

# Pembuatan Etanol Generasi Kedua Dengan Memanfaatkan Limbah Rumput Laut *Eucheuma Cottonii* Sebagai Bahan Baku

I Gede Wiratmaja<sup>(1)</sup>, I Gusti Bagus Wijaya Kusuma<sup>(2)</sup> dan  
I Nyoman Suprpta Winaya<sup>(2)</sup>

<sup>(1)</sup>Mahasiswa S2 Jurusan Teknik Mesin Universitas Udayana, Kampus Bukit Jimbaran Bali

<sup>(2)</sup>Dosen S2 Jurusan Teknik Mesin Universitas Udayana, Kampus Bukit Jimbaran Bali  
email: weratmaja@yahoo.co.id

---

## Abstraksi

Krisis energi yang terjadi di berbagai negara di belahan dunia saat ini sudah memasuki tahapan yang sangat serius dan memprihatinkan sehingga harus segera dicari metode pemecahan masalahnya, termasuk Indonesia. Sumber bahan baku potensial yang ketersediaannya melimpah, berharga murah, belum banyak dimanfaatkan orang dan mengandung struktur gula sederhana yang dapat diubah menjadi etanol adalah bahan-bahan berlignosellulosa yang dalam beberapa dekade terakhir, menjadi salah satu obyek penelitian yang menarik untuk mengetahui potensi dari bahan – bahan lignosellulosa dalam memproduksi etanol. Salah satu komoditi perairan Indonesia yang sangat berpotensi untuk dikembangkan adalah rumput laut *Eucheuma cottonii* dan sisa hasil panen *cottonii* yang tidak dimanfaatkan dapat dimanfaatkan kembali menjadi salah satu bahan baku pembuatan etanol pengganti bahan baku yang selama ini digunakan seperti jarak, singkong dan tebu. Dalam penelitian ini, pendekatan yang ditempuh berupa metoda pengujian langsung dilapangan. Pengujian dilakukan dengan membandingkan variasi rasio limbah *cottonii* dengan yeast pada proses fermentasi dengan variasi waktu fermentasi dan variasi delignifikasi untuk mencari perbandingan kadar kemurnian etanol, volume etanol dan laju fermentasi dengan menggunakan alat ukur yang bernama vinometer. Hasil dari penelitian yang dilakukan dengan metode diatas diperoleh hasil sebagai berikut : Pada delignifikasi NaOH 15% dan dengan perbandingan (1:0,006) untuk limbah *cottonii* dan ragi diperoleh kadar kemurnian, volume etanol dan laju fermentasi terbaik. Dimana kadar etanol tertinggi didapatkan dari perlakuan secara biologi yaitu sebesar 15,5% dan secara fisika sebesar 14,8% pada hari ke 6 fermentasi. Begitu juga dengan volume etanol yang dihasilkan lebih tinggi dimana volume maksimal yang mampu dihasilkan adalah 245 ml pada perlakuan biologi dan 234 ml pada perlakuan fisika pada hari ke 9 fermentasi. Sementara itu laju fermentasi tertinggi yang mampu dihasilkan adalah sebesar 0,058 kg/hari pada perlakuan fisika, dan 0,063 kg/hari pada perlakuan biologi pada hari ke 3 fermentasi sehingga secara keseluruhan kadar kemurnian etanol, volume etanol dan laju fermentasi yang dihasilkan dengan treatment secara biologi memberikan hasil yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan kadar etanol yang dihasilkan dari treatment secara fisika.

