# PENGARUH SUHU DAN PENAMBAHAN NUTRISI PADA PROSES FERMENTASI UNTUK PEMBUATAN BIOETHANOL DARI SABUT KELAPA

**Dwi Ana Anggorowati, Purwati , Sulis Dwi D.P.**
Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Nasional Malang

## ABSTRAK

Pada saat ini, bioethanol diperhitungkan sebagai pilihan yang lebih baik daripada bahan bakar fosil karena dapat mengurangi ketergantungan pada minyak mentah. Bioetanol juga menjanjikan pembakaran lebih bersih yang mendorong ke arah lingkungan yang lebih sehat karena karbon yang dihasilkan dari proses pembakaran netral dan yang terpenting bebas dari sulfur. Bahan- bahan yang mungkin digunakan sebagai penghasil bioetanol biasanya mengandung karbohidrat, seperti pati sagu, jagung dan bongkolnya, singkong, rumput laut dan limbahnya.

Dari sekian banyak bahan yang tersedia di alam selain bahan berpati, bahan lignoselulosa merupakan substrat terbanyak yang belum digunakan secara maksimal.Salah satu bahan yang mengandung lignoselulosa adalah buah kelapa, terutama bagian sabut kelapa. Sabut kelapa merupakan bagian yang cukup besar dari buah kelapa yaitu 35% dari berat keseluruhan buah. Tujuan Penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh suhu terbaik pada proses fermentasi, dan mengetahui pengaruh penambahan nutrisi $(NH_4)_2HPO_4$ terbaik pada proses fermentasi.

Variabel penelitian ini antara lain : Suhu fermentasi yaitu 26, 29, 31, 33 dan 35 $^oC$ dan berat nutrisi $(NH_4)_2HPO_4$ yaitu 5, 7, 9, 11 dan 13 g. Dari hasil penelitian yang telah dilakukan, hasil terbaik didapatkan pada kondisi fermentasi pada suhu 29$^oC$ menghasilkan kadar etanol sebesar 0,46790%. Serta penambahan nutrisi $(NH_4)_2HPO_4$ pada proses fermentasi sebanyak 7 g menghasilkan kadar etanol sebesar 0,46790%.

**Kata kunci : Bioetanol, Sabut Kelapa, *Saccharomyces Cerevisea***

## 1. PENDAHULUAN

### 1.1. LATAR BELAKANG

Pada saat ini, bioethanol diperhitungkan sebagai pilihan yang lebih baik daripada bahan bakar fosil karena dapat mengurangi ketergantungan pada minyak mentah. Bioetanol juga menjanjikan pembakaran lebih bersih yang mendorong ke arah lingkungan yang lebih sehat karena karbon yang dihasilkan dari proses pembakaran netral dan yang terpenting bebas dari sulfur (Gupta, *et al*, 2008).

Pada tahun 2002, Indonesia memiliki cadangan minyak bumi sekitar 5 barrel, gas bumi sekitar 90 TSCF (*Tera Standard Cubic Feet)* dan batu bara sekitar 5 milyar ton. Apabila tidak ditemukan cadangan minyak bumi baru, diperkirakan akan habis dalam waktu kurang dari 10 tahun, gas bumi sekitar 30 tahun dan batubara akan habis sekitar 50 tahun (Wardhana, 2004). Oleh karena itu, diperlukan sumber alternatif baru yang mampu mencukupi atau paling tidak dapat menghemat energi dari bahan bakar fosil tersebut.Di antara energi alternatif yang akhir-akhir ini dikembangkan adalah bioetanol.

Kandungan bioetanol memiliki nilai oktan yang tinggi sehingga penggunaan bioetanol pada kendaraan bermotor dapat mengurangi emisi gas rumah kaca (khususnya $CO_2$) sebesar 60-90% dibandingkan penggunaan bensin.Berbeda dengan Negara Indonesia, bioetanol lebih banyak dimanfaatkan sebagai pelarut dalam industri kosmetik, kimia, elektronika dan farmasi (Badan Pusat Statistik Indonesia, 2004).

Dari sekian banyak bahan yang tersedia di alam selain bahan berpati, bahan lignoselulosa merupakan substrat terbanyak yang belum digunakan secara maksimal.Salah satu bahan yang mengandung lignoselulosa adalah buah kelapa, terutama bagian sabut kelapa.

Sabut kelapa merupakan bagian yang cukup besar dari buah kelapa yaitu 35% dari berat keseluruhan buah. Jika produksi buah kelapa di Indonesia mencapai 3.250.000 ton/tahun maka akan dihasilkan sabut kelapa sebanyak 1.137.500 ton/tahun (Sukadarti, dkk, 2010). Dan sabut kelapa tersebut belum dimanfaatkan secara maksimal.

