



**PEMBUATAN BIOETANOL DARI KULIT PISANG KEPOK (*Musa paradisiaca* L.) MENGGUNAKAN KATALIS ASAM SULFAT**

**Arif Maulana, Zulfazri Zulfazri\*, Agam Muarif, Novy Sylvia, Rozanna Dewi**

Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Malikussaleh

Kampus Utama Cot Teungku Nie Reuleut, Muara Batu, Aceh Utara – 24355

Korespondensi: HP: 085283059515, e-mail: zulfazri@unimal.ac.id

**Abstrak**

Bioetanol adalah sebuah senyawa alkohol murni yang terdiri dari etanol dan dihasilkan melalui proses fermentasi biomassa dengan bantuan mikroorganisme. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk memanfaatkan limbah kulit pisang kepok yang terbuang di masyarakat, terutama oleh penjual gorengan. Pembuatan bioetanol dapat dilakukan dengan menggunakan tanaman yang mengandung pati, karbohidrat, glukosa, dan selulosa. Salah satu opsi adalah kulit pisang kepok. Pemanfaatan kulit pisang kepok dapat meningkatkan variasi bahan baku produksi bioetanol yang hemat biaya dan mudah didapatkan. **Penelitian ini sudah pernah dilakukan sebelumnya, yang belum pernah dilakukan adalah pembuatan bioetanol dengan variasi katalis  $H_2SO_4$ , suhu hidrolisis dan waktu fermentasi.** Metode penelitian ini menggunakan cara hidrolisis, fermentasi dan distilasi dengan variasi suhu hidrolisis  $80^\circ C$ ,  $90^\circ C$  dan  $100^\circ C$ , variasi konsentrasi katalis  $H_2SO_4$  1 M, 2 M, 3 M dengan waktu fermentasi 5, 7, 9 hari Hasil dari penelitian ini didapatkan yield dan densitas tertinggi yaitu pada suhu hidrolisis  $90^\circ C$ , konsentrasi katalis  $H_2SO_4$  3 M dengan lama fermentasi 9 hari sebesar 5,0432% dan 0,8346 gr/ml, dan kadar bioetanol tertinggi yaitu pada suhu hidrolisis  $90^\circ C$ , konsentrasi katalis  $H_2SO_4$  2 M dengan lama fermentasi 9 hari sebesar 0,2884%. Besar dan kecilnya suatu kadar dipengaruhi oleh lamanya waktu fermentasi dan besar katalis yang diberikan. Nilai densitas dari bioetanol yang didapatkan telah memenuhi Standar Nasional Indonesia. Hasil uji GC (Gas-Chromatography) berdasarkan kadar glukosa dan waktu fermentasi yang tertinggi di setiap variasi suhu menunjukkan bahwa kadar bioetanol dengan kadar glukosa 5,2%, 12,2% dan 14,1% berturut-turut pada suhu hidrolisis  $80^\circ C$ ,  $90^\circ C$  dan  $100^\circ C$  dengan konsentrasi katalis  $H_2SO_4$  3 M dan waktu fermentasi 9 hari yaitu sebesar 1,783%, 4,024% dan 5,030%. Semakin besar agen katalis yang dipakai, maka semakin besar tingkat glukosa yang dihasilkan dan semakin panjang periode fermentasi yang diberikan maka semakin optimal produk yang dihasilkan.

**Kata Kunci:** Bioetanol, Densitas, Fermentasi, Kadar Glukosa, Yield

DOI : <http://dx.doi.org/10.29103/jtku.v12i1.11654>

## 1. Pendahuluan

Di samping peningkatan jumlah kendaraan bermotor, penggunaan BBM juga mengalami peningkatan. Sebagian besar BBM yang dipakai masih dihasilkan dari bahan bakar fosil yang tidak dapat diperbarui. Hal ini tentu saja berdampak pada berkurangnya ketersediaan bahan bakar tersebut, sehingga para ahli sedang mencari alternatif sumber energi baru, termasuk bioetanol, sebagai pengganti bahan bakar konvensional. Bioetanol memiliki kelebihan dibandingkan bahan bakar lainnya, seperti memiliki kandungan oksigen yang lebih tinggi (sekitar 35%) yang membuatnya terbakar lebih sempurna, memiliki angka oktan lebih tinggi, dan lebih ramah lingkungan karena menghasilkan emisi CO<sub>2</sub> yang lebih rendah (sekitar 19-25%) (Indartono, 2005).

Bioetanol ialah sebuah cecair yang dihasilkan daripada proses penghadaman sumber karbohidrat (pati) dengan bantuan mikroorganisme. Bahan mentah bioetanol didapati daripada bahan yang mempunyai pati, gula, dan selulosa. Di Indonesia, terdapat potensi besar untuk menghasilkan bioetanol daripada sisa kulit pisang kepok, yaitu salah satu sumber tenaga alternatif bioetanol. Kulit pisang kepok yang mengandung karbohidrat boleh diubah menjadi etanol melalui proses hidrolisis dan kemudian difermentasi dengan menggunakan *Saccharomyces cerevisiae* untuk menghasilkan alkohol (Setiawati, dkk, 2013).

Di Indonesia, kulit pisang kepok adalah sisa panen yang belum banyak dimanfaatkan dan tidak memiliki nilai ekonomi yang signifikan. Selain dapat dijadikan buah segar, pisang juga bisa diolah menjadi keripik, selai, tepung, atau camilan seperti pisang goreng. Namun, saat pisang diolah, kulitnya menjadi limbah yang seringkali dibuang. Padahal, kulit pisang menyumbang 40% dari berat buah dan menghasilkan limbah dalam jumlah yang banyak (Tchobanoglous, 2003). Padahal, dalam kulit pisang kepok memiliki kandungan karbohidrat (pati) 18,5% dan kandungan glukosa 8,16%, yang dapat diproses melalui fermentasi untuk menghasilkan bioetanol (Dyah, 2011).