**Kata Kunci :** Delignifikasi, vinometer, etanol

## Abstract

Dissociation energy of diatomic crisis happened in various states in the existing world cleavage has entered a real serious step and concerns so that must soon is searched its the problem solving method, including Indonesia. Source of potential feedstock which its the availability is abundance, economy-priced, has not many exploited by people and contains simple sugar sewer structures which can be turned into ethanol is lignocellulosic material which in a few last decade, becomes one of interesting research object to know potency from material - lignocellulose material in producing ethanol. One of water territory commodity of a real Indonesia potency to be developed is sea grass *Eucheuma cottonii* and rest of yield *cottonii* which is not is exploited able to exploited returns to to become one of making feedstock of substitution ethanol of feedstock which during the time is applied like distance, cassava and sugar cane. In this research, approach gone through in the form of assaying method of direct is field. Assaying is done by comparing various raffle ratio *cottonii* with yeast at fermentation process with various fermentation time and various delignification to look for comparison of ethanol purity grade, ethanol volume and fermentation speed by using measuring instrument which so called vinometer. Result from research done with method is upper obtained result as follows : At delignification NaOH 15% and with comparison (1:0,006) for raffle *cottonii* and yeast is obtained by purity grade, best ethanol volume and fermentation speed. Where highest ethanol grade got from treatment biologically that is equal to 15,5% and in physicist equal to 14,8% on day 6 of fermentation. So do with ethanol volume yielded is higher where maximum volume capable to be yielded is 245 ml at biological treatment and 234 ml at physical treatment on day 9of fermentation. Meanwhile highest fermentation speed capable to be yielded is 0,058 kg/day at physical treatment, and 0,063 kg/day at biological treatment on day 3of fermentation so that as a whole ethanol purity grade, ethanol volume and fermentation speed yielded with treatment biologically gives higher level result if it is compared to ethanol grade yielded from treatment in physicist.

**Keywords :** Delignification, vinometer, etanol

---

## 1. PENDAHULUAN

Krisis energi yang terjadi di berbagai negara di belahan dunia saat ini sudah memasuki tahapan yang sangat serius dan memprihatinkan sehingga harus segera dicari metode pemecahan masalahnya, termasuk Indonesia. Menurut data PDSI (2008), saat ini sumber energi dunia masih didominasi oleh sumber daya alam yang tidak terbarukan antara lain minyak bumi, batubara dan gas alam, yakni sekitar 80,1%, dimana masing-masing penggunaannya adalah olahan minyak bumi sebesar 35,03%, batubara sebanyak 24,59% dan gas alam sekitar 20,44%. Sumber energi terbarukan lainnya, tetapi mengandung resiko yang cukup tinggi adalah energi nuklir yaitu sekitar 6,3%. Dilain pihak sumber energi yang terbarukan lainnya baru dikembangkan sekitar 13,6%, terutama biomassa tradisional, yaitu hanya sekitar 8,5% saja.

Meningkatnya penggunaan etanol sebagai salah satu sumber energi alternatif akan meningkatkan permintaan bahan baku. Mengingat hingga saat ini teknologi proses pembuatan etanol yang telah mantap dikembangkan adalah teknologi *starch - based* (Sun and Cheng, 2002), maka dikhawatirkan akan terjadi kompetisi antara ketersediaan bahan baku untuk pangan, pakan, dan untuk sumber energi. Selain itu, untuk menggantikan semua kebutuhan bahan bakar minyak dunia saat ini dengan etanol maka diperlukan luas tanah, lahan pertanian, hutan, dan lain-lain yang tak terbatas. Apalagi jika melihat bahwa saat ini di berbagai negara, khususnya negara berkembang sudah menunjukkan indikasi adanya krisis pangan dan energi sehingga sangatlah perlu untuk segera dicari sumber bahan baku pembuatan etanol lain.

Sumber bahan baku potensial yang ketersediaannya melimpah, berharga murah, belum banyak dimanfaatkan orang dan mengandung struktur gula sederhana yang dapat diubah menjadi etanol adalah bahan-bahan berlignoselulosa yang dalam beberapa dekade terakhir, menjadi salah satu obyek penelitian yang menarik untuk mengetahui potensi dari bahan – bahan lignoselulosa dalam memproduksi etanol

Namun pembuatan etanol dari bahan berselulosa memerlukan beberapa tahapan sebelum masuk pada tahapan fermentasi untuk menghasilkan etanol. Hal ini disebabkan karena struktur selulosa yang lebih kompleks sehingga harus dirombak agar proses fermentasi untuk menghasilkan etanol dapat berlangsung dengan optimal. Menurut Shofiyanto (2008), bahan selulosa pada limbah dapat dimanfaatkan sebagai sumber karbon untuk produksi etanol dengan melakukan proses hidrolisis terlebih dahulu. Proses hidrolisis dilakukan dengan tujuan untuk mendapatkan gula sederhana yang kemudian difermentasi oleh khamir untuk menghasilkan etanol.

