 810 °C.

Bulushev dkk. (2004) menyatakan bahwa adanya gugus karboksilat dan fenolat akan mempengaruhi dispersi logam yang diimbakan pada karbon aktif dan direduksi menggunakan gas H₂. Reduksi kation logam yang melekat pada gugus karboksilat menyebabkan logam menggumpal. Yang dkk. (2010) menyatakan karbon aktif dengan luas permukaan sebesar 2000 m²/g dilakukan dengan pemanasan sambil dialiri dengan gas CO₂.

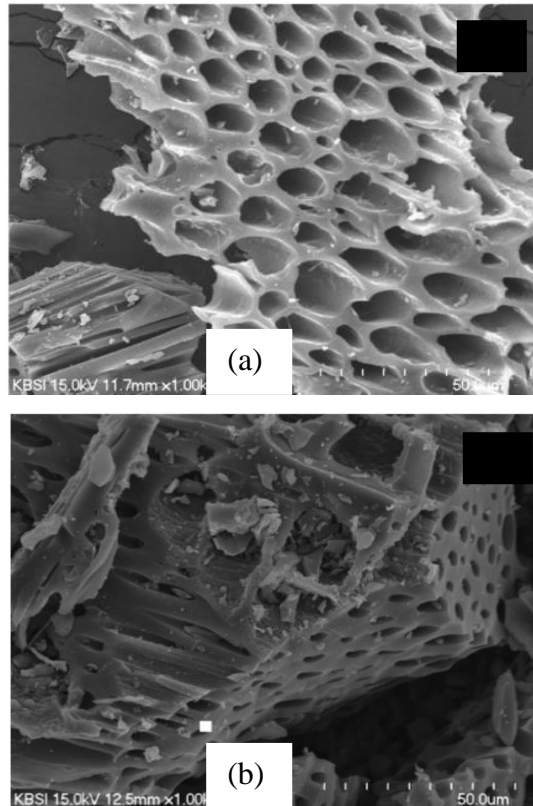
Karbon aktif sebagai pengemban katalis yang telah dibersihkan dengan menggunakan HCl, HNO₃, dan HF dan efek dari perlakuan ini telah dipelajari. Ditemukan bahwa perlakuan dengan asam secara signifikan merubah sifat kimia permukaan dan struktur pori dari karbon aktif. Luas permukaan dan volume pori meningkat karena hilangnya pengotor. Kapasitas adsorpsi terhadap Ni²⁺ pada karbon sebagai pengemban juga meningkat, peningkatan ini berkaitan erat dengan keasaman permukaan karbon. Impregnasi garam Ni mengurangi luas permukaan dan volume pori karbon baik bagian mikropori maupun mesopori. Perlakuan keasaman menyebabkan distribusi garam Ni yang lebih homogen dalam karbon (Wang dan Lu, 1998).

Analisis FTIR dilakukan pada karbon aktif untuk mengetahui gugus aktif yang terdapat pada permukaan karbon. Intensitas dari gugus fungsi yang semakin rendah dapat mengindikasikan bahwa semakin tingginya luas permukaan. Hal ini disebabkan karena semakin berkurangnya senyawa-senyawa yang terdapat pada karbon aktif (Daifullah dan Girgis, 2003).

Sato dkk. (2007) menyatakan bahwa adsorpsi terhadap logam berat pada permukaan karbon aktif yang terdiri dari kompleks C-O dengan jumlah yang beragam. Karbon aktif yang digunakan telah dibersihkan dari debu diikuti dengan oksidasi menggunakan HNO₃, kemudian dialiri gas He pada temperatur 1273 K untuk menghilangkan kompleks C-O.

Penghilangan kompleks C-O menyebabkan mekanisme adsorpsi berganti dari pertukaran ion menjadi interaksi kation-Cπ untuk adsorpsi logam berat. Menurut Yorgun dan Yildiz (2015) aktivasi kimia dan karbonisasi yang dilakukan pada temperatur 300-600 °C menghasilkan

karbon aktif dengan luas permukaan mencapai $2806 \text{ m}^2/\text{g}$ dan volume pori total sebesar $1,746 \text{ cm}^3/\text{g}$. Morfologi karbon yang telah diaktivasi dapat dilihat pada Gambar 2.5.



Gambar 2.5 SEM karbon yang diaktivasi pada temperatur (a) $800 \text{ }^\circ\text{C}$ dan (b) $900 \text{ }^\circ\text{C}$ dengan dialiri gas CO_2 (Jung dan Kim, 2014)

Terzyk (2001) menyatakan gugus fungsi yang terdapat pada permukaan karbon dapat diketahui menggunakan FTIR, antara lain yaitu: CH_2 (regang asimetri dan simetri) pada 2921 dan 2852 cm^{-1} ; $\text{C}=\text{O}$ (regang $\text{C}=\text{O}$) pada 1734 , 1694 , dan 1558 cm^{-1} ; COO (regang COO) pada 1698 cm^{-1} ; $\text{C}=\text{C}$ (regang dalam cincin aromatik) pada 1629 cm^{-1} ; CN (regang) pada 1254

cm^{-1} ; CH_3COO (regang $\text{C}=\text{O}$ dalam eter) pada 1458 cm^{-1} dan (regang $\text{C}=\text{O}$ dalam ester) pada 1243 cm^{-1} ; COC (regang) pada 1157 cm^{-1} ; COH pada 1111 cm^{-1} ; CO_2 (fisisorpsi CO_2) pada 670 dan 673 cm^{-1} ; HSO_4^- dan SO_4^{2-} (regang $\text{S}=\text{O}$ dan $\text{S}-\text{O}$) pada 670 dan 580 cm^{-1} .

Karbon merupakan padatan yang ideal digunakan karena memiliki stabilitas tinggi dan situs proton asam kuat. Hal ini sesuai untuk padatan asam untuk bertahan pada keadaan yang sangat asam maupun dalam air karena air ikut berperan dalam reaksi bahan bakar dan banyak industri melakukan reaksi penting berkatalis asam. Tidak ada perbedaan pada luas permukaan karbon saat sebelum dan sesudah perlakuan dengan H_2SO_4 . Oleh karena itu, sulit untuk menjelaskan berapa banyak gugus fungsi aktif pada karbon (Hara dkk., 2004).

Capeletti dkk. (2000) menyatakan bahwa senyawa 1,1-dietoksietana diperoleh dari reaksi antara senyawa asetaldehida dan senyawa etanol. Reaksi ini dilakukan menggunakan sistem *bacth* dengan adanya katalis asam. Jenis katalis asam yang dapat digunakan yaitu zeolit, mordenit, monmorillonit, dan resin penukar ion sulfonat. Penggunaan asetaldehida secara langsung dalam reaksi tidak begitu baik disebabkan karena titik didihnya yang rendah (294 K) dan toksisitasnya.

Menurut Bueno dkk. (2007) pencegahan penggunaan langsung senyawa asetaldehida sebagai reaktan untuk memperoleh senyawa asetal dapat dilakukan dengan reaksi oksidasi satu tahap senyawa etanol. Reaksi ini melalui tahap dehidrogenasi senyawa etanol menjadi senyawa asetaldehida, kemudian dilanjutkan dengan tahap pembentukan senyawa asetal. Konversi senyawa etanol dilakukan menggunakan katalis homogen $\text{Pd}/(\text{Oac})_2/\text{Cu}/(\text{Oac})_2/\text{asam sulfonat paratoluena}$ melalui metode *batch*

pada temperatur 343 K. Hasil konversi etanol menjadi 1,1-dietoksietana diperoleh sebesar 30%.

He dan Liu (2014) menyatakan bahwa senyawa 1,1-dietoksietana dapat diperoleh dengan hanya menggunakan senyawa etanol sebagai reaktan. Reaksi dilakukan melalui dua tahap dan menggunakan dua katalis yang berbeda. Tahap reaksi yang dimaksudkan yaitu pembentukan senyawa asetaldehida dan dilanjutkan pembentukan senyawa asetal. Senyawa asetaldehida diperoleh dengan melawatkan uap etanol pada katalis Cu/SiO₂. Hasil konversi asetaldehida diperoleh pada temperatur 493 K yaitu sebesar 20%. Senyawa asetal diperoleh dengan mereaksikan senyawa asetaldehida dengan senyawa etanol. Proses ini dilakukan dengan melewati uap senyawa asetaldehida dan etanol pada katalis zeolit H-Y. Hasil konversi senyawa 1,1-dietoksietana diperoleh pada temperatur 293 K yaitu sebesar 35%.

Rianto (2014) menyatakan bahwa logam Cu yang diimpregnasikan pada karbon aktif dapat mengonversi senyawa isopropanol menjadi senyawa 1,1-diisopropoksietana sebesar 32,59% dengan gas N₂ sebagai gas pembawa. Hasil konversi tertinggi diperoleh menggunakan massa katalis sebesar 10 g.

Beberapa penelitian mengenai fermentasi molase ini telah dilakukan. Menurut Juwita (2012) yang telah melakukan penelitian tentang fermentasi molase menggunakan *Saccharomyces cerevisiae* sebagai mikroorganisme fermentasi. Disini juga digunakan metode rancangan acak lengkap dengan faktor aerasi dan pengenceran. Hasil dari penelitian ini menunjukkan kadar alkohol yang masih rendah. Sehingga, diperlukan studi lebih lanjut untuk meningkatkan hasil penelitian yang diperoleh.

Disisi lain Fifendy, dkk. (2013) menyatakan bahwa banyak tidaknya mikroorganismenya yang berkembang saat fermentasi sangat ditentukan oleh konsentrasi gula pada molase. Oleh karena itu, pengenceran terhadap molase dengan kadar gula 50% penting untuk dilakukan. Anggraini, dkk. (2017) juga menyatakan bahwa pH sangat mempengaruhi produksi bioetanol yang dihasilkan. Hal ini dikarenakan mikroorganismenya yang hanya mampu bertahan hidup pada keadaan tertentu saja, salah satunya pada rentang pH tertentu. Disini diperoleh pH optimum yaitu 4,5 untuk menghasilkan kadar alkohol tertinggi.

Arif, dkk. (2016) menyatakan bahwa melalui penelitian optimalisasi bioetanol dengan menggunakan rancangan acak lengkap. Dimana proses fermentasi dibantu dengan penambahan urea. Diperoleh hasil bahwa semakin lama fermentasi kadar alkohol yang diperoleh juga semakin tinggi. Pada penelitian ini diperoleh waktu optimum memperoleh bioetanol adalah selama tiga hari. Zentou, dkk. (2017) menyatakan bahwa beberapa hal yang mempengaruhi fermentasi yaitu konsentrasi gula pada molase 50g/L, pH 4,5 dan temperatur 30 °C.

