

## Pembuatan Bioetanol Dari Kulit Nanas Menggunakan *Saccharomyces Cerevisiae* Terimobilisasi Butiran *Alginate*

Rini Siskayanti<sup>1\*)</sup>, Lia Muliati<sup>1)</sup>, Maulana Fahrizal Abdan<sup>1)</sup>, Ranti Nurul Jamilah<sup>1)</sup>,  
Goesti Muhamad Fajar Wathoni<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup>Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Insan Cendekia Mandiri

<sup>\*)</sup>correspondence Author: rinibian12@gmail.com<sup>1)</sup>

### Abstrak

Bioetanol merupakan bahan bakar nabati yang dapat dijadikan sebagai alternatif untuk menggantikan bahan bakar fosil yang tidak dapat diperbarui. Sementara buah nanas yang biasa dikonsumsi hanya diambil buahnya saja, sedangkan bagian kulitnya hanya dijadikan limbah buah yang dibuang begitu saja, padahal dalam kulit nanas memiliki kandungan gula dan karbohidrat yang cukup tinggi, sehingga berpotensi untuk dimanfaatkan sebagai bahan baku pembuatan bioetanol. Tujuan dari penelitian agar dapat memanfaatkan limbah kulit nanas untuk dijadikan bahan baku pembuatan bioetanol serta mengetahui kadar bioetanol yang dihasilkan. Adapun metode yang digunakan yaitu fermentasi menggunakan *Saccharomyces Cerevisiae* terimobilisasi dalam butiran *alginate*. Kulit nanas di buat serbuk yang selanjutnya dihidrolisis menggunakan asam klorida dengan variasi konsentrasi 1M, 2M, dan 3M. Larutan gula yang dihasilkan dari proses hidrolisis kemudian diukur kadar gulanya menggunakan refraktometer gula setelah itu difermentasi oleh *Saccharomyces Cerevisiae* terimobilisasi dalam butiran *alginate* selama 4 hari. Alkohol yang terbentuk diukur kadar alkoholnya menggunakan refraktometer alkohol, kemudian butiran *alginate* yang digunakan diukur diameternya menggunakan jangka sorong. Pada proses hidrolisis, konsentrasi asam mempengaruhi perolehan konsentrasi gula. Konsentrasi gula terbesar dihasilkan yaitu dengan menggunakan HCl 3 M dimana konsentrasi yang dihasilkan 21<sup>o</sup>Brix. Konsentrasi alkohol tertinggi yang dihasilkan sebesar 55% volume oleh *yeast* terimobilisasi dalam butiran *alginate* dengan diameter 2,86 mm.

**Kata Kunci:** Alginat, Bioetanol, Fermentasi, Kulit nanas, *Saccharomyces Cerevisiae*

### PENDAHULUAN

Indonesia adalah negara berkembang dengan jumlah populasi penduduk yang tinggi. Berdasarkan perhitungan pada tahun 2022 dari Direktorat Jendral Kependudukan Dan Pencatatan Sipil penduduk Indonesia mencapai 273.879.750 juta penduduk. Jumlah penduduk yang semakin besar akan beriringan dengan kebutuhan hidup yang semakin besar juga. Kebutuhan hidup manusia salah satunya berasal dari sumber daya alam, sehingga tentunya jumlah penduduk yang sangat besar akan membutuhkan konsumsi sumber daya alam yang semakin besar juga. Akibatnya, sumber daya alam akan semakin menipis (Kalsum and Juniar, 2018). Sumber daya alam yang semakin menipis karena digunakan secara terus menerus salah satunya adalah bahan bakar fosil, oleh karena itu muncul ide kami untuk membuat bahan bakar alternatif guna mengurangi penggunaan bahan bakar fosil yang berasal dari sumber daya alam. Bahan bakar alternatif tersebut adalah bioetanol.

Bioetanol merupakan bahan bakar alternatif yang dapat digunakan untuk meminimalkan konsumsi bahan bakar premium, yang dapat dipakai sebagai campuran bensin-etanol maupun etanol murni. Bahan baku pembuatan bioetanol yaitu karbohidrat yang dapat berupa amilosa, glukosa, fruktosa atau sukrosa (Nulhakim et al., 2019). Bioetanol juga memiliki kelebihan bila dibandingkan

dengan Bahan Bakar Minyak (BBM) yaitu kandungan oksigennya yang lebih banyak sebesar 35% sedangkan BBM 16,66% sehingga bioethanol terbakar sempurna, memiliki nilai oktan yang tinggi sebesar 118 sedangkan BBM sebesar 88 dan yang terakhir mempunyai kandungan emisi CO<sub>2</sub> sebesar 0,89% sedangkan BBM 2,5%, maka kesimpulannya bioethanol lebih ramah lingkungan dalam penggunaannya (Kurniati, Khasanah and Firdaus, 2021).