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Sabut Kelapa

Potensi produksi kelapa cukup melimpah di Indonesia. Di tingkat internasional, areal perkebunan kelapa Indonesia terbesar di dunia yakni pada tahun 1999 seluas 3,712 juta ha (31,2%) dari total areal dunia 11,909 juta ha (100%). Negara lain yang mempunyai produksi kelapa yang cukup besar yakni Filipina seluas 3,077 juta ha (25,8%), India 1,908 juta ha (16%), Srilanka 442.000 ha (3,7%), Thailand 372.000 ha (3,1%) da negara lainnya 2,398 juta ha (20,2%) (Soba,2003). Sentral produksi kelapa di Indonesia terdapat di daerah Sumatra, Jawa dan Sulawesi dengan luas 2,841 juta ha (76,5%) dari areal total Indonesia (Darmanto, dkk, 2007).

Serat kelapa adalah material berserat penyusun bagian mesokarp yang tebal (lapisan tengah) pada buah kelapa *(Cocos Nucivera).* Buah kelapa mengandung sekitar 65% berat kernel (bagian tempurung, daging buah dan air) dan 35% berat sabut kelapa *(husk).* Serabut kelapa *(husk)* terdiri 70% *pith* (serbuk sabut kelapa) dan 30% serat kelapa *(coir fiber)* tiap basis berat keringnya (Van Dam, 2002).



Gambar 1. Sabut Kelapa

Sabut kelapa secara rutin dibuang setelah buah kelapa dan airnya dijual.Hal tersebut membuat sabut kelapa merupakan bahan yang murah dan potensial untuk memproduksi bioetanol karena mempunyai kandungan selulosa dan hemiselulosa yang tinggi di dalamnya.Kedua komponen tersebut, setelah dilakukan *pretreatment* dan hidrolisis enzimatis merupakan sumber gula yang dapat difermentasi menjadi bioetanol (Van Dam,*et al*, 2004). Berikut komposisi Kimia Sabut Kelapa.

Tabel 1. Komposisi Kimia Sabut Kelapa

| Komponen | Komposisi (%) |
|---|---|
| Hemiselulosa | 0,15 – 0,25 |
| Lignin | 41 – 45 |
| Selulosa | 36 – 43 |

(Corradini, *et al*, 2006)

Pada penelitian Wahyudi (2002) telah dilakukan pembuatan etanol dari sari sabut buah siwalan dengan proses hidrolisis fermentasi. Produksi etanol dalam penelitian ini menggunakan bahan dasar sabut buah siwalan yang memiliki kadar selulosa cukup tinggi yaitu 88,8%. Sebelum fermentasi, dilakukan beberapa proses pendahuluan antara lain pemurnian selulosa dan hidrolisis selulosa hingga didapatkan larutan yang mengandung glukosa. Glukosa hasil hidrolisis sebesar 20,16%, kemudian difermentasi menggunakan *Saccharomyces sereviceae* dengan perbandingan starter dan larutan fermentasi 1:10 dan menambahkan nutrisi berupa $(NH_4)_2HPO_4$ sebagai variabel. Dari hasil percobaan tersebut, hasil maksimum diperoleh pada fermentasi selama 240 jam dengan penambahan nutrisi sebesar 9 gram dengan kadar etanol yang didapat 11,05%.

Berdasarkan penelitian Vaithanomsat, *et al* (2011) sabut kelapa memiliki potesi untuk dijadikan bioetanol. Sabut kelapa ditambahkan larutan NaOH 20, 25 dan 30% dan dipanaskan pada 100$^o$C selama 2 jam untuk memperoleh selulosa. Kemudian dilakukan hidrolisis menggunakan enzim *celluclast* 1,5 L dan *novozyme* 188 dan *Saccharomyces sereviceae* untuk proses fermentasi. Metode *Simultaneous Saccharification and Fermentation* (SSF) dan *Separate Hydrolysis and Fermentation* (SHF) dibandingkan untuk mengetahui efisiensi konversi etanol. Hasil menunjukkan kadar etanol yang didapatkan dengan metode SHF sebesar 21,21% dan SSF sebesar 20,67% (berdasarkan berat *pulp*). Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh suhu pada proses fermentasi dan mengetahui pengaruh penambahan nutrisi $(NH_4)_2HPO_4$ pada proses fermentasi.