BAB III METODE PENELITIAN

A. ALAT DAN BAHAN

Pada penelitian digunakan beberapa alat yaitu timbangan, timbangan digital, gelas ukur, corong, alkohol meter, pH meter, fermentor (kapasitas 3,5 liter), dan aerator (pompa aquarium).

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah tetes tebu/molase, (kadar gula 50%), urea, ragi dan aquades.

B. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Pendidikan Kimia Fakultas Tarbiyah dan Keguruan UIN Ar-Raniry Banda Aceh. Beberapa variasi dilakukan agar dapat diketahui pada variasi mana yang akan menghasilkan etanol dengan kadar tertinggi. Adapun variasi yang dilakukan dibagi ke dalam dua faktor yaitu lamanya aerasi dan volume air yang digunakan untuk mengencerkan molase.

Proses aerasi dilakukan dalam beberapa variasi waktu yaitu 24, 48, 72, dan 96 jam. Aerasi ini merupakan faktor A yang mempengaruhi fermentasi ini. Pelarutan molase juga dilakukan dengan variasi volume air yang ditambahkan. Berdasarkan hal ini maka dalam penelitian ini digunakan metode Rancangan Acak Lengkap dan percobaan Faktorial. Adapun variasi yang dilakukan yaitu:

Faktor A : Aerasi

A₁: 24 jam

A₂: 48 jam

A3: 72 jam

A4 : 96 jam.

Faktor B : Pelarutan molase : air

B1: 1 : 1,5

B2: 1 : 2

B3: 1 : 2,5

C. PROSEDUR PENELITIAN

1. Disiapkan sampel molase sebanyak 12 sampel. Semua sampel tersebut dibagi ke dalam 3 kelompok. Hal ini sesuai dengan faktor B, sehingga masing-masingnya terbagi menjadi 4 sampel.
2. Sampel kelompok pertama (B₁) diambil molase sebanyak 1 kg dan diencerkan dengan air sebanyak 1,15 liter (dimasukkan ke dalam masing-masing empat wadah sampel diberi label A₁, A₂, A₃, dan A₄).
3. Sampel kelompok kedua (B₂) diambil molase sebanyak 1 kg dan diencerkan dengan air sebanyak 2 liter (dimasukkan ke dalam masing-masing empat wadah sampel diberi label A₁, A₂, A₃, dan A₄).
4. Sampel kelompok ketiga (B₃) diambil molase sebanyak 1 kg dan diencerkan dengan air sebanyak 2,5 liter (dimasukkan ke dalam masing-masing empat wadah sampel diberi label A₁, A₂, A₃, dan A₄).
5. Sampel-sampel yang telah diencerkan ditambahkan urea dan ragi dan dimasukan ke dalam fermentor.

6. Proses aerasi dilakukan sesuai dengan faktor A. Adapun kombinasi faktor yang diperoleh yaitu: (A_1, B_1) ; (A_2, B_1) ; (A_3, B_1) ; (A_4, B_1) ; (A_1, B_2) ; (A_2, B_2) ; (A_3, B_2) ; (A_4, B_2) ; (A_1, B_3) ; (A_2, B_3) ; (A_3, B_3) ; (A_4, B_3) .
7. Setelah proses aerasi dilakukan, maka proses fermentasi dilakukan selama 25 hari.
8. Pengecekan pH dan kadar etanol dilakukan pada hari ke 10, 15, 20, dan 25.

C.1 Kadar alkohol

1. Diambil sampel sebanyak 10 ml dan dimasukkan ke dalam gelas ukur.
2. Dicatat kadar alkohol yang diperoleh dengan menggunakan alkohol meter.

C.2 Derajat keasaman (pH)

1. Diambil 10 mL sampel dan diukur temperaturnya. Dinyalakan pH meter dan dikalibrasi terlebih dahulu.
2. Diukur pH sampel dengan menggunakan pH meter dan dibiarkan stabil dalam beberapa menit (15-25 menit).
3. pH meter yang telah digunakan dibilas dengan aquades dan dikeringkan dengan tissue.
4. Dichelupkan pH meter ke dalam sampel sampai diperoleh pembacaan yang stabil kemudian dicatat pH sampel.

D. PENGOLAHAN DAN ANALISIS DATA

Pengolahan data dilakukan dengan menggunakan metode rancangan acak lengkap (RAL) dan percobaan faktorial. Adapun persamaan dari RAL (Steel & Torrie, 1992), dapat dilihat pada persamaan 3.1.

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \varepsilon_{ijk} \quad (3.1)$$

Diketahui: $i = 1, 2, 3$ dan 4

$j = 1, 2$ dan 3

$k = 1, 2, 3$ dan 4

Dimana:

Y_{ijk} = Kadar alkohol pada hari ke- k yang memperoleh kombinasi perlakuan aerasi selama i jam dan dengan pengenceran molase dengan j liter air.

μ = Rata-rata kadar alkohol sesungguhnya

α_i = Pengaruh perlakuan lama aerasi selama i -jam

β_j = Pengaruh pengenceran dengan j liter air

$(\alpha\beta)_{ij}$ = Pengaruh interaksi perlakuan aerasi selama i jam dan pengenceran molase dengan j liter air

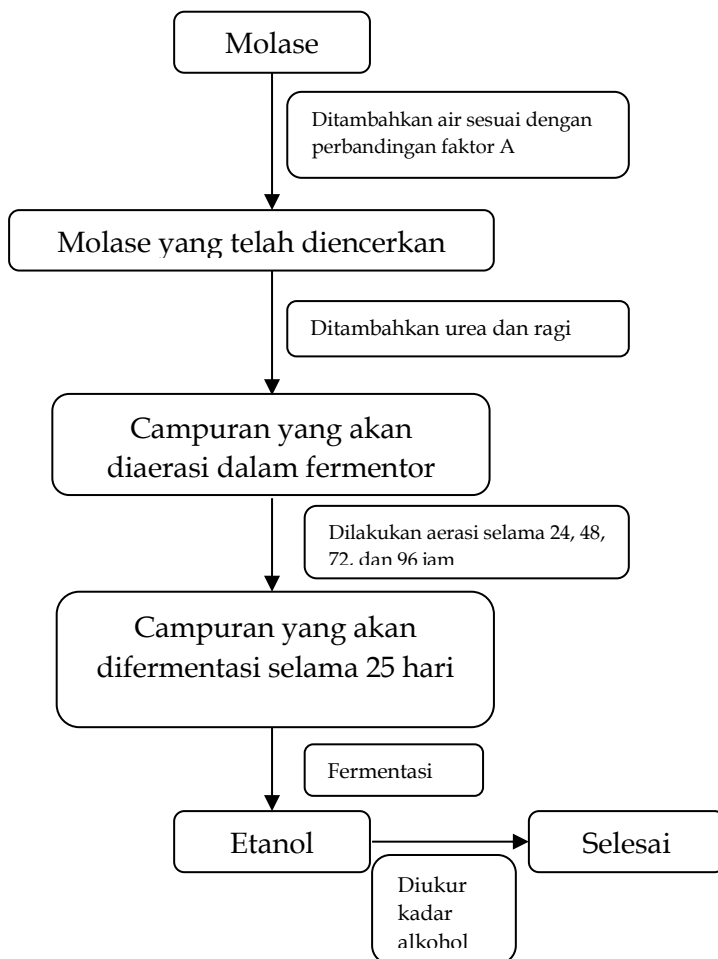
ε_{ijk} = Pengaruh galat perlakuan aerasi selama i jam dan pengenceran molase dengan j liter air pada satuan perlakuan hari ke- k

Apabila diperoleh perlakuan ini menghasilkan beda nyata atau beda sangat nyata, maka dilakukan uji lanjutan. Uji lanjutan dilakukan untuk mengetahui perlakuan mana yang paling berpengaruh. Pada penelitian ini dilakukan uji beda nyata jujur (BNJ) sebagai uji lanjutan. Adapun persamaan uji beda nyata jujur (BNJ) dapat dilihat pada persamaan 3.2.

$$\text{BNJ } \alpha = q_{(p;dbg;\alpha)} \times \sqrt{\frac{\text{KTG}}{r}} \quad (3.2)$$

Berdasarkan persamaan 3.2 akan dapat ditentukan perlakuan mana yang paling berpengaruh. Sehingga dapat ditentukan perlakuan yang paling baik dalam penelitian ini.

E. ALUR PENELITIAN



BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

A. HASIL PENELITIAN

Pada desain awal penelitian, penelitian ini sebaiknya penuh dilakukan di laboratorium. Hal ini dikarenakan proses fermentasi sangat dipengaruhi oleh temperatur, kelembaban, terlindung dari paparan sinar matahari langsung, dan tekanan tertentu. Namun, dikarenakan Covid-19 menyebabkan akses ke laboratorium ditutup. Sehingga, peneliti harus merangkai alat sendiri dan pengujian dilakukan secara manual yang dapat dilakukan di rumah.

Perangkain alat fermentor dilakukan dengan alat-alat sederhana yang dirangkai sedemikian sehingga proses fermentasi tetap dapat dilakukan. Penelitian ini dilakukan selama satu bulan pada satu variasinya. Dikarenakan pada penelitian ini terdapat tiga variasi maka lama penelitian ini berjalan selama tiga bulan lebih.

Perlakuan dilakukan pada temperatur ruang. Temperatur ruang sangat sering berubah dengan ekstrim, sehingga proses fermentasi yang dilakukan kurang maksimal. Akan tetapi, perlakuan tetap dilakukan dengan harapan setelah Covid-19 ini selesai, perlakuan yang lebih baik lagi dapat dilakukan. Adapun hasil penelitian yang diperoleh dapat dilihat pada tabel-tabel di bawah ini.

Penelitian ini dilakukan dengan melakukan proses fermentasi terhadap molase yang dicampur dengan ragi (*Saccharomyces cerevisiae*) dan urea. Variasi faktor yang dilakukan pada penelitian ini adalah lamanya aerasi dan pengenceran terhadap molase. Lamanya aerasi dilakukan sebanyak empat variasi dan pengenceran dilakukan sebanyak tiga variasi.