Indonesia yang merupakan negara kepulauan dengan panjang garis pantai sekitar 81.000 km merupakan kawasan pesisir dan lautan yang memiliki berbagai sumberdaya hayati yang sangat besar dan

beragam .Salah satu komoditi perairan Indonesia yang sangat berpotensi untuk dikembangkan adalah rumput laut

Namun tidak semua hasil panen *Eucheuma cottonii* dapat diekspor sebagai bahan baku kosmetik dan bahan makanan, karena ada saja bagian – bagian yang tidak masuk kedalam kriteria kelayakan sebagai bahan baku untuk diekspor. Sisa hasil panen ini ada yang terserang penyakit, pertumbuhannya terhambat karena kurangnya nutrisi yang sangat dibutuhkan dalam masa pertumbuhan, serangan gulma, serta adanya serangan predator luar seperti ikan yang merusak pertumbuhan *Eucheuma cottonii*.

Beberapa penelitian sebelumnya telah membahas tentang pemanfaatan alga sebagai bahan bakar alternatif, salah satunya adalah penelitian dari Jorge Alberto Vieira Costa dan Michele Greque de Morais dari Laboratory of Biochemical Engineering, College of Chemistry and Food Engineering, Federal University of Rio Grande, Brazil (2010) yang melaporkan bahwa mikroalga ternyata dapat dijadikan sebagai sumber bahan baku utama dalam pembuatan biofuel pengganti energi fosil karena ramah lingkungan, dan mampu mengurangi emisi gas karbondioksida yang berdampak pada efek rumah kaca dan pemanasan global.

Selanjutnya ada pula hasil penelitian sebelumnya tentang rumput laut dari jenis *Eucheuma cottonii* yaitu dari hasil penelitian Luthfy (1988) yang melaporkan bahwa rumput laut jenis *Eucheuma cottonii* ternyata mengandung kadar abu 19,92 %, protein 2,80 %, lemak 1,78 %, serat kasar 7,02 % dan mengandung karbohidrat yang cukup tinggi yaitu sekitar 68,48 %.

Adanya lignin dalam bahan berselulosa ini akan menghambat aktifitas enzim yang terdapat didalam ragi dalam proses pengkonversian gula sederhana menjadi etanol. Sehingga untuk meningkatkan proses hidrolisis, maka perlu dilakukan proses delignifikasi untuk mendegradasi lignin dari struktur selulosa dengan menggunakan bantuan senyawa katalis, salah satu caranya adalah dengan menggunakan katalis kimia berupa senyawa NaOH. Dari hasil penelitian Samsul Rizal (2005), penambahan konsentrasi katalis NaOH hingga 8% ternyata mampu meningkatkan kandungan selulosa dalam produksi pulp dari jerami, sehingga diperoleh hasil produksi optimum selulosa sekitar 91,4 % dengan sisa lignin dalam pulp yang hanya mencapai sekitar 1,2 % saja.

## 2. KAJIAN PUSTAKA

### 2.1 Alga merah (Rhodophyta)

Alga merah merupakan kelompok alga yang jenis-jenisnya memiliki berbagai bentuk dan variasi warna. Salah satu indikasi dari alga merah adalah terjadi perubahan warna dari warna aslinya menjadi ungu atau merah apabila alga tersebut terkena panas atau sinar matahari secara langsung. Alga merah merupakan golongan alga yang mengandung karaginan dan agar yang bermanfaat dalam industri kosmetik dan makanan.