### 2.2 Pembuatan Bioetanol

Pembuatan bioetanol dari sabut buah kelapa terdiri atas 3 tahap, yaitu:

1. Tahap *Pretreatment* (Delignifikasi)

$$\text{Lignoselulosa} \xrightarrow{\text{NaOH}} \text{Selulosa} + \text{Lignin}$$

2. Tahap Hidrolisis Selulosa

$$(C_6H_{10}O_5) + nH_2O \xrightarrow{H_2SO_4} n(C_6H_{12}O_6)$$

3. Tahap Fermentasi

$$(C_6H_{12}O_6) \xrightarrow{\text{Saccharomyces cerevisiae}} \text{Glukosa}$$

(Jeoh, 1998)

### 2.3 Tahap *Pretreatment* (Delignifikasi)

Menurut Sun dan Cheng (2002), pada umumnya metode *pretreatment* dapat dilakukan secara fisika, kimia dan biologi.Perlakuan pendahuluan secara fisika berupa pencacahan secara mekanik, penggilingan dan penepungan untuk memperkecil ukuran bahan dan mengurangi kristalinitas selulosa. Secara kimia dapat dilakukan dengan penambahan larutan kimia untuk melarutkan lignin, selulosa dan hemiselulosa. Contohnya, treatment asam, treatment basa dan delignifikasi oksidatif. Sedangakan menurut Taherzadeh dan Karimi (2008), *pretreatment* secara biologi melibatkan mikroorganisme untuk mendegradasi lignin dan hemiselulosa, namun metode ini tidak efektif karena proses degradasi berjalan lebih lambat dibandingkan 2 metode lainnya yaitu kimia dan delignifikasi oksidatif. Pada penelitian Vaithanomsat, *et al* (2011) dilakukan *pretreatment* sabut kelapa menggunakan basa NaOH 25% dipanaskan selama 2 jam pada suhu 100$^o$C.

### 2.4 Tahap Hidrolisis

Hidrolisis selulosa dan hemiselulosa dapat dilakukan secara kimiawi maupun secara enzimatik menghasilkan monomer gula reduksi glukosa dan xylose. Hidrolisis secara kimia dengan cara degradasi selulosa secara kimiawi dapat dilakukan melalui proses hidrolisis dengan katalisator asam.

Hidrolisis selulosa dengan katalis asam sulfat dibedakan menjadi 2, (Sukadarti, dkk, 2010) yaitu:

a) Dengan $H_2SO_4$ encer (kadar 1%) pada 215$^oC$ dan tekanan > 1 atm dengan waktu beberapa menit menghasilkan konversi sekitar 50% dengan hasil samping berupa furfural.
b) Dengan $H_2SO_4$pekat (kadar 70%) pada 37,78$^oC$ dan tekanan rendah selama 2 – 6 jam berpotensi menghasilkan konversi sebesar 90%.

Pada penelitian Wahyudi (2002), proses hidrolisis dilakukan dengan menimbang 200 gram sabut buah siwalan yang ditambahkan dengan aquades hingga volumenya 1 liter, kemudian ditambahkan asam sulfat 1N sampai pH 2,3 dan dihidrolisis pada suhu 100$^oC$ dengan kecepatan pengadukan 100 rpm yang berlangsung selama 60 menit.

### 2.5 Tahap Fermentasi

Fermentasi adalah proses produksi energi dalam sel dalam keadaan anaerobik (tanpa oksigen). Secara umum, fermentasi adalah salah satu bentuk respirasi anaerobik, akan tetapi terdapat definisi yang lebih jelas yang mendefinisikan fermentasi menjadi respirasi dalam lingkungan anaerobik dengan tanpa akseptor elektron eksternal (Eka dan Halim, 2012).

Salah satu jenis khamir yang biasa dipakai pada produk alkohol secara fermentasi adalah *Saccharomycess cereviseae*. *Saccharomycess cereviseae* merupakan khamir yang paling penting pada fermentasi utama dan akhir karena mampu memproduksi alkohol dengan konsentrasi tinggi dan fermentasi spontan. Proses fermentasi umumnya dipilih *Saccharomycess cereviseae* karena dapat tumbuh dengan baik dan mempunyai toleransi yang tinggi terhadap alkohol serta mampu menghasilkan alkohol dalam jumlah yang banyak (Suparti dan Diyanita, 2008).

*Saccharomycess cereviseae* merupakan mikroba yang bersifat fakultatif, ini berarti mikroba tersebut memiliki 2 mekanisme dalam mendapatkan energinya. Jika ada udara, tenaga diperoleh dari respirasi aerob dan jika tidak ada udara tenaga diperoleh dari respirasi anaerob.Tenaga diperoleh dari respirasi aerob digunakan untuk pertumbuhan dan perkembangan sel, sehingga praktis tidak ada kenaikan jumlah alkohol (Eka dan Halim, 2012).