Sampel-sampel ini dibagi ke dalam tiga kelompok yaitu kelompok I, II dan III. Kadar alkohol dan pH (sebagai kontrol terbentuknya alkohol) diukur setelah 10, 15, 20 dan 25 hari proses fermentasi. Adapun hasil pengukuran kadar alkohol dan pH pada penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 4.1 – Tabel 4.6

Tabel 4.1 Hasil Pengukuran Kadar Alkohol Sampel Kelompok I

Sampel	Pengukuran Hari Ke	Pengukuran		
		I	II	III
A1,B1	10	3,60	3,60	3,70
	15	3,80	3,80	3,80
	20	3,80	3,90	3,80
	25	3,90	3,90	3,90
A2,B1	10	3,70	3,70	3,70
	15	3,70	3,80	3,80
	20	3,80	3,90	3,90
	25	3,90	4,00	4,00
A3,B1	10	3,70	3,70	3,80
	15	3,90	3,90	3,80
	20	4,00	4,10	4,00
	25	4,00	4,00	4,00
A4,B1	10	3,80	3,90	3,80
	15	3,90	4,00	4,10
	20	4,20	4,30	4,20
	25	4,00	3,90	4,00

Tabel 4.2 Hasil Pengukuran pH Sampel Kelompok I

Sampel	Pengukuran Hari Ke	Pengukuran		
		I	II	III
A1,B1	10	3,56	3,56	3,54
	15	3,66	3,66	3,68
	20	3,85	3,89	3,88
	25	4,00	4,01	3,98

Sampel	Pengukuran Hari Ke	Pengukuran		
		I	II	III
A2,B1	10	3,54	3,53	3,61
	15	3,77	3,64	3,74
	20	3,80	3,93	3,99
	25	4,20	4,14	4,20
A3,B1	10	3,52	3,55	3,65
	15	3,74	3,71	3,69
	20	3,87	3,94	3,93
	25	4,11	4,09	4,03
A4,B1	10	3,62	3,62	3,62
	15	3,75	3,77	3,78
	20	3,93	3,89	3,91
	25	4,30	4,21	4,32

Tabel 4.3 Hasil Pengukuran Kadar Alkohol Sampel Kelompok II

Sampel	Pengukuran Hari Ke	Pengukuran		
		I	II	III
A1,B2	10	4,60	4,60	4,60
	15	4,70	4,80	4,80
	20	4,80	4,80	4,90
	25	4,90	4,90	4,90
A2,B2	10	4,70	4,70	4,60
	15	4,70	4,80	4,80
	20	4,80	4,90	4,90
	25	4,90	4,90	4,90
A3,B2	10	4,70	4,70	4,80
	15	4,90	4,90	4,80
	20	4,90	5,00	5,10
	25	5,10	5,10	5,10
A4,B2	10	4,80	4,80	4,80
	15	4,90	4,80	4,90
	20	5,40	5,50	5,40
	25	4,80	4,90	5,00

Tabel 4.4 Hasil Pengukuran pH Sampel Kelompok II

Sampel	Pengukuran Hari Ke	Pengukuran		
		I	II	III
A1,B2	10	3,67	3,73	3,72
	15	3,93	3,98	3,99
	20	4,11	4,13	4,18
	25	4,2	4,23	4,44
A2,B2	10	3,88	3,85	3,89
	15	3,94	3,95	3,99
	20	4,1	4,16	4,18
	25	4,35	4,37	4,37
A3,B2	10	3,96	3,94	3,93
	15	4,13	4,18	4,18
	20	4,27	4,29	4,29
	25	4,32	4,34	4,32
A4,B2	10	4,01	4,03	4,03
	15	4,28	4,30	4,30
	20	4,40	4,30	4,40
	25	4,50	4,60	4,50

Tabel 4.5 Hasil Pengukuran Kadar Alkohol Sampel Kelompok III

Sampel	Pengukuran Hari Ke	Pengukuran		
		I	II	III
A1,B3	10	5,70	5,70	5,60
	15	5,80	5,80	5,80
	20	5,80	5,90	5,90
	25	6,00	6,10	6,10
A2,B3	10	5,70	5,80	5,80
	15	5,80	5,90	5,90
	20	5,90	5,90	5,90
	25	6,00	6,00	6,00
A3,B3	10	5,80	5,80	5,80
	15	5,80	5,90	5,90
	20	6,00	6,10	6,10

Sampel	Pengukuran Hari Ke	Pengukuran		
		I	II	III
	25	6,20	6,30	6,30
A4,B4	10	5,80	5,90	5,90
	15	5,90	6,00	6,00
	20	6,40	6,60	6,60
	25	6,80	6,90	6,90

Tabel 4.6 Hasil Pengukuran pH Sampel Kelompok III

Sampel	Pengukuran Hari Ke	Pengukuran		
		I	II	III
A1,B3	10	3,78	3,73	3,78
	15	3,89	3,91	3,91
	20	4,03	4,03	4,03
	25	4,16	4,18	4,18
A2,B3	10	3,75	3,81	3,78
	15	3,92	3,95	3,96
	20	4,09	4,11	4,11
	25	4,26	4,28	4,26
A3,B3	10	3,81	3,83	3,83
	15	3,96	3,96	3,96
	20	4,18	4,13	4,19
	25	4,28	4,29	4,31
A4,B4	10	3,84	3,85	3,83
	15	4,18	4,19	4,18
	20	4,30	4,33	4,35
	25	4,50	4,49	4,52

B. PENGOLAHAN DAN INTERPRETASI DATA

Pengolahan data pada penelitian ini dilakukan dengan metode rancangan acak lengkap. Data yang diperoleh dan dimasukkan ke dalam

perhitungan dan dilakukan dengan menggunakan *Microsoft excel*. Adapun hasil yang diperoleh dapat dilihat pada Tabel 4.7.

Tabel 4.7 Perhitungan Kadar Alkohol Interaksi Faktor A dan B

		Pengukuran Hari ke	FAKTOR			Total
			B1	B2	B3	
FAKTOR	A1	10	3,63	4,60	5,67	13,90
		15	3,80	4,77	5,80	14,37
		20	3,83	4,83	5,87	14,53
		25	3,90	4,90	6,07	14,87
	A2	10	3,70	4,67	5,77	14,13
		15	3,77	4,77	5,87	14,40
		20	3,87	4,87	5,90	14,63
		25	3,97	4,90	6,00	14,87
	A3	10	3,73	4,73	5,80	14,27
		15	3,87	4,87	5,87	14,60
		20	4,00	5,00	6,07	15,07
		25	4,20	5,10	6,27	15,57
	A4	10	3,83	4,80	5,87	14,50
		15	4,00	4,87	5,97	14,83
		20	4,23	5,43	6,53	16,20
		25	3,97	4,90	6,87	15,73
Grand Total			62,14	78,00	96,17	236,47

Berdasarkan data pada Tabel 4.7, diketahui bahwa nilai $\alpha = 4$, $\beta = 3$ dan $r = 4$. Dilanjutkan dengan pencarian derajat bebas.

Derajat Bebas (db)

$$\text{Derajat Bebas Total (dbt)} = (\alpha \times \beta \times r) - 1 = (4 \times 3 \times 4) - 1 = 47$$

$$\text{Derajat Bebas Perlakuan (dbp)} = (\alpha\beta - 1) = (4 \times 3) - 1 = 11$$

$$\text{Derajat Bebas Faktor A (dba)} = \alpha - 1 = 4 - 1 = 3$$

$$\text{Derajat Bebas Faktor B (dbb)} = \beta - 1 = 3 - 1 = 2$$

$$\text{Derajat Bebas Interaksi Faktor A dan B (dba * b)} = (\alpha - 1)(\beta - 1) = (4 - 1)(3 - 1) = 6$$

$$\text{Derajat Bebas Galat (dbg)} = \text{dbt} - \text{dbp} = 47 - 11 = 36$$

Faktor Koreksi (FK)

$$\begin{aligned} \text{FK} &= \frac{Y_{ij}^2}{\alpha \times \beta \times r} \\ &= \frac{(236,32)^2}{4 \times 3 \times 4} \\ &= \frac{55916,48}{48} \\ &= 1164,93 \end{aligned}$$

Jumlah Kuadrat (JK)

Jumlah Kuadrat Total (JKT)

$$\begin{aligned} \text{JKT} &= \sum(Y_{ijk})^2 - \text{FK} \\ &= (3,63^2 + 4,60^2 + 5,67^2 + \dots + 6,87^2) - 1166,93 \\ &= 1203,23 - 1164,93 \\ &= 38,30 \end{aligned}$$

Jumlah Kuadrat Perlakuan (JKP)

$$\begin{aligned} \text{JKP} &= \frac{\sum(\sum Y_j)^2}{r} - \text{FK} \\ &= \frac{(3,63+3,80+3,83+3,90)^2 + (3,70+3,77+3,87+3,97)^2 + \dots + (5,87+5,97+5,53+6,87)^2}{4} - 1164,93 \\ &= \frac{4806,46}{4} - 1164,93 \end{aligned}$$

$$= 1201,62 - 1164,93$$

$$= 36,69$$

Jumlah Kuadrat Faktor A (JKA)

$$\begin{aligned} \text{JKA} &= \frac{\sum(\sum Y_i)^2}{r \times b} - \text{FK} \\ &= \frac{(13,90+14,37+14,53+14,87)^2 + \dots + (14,50+14,83+16,20+15,73)^2}{4 \times 3} - 1164,93 \\ &= \frac{13987,17}{12} - 1164,93 \\ &= 1165,60 - 1164,93 \\ &= 0,67 \end{aligned}$$

Jumlah Kuadrat Faktor B (JKB)

$$\begin{aligned} \text{JKB} &= \frac{\sum(\sum Y_j)^2}{r \times a} - \text{FK} \\ &= \frac{62,14^2 + 78,00^2 + 96,17^2}{4 \times 4} - 1164,93 \\ &= \frac{19193,28}{16} - 1164,93 \\ &= 1199,58 - 1164,93 \\ &= 34,65 \end{aligned}$$

Jumlah Kuadrat Interaksi A*B (JKA*B)

$$\begin{aligned} \text{JKA} * \text{B} &= \text{JKP} - \text{JKA} - \text{JKB} \\ &= 36,69 - 0,67 - 34,65 \\ &= 1,37 \end{aligned}$$

Jumlah Kuadrat Galat (JKG)

$$\begin{aligned} \text{JKG} &= \text{JKT} - \text{JKP} \\ &= 38,30 - 36,69 \\ &= 1,62 \end{aligned}$$