Selanjutnya adalah ciri-ciri umum dari alga merah adalah sebagai berikut :

- a. Bentuk thalli ada yang silindris (*Gelidium latifolium*), pipih (*Gracillaria folifera*) dan lembaran (*Dictyopteris* sp.).
- b. Warna thalli bervariasi ada yang merah (*Dictyopteris* sp.), pirang (*Eucheuma spinosum*), coklat (*Acanthophora muscoides*) dan hijau (*Gracillaria gigas*).
- c. Sistem percabangan thalli ada yang sederhana, kompleks, dan juga ada yang berselang - selang.
- d. Mengandung pigmen fotosintetik berupa karotin, xantofil, fikobilin, dan r-fikoeritrin penyebab warna merah serta klorofil a dan d.

## 2.2 *Eucheuma cottonii*

Rumput laut jenis *Eucheuma cottonii* merupakan salah satu rumput laut dari jenis alga merah (*Rhodophyta*). Rumput laut jenis ini memiliki thallus yang licin dan silindris, berwarna hijau, hijau kuning, abu-abu dan merah. Tumbuh melekat pada substrat dengan alat perekat berupa cakram (Atmadja dkk, 1996).

Klasifikasi *Eucheuma cottonii* menurut Doty (1985) adalah sebagai berikut :

Kingdom	: Plantae
Divisi	: Rhodophyta
Kelas	: Rhodophyceae
Ordo	: Gigartinales
Famili	: Solieracea
Genus	: <i>Eucheuma</i>
Species	: <i>Eucheuma alvarezii</i>

Keadaan warna tidak selalu tetap, kadang-kadang berwarna hijau, hijau kuning, abu-abu atau merah sering terjadi hanya karena faktor lingkungan. Kejadian ini merupakan suatu proses adaptasi kromatik yaitu penyesuaian antara proporsi pigmen dengan berbagai kualitas pencahayaan (Aslan, 1998).

Umumnya *Eucheuma cottonii* tumbuh dengan baik di daerah pantai terumbu (*reef*). Habitat khasnya adalah daerah yang memperoleh aliran air laut. Kondisi perairan yang sesuai untuk budidaya rumput laut *Eucheuma cottonii* yaitu perairan terlindung dari terpaan angin dan gelombang yang besar, kedalaman perairan 7,65 - 9,72 m, salinitas 33 -35 ppt, suhu air laut 28-30 °C, kecerahan 2,5-5,25 m, pH 6,5-7,0 dan kecepatan arus 22-48 cm/detik (Wenno, 2009).

## 2.3 Lignoselulosa

Bahan lignoselulosa merupakan biomassa yang berasal dari tanaman dengan komponen utama lignin, selulosa, dan hemiselulosa (Fujita dan Harada, 1991). Ketersediaannya yang cukup melimpah, terutama sebagai limbah pertanian, perkebunan, dan kehutanan, menjadikan bahan ini berpotensi sebagai salah satu sumber energi melalui proses konversi, baik proses fisika, kimia maupun biologis. Lignoselulosa mengandung tiga komponen penyusun utama, yaitu selulosa (30-50%-berat), hemiselulosa (15-35%-berat), dan lignin (13-30%-berat).

Selulosa adalah senyawa kerangka yang menyusun 40% - 50% bagian kayu dalam bentuk selulosa mikrofibril, di mana hemiselulosa adalah senyawa matriks yang berada di antara mikrofibril

mikrofibril selulosa. Lignin, di lain pihak adalah senyawa yang keras yang menyelimuti dan mengeraskan dinding sel.

Salah satu proses konversi bahan lignoselulosa yang banyak diteliti adalah proses konversi lignoselulosa menjadi etanol generasi kedua yang selanjutnya dapat digunakan untuk mensubstitusi bahan bakar bensin untuk keperluan transportasi.

## 2.4 Hemiselulosa

Hemiselulosa merupakan istilah umum bagi polisakarida yang larut dalam alkali. Hemiselulosa sangat dekat asosiasinya dengan selulosa dalam dinding sel tanaman (Fengel dan Wegener, 1984; Howard dkk. 2003). Hemiselulosa merupakan polisakarida yang mempunyai berat molekul lebih kecil daripada selulosa. Molekul hemiselulosa lebih mudah menyerap air, bersifat plastis, dan mempunyai permukaan kontak antar molekul yang lebih luas dari selulosa (Oshima, 1965).