Faktor – faktor yang mempengaruhi fermentasi (Winarno dan Fardiaz, 1990):

a. Nutrisi
   Pada penelitianWahyudi (2002), pembuatan bioetanol dari sabut buah siwalan dengan penambahan nutrisi $(NH_4)_2HPO_4$ sebanyak 9 gram dengan waktu fermentasi selama 240 jam diperoleh kadar alkohol yang terbanyak.
b. Keasaman (pH)
   *Saccharomycess sereviceae* dapat tumbuh baik pada range pH 3 – 6, namun apabila pH lebih kecil dari 3 maka proses fermentasi akan berkurang kecepatannya dan pH yang paling optimum pada 4,3 – 4,7 (Frazier dan Westhoff, 1988).
c. Temperatur
   Menurut Tjokroadikoesoemo (1986) menyatakan bahwa akibat pengaruh suhu terhadap proses fermentasi ada 2 hal, yaitu secara langsung mempengaruhi aktivitas mikroorganisme dan secara tak langsung mempengaruhi hasil alkohol karena penguapan. Suhu yang baik untuk fermentasi berkisar antara 31$^oC$ hingga 33$^oC$ karena kecepatan fermentasi akan bertambah sesuai dengan kenaikan suhu hingga suhu optimum. *Saccharomyces cereviseae* tumbuh optimum pada suhu 25 – 30$^oC$ dan maksimum pada suhu 35 – 47$^oC$, hal ini tergantung pada media nutrisi yang digunakan (Frazier dan Westhoff, 1988).

## 3. METODOLOGI PENELITIAN

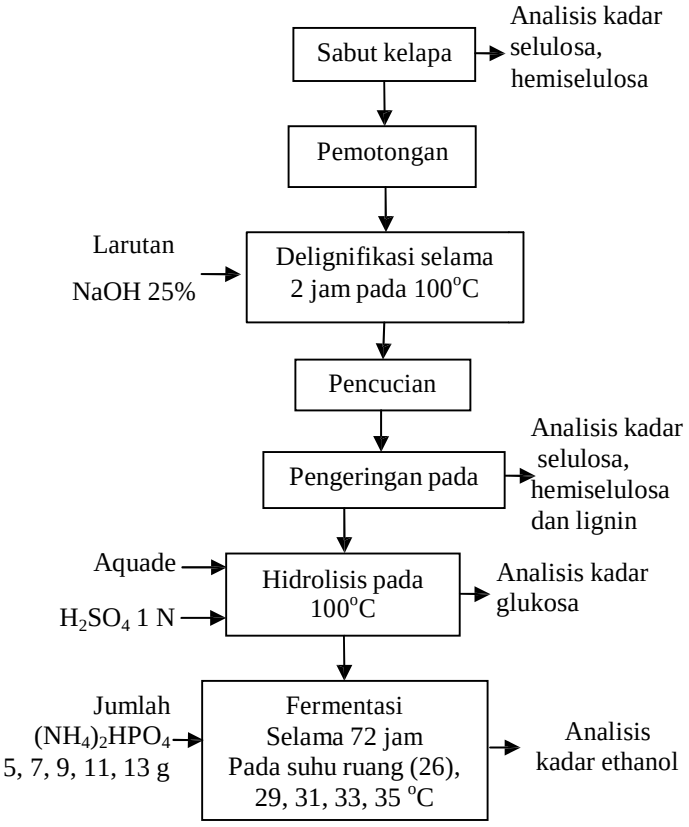
Penelitian ini menggunakan metode eksperimental dengan variabel tetap penelitian antara lain :

**Proses Delignifikasi** antara lain meliputi : Berat sabut 200 g, Konsentrasi NaOH 25%, Perbandingan bahan dengan NaOH adalah 1: 4 (b/b), Waktu pemanasan *pretreatment* kimia 2 jam, Temperatur pemanasan *pretreatment* kimia 100$^oC$.
**Proses Hidrolisis** antara lain meliputi : Berat sabut 50 g, Volume aquadest 1000 mL, Waktu hidrolisis 4 jam, Temperatur hidrolisis 100$^oC$, pH hidrolisis 2,3, Konsentrasi $H_2SO_4$ 1 N.
**Proses Fermentasi antara lain meliputi :** pH fermentasi 4,5, Perbandingan larutan dengan starter adalah 10:1, waktu fermentasi 72 jam.
Dan variabel berubahnya antara lain : Suhu fermentasi yaitu suhu ruang (26 $^oC$), 29 $^oC$, 31 $^oC$, 33 $^oC$, 35 $^oC$ dan berat nutrisi $(NH_4)_2HPO_4$ yaitu 5 g, 7 g, 9 g, 11 g, 13 g.