Kuadrat Tengah (KT)

Kuadrat Tengah Perlakuan (KTP)

$$\text{KTP} = \frac{\text{JKP}}{\text{dbp}} = \frac{36,69}{11} = 3,34$$

Kuadrat Tengah Faktor A (KTA)

$$\text{KTA} = \frac{\text{JKA}}{\text{dba}} = \frac{0,67}{3} = 0,22$$

Kuadrat Tengah Faktor B (KTB)

$$\text{KTB} = \frac{\text{JKB}}{\text{dbb}} = \frac{34,65}{2} = 17,33$$

Kuadrat Tengah Interaksi A*B (KTA*B)

$$\text{KTA} * \text{B} = \frac{\text{JKA*B}}{\text{dba*b}} = \frac{1,37}{6} = 0,23$$

Kuadrat Tengah Galat (KTG)

$$\text{KTG} = \frac{\text{JKG}}{\text{dbg}} = \frac{1,62}{36} = 0,04$$

Frekuensi Hitung

$$F_{\text{hitP}} = \frac{\text{KTP}}{\text{KTG}} = \frac{3,34}{0,04} = 74,35$$

$$F_{\text{hit}A} = \frac{KTA}{KTG} = \frac{0,22}{0,04} = 4,98$$

$$F_{\text{hit}B} = \frac{KTB}{KTG} = \frac{17,33}{0,04} = 386,23$$

$$F_{\text{hit}A * B} = \frac{KTA*B}{KTG} = \frac{0,23}{0,04} = 5,07$$

Berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan, maka dapat dibuat tabel anova seperti Tabel 4.8 .

Tabel 4.8 Analisis Sidak Ragam Kadar Alkohol Intraksi Faktor A dan Faktor B

Sumber Keberagaman	JK	DB	KT	Fhit	Ftabel	
					5%	1%
P	36,69	11	3,34	74,35	2,07	2,79
A	0,67	3	0,22	4,98	2,87	4,38
B	34,65	2	17,22	386,23	3,26	5,25
A*B	1,37	6	0,23	5,07	2,36	3,35
G	1,62	36	0,04			
Total	74,99	58,00				

Berdasarkan Tabel 4.8 diketahui beberapa hal, yaitu:

1. $F_{\text{hit}P} > F_{\text{tabel} 1\%}$ menandakan bahwa perlakuan dengan faktor A dan B memberikan pengaruh sangat nyata.
2. Faktor A mempengaruhi sangat nyata kadar alkohol yang dihasilkan.
3. Faktor B mempengaruhi sangat nyata kadar alkohol yang dihasilkan
4. Interaksi faktor A dan B mempengaruhi sangat nyata kadar alkohol yang dihasilkan.

Beberapa hal yang ditemukan ini menunjukkan bahwa uji lanjutan perlu dilakukan yaitu dengan menggunakan uji Beda Nyata Jujur (BNJ).

$$\text{BNJ } \alpha = q_{(p;dbg;\alpha)} \times \sqrt{\frac{\text{KTG}}{r}}$$

$$\text{BNJ } 1\% = q_{(12;36;0,01)} \times \sqrt{\frac{0,04}{4}}$$

(nilai q ditentukan berdasarkan tabel nilai kritis uji perbandingan berganda Tukey)

$$= 5,93 \times 0,11$$

$$= 0,63$$

Setelah nilai BNJ ditentukan, disusun perbandingan rata-rata perlakuan seperti pada Tabel 4.9.

Tabel 4.9 Perbandingan Rata-rata Perlakuan (Kadar Alkohol)

Perlakuan	Rata-Rata
A1B1	3,79 _a
A1B2	4,78 _e
A1B3	5,85 _i
A2B1	3,83 _{ab}
A2B2	4,80 _{ef}
A2B3	5,88 _{ij}
A3B1	3,95 _{abc}
A3B2	4,93 _{efg}
A3B3	6,00 _{ijk}
A4B1	4,01 _{abc}
A4B2	5,00 _{efg}
A4B3	6,31 _{ijkl}

Berdasarkan Tabel 4.9 diketahui bahwa nilai rata-rata tertinggi yaitu pada perlakuan A4B3 diikuti dengan kombinasi huruf l yang hanya ada pada perlakuan ini. Hal ini menunjukkan bahwa perlakuan terbaik dalam

menghasilkan alkohol tertinggi yaitu dengan lama aerasi 96 jam dan pengenceran dengan perbandingan 1:2,5.

Selain melihat pengaruh faktor A dan B terhadap kadar alkohol yang dihasilkan, juga dilihat kadar keasaman dari lingkungan molase. Hal ini penting dikarenakan pemanfaatan jamur *Sacharomycess sereviceae* sangat bergantung pada kadar keasaman (pH) sistem untuk dapat mengkonversi gula menjadi alkohol. Adapun hasil pengukuran keasaman dapat dilihat pada Tabel 4.10.

Tabel 4.10 Perhitungan pH Interaksi Faktor A dan B

		Pengukuran Hari ke	FAKTOR			Total
			B1	B2	B3	
FAKTOR	A1	10	3,55	3,62	3,76	10,94
		15	3,67	3,75	3,90	11,32
		20	3,72	3,94	4,14	11,80
		25	4,00	4,16	4,27	12,43
	A2	10	3,58	3,67	3,87	11,12
		15	3,70	3,80	3,96	11,46
		20	3,85	4,00	4,28	12,13
		25	4,08	4,20	4,39	12,67
	A3	10	3,60	3,70	3,94	11,24
		15	3,73	3,83	4,27	11,83
		20	3,91	4,02	4,38	12,31
		25	4,16	4,30	4,52	12,98
	A4	10	3,62	3,78	4,12	11,52
		15	3,77	4,18	4,36	12,31
		20	4,02	4,28	4,48	12,78
		25	4,28	4,45	4,83	13,56
Grand Total			61,13	63,68	67,47	192,39

Berdasarkan data pada Tabel 4.10, diketahui bahwa nilai $\alpha = 4$, $\beta = 3$ dan $r = 4$. Dilanjutkan dengan pencarian dearajat bebas.

Derajat Bebas (db)

$$\text{Derajat Bebas Total (dbt)} = (\alpha \times \beta \times r) - 1 = (4 \times 3 \times 4) - 1 = 47$$

$$\text{Derajat Bebas Perlakuan (dbp)} = (\alpha\beta - 1) = (4 \times 3) - 1 = 11$$

$$\text{Derajat Bebas Faktor A (dba)} = \alpha - 1 = 4 - 1 = 3$$

$$\text{Derajat Bebas Faktor B (dbb)} = \beta - 1 = 3 - 1 = 2$$

$$\text{Derajat Bebas Interaksi Faktor A dan B (dba * b)} = (\alpha - 1)(\beta - 1) = (4 - 1)(3 - 1) = 6$$

$$\text{Derajat Bebas Galat (dbg)} = \text{dbt} - \text{dbp} = 47 - 11 = 36$$

Faktor Koreksi (FK)

$$\begin{aligned} \text{FK} &= \frac{Y_{ij}^2}{\alpha \times \beta \times r} \\ &= \frac{(192,39)^2}{4 \times 3 \times 4} \\ &= \frac{37013,91}{48} \\ &= 771,10 \end{aligned}$$

Jumlah Kuadrat (JK)

Jumlah Kuadrat Total (JKT)

$$\begin{aligned} \text{JKT} &= \sum(Y_{ijk})^2 - \text{FK} \\ &= (3,55^2 + 3,62^2 + 3,76^2 + \dots + 4,83^2) - 771,10 \\ &= 775,28 - 771,10 \\ &= 4,18 \end{aligned}$$

Jumlah Kuadrat Perlakuan (JKP)

$$\begin{aligned} JKP &= \frac{\sum(\sum Y_j)^2}{r} - FK \\ &= \frac{(3,55+3,67+3,72+4,00)^2+(3,62+3,75+3,94+4,16)^2+\dots+(4,12+4,36+4,48+4,83)^2}{4} - 771,10 \\ &= \frac{3092,16}{4} - 771,10 \\ &= 773,04 - 771,10 \\ &= 1,94 \end{aligned}$$

Jumlah Kuadrat Faktor A (JKA)

$$\begin{aligned} JKA &= \frac{\sum(\sum Y_j)^2}{r \times b} - FK \\ &= \frac{(10,94+11,32+11,80+12,43)^2+\dots+(11,52+12,31+12,78+13,56)^2}{4 \times 3} - 771,10 \\ &= \frac{9260,63}{12} - 771,10 \\ &= 771,72 - 771,10 \\ &= 0,62 \end{aligned}$$

Jumlah Kuadrat Faktor B (JKB)

$$\begin{aligned} JKB &= \frac{\sum(\sum Y_j)^2}{r \times a} - FK \\ &= \frac{61,13^2+63,68^2+67,47^2}{4 \times 4} - 771,10 \\ &= \frac{12344,30}{16} - 771,10 \\ &= 771,52 - 771,10 \end{aligned}$$

$$= 0,42$$

Jumlah Kuadrat Interaksi A*B (JKA*B)

$$\begin{aligned} \text{JKA} * \text{B} &= \text{JKP} - \text{JKA} - \text{JKB} \\ &= 1,94 - 0,62 - 0,42 \\ &= 0,90 \end{aligned}$$

Jumlah Kuadrat Galat (JKG)

$$\begin{aligned} \text{JKG} &= \text{JKT} - \text{JKP} \\ &= 4,18 - 1,94 \\ &= 2,24 \end{aligned}$$

Kuadrat Tengah (KT)

Kuadrat Tengah Perlakuan (KTP)

$$\text{KTP} = \frac{\text{JKP}}{\text{dbp}} = \frac{1,94}{11} = 0,18$$

Kuadrat Tengah Faktor A (KTA)

$$\text{KTA} = \frac{\text{JKA}}{\text{dba}} = \frac{0,62}{3} = 0,21$$

Kuadrat Tengah Faktor B (KTB)

$$\text{KTB} = \frac{\text{JKB}}{\text{dbb}} = \frac{0,42}{2} = 0,21$$

Kuadrat Tengah Interaksi A*B (KTA*B)

$$\text{KTA} * \text{B} = \frac{\text{JKA*B}}{\text{dba*b}} = \frac{0,90}{6} = 0,15$$

Kuadrat Tengah Galat (KTG)

$$KTG = \frac{JKG}{dbg} = \frac{2,24}{36} = 0,06$$

Frekuensi Hitung

$$F_{hitP} = \frac{KTP}{KTG} = \frac{0,18}{0,06} = 2,85$$

$$F_{hitA} = \frac{KTA}{KTG} = \frac{0,21}{0,06} = 3,34$$

$$F_{hitB} = \frac{KTB}{KTG} = \frac{0,21}{0,06} = 3,40$$

$$F_{hitA * B} = \frac{KTA*B}{KTG} = \frac{0,15}{0,06} = 2,41$$

Berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan, maka dapat dibuat tabel anova seperti Tabel 4.11.