Berbeda dengan selulosa yang hanya tersusun atas glukosa, hemiselulosa tersusun dari bermacam-macam jenis gula. Lima gula netral, yaitu glukosa, mannanosa, dan galaktosa (heksosan) serta xilosa dan arabinosa (pentosan) merupakan konstituen utama hemiselulosa (Fengel dan Wegener, 1984). Berbeda dari selulosa yang merupakan homopolisakarida dengan monomer glukosa dan derajat polimerisasi yang tinggi (10.000– 14.000 unit), rantai utama hemiselulosa dapat terdiri atas hanya satu jenis monomer (homopolimer), seperti xilan, atau terdiri atas dua jenis atau lebih monomer (heteropolimer), seperti glukomannan. Rantai molekul hemiselulosa pun lebih pendek daripada selulosa.

## 2.5 Selulosa

Selulosa merupakan substansi organik yang paling melimpah di alam. Selulosa tidak larut di dalam air dan tidak dapat dicerna oleh tubuh manusia. Selulosa mendominasi karbohidrat yang berasal dari tumbuh-tumbuhan hampir mencapai 50% karena selulosa merupakan bagian yang terpenting dari dinding sel tumbuh-tumbuhan. Selulosa ditemukan dalam tanaman yang dikenal sebagai mikrofibril dengan diameter 2-20 nm dan panjang 100-40000 nm.

Sifat fisik selulosa adalah zat yang padat, kuat, berwarna putih, dan tidak larut dalam alkohol dan eter. Kayu terdiri dari 50% selulosa, daun kering mengandung 10-20% selulosa, sedangkan kapas mengandung 90% selulosa. Hidrolisis sempurna selulosa akan menghasilkan monomer selulosa yaitu glukosa, sedangkan hidrolisis tidak sempurna akan menghasilkan disakarida dari selulosa yaitu selobiosa (Fan dkk, 1982). Selulosa dapat dihidrolisis menjadi glukosa dengan menggunakan media air dan dibantu dengan katalis asam atau enzim. Selanjutnya glukosa yang dihasilkan dapat difermentasi menjadi etanol.

## 2.6 Lignin

Lignin atau zat kayu adalah salah satu zat komponen penyusun tumbuhan. Komposisi bahan penyusun ini berbeda-beda bergantung jenisnya. Lignin merupakan zat organik polimer yang banyak dan yang penting dalam dunia tumbuhan. Lignin tersusun atas jaringan polimer fenolik yang berfungsi merekatkan serat selulosa dan hemiselulosa sehingga menjadi sangat kuat. (Sun dan Cheng, 2002).

Struktur kimia lignin mengalami perubahan di bawah kondisi suhu yang tinggi dan asam. Pada reaksi dengan temperatur tinggi mengakibatkan lignin terpecah menjadi partikel yang lebih kecil dan terlepas dari selulosa (Taherzadeh dan Karimi, 2008). Saat ini biomassa lignoselulosa sedang dilirik untuk bahan baku pembuatan bahan bakar masa depan (etanol). Kandungan lignin merupakan salah satu penghambat utama biokonversi lignoselulosa menjadi etanol. Lignin melindungi selulosa, sehingga selulosa sulit untuk dihidrolisis menjadi glukosa. Proses *pretreatment* saat ini banyak dilakukan untuk memecah pelindung ini sehingga selulosa menjadi mudah dihidrolisis tanpa banyak kehilangan polysakaridanya.