*Alat dan Bahan*

Berikut alat yang digunakan: Batang pengaduk, *Beaker glass*, Corong kaca, Erlenmeyer, Gelas ukur, Kaca arloji, Kertas saring, Jarum *oose*, Selang, Bola hisap, Gunting, *Autoclaf* , Botol sampel, Labu ukur, Neraca analitik, Pipet tetes, Pipet volume, Termometer, Oven, Refluks, *Hot plate*, *Incubator*, pH meter, Kertas indikator pH, Tabung reaksi, Pisau, Spektrofotometer UV-VIS, Kromatografi gas
Bahan yang digunakan antara lain : Sabut Kelapa, Aquadest ($H_2O$), Asam sulfat ($H_2SO_4$), Natrium hidroksida (NaOH), Biakan *Saccharomyces cereviceae*, Bufer sitrat, Diamonium hidrogen fosfat ($(NH_4)_2HPO_4$), Reagen Nelson, Reagen Arsenomolybdat.

### 3.1 Prosedur Penelitian




Gambar 2. Diagram Alir Proses Pembuatan Bioetanol dari Sabut kelapa

## 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada penelitian pembuatan bioetanol dari sabut kelapa, dilakukan pengujian awal terhadap kadar lignoselulosa sabut kelapa dan setelah dilalukan treatment fisik dan kimia dilakukan analisa terhadap kadar lignoselulosa sabut kelapa untuk mengetahui pengaruh treatment fisik dan kimia terhadap pengurangan Lignin.

Berdasarkan data analisa mengenai kadar lignoselulosa sabut kelapa yang mencakup: selulosa, hemiselulosa dan lignin sebelum dan setelah proses Pretreatment (Delignifikasi) didapatkan hasil yang ditampilkan pada grafik berikut ini:




Gambar 3. Grafik Perbandingan Selulosa, Hemiselulosa dan Lignin Sebelum dan Setelah Delignifikasi

Berdasarkan grafik di atas, diketahui bahwa kadar lignin, selulosa dan hemiselulosa sebelum dan setelah proses delignifikasi mengalami perubahan. Sebelum proses delignifikasi kadar lignin yaitu 18,04%, selulosa 6,93% dan hemiselulosa 24,39%. Data analisa tersebut berbeda dengan teori (Corradini, *et, al*, 2006) yang menyatakan bahwa komposisi sabut kelapa yaitu selulosa 36-43%, hemiselulosa sebesar 0,15-0,25%, lignin 41-45%. Hal tersebut dikarenakan varietas pohon kelapa yang berbeda-beda, sehingga masing-masing dari sabut kelapa memiliki komponen yang berbeda pula. Selain itu, komposisi sabut terhadap buah kelapa beragam, tergantung umur pohon kelapa dan berat buah. Sedangkan kadar lignin, selulosa dan hemiselulosa setelah delignifikasi yaitu lignin sebesar 8,57%, selulosa 11,02% dan hemiselulosa 37,16%. Dari data tersebut menunjukkan bahwa kadar selulosa dan hemiselulosa semakin meningkat, sedangkan kadar lignin berkurang. Hal ini disebabkan pada saat proses pencucian dengan aquades lignin ikut terbuang karena lignin larut dalam NaOH. Sedangkan peningkatan kadar selulosa dan hemiselulosa karena pada saat pengukuran awal lignin belum larut dan terbuang sehingga hasil analisa selulosa dan hemiselulosa belum maksimal. Setelah dilakukan delignifikasi, selulosa dan hemiselulosa yang terukur lebih maksimal karena berkurangnya lignin dalam lapisan sabut kelapa.

Hasil tersebut kemudian dilanjutkan ke tahap berikutnya yaitu hidrolisis untuk mendapatkan glukosa. Warna larutan hidrolisis yang diperoleh adalah kuning jernih. Filtrat hasil hidrolisis dipisahkan dari sabut dan dianalisis kadar glukosa yang tertera pada tabel berikut :

Tabel 2. Data Hasil Pengamatan Hidrolisis

| No. | Konsentrasi $H_2SO_4$ (N) | Kadar Glukosa (%) |
|---|---|---|
| 1. | 1 | 16,965 |

Hasil tersebut sudah sesuai dengan teori (Tjokroadikoesoemo, 1986; Ansory, 1992; Gumbira, 1987) yang menyatakan bahwa kadar gula yang baik berkisar antara 14% hingga 18%. Apabila digunakan kadar gula lebih dari 18% akan mengakibatkan pertumbuhan ragi terhambat, waktu fermentasi lebih besar dan hanya sedikit gula yang dapat terkonversi, sehingga hasil etanol yang diperoleh rendah. Apabila kadar gula kurang dari 14%, maka etanol yang dihasilkan juga rendah.