Menurut Dyah (2011), kulit pisang yang dipakai merupakan kulit pisang yang sudah dikeringkan dan dihidrolisis dengan bantuan larutan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. Temuan

penelitian menunjukkan bahwa lama waktu fermentasi berbanding lurus dengan jumlah etanol yang dihasilkan pada saat yang ditentukan. Adapun, penambahan jumlah ragi berbanding terbalik dengan jumlah etanol yang dihasilkan.

Penelitian ini akan menggunakan metode hidrolisis, fermentasi dan distilasi dimana menggunakan perbandingan variasi konsentrasi larutan  $H_2SO_4$ , waktu fermentasi dan suhu hidrolisa. Konsentrasi  $H_2SO_4$  yang akan digunakan adalah 1, 2 dan 3 M, waktu fermentasi yang digunakan adalah 5, 7, 9 hari dan variasi suhu hidrolisis yang digunakan adalah 80, 90, 100 °C. Dan diharapkan pada hasil penelitian ini mendapatkan kadar bioetanol yang besar.

## 2. Bahan dan Metode

Bahan dan peralatan yang digunakan pada penelitian ini ialah *aquadest*, kulit pisang kepok,  $H_2SO_4$ , ragi roti (*Saccharomyces cerevisiae*), NPK, urea, *hot plate*, ayakan 80 *mesh*, erlenmeyer 250 ml, *thermometer*, labu ukur 100 ml, neraca analitik, *beaker glass* 500 ml dan 250 ml, gelas ukur 100 ml, *stirrer*, kertas saring, oven, labu leher tiga 1000 ml dan kondensor.

Penelitian ini terdiri dari lima tahap yaitu persiapan pembuatan pati dari kulit pisang kepok, proses ekstraksi, proses hidrolisis, proses fermentasi dan proses distilasi atau proses pembuatan bioetanol. Variabel pada penelitian ini yaitu variasi suhu hidrolisis 80, 90, 100 °C, katalis  $H_2SO_4$  1, 2, 3 M dan waktu fermentasi 5, 7, 9 hari. Analisa yang dilakukan yaitu analisa kadar glukosa, yield, densitas, kadar bioetanol dan uji GC (*Gas-Chromatography*).

Pada proses pembuatan pati, kulit pisang kepok yang telah dipisahkan dengan buahnya direndam dengan air selama 24 jam. Kemudian kulit pisang kepok di potong kecil-kecil dan dikeringkan. Kulit pisang yang telah kering kemudian dihancurkan dan dilakukan penghalusan dengan ayakan mesh 80. Selanjutnya dilakukan proses ekstraksi untuk menghilangkan getah atau *lignin* yang terkandung dalam kulit pisang kepok.

Proses ekstraksi dilakukan dengan mencampurkan 50 gram kulit pisang kepok dan NaOH 1% sebanyak 250 ml dan diaduk dengan *magnetic stirrer* selama 2 jam dengan suhu 60 °C. Selanjutnya dilakukan proses hidrolisis.

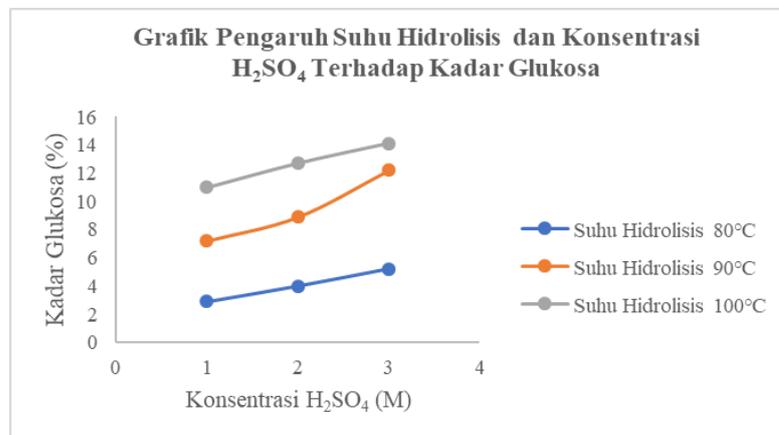
Proses hidrolisis dilakukan dengan memasukkan pati kulit pisang kepek yang telah diekstraksi ke dalam larutan  $H_2SO_4$  1, 2, 3 M sebanyak 50 ml yang berfungsi sebagai katalis dan air sebanyak 150 ml sebagai pereaksi. Kemudian hidrolisis dilakukan dengan variasi suhu 80, 90 dan 100 °C selama 2 jam. Setelah suhu dan waktu tercapai, sampel disaring sehingga mendapatkan filtratnya. Setelah itu dilakukan analisa kadar glukosa dengan menggunakan alat *Refractometer Brix 0-32%*. Selanjutnya melakukan proses fermentasi.