Tabel 4.11 Analisis Sidak Ragam pH Intraksi Faktor A dan Faktor B

Sumber Keberagaman	JK	DB	KT	Fhit	Ftabel	
					5%	1%
P	1,94	11	0,18	2,85	2,07	2,79
A	0,62	3	0,21	3,34	2,87	4,38
B	0,42	2	0,21	3,40	3,26	5,25
A*B	0,90	6	0,15	2,41	2,36	3,35
G	2,24	36	0,06			
Total	6,13	58,00				

Berdasarkan Tabel 4.11 diketahui beberapa hal, yaitu:

1. $F_{hitP} > F_{tabel 1\%}$ menandakan bahwa perlakuan dengan faktor A dan B memberikan pengaruh sangat nyata.
2. Faktor A mempengaruhi nyata kadar alkohol yang dihasilkan.

3. Faktor B mempengaruhi nyata kadar alkohol yang dihasilkan
4. Interaksi faktor A dan B mempengaruhi nyata kadar alkohol yang dihasilkan.

Beberapa hal yang ditemukan ini menunjukkan bahwa uji lanjutan perlu dilakukan yaitu dengan menggunakan uji Beda Nyata Jujur (BNJ). Taraf signifikansi yang digunakan disini adalah 5% dikarenakan F_{hit} faktor A, B dan interaksi faktor A dan B tidak lebih besar dari F_{tabel} taraf signifikansi 1%. Adapun pencarian BNJ dari pH sistem yaitu:

$$BNJ \alpha = q_{(p;dbg;\alpha)} \times \sqrt{\frac{KTG}{r}}$$

$$BNJ 5\% = q_{(12;36;0,05)} \times \sqrt{\frac{0,06}{4}}$$

(nilai q ditentukan berdasarkan tabel nilai kritis uji perbandingan berganda Tukey)

$$= 5,00 \times 0,11$$

$$= 0,61$$

Setelah nilai BNJ ditentukan, disusun perbandingan rata-rata perlakuan seperti pada Tabel 4.12.

Tabel 4.12 Perbandingan Rata-rata Perlakuan (pH)

Perlakuan	Rata-Rata
A1B1	3,73 _a
A1B2	3,87 _{abc}
A1B3	4,02 _{abc}
A2B1	3,80 _{ab}
A2B2	3,91 _{abc}
A2B3	4,13 _{abc}

A3B1	3,85 _{abc}
A3B2	3,96 _{abc}
A3B3	4,28 _{abc}
A4B1	3,92 _{abc}
A4B2	4,17 _{abc}
A4B3	4,45 _c

Berdasarkan Tabel 4.12 diketahui bahwa nilai rata-rata tertinggi yaitu pada perlakuan A4B3 diikuti dengan kombinasi huruf c yang hanya ada pada perlakuan ini. Hal ini menunjukkan bahwa perlakuan terbaik dalam menghasilkan kadar alkohol tertinggi yaitu dengan pH sistem 4,45.

C. PEMBAHASAN

Molase merupakan suatu material yang diperoleh dari sisa pembuatan gula dari tebu. Molase atau dikenal dengan nama tetes tebu ada dua, yaitu molase yang berwarna hitam pekat dan yang berwarna kecoklatan. Molase yang digunakan pada penelitian ini adalah molase yang berwarna hitam pekat. Molase ini mengandung gula dengan kadar 50%. Komposisi yang penting dalam molase adalah TSAI (*Total Sugar as Inverti*) yang terdiri dari sukrosa dan gula reduksi. Molase memiliki kadar TSAI antara 50-65%. Pada umumnya angka TSAI ini sangat mempengaruhi dalam proses fermentasi. Semakin tinggi angka TSAI maka akan semakin baik hasilnya.

Pada penelitian ini digunakan molase dengan kadar gula invert sebesar 50% dan hal ini sudah cukup baik untuk dasar fermentasi. Sebelum penelitian dilakukan, terlebih dahulu molase ini diencerkan terlebih dahulu. Pada penelitian ini difokuskan pada untuk mencari tahu pengaruh lamanya aerasi dan pengenceran terhadap produksi alkohol. Selain itu, dikarenakan sistem fermentasi sangat dipengaruhi oleh tinggi rendahnya kadar

keasaman maka dilakukan pengukuran pH terhadap sistem. Hal ini perlu diperhatikan dalam proses fermentasi, temperatur dan pH sangat menentukan lama tidaknya hidup jamur *Sacharomyces cereviceae*.



Gambar 4.1 Proses Penimbangan Molase sebelum Diencerkan

Pengenceran disini dijadikan sebagai Faktor B dan dilakukan tiga variasi untuk melihat pengenceran mana yang paling berpengaruh. Adapun variasi pengenceran yang dilakukan, yaitu: 1:1,5, 1:2, 1:2,5. Setelah pengenceran dilakukan, kemudian dicampurkan dengan ragi dan urea. Urea disini bertindak sebagai pembantu ragi dalam proses fermentasi. Campuran ini kemudian dimasukkan ke dalam fermentor

Fermentor yang digunakan seharusnya menggunakan fermentor yang ada pada laboratorium yang dapat mengontrol temperatur, pH, dan tekanan. Namun, dikarenakan kondisi yang seperti saat ini maka penelitian dilakukan dengan menggunakan fermentor yang dirangkai sendiri.



Gambar 4.2 Proses Aerasi Molase sebelum Difermentasi

Setelah semua bahan dicampurkan dan dimasukkan ke dalam fermentor. Proses aerasi dilakukan, dimana lamanya aerasi ini merupakan Faktor A yang akan dilihat pengaruhnya terhadap produksi alkohol. Adapun variasi lamanya aerasi yang dilakukan yaitu 24, 48, 72 dan 96 jam.

Proses aerasi dapat dilihat pada Gambar 4.2 yang dilakukan dan kemudian dilanjutkan dengan proses fermentasi. Total hari fermentasi yang dilakukan yaitu selama 25 hari. Pengecekan kadar alkohol dilakukan secara rutin yaitu pada hari ke 10, 15, 20 dan 25. Kadar alkohol diketahui dengan mencelupkan alkohol meter ke dalam produk. Sedangkan, pH diketahui dengan mencelupkan indikator universal sebagai acuan, kemudian mencelupkan pH meter dan pH yang dihasilkan dicatat. Penelitian ini dilakukan dengan tiga kali pengulangan pengukuran. Hal ini dilakukan agar data yang dihasilkan akurat.

Berdasarkan Gambar 4.3 diketahui bahwa, penggunaan kertas pH universal mengukur pH yang hanya menunjukkan bilangan bulat. Disini tidak diketahui berapa ketelitian dari pengukuran ini. Sehingga, digunakan alat pH meter yang memang menunjukkan pH dari hasil fermentasi yang diperoleh adalah sebesar 4,3. Pengukuran ini pun diulang sebanyak tiga kali dalam setiap prosesnya. Hal ini bertujuan untuk menambah ketelitian dari pengukuran yang dilakukan.



Gambar 4.3 Pengukuran pH dari Hasil Fermentasi

Tahap selanjutnya yaitu mengukur kadar alkohol yang merupakan bioetanol yang dihasilkan. Pengukuran alkohol dilakukan dengan menggunakan alkohol meter. Cara menggunakan alat ini yaitu dengan memasukkan larutan yang akan diukur ke dalam gelas ukur. Kemudian dicelupkan alat alkohol meter. Alat ini akan mengapung dan pada

permukaan larutan akan berhenti pada angka yang menunjukkan kadar alkohol yang terkandung dalam larutan tersebut.

Berdasarkan Gambar 4.4 dapat dilihat bahwa alkohol meter ini memang dapat digunakan untuk mengukur kadar alkohol yang terkandung dalam larutan. Prinsip kerja dari alat ini adalah berdasarkan berat jenis campuran yang merupakan air dan alkohol. Hal ini dikarenakan air dan alkohol merupakan campuran azeotrop, dimana campuran alkohol dan air tidak akan dapat dipisahkan hingga 100%. Hasil pengukuran ini juga dilakukan pengulangan sebanyak tiga kali.



Gambar 4.4 Proses Pengukuran Kadar Alkohol Menggunakan Alkohol Meter

Pada Tabel 4.8 mengenai analisis sidik ragam kadar alkohol. Disini diperoleh beberapa informasi mengenai nilai F_{hit} perlakuan(P), faktor A (A), faktor B (B), interaksi faktor A dan B (A*B) dan galat. Namun, pada

penelitian ini yang dibandingkan hanya perlakuan, faktor A, faktor B, dan interaksi faktor A dan B.

Pada bagian perlakuan dilihat nilai F_{hitP} yang kemudian dibandingkan dengan F_{tabel} 5% dan 1%. Perbandingan harus dilakukan terhadap kedua tingkat signifikansi ini. Hal ini berkaitan dengan penarikan kesimpulan dari hasil yang diperoleh. Apabila F_{hit} lebih besar dari F_{tabel} 5% dan lebih kecil dari F_{tabel} 1% maka dapat ditarik kesimpulan bahwa perlakuan yang dilakukan memberikan pengaruh yang nyata terhadap kadar alkohol yang dihasilkan. Namun, apabila F_{hit} lebih besar dari F_{tabel} 5% dan juga lebih besar dari F_{tabel} 1% maka dapat ditarik kesimpulan bahwa perlakuan yang dilakukan memberikan pengaruh yang sangat nyata terhadap kadar alkohol yang dihasilkan. Apabila kesimpulan yang diperoleh memberikan pengaruh nyata atau sangat nyata, maka perlu dilakukan uji lanjutan yaitu uji beda nyata jujur dengan taraf signifikansi bergantung dengan penarikan kesimpulan tadi. Namun, apabila tidak memberikan pengaruh maka uji lanjutan ini tidak perlu dilakukan.