Indonesia termasuk penghasil nanas terbesar ketiga di dunia, oleh karena itu peluang penyimpanan tumpukan kulit nanas sangat besar, dimana 76,36% dapat digunakan sedangkan sisanya menjadi limbah. Bagian yang menjadi limbah buah nanas itu mengandung 86.70-81.72% air 1.66-20.87% serat kasar 10.54-17.53% karbohidrat 0.69-4.41% protein 0.02% lemak 0,48% abu dan 13.65 % glukosa reduksi, sehingga limbah tersebut bisa menjadi bahan baku pembuatan bioetanol (Fitria and Lindsari, 2020).

Dilihat dari data-data tersebut maka menginspirasi kami untuk membuat bioetanol dari limbah kulit nanas. Produksi bioetanol menggunakan bahan baku dari kulit nanas oleh *Saccharomyces Cerevisiae* terimobilisasi dalam butiran *alginate* telah dilakukan oleh L. Nulhakim, R. R. Febriana, B. Anggono, H. Lukmana, F. Erviana, A. D. Pratiwi, dan P. N. Azizah pada tahun 2019. Bioetanol dari kulit nanas bisa diproduksi oleh *Saccharomyces Cerevisiae* secara bebas maupun terimobilisasi. Namun *Saccharomyces Cerevisiae* yang terimobilisasi memiliki konversi etanol yang lebih tinggi bila dibandingkan dengan yang bebas. Jenis matriks yang sering dipakai pada proses immobilisasi adalah *alginate*, karena *alginate* mempunyai keunggulan yaitu memiliki biokompabilitas yang bagus, biaya rendah, ketersediaan melimpah, dan mudah dalam penggunaannya (Nulhakim *et al.*, 2019). Dari penelitian tersebut mendapatkan hasil mengenai pengaruh variasi konsentrasi HCl, suhu, dan kecepatan pengadukan saat proses hidrolisis terhadap konsentrasi gula yang didapat, serta pengaruh ukuran butiran *alginate* terhadap kadar bioetanol yang didapat. Hasil dari penelitian didapatkan kadar bioetanol yang maksimum dihasilkan dengan konsentrasi HCl 2M menggunakan diameter *alginate* rata-rata 2,78 mm. Selain itu suhu dan kecepatan pengadukan tidak mempengaruhi konsentrasi glukosa yang didapat. Mengacu pada penelitian tersebut, maka peneliti mencoba membuat bioetanol dari limbah kulit nanas dengan varietas nanas Subang dengan variasi konsentrasi HCl yang digunakan yaitu 1M, 2M, 3M.

## METODOLOGI PENELITIAN

### Pembuatan Serbuk Kulit Nanas

Kulit nanas yang diperoleh dari penjual nanas di Desa Sukamelang Kecamatan Kasomalang Kabupaten Subang, dipotong – potong hingga berukuran kecil kurang lebih 1-2 cm. Kemudian hasil potongan tersebut di keringkan selama 2 hari dengan cara dipanaskan di bawah sinar matahari dan dilanjutkan dengan pemanasan selama 6 jam di oven dengan suhu 70°C (Syauqi, 2020). Kulit nanas kering kemudian diblender dan diayak oleh ayakan berukuran 80 *mesh*.

### Hidrolisis

Serbuk kulit nanas ditimbang 10 gram kemudian dilarutkan dalam 100 ml larutan HCl dengan konsentrasi 1 M dan dipanaskan pada suhu 75 °C selama 10 menit, kemudian konsentrasi gula diukur. Setelah itu larutan hasil hidrolisis didinginkan dan disaring agar didapat larutan bebas serbuk. Prosedur diatas diulangi dengan menggunakan variasi konsentrasi HCl 2 M dan 3 M.

### **Imobilisasi *Saccharomyces Cerevisiae* Dalam Butiran Alginate**

*Alginate* dengan konsentrasi 4% dilarutkan dengan pelarut air sebanyak 50mL, kemudian larutan didiamkan kurang lebih 1 jam agar memastikan tidak adanya gelembung. Setelah itu 14 gram *Saccharomyces Cerevisiae* dilarutkan dalam 50 mL air dengan temperature air 37°C . Kemudian larutan kultur *Saccharomyces Cerevisiae* dicampurkan dengan larutan *alginate* 4% dengan perbandingan 1:1 kemudian diaduk sampai homogen. Campuran larutan *alginate* dan *Saccharomyces Cerevisiae* dimasukan ke dalam *syringe* dengan 3 ukuran *tip* (14G, 16G, 18G). Selanjutnya dibuat larutan CaCl<sub>2</sub> 0.05 M dalam air sebanyak 500 mL. Setelah itu campuran larutan *alginate* dan *Saccharomyces Cerevisiae* dalam *syringe* 14G, 16G, dan 18G diekstraksi masing-masing ke dalam larutan CaCl<sub>2</sub>. Kemudian sesudah semua butiran *alginate* terbentuk diamkan butiran *alginate* dalam larutan CaCl<sub>2</sub> selama 1 jam.