Proses fermentasi dilakukan dengan menambahkan 8% starter (*Saccharomyces serevisiae*) kedalam sampel hasil hidrolisis. Fermentasi dilakukan secara anaerob dengan variasi waktu 5, 7, 9 hari dengan penambahan nutrisi NPK (16%) dan urea (46%) dari berat hasil hidrolisis dari setiap sampel. Setelah mencapai waktu fermentasi, selanjutnya sampel dimurnikan dengan metode distilasi. Proses distilasi dilakukan pada suhu 80°C untuk mendapatkan produk bioetanolnya. Selanjutnya melakukan analisa densitas, yield, kadar bioetanol dan uji GC (*Gas-Chromatography*)

### 3. Hasil dan Diskusi

#### 3.1 Pengaruh Suhu Hidrolisis dan Konsentrasi $H_2SO_4$ Terhadap Kadar Glukosa

Proses hidrolisis kulit pisang kepek menggunakan katalis  $H_2SO_4$  dengan variasi konsentrasi 1 M, 2 M dan 3 M pada suhu proses hidrolisis 80 °C, 90°C, dan 100 °C dapat dilihat pada Gambar 3.1.



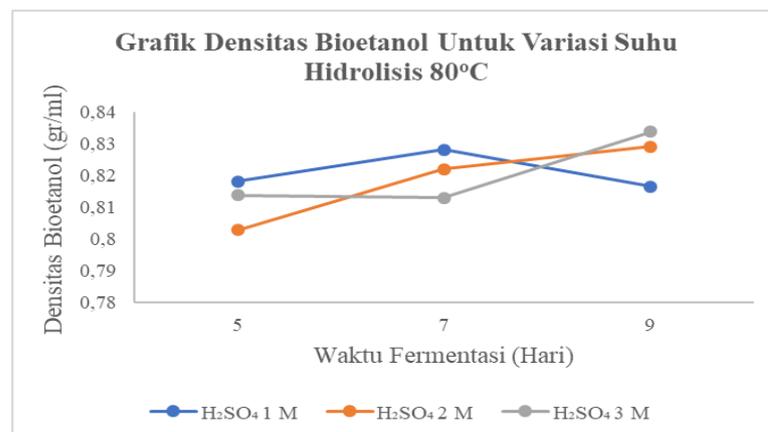
**Gambar 3.1** Pengaruh Suhu Hidrolisis dan Konsentrasi  $H_2SO_4$  Terhadap Kadar Glukosa

Gambar 3.1 menunjukkan bahwa kadar glukosa tertinggi berada pada perlakuan konsentrasi asam sulfat 3 M dengan suhu hidrolisis 100°C yaitu sebesar 14,1%, dan hasil kadar glukosa yang paling rendah terdapat pada konsentrasi 1 mol dengan suhu hidrolisis selama 80°C yaitu sebesar 2,9%. Hasil yang ditunjukkan menyatakan bahwa suhu reaksi dan konsentrasi katalis mempengaruhi proses kecepatan reaksi hidrolisis. Berdasarkan hasil penelitian ini semakin tinggi suhu hidrolisis maka semakin tinggi kadar glukosa yang dihasilkan.

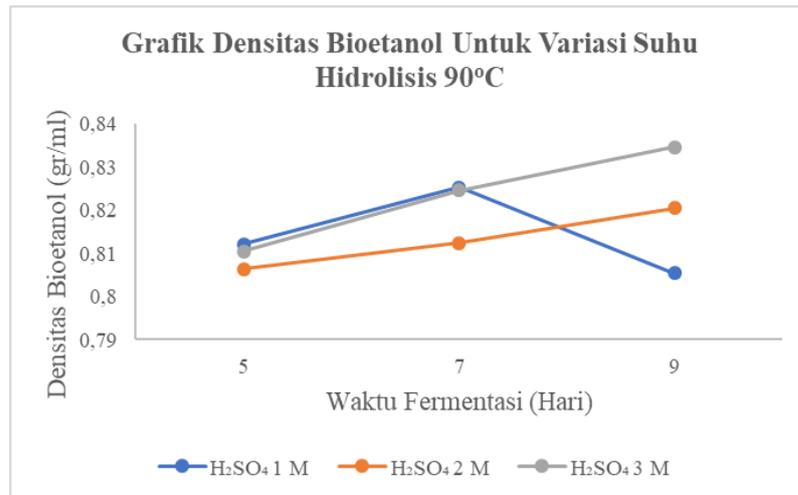
Semakin banyak asam yang ditambahkan, maka jumlah gula yang dihasilkan akan semakin bertambah, tetapi kualitasnya akan menurun. Selulosa yang diuraikan dalam suasana asam akan menghasilkan banyak molekul glukosa. Rantai selulosa yang dipecah menjadi disakarida selobiosa kemudian akan menghasilkan glukosa (Hikmah, 2019). Hal ini disebabkan juga karena adanya pengaruh waktu yang terjadi selama proses hidrolisis. Semakin lama waktu hidrolisis maka akan semakin tinggi kadar glukosa yang dihasilkan sampai waktu optimum. Waktu hidrolisis merupakan faktor yang mempengaruhi pembentukan kadar gula/glukosa.