## 2.7 Karbohidrat

Kata karbohidrat berasal dari kata karbon dan air. Secara sederhana karbohidrat didefinisikan sebagai polimer gula. Karbohidrat adalah senyawa karbon yang mengandung sejumlah besar gugus hidroksil. Karbohidrat paling sederhana bisa berupa aldehid (disebut polihidroksialdehid atau aldosa) atau berupa keton (disebut polihidroksiketon atau ketosa). Berdasarkan pengertian di atas berarti diketahui bahwa karbohidrat terdiri atas atom C, H dan O. Adapun rumus umum dari karbohidrat adalah:  $C_n(H_2O)_n$  atau  $C_nH_{2n}O_n$ .

## 2.8. Bioetanol

Bioetanol berasal dari dua kata yaitu "bio" dan "etanol" yang berarti sejenis alkohol yang merupakan bahan kimia yang terbuat dari bahan baku tanaman yang mengandung pati, misalnya ubi kayu, ubi jalar, jagung dan sagu. Etanol merupakan senyawa alkohol yang mempunyai dua atom karbon ( $C_2H_5OH$ ). Rumus kimia umumnya adalah  $C_nH_{2n+1}OH$ . Karena merupakan senyawa alkohol, etanol memiliki beberapa sifat yaitu larutan yang tidak berwarna (jemih), berfase cair pada temperatur kamar, mudah menguap, serta mudah terbakar.

Bioetanol adalah etanol yang berasal dari sumber hayati. Bioetanol bersumber dari gula sederhana, pati dan selulosa. Setelah melalui proses fermentasi dihasilkan etanol. Etanol adalah senyawa organik yang terdiri dari karbon, hydrogen dan oksigen, sehingga dapat dilihat sebagai turunan senyawa hidrokarbon yang mempunyai gugus hidroksil dengan rumus  $C_2H_5OH$ . Etanol merupakan zat cair, tidak berwarna, berbau spesifik, mudah terbakar dan menguap, dapat bercampur dalam air dengan segala perbandingan. Secara garis besar penggunaan etanol adalah sebagai pelarut untuk zat organik maupun anorganik, bahan dasar industri asam cuka, ester, spiritus, asetaldehid, antiseptik dan sebagai

bahan baku pembuatan eter dan etil ester, Etanol juga untuk campuran minuman dan dapat digunakan sebagai bahan bakar (gasohol).

## 2.9 Proses Perlakuan Awal (*Pretreatment*)

Proses *pretreatment* atau perlakuan awal disini sangat penting dalam langkah awal memudahkan pemecahan pati dan selulosa menjadi glukosa. *Pretreatment* biomassa lignoselulosa harus dilakukan untuk mendapatkan hasil yang tinggi di mana sangat penting untuk pengembangan teknologi biokonversi dalam skala komersial (Mosier, dkk, 2005). *Pretreatment* merupakan tahapan yang banyak memakan biaya dan berpengaruh besar terhadap biaya keseluruhan proses. *Pretreatment* dapat meningkatkan hasil gula yang diperoleh. Gula yang diperoleh tanpa *pretreatment* kurang dari 20%, sedangkan dengan *pretreatment* dapat meningkat menjadi 90% dari hasil teoritis (Hamelinck, Hooijdonk, & Faaij, 2005). Selain itu tujuan dari *pretreatment* adalah untuk membuka struktur lignoselulosa agar selulosa menjadi lebih mudah diakses oleh enzim yang memecah polymer polisakarida menjadi monomer gula.

## 2.10 Natrium Hidroksida (NaOH)

Natrium hidroksida (NaOH), juga dikenal sebagai soda kaustik atau sodium hidroksida, adalah sejenis basa logam kaustik. Natrium Hidroksida terbentuk dari oksida basa Natrium Oksida dilarutkan dalam air. Natrium hidroksida membentuk larutan alkalin yang kuat ketika dilarutkan ke dalam air. Fungsi umum penggunaan dalam proses pembuatan kertas NaOH ada pada proses degradasi lignin.