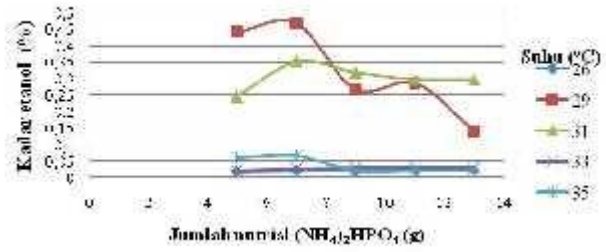
Selanjutnya, larutan hidrolisis tersebut digunakan untuk membuat kurva pertumbuhan *Saccharomycess sereviceae*. Berikut ini grafik kurva pertumbuhan bakteri *Saccharomycess Sereviceae*:




Gambar 4. Grafik Hubungan antara Waktu fermentasi dengan Jumlah Koloni

Dari grafik di atas dapat diketahui bahwa fase log *Saccharomycess sereviceae* terjadi pada jam ke-6. Pada fase ini bakteri siap ditambahkan ke dalam larutan fermentasi karena bakteri mulai tumbuh dengan optimal. Sedangkan fase mati terjadi pada jam ke-9. Hal ini disebabkan berkurangnya kandungan nutrisi yang dibutuhkan oleh bakteri karena nutrisi yang terkandung di dalam larutan hidrolisis hanya glukosa dan $(NH_4)_2HPO_4$.

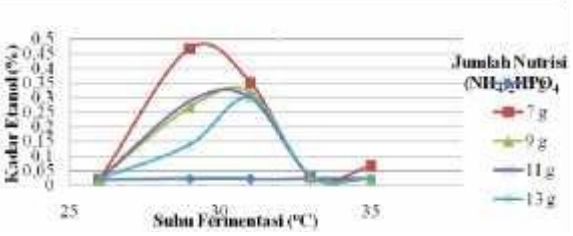
Selanjutnya, filtrat hasil hidrolisis digunakan untuk proses fermentasi dengan ditambahkan *Saccharomycess sereviceae* selama 72 jam dan penambahan nutrisi $(NH_4)_2HPO_4$ 5;7;9;11 dan13 g pada suhu bervariasi yaitu suhu ruang (26$^o$C);29;31;33;35 $^o$C. Kadar etanol yang dihasilkan pada proses fermentasi seperti tertera pada tabel 4.1.5. Pada penelitian ini, telah dipelajari mengenai pengaruh suhu fermentasi dan jumlah nutrisi $(NH_4)_2HPO_4$ yang terbaik terhadap kadar etanol yang dihasilkan. Grafik hubungan antara jumlah nutrisi $(NH_4)_2HPO_4$ yang ditambahkan dengan kadar etanol yang dihasilkan terhadap suhu




Gambar 5. Grafik Hubungan antara Jumlah Nutrisi $(NH_4)_2HPO_4$ yang Ditambahkan dengan Kadar Etanol yang Dihasilkan terhadap Suhu Fermentasi

Berdasarkan grafik diatas menunjukkan bahwa pada suhu ruang (26$^o$C) didapatkan kadar etanol terendah yaitu 0,01976% sedangkan pada suhu 29$^o$C didapatkan kadar etanol tertinggi yaitu 0,46790% . Dari data tersebut diketahui bahwa kadar etanol terendah yang dihasilkan ketika suhu ruang (26$^o$C) karena pada suhu tersebut bakteri tidak aktif sehingga bakteri belum atau sedikit berproduksi. Sedangkan pada suhu 29$^o$C diperoleh kadar etanol tertinggi pada variasi penambahan nutrisi karena *Saccaromycess sereviceae* dapat tumbuh optimum pada suhu tersebut. Demikian pula pada suhu 31$^o$C rata – rata diperoleh kadar etanol yang cukup tinggi karena pada suhu ini proses fermentasi dapat berjalan dengan baik. Hal ini sesuai dengan teori Frazier dan Westhoff (1988) dan Tjokroadikoesoemo (1986). Sedangkan pada suhu 33 dan 35$^o$C diperoleh kadar etanol yang rendah karena pada suhu tersebut bakteri *Saccaromycess sereviceae* menjadi nonaktif. Fardias (1988) mengatakan bahwa pada temperatur yang terlalu tinggi akan menonaktifkan yeast. Sedangkan pada temperatur yang terlalu rendah yeast akan menjadi tidak aktif.