### 3.2 Analisa Densitas Bioetanol

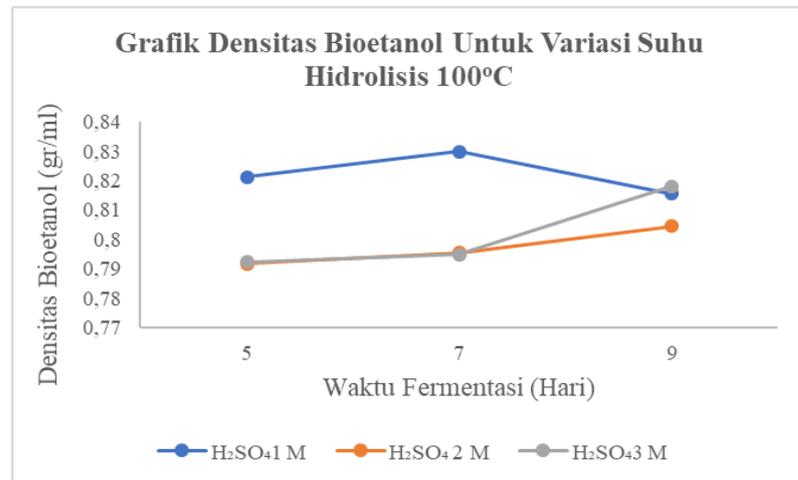
Nilai densitas menentukan bagaimana pengukuran berat setiap satuan ruang objek. Semakin tinggi bobot jenis suatu objek, maka semakin besar pula berat setiap volumenya.



**Gambar 3.2** Grafik Densitas Bioetanol Untuk Variasi Suhu Hidrolisis 80°C



**Gambar 3.3** Grafik Densitas Bioetanol Untuk Variasi Suhu Hidrolisis 90°C



**Gambar 3.4** Grafik Densitas Bioetanol Untuk Variasi Suhu Hidrolisis 100°C

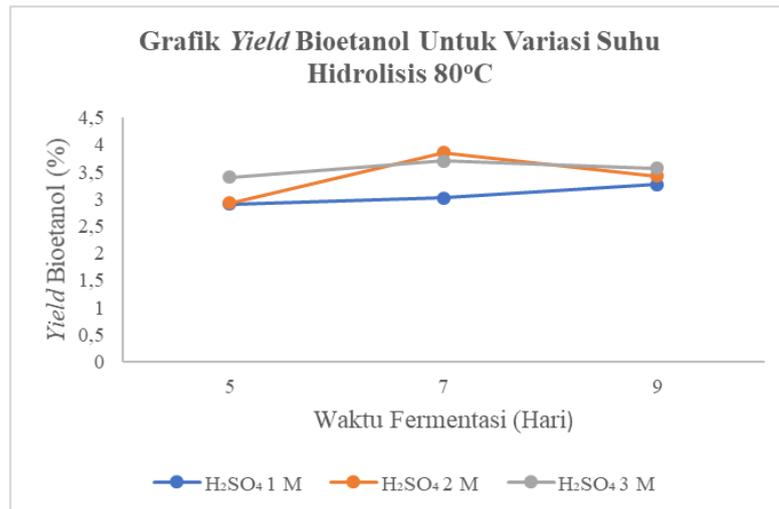
Gambar 3.2, 3.3 dan 3.4 menunjukkan kadar densitas terbanyak terdapat pada Gambar 3.3 yaitu pada suhu hidrolisis 90°C, dimana kadar densitas yang dihasilkan terus meningkat dibandingkan pada suhu 80°C dan 100°C. Hal ini disebabkan karena adanya pengaruh suhu yang terjadi pada proses distilasi. Bila distilasi dilakukan pada suhu tinggi (80-90°C) maka jumlah udara yang menyertai alkohol juga akan tinggi dan sebaliknya sehingga densitas produk distilasi juga akan tinggi. Dalam penelitian ini, ditemukan bahwa terdapat perbedaan densitas yang tergantung pada waktu fermentasi. Semakin lama waktu fermentasi, semakin tinggi densitasnya. Hal ini menunjukkan bahwa jumlah ragi dan waktu fermentasi berpengaruh signifikan terhadap densitas bioetanol yang dihasilkan. Dalam

kondisi tersebut, bakteri bekerja lebih aktif dalam mengubah glukosa menjadi bioetanol (Fatmawati, 2008).

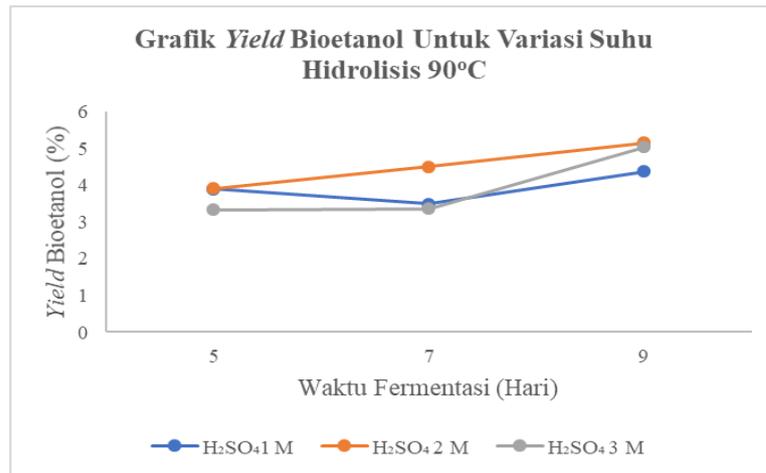
Adapun densitas terbanyak terdapat konsentrasi 3 M pada suhu 90°C dan lama fermentasi 9 hari yaitu 0,8346 gr/ml. Sedangkan densitas terendah terdapat pada suhu 100°C pada konsentrasi 2 M dan lama fermentasi 5 hari yaitu 0,7916 gr/ml. Densitas bioetanol yang dihasilkan sudah memenuhi Standar Nasional Indonesia. Densitas terbaik pada lama fermentasi 5 hari dengan konsentrasi 2 M yaitu 0,7916 karena paling mendekati 0,7893 sebagai Standar dari etanol.