Pada penelitian ini F_{hitP} dalam menghasilkan kadar alkohol yaitu 74,35. Kemudian dibandingkan dengan F_{tabel} 5% sebesar 2,07 dan F_{tabel} 1% sebesar 2,79. Disini terlihat bahwa F_{hitP} memiliki angka yang lebih besar dibandingkan dengan F_{tabel} 5% dan F_{tabel} 1%. Berdasarkan hal ini diketahui bahwa perlakuan yang dilakukan memberikan pengaruh yang sangat nyata terhadap kadar alkohol yang dihasilkan.

Pengaruh perlakuan faktor A juga dilihat. Disini dapat ditarik kesimpulan apakah metode aerasi yang dilakukan tidak memberikan pengaruh, pengaruh nyata atau pengaruh yang sangat nyata terhadap produksi alkohol yang dilakukan. Pada penelitian ini F_{hitA} dalam

menghasilkan kadar alkohol yaitu sebesar 4,98. Dibandingkan dengan F_{tabel} 5% sebesar 2,87 dan F_{tabel} 1% sebesar 4,38. Terlihat bahwa F_{hitA} memiliki angka yang lebih besar dibandingkan dengan F_{tabel} 5% dan F_{tabel} 1%. Berdasarkan hal ini diketahui bahwa aerasi yang dilakukan memberikan pengaruh yang sangat nyata terhadap kadar alkohol yang dihasilkan. Pada pengaruh faktor B yaitu perbandingan pengenceran yang dilakukan. Adapun nilai F_{hitB} dalam menghasilkan kadar alkohol yaitu sebesar 386,23. Dibandingkan dengan F_{tabel} 5% sebesar 3,26 dan F_{tabel} 1% sebesar 5,25. Terlihat bahwa F_{hitB} memiliki angka yang lebih besar dibandingkan dengan F_{tabel} 5% dan F_{tabel} 1%. Berdasarkan hal ini juga diketahui bahwa pengenceran yang dilakukan memberikan pengaruh yang sangat nyata terhadap kadar alkohol yang dihasilkan.

Pembandingan terakhir dilakukan yaitu untuk melihat pengaruh interaksi Faktor A dan Faktor B. Hal ini diperlukan mengingat masing-masing faktor memang memberikan pengaruh terhadap produksi alkohol. Namun, interaksi kedua faktor belum tentu memberikan pengaruh yang nyata terhadap kadar alkohol yang dihasilkan. Diketahui nilai $F_{\text{hitA*B}}$ dalam menghasilkan kadar alkohol yaitu sebesar 5,07. Dibandingkan dengan F_{tabel} 5% sebesar 2,36 dan F_{tabel} 1% sebesar 3,35. Terlihat bahwa $F_{\text{hitA*B}}$ memiliki angka yang lebih besar dibandingkan dengan F_{tabel} 5% dan F_{tabel} 1%. Berdasarkan hal ini juga diketahui bahwa interaksi faktor A dan B yang dilakukan memberikan pengaruh yang sangat nyata terhadap kadar alkohol yang dihasilkan.

Oleh karena kesimpulan yang diperoleh yaitu pengaruh yang diberikan sangat nyata, maka dilakukan uji lanjutan menggunakan uji beda nyata jujur (BNJ). Uji BNJ dilakukan menggunakan taraf signifikansi sebesar

1%. Hasil BNJ 1% diperoleh yaitu sebesar 0,63 yang kemudian digunakan untuk melakukan perbandingan rata-rata perlakuan. Berdasarkan perbandingan ini diperoleh bahwa perlakuan terbaik yaitu perlakuan A4B3, yaitu lamanya proses aerasi selama 96 jam dan pengenceran yang dilakukan dengan perbandingan 1:2,5. Adapun kadar alkohol rata-rata yang diperoleh yaitu 6,31%. Hal ini sesuai dengan penelitian Jayus, dkk. (2016) yang menyatakan bahwa kadar oksigen yang diperoleh saat proses aerasi selama proses fermentasi akan meningkatkan produksi bioetanol.

Selanjutnya dilihat kadar keasaman alkohol. Hal ini dilakukan, karena proses fermentasi dalam menghasilkan etanol ini sangat bergantung dengan kondisi sistem. Apabila kadar keasaman sistem terlalu tinggi/terlalu asam maka mikroorganisme yang dihasilkan akan mati dan proses fermentasi terhenti. Selama proses berlangsung, sangat penting menjaga kadar keasaman (pH) ini sehingga bioetanol dapat dihasilkan dengan kadar tinggi.

Berdasarkan data pada Tabel 4.11 diketahui F_{hit} dari perlakuan terhadap kadar keasaman. Pada penelitian ini F_{hitP} pada pengukuran pH sistem yaitu 2,85. Kemudian dibandingkan dengan $F_{tabel 5\%}$ sebesar 2,07 dan $F_{tabel 1\%}$ sebesar 2,79. Disini terlihat bahwa F_{hitP} memiliki angka yang lebih besar dibandingkan dengan $F_{tabel 5\%}$ dan $F_{tabel 1\%}$. Berdasarkan hal ini diketahui bahwa perlakuan yang dilakukan memberikan pengaruh yang sangat nyata terhadap pH sistem dalam menghasilkan alkohol.

Pada penelitian ini F_{hitA} pada pengukuran pH sistem yaitu sebesar 3,34. Dibandingkan dengan $F_{tabel 5\%}$ sebesar 2,87 dan $F_{tabel 1\%}$ sebesar 4,38. Terlihat bahwa F_{hitA} memiliki angka yang lebih besar dibandingkan dengan $F_{tabel 5\%}$, tetapi tidak lebih besar dari $F_{tabel 1\%}$. Berdasarkan hal ini diketahui

bahwa aerasi yang dilakukan memberikan pengaruh yang nyata terhadap pH sistem, namun tidak memberikan pengaruh yang sangat nyata.

Adapun nilai $F_{hit}B$ terhadap pH sistem yaitu sebesar 3,40. Dibandingkan dengan F_{tabel} 5% sebesar 3,26 dan F_{tabel} 1% sebesar 5,25. Terlihat bahwa $F_{hit}B$ memiliki angka yang lebih besar dibandingkan dengan F_{tabel} 5%, tetapi tidak lebih besar dari F_{tabel} 1%. Berdasarkan hal ini juga diketahui bahwa pengenceran terhadap molase yang dilakukan memberikan pengaruh yang nyata terhadap pH sistem, namun tidak memberikan pengaruh yang sangat nyata.

Pembandingan terakhir dilakukan yaitu untuk melihat pengaruh interaksi Faktor A dan Faktor B terhadap kadar keasaman. Namun, interaksi kedua faktor belum tentu memberikan pengaruh yang nyata terhadap kadar keasaman sistem. Diketahui nilai $F_{hit}A*B$ terhadap kadar keasaman yaitu sebesar 2,41. Dibandingkan dengan F_{tabel} 5% sebesar 2,36 dan F_{tabel} 1% sebesar 3,35. Terlihat bahwa $F_{hit}A*B$ memiliki angka yang lebih besar dibandingkan dengan F_{tabel} 5%, tetapi tidak lebih besar dari F_{tabel} 1%. Berdasarkan hal ini juga diketahui bahwa interaksi faktor A dan B yang dilakukan memberikan pengaruh yang nyata terhadap kadar keasaman, namun tidak memberikan pengaruh yang sangat nyata.

Oleh karena kesimpulan dilanjutkan uji BNJ dilakukan menggunakan taraf signifikansi sebesar 5%. Hasil BNJ 5% diperoleh yaitu sebesar 0,61 yang kemudian digunakan untuk melakukan pembandingan rata-rata perlakuan. Berdasarkan pembandingan ini diperoleh bahwa perlakuan terbaik yaitu perlakuan A4B3, yaitu lamanya proses aerasi selama 96 jam dan pengenceran yang dilakukan dengan perbandingan 1:2,5. Adapun kadar keasaman (pH) rata-rata yang diperoleh yaitu 4,45. Hal ini

sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Zentou dkk. (2017) dan Anggraini dkk. (2017) yaitu kadar keasaman (pH) memang sangat menentukan produksi bioetnaol yang dihasilkan dan pH optimum yang menghasilkan kadar alkodol tertinggi yaitu 4,5 dengan kadar alkohol 5,6%.

BAB V PENUTUP

A. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan dipaparkan, diperoleh kesimpulan bahwa dengan menggunakan metode penelitian Rancangan Acak Lengkap dapat diketahui pengaruh yang diberikan dari suatu perlakuan terhadap produk yang dihasilkan. Pada penelitian ini divariasikan dua faktor yaitu aerasi dan pengenceran terhadap kadar alkohol yang dihasilkan dan pH (sebagai kontrol). Hasil yang diperoleh yaitu kadar alkohol tertinggi sebesar 6,31% dan pH 4,45, pengaruh aerasi selama 96 jam dan pengenceran dengan perbandingan 1:2,5.

B. SARAN-SARAN

Proses distilasi dapat dilakukan dan kemudian dilakukan analisis lebih lanjut terhadap produk yang dihasilkan. Analisis rinci seperti GC, GC-MS dan NMR dapat dilakukan sebagai studi selanjutnya. Studi juga dapat dilakukan sampai dengan tahap percobaan pengujian sebagai bentuk aplikasi dari produk