Sedangkan untuk grafik hubungan antara suhu fermentasi dengan kadar etanol terhadap jumlah nutrisi $(NH_4)_2HPO_4$ yang ditambahkan sebagai




Gambar 6. Grafik Hubungan antara Suhu Fermentasi dengan Kadar Etanol terhadap Jumlah Nutrisi $(NH_4)_2HPO_4$ yang Ditambahkan

Berdasarkan grafik diatas. menunjukkan bahwa pada penambahan $(NH_4)_2HPO_4$ sebanyak 5 g didapatkan kadar etanol terendah yaitu 0,01976 % dan pada penambahan $(NH_4)_2HPO_4$ sebanyak 7 g didapatkan kadar etanol tertinggi yaitu 0,46790%. Pada penambahan $(NH_4)_2HPO_4$ sebanyak 5 g didapatkan kadar ethanol terendah karena jumlah tersebut tidak mencukupi untuk pertumbuhan bakteri *Saccharomyces cereviceae*. Sedangkan pada penambahan $(NH_4)_2HPO_4$ sebanyak 7 g didapatkan kadar etanol tertinggi karena jumlah tersebut setara dengan kebutuhan *Saccharomyces cereviceae* untuk fermentasi selama 72 jam. Sedangkan penambahan nutrisi lebih dari 7 g diperoleh kadar etanol yang semakin menurun karena penambahan nutrisi berlebih dapat menghambat pertumbuhan *Saccharomyces cereviceae*. Nutrisi dan produk fermentasi perlu dikendalikan, sebab jika berlebih nutrisi dan produk metabolit hasil fermentasi tersebut dapat menyebabkan inhibisi dan represi (Anonim, 2013). Hal ini menunjukkan bahwa jumlah nutrisi $(NH_4)_2HPO_4$ yang optimum untuk fermentasi larutan hasil hidrolisis sebanyak 600 mL dengan kadar glukosa 16,962% adalah 7 gram dengan kadar etanol yang diperoleh sebesar 0,46790%.

## 5. KESIMPULAN DAN SARAN

### 5.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan:

1. Kondisi fermentasi pada suhu 29$^{o}$C menghasilkan kadar etanol terbaik yaitu sebesar 0,46790%.
2. Penambahan nutrisi $(NH_4)_2HPO_4$ pada proses fermentasi dengan penambahan sebanyak 7 g menghasilkankadar etanol terbaik yaitu sebesar 0,46790%.

**5.2 Saran**

1. Perlu dicari metode yang tepat untuk perlakuan pendahuluan dan hidrolisis sabut kelapa, sehingga dapat diperoleh kadar selulosa yang lebih murni dan konsentrasi gula yang tinggi.
2. Diperlukan riset lebih lanjut agar pemanfaatan sabut kelapa dan penggunaan bioetanol sebagai bahan bakar dapat lebih optimal dan efisien.
3. Sebaiknya pada proses *pretreatment* awal dilakukan pemisahan serbuk sabut kelapa dari sabut kelapa sehingga hanya diperoleh serat kelapa sebagai bahan baku utama.
4. Sebaiknya di Laboratorium Institut Teknologi Nasional Malang lebih dilengkapi dengan sarana analisa yang lebih menunjang dan memadai sehingga memudahkan mahasiswa untuk melakukan penelitian dan mendapatkan hasil yang maksimal.

**6. DAFTAR PUSTAKA**


Anindyawati, T. 2009. *Prospek Enzim dan Limbah Lignoselulosa untuk Produksi Bioethanol*, Jurnal BS Vol 44 No 1 Juni 2009 49-56, Pusat Penelitian Bioteknologi LIPI, Bogor.

Badan Pusat Statistik Indonesia2004-2006. *Statistik Industri Besar dan Sedang*, katalog BPS, hal. 164, 178, 316, 431, 458, BPS,Jakarta.

Cellulosics, D. 2005. *Ethylcellulose Polymers Technical Handbook*, 192-00818-0905 X AMS, USA.

Chesson, A. 1981. *Effects of sodium hydroxide on cereal straws in relation to the enhanced degradation of structural polysaccharides by rumen microorganisms*. J. Sci. Food Agric. 32:745–758.

Corradini, E., De Morais, L. C., De Rosa, M. F., Mazzetto, S. E., Mattoso, L. H. C., and Agnelli, J. A. M. 2006. *A preliminary study for the use of natural fibers as reinforcement in starch-gluten-glycerol matrix*.J.Macromolecular Symposia, 245-246, 558-564.

Darmanto, S., Sediono, W., Setioko, B., Murni.2007. *Kajian pelepah kelapa sebagai serat komposit, Jurnal Teknik Vol 28 No.1 Tahun 2007* ISSN 0852-1697. Fakultas Teknik UNDIP, Semarang.

Eka, A. P., dan Halim, A. 2012. *Pembuatan Bioethanol Dari Nira Siwalan Secara Fementasi Fase Cair Menggunakan Fermipan*. Jurusan Teknik Kimia, Universitas Diponegoro, Semarang.

Frazier, W. C., dan Westhoff, D.C. *Food Microbiology*. Mc. Graw Hill, USA.

Gupta, R., Sharma, K. K., and Kuhad, R. C. 2008.*Separate hydrolysis and fermentation of prosopis juliflora, a woody substrate, for the production of cellulosic ethanol by Saccharomycess cereviseae and Pichia stipites-NCIM 3498*, J.Bioreseource Technol. 100(3).1214-1220.