### 3.3 Analisa Yield Bioetanol

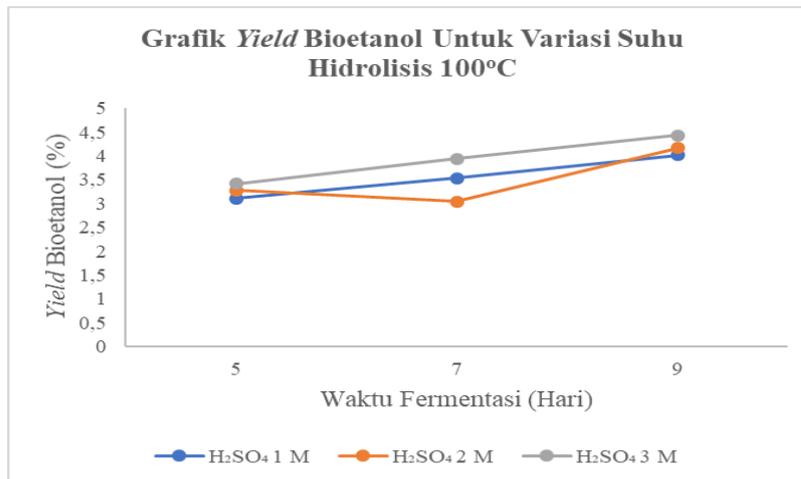
Yield adalah hasil yang didapatkan dengan membandingkan bobot awal materi dengan bobot akhirnya, untuk mengetahui jumlah kehilangan bobot selama proses pengolahan. Rendemen bioetanol dapat dihitung dengan membagi volume bioetanol hasil penyulingan produk fermentasi dengan volume materi baku/produk awal (Suastini, 1994).



**Gambar 3.5** Grafik *Yield* Bioetanol Untuk Variasi Suhu Hidrolisis 80°C



**Gambar 3.6** Grafik *Yield Bioetanol Untuk Variasi Suhu Hidrolisis 90°C*



**Gambar 3.7** Grafik *Yield Bioetanol Untuk Variasi Suhu Hidrolisis 100°C*

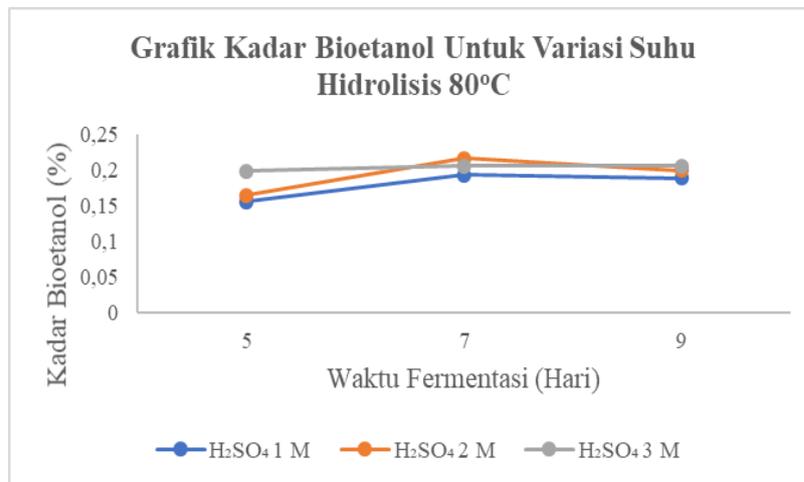
Dari Gambar 3.5, 3.6 dan 3.7 terlihat *yield* bioetanol tertinggi terdapat pada Gambar 3.6 yaitu pada suhu hidrolisis 90 °C dengan konsentrasi H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 2 M pada fermentasi 9 hari dengan *yield* bioetanol sebesar 5,1597%, sedangkan *yield* bioetanol terendah terdapat pada Gambar 3.5 yaitu pada suhu hidrolisis 80°C dengan konsentrasi H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 1 M pada fermentasi 5 hari dengan kadar bioetanol sebesar 2,9029%.

Menurut Wusnah (2016), tingkat keberhasilan dalam menghasilkan bioetanol dipengaruhi oleh presentase *yield* yang tinggi atau rendah. Sistem pemanas pada fase destilasi dan waktu proses destilasi sangat memengaruhi kualitas larutan bioetanol yang dihasilkan. Semakin tinggi suhu pemanasan dan semakin lama waktu proses destilasi, maka presentase *yield* akan semakin

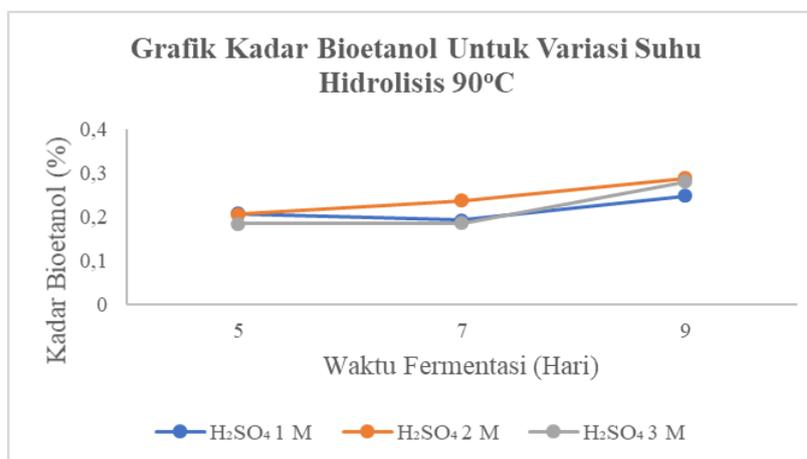
meningkat. Sebaliknya, semakin rendah suhu pemanasan dan waktu destilasi yang singkat akan menghasilkan presentase yield yang rendah. Faktor suhu sangat berperan penting dalam proses destilasi bioetanol. Agar hasil destilasi bioetanol optimal, selama proses destilasi diupayakan suhu minimal dan sebaiknya di bawah 100°C.