DAFTAR KEPUSTAKAAN

- Agirre, I., Barrio, V. L., Güemez, M. B., Cambra, J. F., & Arias, P. L. (2011). Acetals as Possible Diesel Additives. In M. A. D. S. Bernardes (Ed.), *Economic Effect of Biofuel Production* (pp. 299–316). Spanyol: InTech.
- An, H., Yang, W. M., Li, J., & Zhou, D. Z. (2015). Modeling study of oxygenated fuels on diesel combustion: Effects of oxygen concentration, cetane number and C/H ratio. *Energy Conversion and Management*, 90, 261–271.
- Anggraini, S. A., Yuniningsih, S., & Sota, M. M. (2017). Pengaruh pH terhadap Kualitas Produk Etanol dari Molasses Melalui Proses Fermentasi. *Reka Buana*, 2(2), 99–105.
- Antón, L. M. R., Martín, F. G., & Doce, Y. (2016). Physical properties of gasoline, isobutanol and ETBE binary blends in comparison with gasoline ethanol blends. *Fuel*, 166, 73–78.
- Arif, A. Bin, Diyono, W., Budiyanti, A., & Richana, N. (2016). Analisis Rancangan Faktorial Tiga Faktor Untuk Optimalisasi Produksi Bioetanol Dari Molases Tebu. *Informatika Pertanian*, 25(1), 145.
- Buckle, K.A., Edwards, R.A., Flead, G.H., dan Wooton, M. (1988). *Ilmu Pangan*. Jakarta : UI Press.
- Bueno, A. C., Gonçalves, J. A., & Gusevskaya, E. V. (2007). Palladium-catalyzed oxidation of primary alcohols: Highly selective direct synthesis of acetals. *Applied Catalysis A: General*, 329, 1–6.
- Bulushev, D. A., Yuranov, I., Suvorova, E. I., Buffat, P. A., & Minsker, L. K. (2004). Highly dispersed gold on activated carbon fibers for low-temperature CO oxidation. *Journal of Catalysis*, 224, 8–17.
- Cao, G., Zhang, X., Gong, S., & Zheng, F. (2008). Investigation on emission factors of particulate matter and gaseous pollutants from crop residue burning. *Journal of Environmental Science*, 20, 50–55.
- Capeletti, M. R., Balzano, L., de la Puente, G., Laborde, M., & Sedran, U. (2000). Synthesis of acetal (1,1-diethoxyethane) from ethanol and acetaldehyde over acidic catalysts. *Applied Catalysis A: General*, 198(1–2), L1–L4.
- Charles, J. N., Desphande, N. D., & Desphande, D. A. (2001). Dehydration of $\text{NiCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$. *Thermochimica Acta*, 375(JULY 2001), 169–176.
- Daifullah, A. A. M., & Girgis, B. S. (2002). Impact of surface characteristics of activated carbon on adsorption of BTEX. *Colloids and Surface A: Physicochem*, 214(2003), 181–193.

- Estupinan, P. R., Giraldo, L., & Piraján, J. C. M. (2013). Energetic changes in the surface of activated carbons and relationship with Ni(II) adsorption from aqueous solution. *Applied Surface Science*, 286, 351–357.
- Faith, Keyes, dan Clark. (1961). *Industrial Chemical, Fourth edition*. New York: John Wiley and Sons, Inc.
- Fassaert, D. J. ., Verbeek, H., & Avoird, A. V. D. (1972). Molecular Orbital Models for Hydrogen Adsorption on Different Sites of a Nickel Crystal. *Surface Science*, 29, 501–522.
- Fessenden & Fessenden. (1994). *Kimia Organik*, Jakarta: Erlangga
- Fifendy, M., Irdawati, & Eldini. (2013). Pengaruh Pemanfaatan Molase terhadap Jumlah Mikroba dan Ketebal Nata pada teh Kombucha. *Prosiding Semirata FMIPA Universitas Lampung*, 67–72.
- Friedlingstein, P., Andrew, R. M., Rogelj, J., Peters, G. P., Canadell, J. G., Knutti, R., ... Quéré, C. L. (2014). Persistent growth of CO₂ emissions and implications for reaching climate targets. *Nature Geoscience*, 7(10), 709–715.
- Hara, M., Yoshida, T., Takagaki, A., Takata, T., Kondo, J. N., Hayashi, S., & Domen, K. (2004). A carbon material as a strong protonic acid. *Angewandte Chemie (International Ed. in English)*, 43(22), 2955–2958.
- He, X., & Liu, H. (2014). Efficient synthesis of 1, 1-diethoxyethane via sequential ethanol reactions on silica-supported copper and H-Y zeolite catalysts. *Catalysis Today*, 233, 133–139.
- Hidayat, N.M.C., dan Suhartini. (2006). *Mikrobiologi Industri*. Jakarta: Andi.
- Inggrid. (2003). Kinetika Inhibisi oleh Produk pada Fermentasi Etanol dari Molasses dengan *Saccharomyces cereviceae*. Thesis. Jurusan Teknik Kimia. Surabaya: ITS.
- Jayus, J., Noorvita, I. V., & Nurhayati. (2016). Produksi Bioetanol Oleh *Saccharomyces cerevisiae* FNCC 3210 pada Media Molases dengan Kecepatan Agitasi dan Aerasi yang Berbeda. *Jurnal Agroteknologi*, 10(02), 184–192.
- Jung, S. H., & Kim, J. S. (2014). Journal of Analytical and Applied Pyrolysis Production of biochars by intermediate pyrolysis and activated carbons from oak by three activation methods using CO₂. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, 107, 116–122.
- Juwita, R. (2012). *Studi produksi alkohol dari tetes tebu (Saccharum officinarum L) selama Proses Fermentasi*. Universitas Hasanuddin.
- Kemal, M., Sayin, C., & Canakci, M. (2014). The Effect of Different Alcohol Fuels on the Performance , Emission and Combustion Characteristics of A Gasoline Engine. *Fuel*, 115, 901–906.

- Khairani, R. (2007). Tanaman Jagung Sebagai Bahan Bio-fuel <http://www.Macklintmip.unpad.net/Biofuel/Jagung/Pati.pdf>. diakses tanggal 14 Agustus 2016
- Kirk, R.E. and Othmer, D.F. (1978). *Encyclopedia of Chemical Tecnology, 3 rd Edition, vol. 4*. New York: Interscience Publishing Inc.
- Kristanto, P. (2002). Oksigenat Methyl Tertiary Buthyl Ether Sebagai Aditif Octane Booster Bahan Bakar Motor Bensin. *Jurnal Teknik Mesin*, 4(1), 25-31.
- Mack, J. H., Rapp, V. H., Broeckelmann, M., Lee, T. S., & Dibble, R. W. (2014). Investigation of biofuels from microorganism metabolism for use as anti-knock additives. *Fuel*, 117, 939-943.
- Manochio, C., Andrade, B. R., Rodriguez, R. P., & Moraes, B. S. (2017). Ethanol Form Biomass: A Comparative Overview. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 80(June), 743-755.
- Mishra, S. K., & Kanungo, S. B. (1992). Thermal dehydration and decomposition of nickel chloride hydrate (NiCl₂.xH₂O). *Journal of Thermal Analysis*, 38, 2417-2436.
- Muljono, J., dan Daewis, A.A. (1990). *Teknologi Fermentasi*. Pusat Antara Universitas Bioteknologi. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Muslimin, L.W. (1996). *Mikrobiologi Lingkungan*. Bogor: IPB-Press.
- Nurdyastuti, I. (2008). Prospek Pengembangan Biofuel sebagai Substitusi Bahan Bakar Minyak. <http://www.sinar.harapan.com>.
- Nurhayani. (2000). *Peningkatan Kandungan Protein Kulit Umbi Ubi Kayu melalui Proses Fermentasi*. Vol 6. JMS.
- Purbarini, A. (2003). Pengaruh Waktu Inkubasi Pada Fermentasi Cairan Kopi dengan Inokulasi Kultur Kombucha Terhadap Kadar Alkohol dan Tanin. FKIP Jurusan Biologi. Surakarta: Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Radkevich, V. Z., Senko, T. L., Wilson, K., Grishenko, L. M., Zaderko, A. N., & Diyuk, V. Y. (2008). The influence of surface functionalization of activated carbon on palladium dispersion and catalytic activity in hydrogen oxidation. *Applied Catalysis A: General*, 335, 241-251.
- Rashedul, H. K., Masjuki, H. H., Kalam, M. A., Ashraful, A. M., Rahman, S. M. A., & Shahir, S. A. (2014). The effect of additives on properties, performance and emission of biodiesel fuelled compression ignition engine. *Energy Conversion and Management*, 88, 348-364.
- Sato, S., Yoshihara, K., Moriyama, K., Machida, M., & Tatsumoto, H. (2007). Influence of activated carbon surface acidity on adsorption of heavy metal ions and aromatics from aqueous solution. *Applied Surface Science*,

253, 8554–8559.

- Serp, P., & Machado, B. (2015). Carbon (Nano) materials for Catalyst. In *Nanostructured Carbon Materials for Catalysis* (pp. 1–45).
- Sharon, H., Ram, P. J. S., Fernando, K. J., Murali, S., & Muthusamy, R. (2013). Fueling a stationary direct injection diesel engine with diesel-used palm oil - butanol blends - An experimental study. *Energy Conversion and Management*, 73, 95–105.
- Srebowata, A., & Kaminska, I. I. (2015). Turbostratic carbon supported Ni-Pd alloys in aqueous-phase hydrodechlorination of 1,1,2-trichloroethene. *Recyclable Catalysis*, 2, 17–22.
- Steel, R. G. D., & Torrie, J. H. (1992). *Prinsip dan Prosedur Statistika*. Jakarta: Gramedia.
- Serna-Saldívar, S. O., C. ChuckHernández, E. Pérez-Carrillo and E. Heredia-Olea. (2012). Sorghum as a Multifunctional Crop for the Production of Fuel Ethanol: Current Status and Future Trends, *Bioethanol*. Prof. xi Marco Aurelio Pinheiro Lima (Ed.). ISBN: 978-953- 51- 0008-9, InTech.
- Siswadi, C.L. (1985). *Pembuatan Minuman Sari Tape Dari Ekstraksi Tape Ubi Kayu*. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Sriyanti. (2003). *Studi Komparatif Kadar Gula dan Alkohol Pada Tape Singkong dengan Varietas Yang Berbeda*. FKIP Jurusan Biologi. Surakarta: Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Sugiyarti. (2007). *Pengaruh Waktu Fermentasi dan Dosis Ragi Terhadap Kadar Alkohol pada Fermentasi Sari Umbi Ketela Pohon (Manihotutilissima Pohl) Varietas Randu*. Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Jurusan Biologi. Surakarta: UMS.
- Tarigan, J. (1988). *Pengantar Mikrobiologi*. Jakarta: Departemen Pendidikan dan Kebudayaan. Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi Proyek Pengembangan Lembaga Pendidikan.
- Terzyk, A. P. (2001). The influence of activated carbon surface chemical composition on the adsorption of acetaminophen (paracetamol) in vitro. Part II. TG, FTIR, and XPS analysis of carbons and the temperature dependence of adsorption kinetics at the neutral pH. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, 177(1), 23–45.
- Wang, M., Au, C. T., & Lai, S. Y. (2015). H₂ production from catalytic steam reforming of n-propanol over ruthenium and ruthenium-nickel bimetallic catalysts supported on ceria-alumina oxides with different ceria loadings. *International Journal of Hydrogen Energy*, 40(40), 13926–

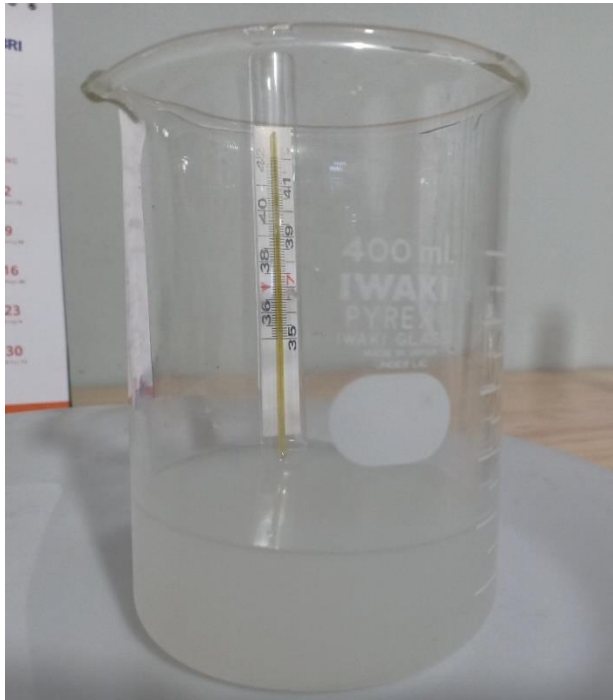
13935.