### **Fermentasi**

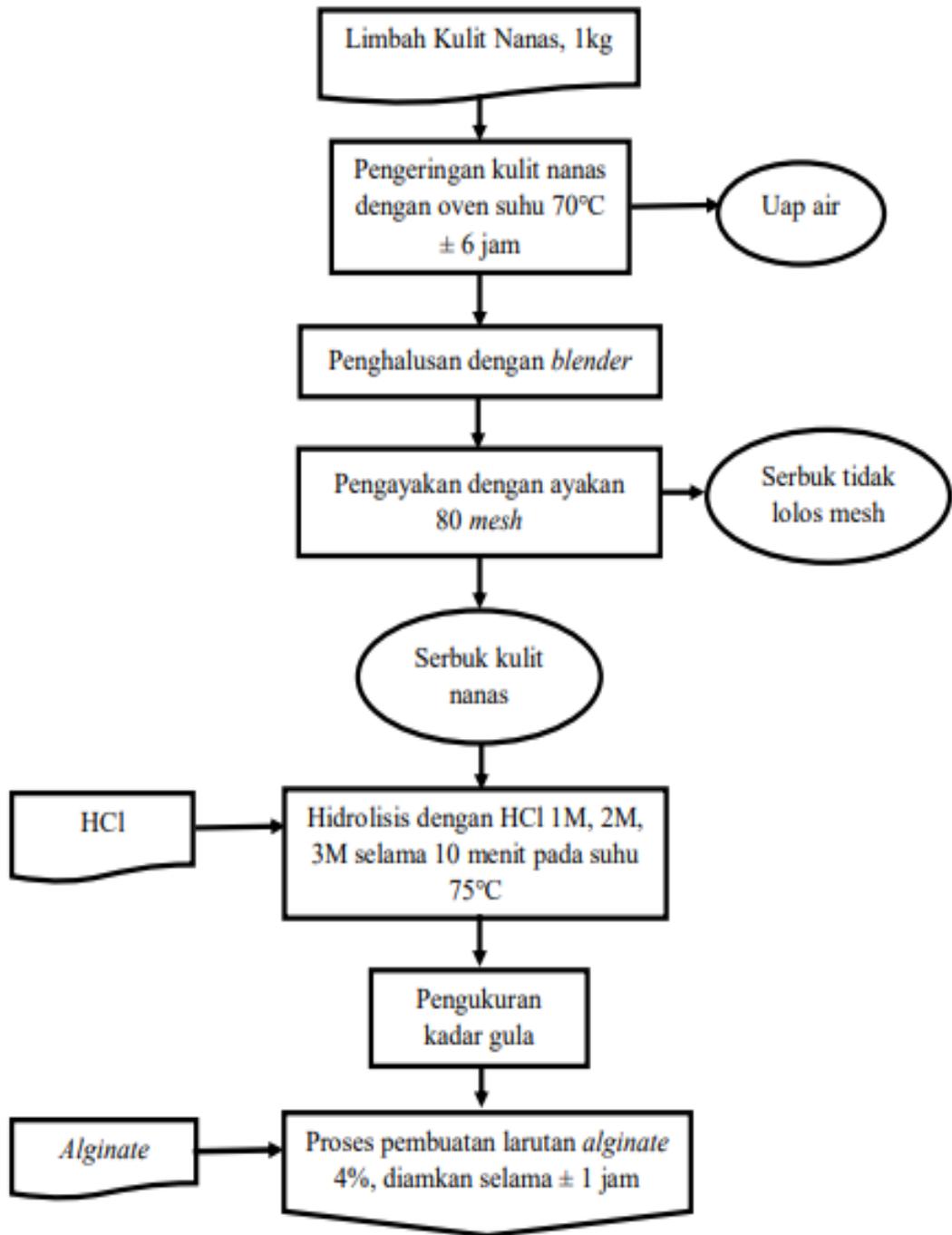
Disiapkan 3 *erlenmeyer* kemudian masing-masing diisi 200 mL larutan gula hasil hidrolisis yang memiliki konsentrasi gula paling tinggi, kemudian diatur pHnya sampai pH 5 menggunakan NaOH 4 M. Selanjutnya ditambahkan 0,5 gr urea, 0,6 gr NPK, dan seluruh butiran *alginate* dengan variasi ukuran *tip* ke dalam masing-masing *erlenmeyer*, tutup rapat *erlenmeyer* setelah itu larutan disimpan dalam waktu 4 hari.