## 2.11 Proses *Treatment*

Proses *treatment* atau perlakuan yang digunakan disini menggunakan 2 macam *treatment*, yaitu *treatment* secara fisika dan *treatment* secara biologi. Perlakuan secara fisika dilakukan dengan proses penggilingan dan penghancuran, sedangkan perlakuan dengan cara biologi adalah dengan menggunakan bantuan cairan EM<sub>4</sub>, dimana EM<sub>4</sub> ini mengandung *Azotobacter sp.*, *Lactobacillus sp.*, ragi, bakteri fotosintetik dan jamur pengurai selulosa.



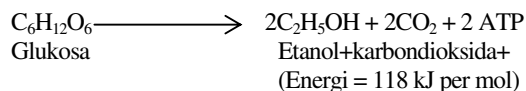
Gambar 2.2 Effective Microorganism (EM<sub>4</sub>)

EM<sub>4</sub> adalah kultur campuran dari mikroorganisme yang menguntungkan bagi pertumbuhan tanaman. Sebagian besar mengandung mikroorganisme *Lactobacillus sp.* bakteri penghasil asam laktat, serta dalam jumlah sedikit bakteri fotosintetik *Streptomyces sp.* dan ragi. EM<sub>4</sub> mampu meningkatkan dekomposisi limbah dan sampah organik, meningkatkan ketersediaan nutrisi tanaman serta menekan aktivitas serangga hama dan mikroorganisme patogen. EM<sub>4</sub> diaplikasi sebagai inokulan untuk meningkatkan keragaman dan populasi mikroorganisme di dalam tanah dan tanaman, yang selanjutnya dapat meningkatkan kesehatan, pertumbuhan, kuantitas dan kualitas produksi tanaman secara berkelanjutan. Proses perlakuan fisika dapat dilakukan dengan cara pemotongan, penggilingan, pemanasan dan penekanan. Proses ini dinamakan juga dengan proses gelatinasi. Dalam proses gelatinasi bahan baku yang mengandung karbohidrat seperti ubi kayu, ubi jalar, atau jagung dihancurkan dan dicampur air sehingga menjadi bubur, yang diperkirakan mengandung pati 27-30 persen. Kemudian bubur pati tersebut dimasak atau dipanaskan selama 2 jam sehingga berbentuk gel.

### 2.12 Fermentasi

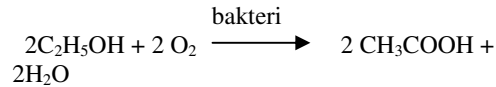
Fermentasi merupakan proses mikrobiologi yang dikendalikan oleh manusia untuk memperoleh produk yang berguna, dimana terjadi pemecahan karbohidrat dan asam amino secara anaerob. Peruraian dari kompleks menjadi sederhana dengan bantuan mikroorganisme sehingga menghasilkan energi. (Perry, 1999).

Fermentasi dapat diartikan juga sebagai perubahan gradual oleh enzim beberapa bakteri, khamir dan jamur. Contoh perubahan kimia dari fermentasi meliputi pengasaman susu, dekomposisi pati dan gula menjadi alkohol dan karbondioksida, serta oksidasi senyawa nitrogen organik (Hidayat, dkk, 2006). Perubahan gula pereduksi menjadi etanol dilakukan oleh enzyme invertease, yaitu enzim kompleks yang terkandung dalam ragi. Reaksinya adalah sebagai berikut :



Sehingga secara garis besar dapat dilihat sebagai berikut :  
 (Gula)  $\longrightarrow$  Alkohol (etanol) + Karbon dioksida + Energi (ATP).  
 (glukosa, fruktosa)

Ditinjau dari reaksi diatas, terlihat O<sub>2</sub> tidak diperlukan, hanya ada perubahan zat organik yang satu menjadi zat organik yang lain (glukosa menjadi etanol).selanjutnya apabila etanol telah melewati rentang waktu fermentasinya maka akan terjadi proses fermentasi lanjutan berupa fermentasi asam asetat dimana mula-mula terjadi pemecahan gula sederhana menjadi etanol, selanjutnya etanol menjadi asam asetat.