- Wang, S., & Lu, G. Q. (1998). Effects of Acidic Treatments on the Pore and Surface Properties of Ni Catalyst Supported on Activated Carbon. *Carbon*, 36(3), 283–292.
- Weaver, J. W., Skaggs, S. A., Spidle, D. L., & Stone, G. C. (2009). Composition and Behavior of Fuel Ethanol. In *United States Environmental Protection Agency*. Washington, DC.
- Winarno, F.G. (1980). *Enzim Pangan*. Bogor: Pusbangtepa.
- Yang, K., Peng, J., Srinivasakannan, C., Zhang, L., Xia, H., & Duan, X. (2010). Preparation of high surface area activated carbon from coconut shells using microwave heating. *Bioresource Technology*, 101(15), 6163–6169.
- Yorgun, S., & Yıldız, D. (2015). Preparation and characterization of activated carbons from Paulownia wood by chemical activation with H₃PO₄. *Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers*, 53, 122–131.
- Yuliani, (2003), Studi Daur Ulang Limbah Cair Fermentasi Etanol yang Berbahan Baku Molase dengan Teknologi Membran. *Tesis*. Program Pasca Sarjana, Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Zentou, H., Abidin, Z. Z., Zouanti, M., & Greetham, D. (2017). Effect of Operating Conditions on Molasses Fermentation for Bioethanol Production. *International Journal of Applied Engineering Research*, 12(15), 5202–5506.

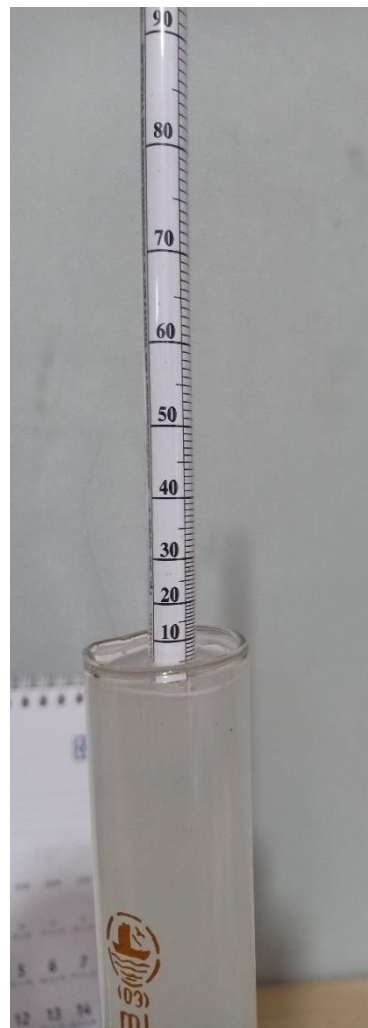
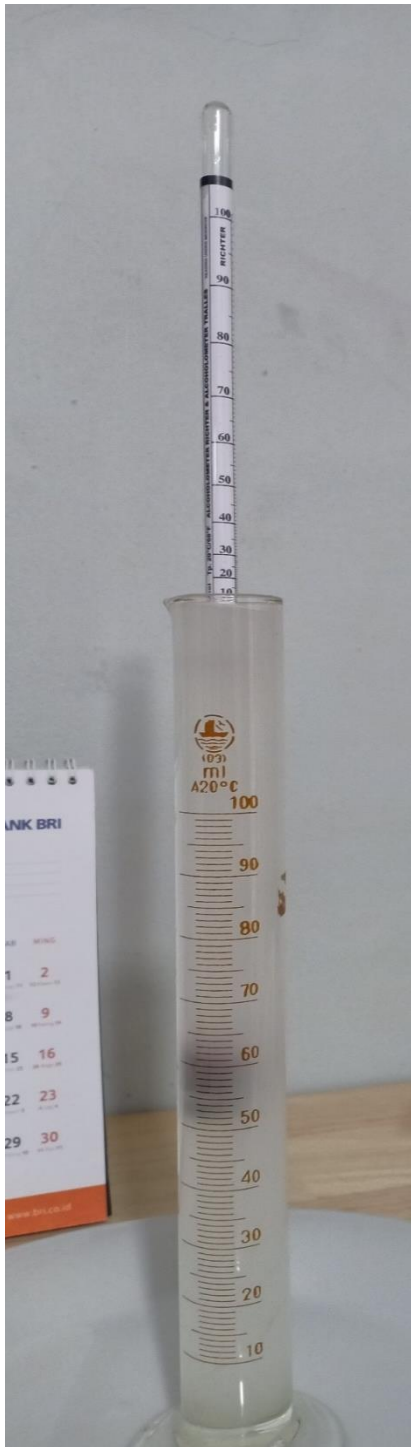
Lampiran 1. Foto-foto Penelitian











Lampiran 2. Biodata Peneliti



BIODATA PENELITI PUSAT PENELITIAN DAN PENERBITAN LP2M UNIVERSITAS ISLAM NEGERI AR-RANIRY BANDA ACEH

A. Identitas Diri

1.	Nama Lengkap <i>(dengan gelar)</i>	Adean Mayasri, M.Sc.
2.	Jenis Kelamin L/P	Perempuan
3.	Jabatan Fungsional	Asisten Ahli
4.	NIP	199203122018012002
5.	NIDN	2012039201
6.	NIPN <i>(ID Peneliti)</i>	201203920108001
7.	Tempat dan Tanggal Lahir	Takengon/12 Maret 1992
8.	E-mail	adean.mayasri@ar-raniry.ac.id
9.	Nomor Telepon/HP	082258448733
10.	Alamat Kantor	Jl. Syaikh Abdur Rauf, Darussalam, Banda Aceh
11.	Nomor Telepon/Faks	0651-7557321
12.	Bidang Ilmu	Kimia
13.	Program Studi	Pendidikan Kimia
14.	Fakultas	Tarbiyah dan Keguruan

B. Riwayat Pendidikan

No.	Uraian	S1	S2	S3
1.	Nama Perguruan Tinggi	UNSYIAH	UGM	
2.	Kota dan Negara PT	Banda Aceh Indonesia	Yogyakarta Indonesia	
3.	Bidang Ilmu/ Program Studi	Pendidikan Kimia	Kimia	
4.	Tahun Lulus	2013	2017	

C. Pengalaman Penelitian dalam 3 Tahun Terakhir

No.	Tahun	Judul Penelitian	Sumber Dana
1.	2020	Fermentasi Molase dari Tetes Tebu sebagai Alternatif Bahan Bakar Terbarukan	DIPA UIN Ar-Raniry

2.	2019	The Development of Student Worksheet Based on Islamic Values In the Basic Laws of Chemical Calculations	Mandiri
3.	2019	Aktivitas Antioksidan Ekstrak Beberapa Jenis Rumput Laut dengan Metode DPPH	DIPA UIN Ar-Raniry
4.	2018	Perbandingan Model Pembelajaran <i>Problem Based Learning</i> Dan <i>Guided Inquiry</i> Terhadap Kemampuan Berpikir Kritis Pada Materi Laju Reaksi	Mandiri
4	2017	Konversi Isobutanol menjadi 1,1-diisobutoksiisobutana menggunakan Katalis Ni/Karbon Aktif	Mandiri

D. Pengalaman Pengabdian Kepada Masyarakat dalam 3 Tahun Terakhir

No.	Tahun	Judul Pengabdian	Sumber Dana
1.	2020	Pembuatan Handsanitizer	PKM
2.	2019	Chemistry Goes to School II	PKM
3.	2019	Chemistry Goes to School	PKM
dst.			

E. Publikasi Artikel Ilmiah dalam Jurnal dalam 5 Tahun Terakhir

No.	Judul Artikel Ilmiah	Nama Jurnal	Volume/Nomor/Tahun/Url
1.	The Development of Student Worksheet Based on Islamic Values In the Basic Laws of Chemical Calculations	Journal of Physics: Conference Series 1563 (1), 012028, 2020	https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/1563/1/012028/meta
2.	In Silico Anti-Inflammatory Activity Evaluation of Some Bioactive Compound From <i>Ficus religiosa</i> Through Molecular Docking Approach	Journal of Physics: Conference Series 1563 (1), 012024, 2020	https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/1563/1/012024/meta

3.	STEM Education for Pre-Service Teacher: Why and How?	Journal of Physics: Conference Series 1563 (1), 012039, 2020	https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/1563/1/012039/meta
4	Perbandingan Model Pembelajaran <i>Problem Based Learning</i> Dan <i>Guided Inquiry</i> Terhadap Kemampuan Berpikir Kritis Pada Materi Laju Reaksi	Journal of Education Science	http://jurnal.uui.ac.id/index.php/jes

F. Karya Buku dalam 5 Tahun Terakhir

No.	Judul Buku	Tahun	Tebal Halaman	Penerbit
1.				
2.				
dst.				

G. Perolehan HKI dalam 10 Tahun Terakhir

No.	Judul/Tema HKI	Tahun	Jenis	Nomor P/ID
1.	Aktivitas Antioksidan Ekstrak Beberap Jenis Rumput Laut dengan Metode DPPH	2019	Paten Sederhana	000160482
2.				
dst.				

Demikian biodata ini saya buat dengan sebenarnya.

Banda Aceh, 5 Oktober 2020

Ketua Peneliti,



Adean Mayasri, M.Sc.

NIDN. 2012039201