### **Penetapan Kadar Glukosa dan Alkohol**

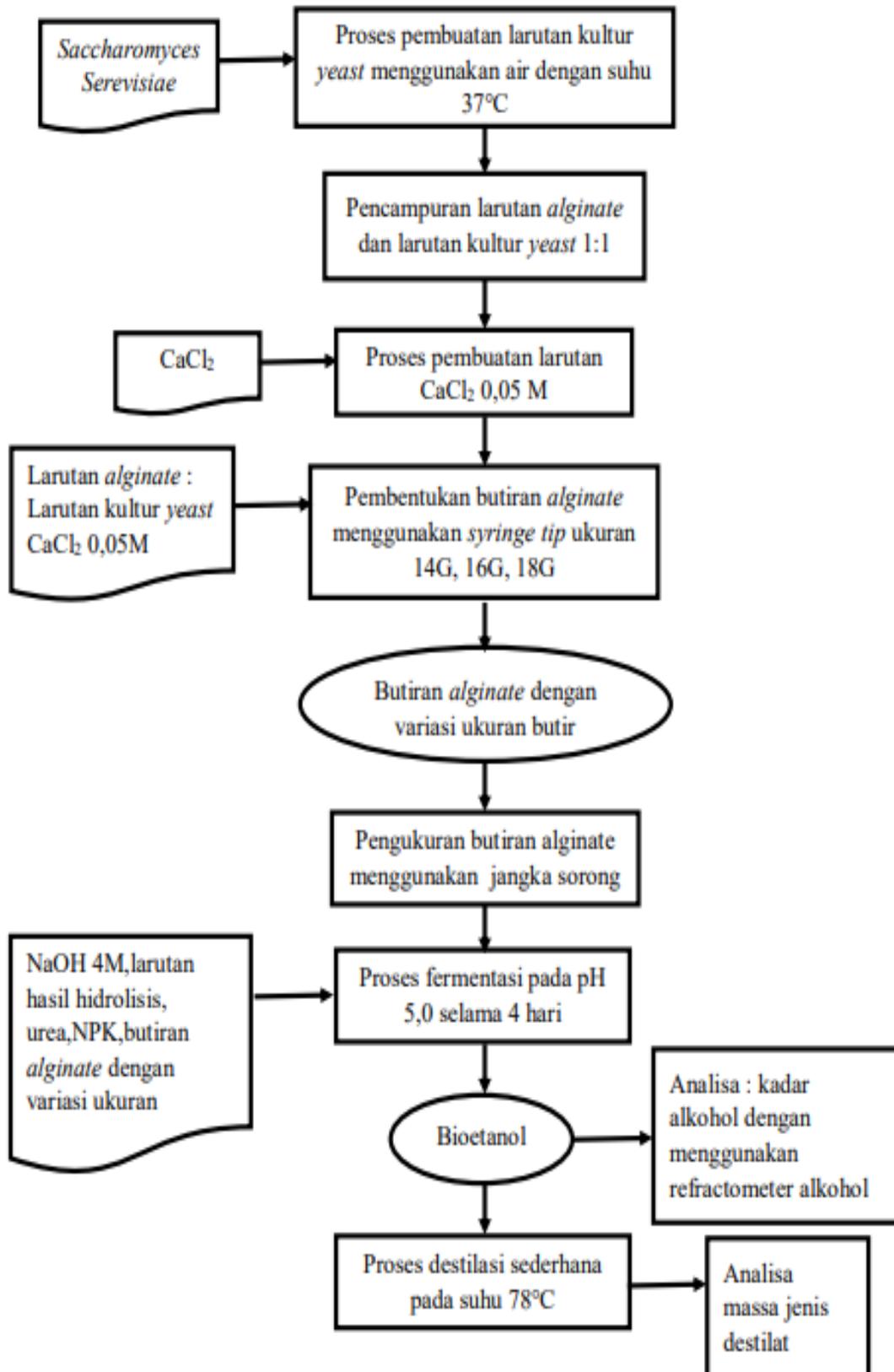
Kadar gula dihitung dengan refraktometer glukosa dan kadar alkohol diukur dengan menggunakan refraktometer alkohol. Sebelum diukur refraktometer yang akan digunakan harus dikalibrasi terlebih dahulu menggunakan *aquadest* hingga terlihat kadar gula 0 °*Brix* untuk refraktometer gula dan kadar alkohol 0% Volume untuk refraktometer alkohol. Setelah itu sampel hasil fermentasi diukur kadar glukosa dan alkoholnya sampai terlihat kadar glukosa dalam satuan °*Brix* dan kadar alkohol dalam satuan % volume.

### **Pengukuran Ukuran Butir**

Setelah kadar glukosa dan kadar alkohol selesai diukur, pisahkan butiran *alginate* sesuai variasi ukuran *tip* dengan larutannya, kemudian butiran dikelompokkan sesuai variasi ukuran butir *tip*. Butiran ini diukur diameternya dengan jangka sorong kemudian didistribusikan ukuran rata-rata diameter *alginate* yang diperoleh pada 3 ukuran *tip*. Diagram alir metodologi penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 1 dan 2.