### 3.4 Analisa Kadar Bioetanol

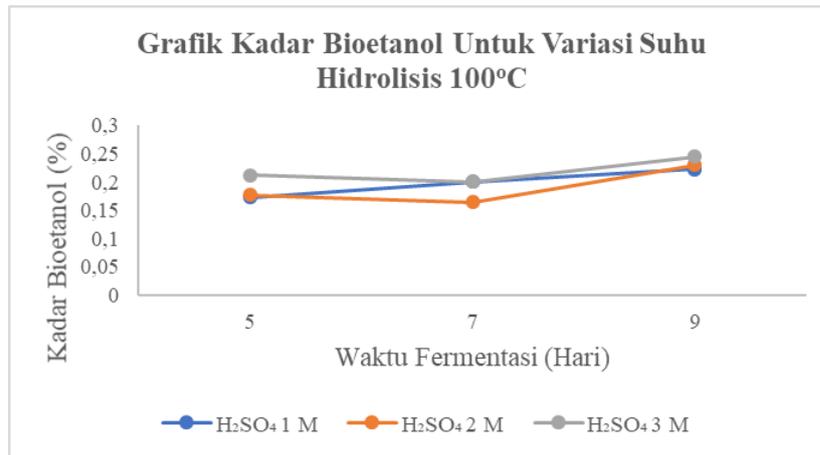
Grafik pengaruh waktu fermentasi dan konsentrasi H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> terhadap kadar bioetanol yang dihasilkan pada berbagai variasi suhu hidrolisis dapat dilihat pada Gambar 3.8, 3.9, dan 3.10.



**Gambar 3.8** Grafik Kadar Bioetanol Untuk Variasi Suhu Hidrolisis 80°C



**Gambar 3.9** Grafik Kadar Bioetanol Untuk Variasi Suhu Hidrolisis 90°C



**Gambar 3.10** Grafik Kadar Bioetanol Untuk Variasi Suhu Hidrolisis 100°C

Dari Gambar 3.8, 3.9 dan 3.10 terlihat kadar bioetanol tertinggi terdapat pada Gambar 4.8 yaitu pada suhu hidrolisis 90 °C dengan konsentrasi H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 2 M pada fermentasi 9 hari dengan kadar bioetanol sebesar 0,2884% dan kadar bioetanol terendah terdapat pada Gambar 4.7 yaitu pada suhu hidrolisis 80 °C dengan konsentrasi H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 1 M pada fermentasi 5 hari dengan kadar bioetanol sebesar 0,1562%.

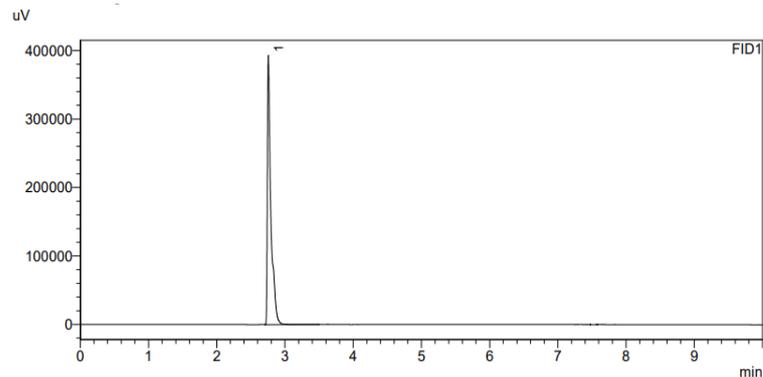
Menurut Syauqiah (2015), dalam proses fermentasi yang semakin lama dan dengan penambahan ragi yang semakin banyak, jumlah mikroorganisme yang mengubah glukosa menjadi etanol juga semakin bertambah. Namun, dalam penelitian ini, terjadi fluktuasi kadar bioetanol yang dihasilkan karena aktivitas metabolisme bakteri. Selain etanol, proses fermentasi juga menghasilkan produk sampingan seperti asam asetat dan asam format. Hal ini terjadi karena persaingan hidup antar ragi yang ditambahkan dalam jumlah besar, sehingga banyak ragi yang mati selama proses fermentasi. dan nutrisi yang tidak mencukupi akan menyebabkan kematian pada mikroorganisme sehingga kinerja untuk mengkonversi glukosa menjadi alkohol akan lebih sedikit.