Hambali, E., Mujdalifah, S., Tambunan, A.H., Pattiwiri, A.W., dan Hendroko, R. 2008.*Teknologi Bioenergi*. PT.AgroMedia Pustaka, Jakarta.

Jeoh, T. 1998. *Steam Explosion of Cotton Gin Waste for Fuel Ethanol Production*, Fakultas Politeknik Virginia, Virginia.

Kementerian Negara Riset dan TeknologiIndonesia 2005-2025. 2006. *Buku Putih Penelitian, Pengembangan dan Penerapan Ilmu dan Teknologi Bidang Sumber Energi Baru dan Terbarukan untuk Mendukung Keamanan dan Ketersediaan Energi*, Jakarta

Keputusan Direktur Jenderal Minyak dan Gas Bumi Nomor 23204.K/IO/DJMS/2008, Tanggal 24 Desember 2008 mengenai *Standar dan Mutu (Spesifikasi) Bahan Bakar Nabati (Biofuel) Jenis Bioethanol sebagai Bahan Bakar Lain yang Dipasarkan di dalam Negeri*, Jakarta.

Kultsum, U. 2009. *Pengaruh Variasi Nira Tebu (Saccharum officinarum) dari Beberapa Varietas Tebu dengan Penambahan Sumber Nitrogen (N) dari Tepung Kedelai Hitam (Glycine Soja) sebagai Substrat terhadap Efisiensi Fermentasi Etanol.* UIN Maulana Malik Ibrahim, Malang.

Luthfi S. 2010. *Bioetanol dari Rumput Gajah melalui Hidrolisis Menggunakan Asam Sulfat*, Digital Library ITS, Surabaya.

Mulyono. 2007.*Kamus Kimia Lengkap*, PT Gramedia, Jakarta.

Sardjoko. 1991. *Bioteknologi*. PT Gramedia, Jakarta.

Sari, N.K. 2010. *Tanaman Rumput Gajah Penghasil Bioetanol*. Yayasan Humaniora, Klaten.

Soba, H.S. 2003. "*Kelapa Masih Butuh Perhatian Serius*". Agrobisnis, Suara Pembaharuan, 6 November 2003.

Sukadarti, S., Kholisoh, S.D., Prasetyo, H.,Santoso, W.S., dan Mursini, T. 2010. *Produksi Gula Reduksi dari Sabut Kelapa Menggunakan Jamur Trichoderma resei*, Program Studi Teknik KimiaUPN "Veteran:, Yogyakarta.

Sun, Y.,Cheng, J. 2002. *Hydrolisis of lignincellulosic material for ethanolproduction*, A review, Bioresource Technol.

Suparti dan Diyanita. 2008. *Kadar Bioetanol Limbah Padat Basah Tapioka pada Endapan 5 hari dengan Dosis ragi dan Waktu Fementasi yang Berbeda*, Jurnal Pendidikan Mipa, Universitas Muhammadiyah Surakarta.

Taherzadeh, M. J., and Karimi, K. 2008. *Pretreatment of lignocellulosic waste to improve ethanol and biogas production*: A review,Int. J. Mol. Sci. 9(9), 1621-1651.

Tim Penyusun. 2009. *Pelatihan Instrumen*. FMIPA Jurusan Kimia, Universitas Brawijaya.

Tjokroadikoesmo, S. 1986. *WFS dan Industri Ubi Kayu Lainnya*, PT. Gramedia, Jakarta.

Vaithanomsat, P.,Apiwatanapiwat, W., Chumchuent, N., Kongtud, W., and Sundharajun, S. 2011. *The Potential of Coconut Husk Utilization for Bioethanol Production*. Kasetart J. (Nat sci), 45:159-164.

Van Dam, J.E.G. 2002. *Coir Processing Technologies: Improvement of drying Softening, Bleaching and Dyeing Coir Fibre/Yarn and Printing Coir Floor Coverings*.FAO and CFC, Netherlands.

Van Dam, J. E. G., Van Den Oever, M. J. A., Teunissen, W., Keijsers, E. R. P and Peralta, A. G. 2004. *Process for Productionof High Density/ high performance binderless boards from whole coconut husk. Part 1: Lignin as intrinsic thermosetting binder resin*, IndCrops.

Wahyudi, B. 2002. Pembuatan Bioethanol dari Sabut Buah Siwalan dengan Proses Hidrolisis, Jurnal Kimia dan Teknologi, ISSN 0216-163X.

Wardhana, W.A., 2004, *Al Quran dan Energi Nuklir*, Pustaka Pelajar, Yogyakarta.

Winarno, F. G. dan Fardiaz, D. 1990. *Biofermentasi dan Biosintesa Protein*, PT Gramedia, Jakarta.