Gambar 1. Diagram Alir Pembuatan Larutan Alginate



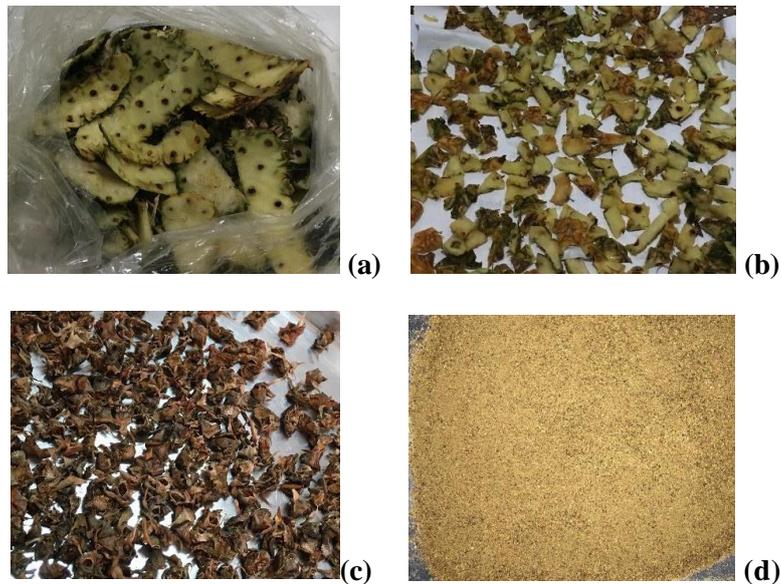
Gambar 2. Diagram Alir Pembuatan Bioetanol

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari penelitian yang telah dilakukan diperoleh hasil dan pembahasan sebagai berikut :

### Pembuatan Serbuk Kulit Nanas

Bahan baku dan hasil proses pembuatan serbuk kulit nanas dapat dilihat pada Gambar 3 di bawah ini.



Gambar 3. (a) Limbah kulit nanas dari penjual (b) Kulit nanas yang sudah dipotong kecil-kecil (c) Kulit nanas yang sudah dikeringkan (d) Serbuk kulit nanas

### Hidrolisis Serbuk Kulit Nanas

Dari proses hidrolisis dengan variasi konsentrasi HCl 1M, 2M, dan 3M., kadar gula yang diperoleh dapat dilihat pada Table 1 di bawah ini

Tabel 1. Hasil hidrolisis menggunakan variasi konsentrasi HCl

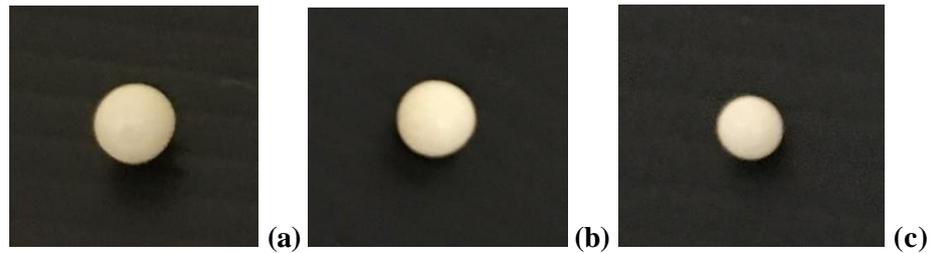
Variasi HCl	Hidrolisis pada 75°C 200 rpm selama 10 menit Kadar gula dengan alat refractometer (°Brix)
1M	11
2M	16
3M	21

Pada proses hidrolisis menggunakan katalis asam HCl sebagai zat penghidrolisis, HCl digunakan sebagai katalis asam karena mudah terionisasi, sehingga akan lebih cepat proses hidrolisis serbuk kulit nanas menjadi glukosa. Ketika ion  $H^+$  dari HCl membentuk asam terkonjugasi, mengakibatkan pemutusan ikatan glikosidik dengan penambahan molekul air dan memutuskan glukosa dan ion  $H^+$ . Hal tersebut yang mengakibatkan kepekatan konsentrasi suatu asam dapat mempengaruhi perolehan glukosa. Seperti pada Tabel 1, dimana semakin pekat konsentrasi HCl maka akan menyebabkan

semakin tinggi glukosa yang diperoleh (Dumitriu et al, 2004). Pada Table 1 dapat dilihat bahwa HCl 3M menghasilkan kadar glukosa paling besar yaitu 21 °Brix.

**Immobilisasi Yeast Dalam Butiran Alginate**

Pada Gambar 4 dapat dilihat hasil pembentukan butiran *alginate* menggunakan syringe dengan ukuran tip 14G (a) syringe dengan ukuran tip 16G (b) syringe dengan ukuran tip 18G (c)



**Gambar 4. Butiran *alginate*, dimana (a) menggunakan syringe dengan ukuran tip 14G (b) menggunakan syringe dengan ukuran tip 16G (c) menggunakan syringe dengan ukuran tip 18G**

Catatan: Semakin besar ukuran *tip* (18G > 14G) semakin kecil diameter *tip* nya (18G < 14G )

Ukuran *tip* yang digunakan akan berpengaruh terhadap hasil butiran yang terbentuk, semakin besar diameter dalam ukuran *tip* maka diameter butiran yang dihasilkan semakin besar juga. Berdasarkan hasil optimasi, dihasilkan bentuk *alginate* yang bulat sempurna dengan cara diberi jarak kurang lebih 15 cm antara ujung *tip* dengan permukaan larutan CaCl<sub>2</sub>, serta kecepatan proses larutan *yeast* dalam *alginate* jatuh dari ujung *tip* ke permukaan larutan CaCl<sub>2</sub> berpengaruh juga terhadap bentuk butiran yang dihasilkan, semakin lama tetesan *yeast* dalam *alginate* menggantung di *tip* maka bentuk butiran yang dihasilkan tidak akan bulat melainkan memiliki ekor seperti tetesan air.