Pada penelitian ini mikroorganisme dan media yang digunakan merupakan faktor-faktor yang berdampak pada produksi bioetanol melalui fermentasi meliputi kuantitas ragi, tingkat keasaman, konsentrasi gula, suhu, dan keberadaan oksigen. Selama proses fermentasi, penting untuk memantau faktor-faktor tersebut agar produksi bioetanol optimal. Waktu fermentasi yang lama dapat mengurangi

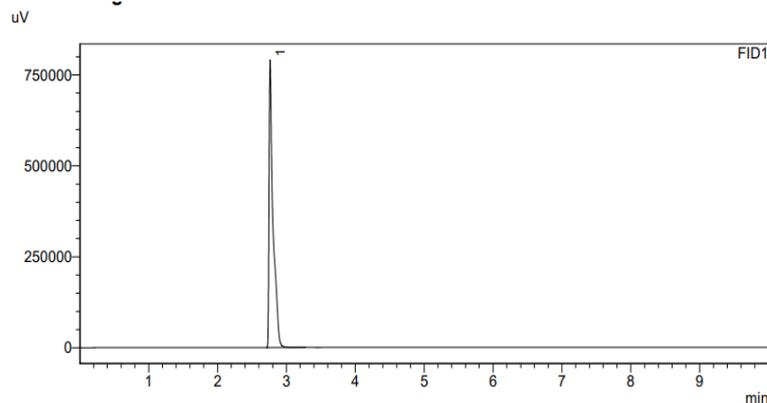
jumlah mikroba karena alkohol yang dihasilkan semakin banyak dan nutrisi dalam makanan mikroba semakin berkurang, sehingga menyebabkan fase kematian (Kunaepah, 2008).

### 3.5 Analisa Menggunakan GC (*Gas-Chromatography*)

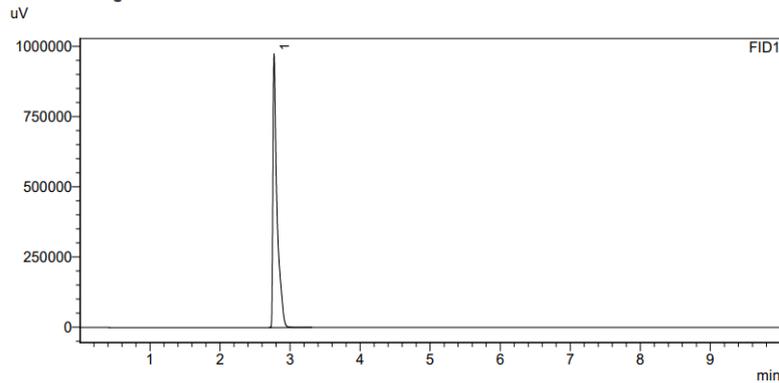
Analisa GC dilakukan untuk mengetahui kepekatan konsentrasi atau kadar dari suatu senyawa tanpa mengetahui komponen-komponen dari senyawa tersebut. Adapun hasil yang dianalisa menggunakan GC berdasarkan kadar glukosa yang tertinggi dan waktu fermentasi. Adapun hasil yang dianalisa menggunakan GC berdasarkan kadar glukosa yang tertinggi dan waktu fermentasi. Sampel yang diuji yaitu untuk suhu hidrolisis 80°C, konsentrasi H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 3 M, waktu fermentasi 9 Hari dan suhu hidrolisis 90°C, konsentrasi H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 3 M, waktu fermentasi 9 Hari dan suhu hidrolisis 100°C, konsentrasi H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 3 M dengan waktu fermentasi 9 Hari.



**Gambar 3.11** Analisa GC Variasi Suhu 80 °C, 3 M, 9 Hari



**Gambar 3.12** Analisa GC Variasi Suhu 90 °C, 3 M, 9 Hari



**Gambar 3.13** Analisa GC Variasi Suhu 100 °C, 3 M, 9 Hari

**Tabel 3.1** Konsentrasi bioetanol dari masing-masing peak hasil analisa GC

Suhu	Kadar Glukosa	Waktu Fermentasi	Konsentrasi H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	Konsentrasi Bioetanol
80 °C	5,2%	9 hari	3 M	1,783%
90 °C	12,2%	9 hari	3 M	4,024%
100 °C	14,1%	9 hari	3 M	5,030%

Dari grafik analisa GC pada Gambar 3.11 yaitu sampel bioetanol pada suhu hidrolisis 80°C dengan konsentrasi 3 M dan waktu fermentasi 9 hari terlihat komponen utama yang ada pada sampel uji bioetanol adalah pada peak 1 dengan waktu retensi waktu 2,757 menit terdeteksi etanol sebesar 1,783%. Sedangkan pada Gambar 3.12 yaitu sampel bioetanol pada suhu hidrolisis 90°C dengan konsentrasi 3 M dan waktu fermentasi 9 hari terlihat komponen utama yang ada pada sampel uji bioetanol adalah pada peak 1 dengan waktu retensi waktu 2,763 menit terdeteksi etanol sebesar 4,024% dan pada Gambar 3.13 yaitu sampel bioetanol pada suhu hidrolisis 100°C dengan konsentrasi 3 M dan waktu fermentasi 9 hari terlihat komponen utama yang ada pada sampel uji bioetanol adalah pada peak 1 dengan waktu retensi waktu 2,772 menit terdeteksi etanol sebesar 5,030%.

Dapat dilihat pada pergerakan konsentrasi bioetanol dari Tabel 3.1 di atas suhu dan konsentrasi mol saat dilakukannya hidrolisis sangat berpengaruh terhadap hasil yang didapatkan karena, pada tabel di atas menunjukkan semakin tinggi kadar glukosa maka komposisi bioetanol yang dihasilkan semakin besar. Sehingga konsentrasi bioetanol tertinggi terjadi pada suhu hidrolisis 100°C

dengan konsentrasi 3 M dan waktu fermentasi 9 hari sebesar 5,030% sedangkan konsentrasi terendah terjadi pada suhu hidrolisis 80°C dengan konsentrasi 3 M dan waktu fermentasi 9 hari sebesar 1,782%.