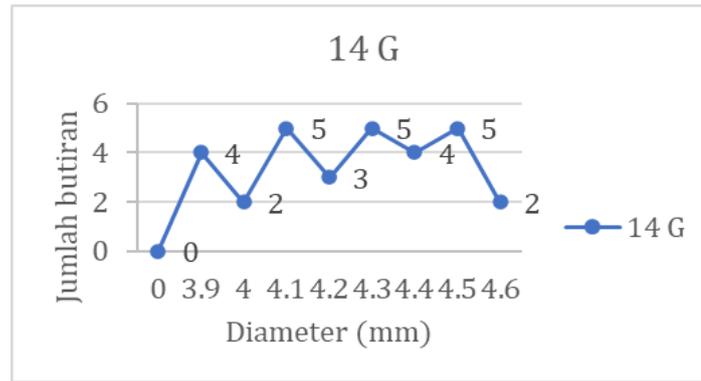
Pada Tabel 2 dapat dilihat hasil dari pengukuran diameter butiran *alginate* dengan menggunakan jangka sorong.

**Tabel 2. Pengukuran butiran *alginate* dalam berbagai ukuran tip**

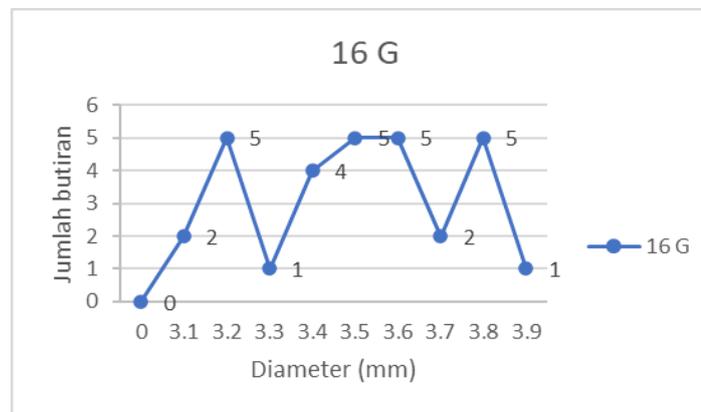
Ukuran Tip	Diameter Butiran Alginate (mm)
14 G	4,25
16 G	3,50
18 G	2,86

Pada Tabel 2 dapat dilihat ukuran rata – rata yang diperoleh dari penggunaan *tip* ukuran 14 G (diameter 1,6 mm), 16G (diameter 1,16 mm), dan 18 G (diameter 0,84 mm) adalah 4,25 mm, 3,50 mm dan 2,86 mm. Diameter butiran *alginate* yang diperoleh akan semakin besar selama diameter *tip* yang digunakan juga semakin besar, atau dengan kata lain semakin besar diameter *tip* semakin besar juga diameter butiran. Hal ini disebabkan karena selain perbandingan ratio D-mannuronic acid (M) dengan L-guluronic acid (G), ukuran diameter dari *tip* mempengaruhi diameter butiran *alginate* (Chan et al, 2009).

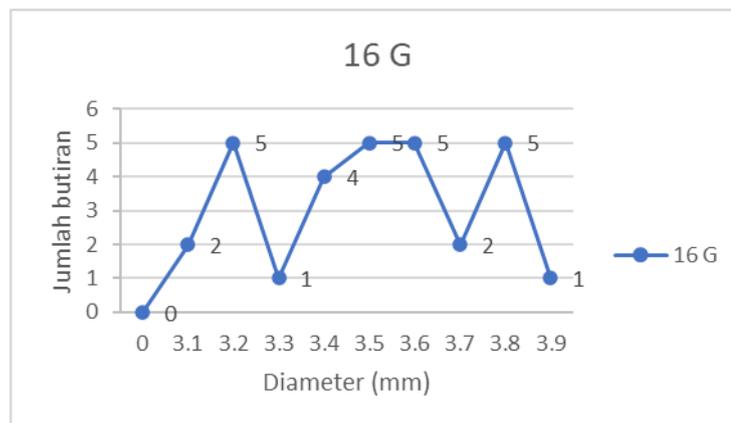
Pada Gambar 5 – 7 dapat dilihat grafik distribusi diameter *alginate* yang diperoleh pada berbagai ukuran *tip*