Dari hasil penelitian (Retno, 2008) jumlah bioetanol yang dihasilkan sedikit, rata-rata sekitar 2%, hal ini disebabkan oleh oksidasi bioetanol menjadi asetaldehid yang selanjutnya teroksidasi menjadi asam asetat. Kondisi ini menyebabkan media fermentasi menjadi lebih asam (perubahan pH) sehingga menurunkan kandungan bioetanol. Adapun hal yang dapat menyebabkan sedikitnya etanol yang diperoleh adalah karena sifat bioetanol yang mudah menguap.

Dan dari hasil penelitian (Bahri, 2018) Menunjukkan bahwa semakin lama waktu fermentasi dan semakin besar volume bibit maka kandungan bioetanol yang dihasilkan semakin meningkat. Pada waktu fermentasi selama 8 hari dengan volume bibit 300 ml, terbentuk bioetanol sebanyak 57%. Namun pada fermentasi selama 10 hari, kandungan bioetanol semakin menurun meskipun bibit yang ditambahkan semakin banyak. Hal ini disebabkan oleh penurunan konsentrasi nutrisi dan pertumbuhan mikroba yang juga menurun, sehingga fase ini disebut fase stasioner. Penelitian ini menggunakan katalis asam klorida (HCl).

#### **4. Simpulan dan Saran**

Dari hasil penelitian pembuatan bioetanol dari kulit pisang kepok yang telah dilakukan dapat diambil kesimpulan Kadar bioetanol terbaik yang didapat adalah 0,2884% dengan densitas 0,8346 gr/ml dan *yield* 5,1597%. Semakin besar katalis yang digunakan, maka semakin banyak kadar glukosa yang dihasilkan. Semakin lama fermentasi yang diberikan maka semakin baik produk yang dihasilkan. Berdasarkan hasil uji GC kadar bioetanol tertinggi yaitu pada suhu 100°C dan konsentrasi H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 3 M dengan lama fermentasi 9 hari sebesar 5,030% dan kadar bioetanol terendah yaitu pada suhu 80°C dan konsentrasi H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 3 M dengan lama fermentasi 9 hari sebesar 1,783%. Penelitian ini dapat diteruskan dengan memperhatikan tahapan pengeringan senyawa turunan alkohol yang tidak

bermuatan atau turunan yang umum digunakan dalam sektor industri, seperti isopropanol dan butanol.

## 5. Daftar Pustaka

1. Bahri, Syamsul., Aji, Amri dan Yani, Fadlina. 2018. Pembuatan Bioetanol dari Kulit Pisang Kepok dengan Cara Fermentasi menggunakan Ragi Roti. *Jurnal Teknologi Kimia Unimal*, Vol. 7, No. 2. Lhokseumawe. Universitas Malikussaleh. <https://doi.org/10.29103/jtku.v7i2.1252>
2. Dewati Retno. 2008. Limbah Kulit Pisang Kepok Sebagai Bahan Baku Pembuatan Ethanol. Skripsi. UPN Veteran Jatim. <https://doi.org/10.31479/jtek.v6i1.1>
3. Dyah. 2011. *Pembuatan Bioetanol dari Kulit Pisang*. Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia “Kejuangan”, Jurusan Teknik Kimia, FTI UPN”Veteran”. Yogyakarta.
4. Fatmawati, A., Soeseno, N., Chiptadi, N. & Natalia, S. (2008). Hidrolisis Batang Padi Dengan Menggunakan Asam Sulfat Encer. *Jurnal Teknik Kimia*, 3(1). <https://dx.doi.org/10.33005/tekkim.v3i1.99>
5. Hikmah, Fadhillah, H, N., Noor, M., dan Putra, M, D. 2019. Bioetanol Hasil Fermentasi Kulit Pisang Kepok (*Musa Paradisiaca*) Dengan Variasi Ragi Melalui Hidrolisis Asam Sulfat. *Jurnal Enviro Scienteae*, Vol.15, No.2. <http://dx.doi.org/10.20527/es.v15i2.6950>
6. Indartono Y, 2005. *Bioetanol, Alternatif Energi Terbarukan*. Kajian Prestasi Mesin dan Implementasi di lapangan. Fisika, LIPI. <https://doi.org/10.32672/jse.v3i1.356>
7. Setiawati, D, R., Sinaga, A, R., Dewi, T, K. (2013). *Proses Pembuatan Bioetanol Dari Kulit Pisang Kepok*, *Jurnal Teknik Kimia*. Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya, Palembang, 1, (19).
8. Susanti A. D, Prakoso T. P, dan Prabawa H. “Pembuatan Bioetanol Dari Kulit Nanas Melalui Hidrolisis Dengan Asam” *jurnal teknik kimia fakulutas Teknik Universitas Sebelas Maret*. Vol. 12, No. 1:11-16. <https://doi.org/10.20961/ekuilibrium.v10i2.2246>
9. Tety. 2006. *Kandungan kulit pisang*. Online di [www.risvank.com/reaksi-bioetanol](http://www.risvank.com/reaksi-bioetanol). <http://dx.doi.org/10.29103/jtku.v7i2.1252>

10. Tchobanoglous, G., H. Theisen dan S. Vigil. 2003. Integrated solid waste management. Engineering Principles and Management Issue. *McGraw Hill Book*. New York.
11. Wusnah, Bahri, S., dan Hartono, Dwi. 2016. *Proses Pembuatan Bioetanol Dari Kulit Pisang Kepok (Musa acuminata B.C) Secara Fermentasi*. *Jurnal Teknologi Kimia Unimal*, Vol. 5, No. 1. Lhokseumawe. Universitas Malikussaleh. <https://doi.org/10.29103/jtku.v5i1.79>