Gambar 5. Distribusi diameter butiran *alginate* menggunakan *tip* 14G



Gambar 6. Distribusi diameter butiran *alginate* menggunakan *tip* 16G



Gambar 7. Distribusi diameter butir *alginate* menggunakan *tip* 18 G

Pada Gambar 5 – 7 menunjukkan bahwa dalam jumlah 30 butir dari berbagai ukuran *tip* menghasilkan ukuran diameter yang berbeda beda dan dengan jumlah yang berbeda beda juga, hal tersebut dikarenakan adanya kesulitan dalam proses pembentukan butiran dengan menggunakan *syringe*, kesulitan tersebut diantaranya yaitu:

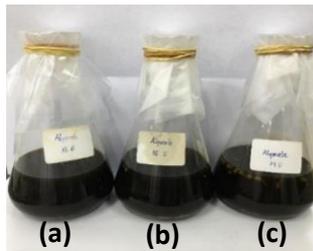
1. Diperlukan tenaga yang kuat untuk menekan *syringe* agar larutan *yeast* dalam *alginate* dapat keluar dari *syringe tip*, mengingat *tip* yang berdiameter sangat kecil, sehingga dengan kekuatan

tenaga yang beda maka ukurannya akan berbeda.

2. Diperlukan kecepatan tangan dalam proses pembentukan butiran *alginate* agar membentuk bulat sempurna dengan ukuran yang seragam, sehingga dengan kecepatan tangan yang berbeda maka bentuk dan ukurannya akan berbeda.

### Fermentasi

Hasil proses fermentasi selama 4 hari pada larutan gula dengan variasi ukuran butiran dapat dilihat pada Gambar 8 di bawah ini



**Gambar 8. Proses fermentasi pada larutan gula dengan berbagai variasi ukuran butir, dimana (a)18G (b)16G (c)14G**

### Pengukuran Kadar Alkohol

Pada Table 3 dapat dilihat hasil pengukuran kadar alkohol dari sampel yang telah di fermentasi selama 4 hari, terdapat data pada air aquadest sebagai pembanding dan sampel menggunakan refraktometer alkohol.

**Tabel 3. Hasil pengukuran kadar alkohol pada air aquadest dan sampel dengan berbagai ukuran butir *alginate* (14G, 16G, 18G).**

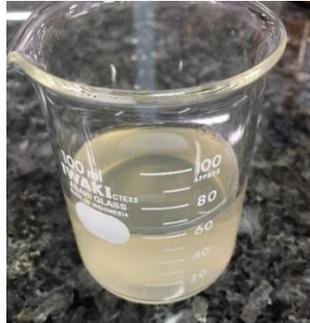
Sampel variasi ukuran butir	Kadar alkohol dengan alat refraktometer(% Volume)
Aquadest	0
14 G (Diameter rata-rata 4.25 mm)	52
16 G (Diameter rata-rata 3.5 mm)	53
18 G (Diameter rata-rata 2.86 mm)	55

Pada Tabel 3 dapat dilihat kadar alkohol yang dihasilkan dari hasil fermentasi menggunakan *yeast* dalam butiran *alginate* dengan diameter 2,86 mm menghasilkan kadar alkohol lebih besar dibandingkan dengan fermentasi menggunakan *yeast* dalam butiran *alginate* dengan diameter 4,25 mm, hal ini disebabkan karena efek difusi/perpindahan massa, karena *yeast* yang terimobilisasi tidak mempunyai kemampuan kontak secara efektif dengan nutrient (Nicolic et al, 2010). Maka semakin besar diameter butiran *alginate* akan semakin kecil nilai konsentrasi alkohol yang diperoleh, dimana

efek difusi/perpindahan massa dipengaruhi oleh ukuran diameter butir, hal ini pun terjadi pada penelitian Duarte et al (2013) dimana digunakan sukrosa dan glukosa murni.

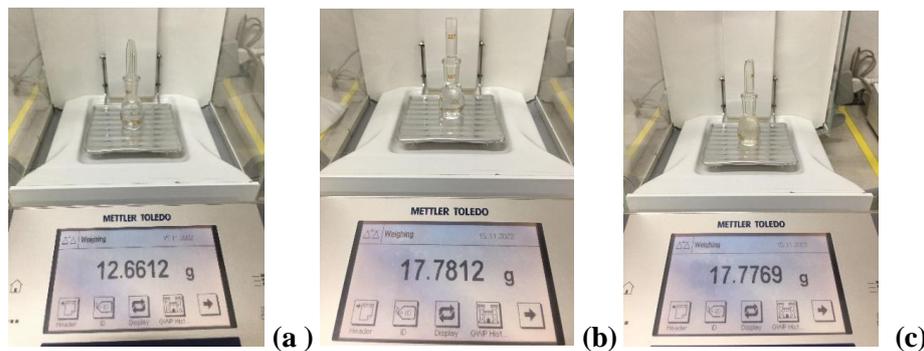
### Destilasi

Pada Gambar 9 dapat dilihat hasil destilasi dari sampel hasil fermentasi dengan menggunakan destilasi sederhana selama waktu 4 jam.



Gambar 9. Larutan hasil destilasi

Pada Gambar 10 dapat dilihat hasil pengukuran massa jenis sampel hasil destilasi yang dilakukan pada Gambar 9.



Gambar 10. (a) berat piknometer kosong (b) berat piknometer+air (c) berat piknometer + sampel

Sehingga hasil perhitungan menunjukkan Massa (Gram)/Volume (mL) sampel alkohol yang didapat adalah :

$$\text{Bobot/mL} = \frac{17,7769 - 12,6612}{17,7812 - 12,6612} = \frac{5,1157}{5,1200} = 0,9992 \text{ g/mL}$$

Hasil nilai massa jenis pada sampel yang dihasilkan yaitu 0,9992 g/ml, nilai ini mendekati dengan nilai massa jenis pada air yaitu 0,9998 g/ml itu artinya hasil destilasi tidak murni alkohol melainkan air pada larutan ikut terbawa ke hasil destilasi. Hal ini dikarenakan suhu destilasi yang mencapai lebih dari 78°C (melebihi titik didih alkohol) sehingga air ikut menguap dan terbawa pada hasil destilasi. Seharusnya destilasi yang digunakan tidak menggunakan destilasi sederhana melainkan destilasi vakum agar menurunkan tekanan dan titik didih menjadi lebih rendah sehingga suhu yang digunakan untuk mendestilasi tidak perlu terlalu tinggi, hal tersebut akan menyebabkan alkohol yang didestilasi akan mudah menguap dan mendidih dibawah titik didih normalnya.

### KESIMPULAN

Alkohol dapat diperoleh dengan menggunakan yeast terimobilisasi dalam butiran *alginate*. Dimana jika semakin kecil diameter butiran *alginate* yang digunakan maka akan menghasilkan konsentrasi glukosa yang semakin besar. Pada penelitian ini didapat konsentrasi alkohol tertinggi yang dihasilkan

sebesar 55 % volume dengan menggunakan HCl 3M dan *yeast* terimobilisasi dalam butiran *alginate* berdiameter 2,86 mm.

## DAFTAR PUSTAKA

Ari D, Puspito T, Hari P, (2013) 'Pembuatan Bioetanol dari Kulit Nanas dengan Hidrolisi Asam', *Jurnal Ekuilibrium*, pp 11 – 16.

Chan, E.-S., Lee, B.-B., Ravindra, P., & Poncelet, D. (2009). 'Prediction models for shape and size of ca-alginate macrobeads produced through extrusion–dripping method'. *Journal of Colloid and Interface Science*, 338(1), 63–72.

Duarte, J. C., Rodrigues, J. A. R., Moran, P. J. S., Valença, G. P., & Nunhez, J. R. (2013). 'Effect of immobilized cells in calcium *alginate* beads in alcoholic fermentation'. *AMB Express*, 3(1), 31

Dumitriu, Severian (2004), Polysaccharides: 'Structural Diversity and Functional Versatility', Second Edition, CRC Press, 1003

FITRIA, N. and LINDASARI, E. (2020) 'Optimasi Perolehan Bioetanol dari Kulit Nanas (*Ananas cosmosus*) dengan Penambahan Urea, Variasi Konsentrasi Inokulasi Starter dan Waktu Fermentasi', *Jurnal Reka Lingkungan*, 9(1), pp. 1–10. Available at: <https://doi.org/10.26760/rekalingkungan.v9i1.1-10>.

Kalsum, U. and Juniar, H. (2018) 'Pembuatan Bioetanol Dari Pati Ubi Dengan Proses Hidrolisis Asam', *Jurnal Distilasi*, 2(2), p. 47. Available at: <https://doi.org/10.32502/jd.v2i2.1203>.

Kurniati, Y., Khasanah, I.E. and Firdaus, K. (2021) 'Kajian Pembuatan Bioetanol dari Limbah Kulit Nanas (*Ananas comosus*. L)', *Jurnal Teknik Kimia USU*, 10(2), pp. 95–101. Available at: <https://doi.org/10.32734/jtk.v10i2.6603>.

Nikolić, S., Mojović, L., Pejin, D., Rakin, M., & Vukašinović, M. (2010). Production of bioethanol from corn meal hydrolyzates by free and immobilized cells of *Saccharomyces cerevisiae* var. *ellipsoideus*. *Biomass and Bioenergy*, 34(10), 1449–1456.

Nulhakim, L. *et al.* (2019) 'Pembuatan bioetanol dari kulit nanas oleh *saccharomyces cerevisiae* terimobilisasi dalam butiran alginat', *Seminar Nasional AVoER XI*, pp. 444–448.

Syauqi, A. (2020) 'Pemanfaatan Limbah Kulit Nanas (*Ananas comosus* L.) Menjadi Bioetanol dengan Penambahan Ragi (*Saccharomyces cerevisiae*) yang Berbeda', *Buletin Loupe*, 16(02), pp. 67–73. Available at: <https://doi.org/10.51967/buletinloupe.v16i02.256>.