Bakteri yang aktif :  
*Acetobacter aceti*  
*Acetobacter pasteurianum*  
*Acetobacter oxydans, dll*

### 2.13 Laju Pembentukan Etanol

Laju fermentasi disini merupakan massa etanol yang dihasilkan dari suatu proses fermentasi per satuan waktu fermentasi. Massa yang dihasilkan dari proses ini adalah massa dari etanol yang terbentuk selama proses fermentasi dalam rentang waktu tertentu. Berikut ini merupakan persamaan untuk menentukan laju pembentukan etanol dalam proses fermentasi *Eucheuma cottonii* :

$$m_b = \frac{\Delta m_b}{\Delta t} \dots\dots\dots (2.1)$$

dimana :

- $m_b$  = Laju pembentukan Etanol ( kg / hari)
- $\Delta m_b$  = Massa etanol yang dihasilkan dalam fermentasi ( kg )
- $\Delta t$  = Selang Waktu fermentasi ( hari)

### 2.14 *Saccharomyces cerevisiae*

*Saccharomyces cerevisiae* merupakan mikroorganisme unggul yang digunakan dalam proses fermentasi etanol. Dalam melakukan proses fermentasi, *S. cerevisiae* dipengaruhi oleh faktor tumbuh yang meliputi pH pertumbuhan antara 2,0-8,6 dengan pH optimum antara 4,5-5,0. Laju fermentasi gula oleh *S. cerevisiae* relatif intensif pada pH 3,5-6,0 (Goebol, 1987).

*Saccharomyces cerevisiae* dapat memfermentasi glukosa, sukrosa, galaktosa serta rafinosa (Kunkee dan Mardon,1970). *Saccharomyces cerevisiae* merupakan top yeast tumbuh cepat dan sangat aktif memfermentasi pada suhu 20°C (Frazier dan Westhoff 1978). *S. cerevisiae* dapat toleran terhadap alkohol yang cukup tinggi (12-18 % v/v), tahan terhadap kadar gula yang tinggi dan tetap aktif melakukan fermentasi pada suhu 4-32°C (Harrison dan Graham,1970).

## 3. METODE PENELITIAN

### 3.1 Bahan Penelitian

Adapun bahan - bahan penelitian yang sekiranya dibutuhkan dalam proses pembuatan etanol dari limbah *Eucheuma cottonii* adalah sebagai berikut :

1. Limbah *Eucheuma cottoni* : ± 110 kg
2. *Saccaromyces Cereviciae* : ± 500 gram
3. Senyawa NaOH : 1 kg
4. Effective Microorganism (EM<sub>4</sub>) : 1 liter
5. Kapur (CaCO<sub>3</sub>) : 1 kg

### 3.2 Instrumen Penelitian

Dalam menunjang penelitian ini maka diperlukan instrumen – instrumen penelitian yang digunakan dalam hal membantu kelancaran penelitian. Adapun instrumen yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

- Baskom besar : 1 buah
- Gelas ukur : 1 buah
- Kompor gas : 1 buah
- Timbangan digital : 1 Buah
- Topless kaca : 30 Buah
- Panci aluminium *stainless steel* : 2 Buah
- Vinometer : 1 Buah

### 3.3 Prosedur Penelitian

Adapun langkah-langkah penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. 90 kg limbah rumput laut jenis *Eucheuma cottonii* ditaruh pada baskom besar, lalu dicuci dan dibilas dengan air bersih untuk memisahkan butiran pengotor dan pasir.
2. Setelah itu limbah *Eucheuma cottonii* diberikan *pretreatment* awal yaitu dengan direndam dalam air tawar selama 24 jam dengan penambahan kapur ( $\text{CaCO}_3$ ) untuk menghilangkan/menetralkan kandungan garam yang ada di dalamnya, agar nantinya tidak menghambat/ mengganggu proses fermentasi.
3. Selanjutnya dilakukan *pretreatment* berupa proses delignifikasi. Adapun proses delignifikasi ini menggunakan proses delignifikasi secara kimia yaitu dengan menggunakan senyawa NaOH sebagai katalis dalam proses delignifikasi dengan variasi sebagai berikut:
  - a. 30 kg limbah *Eucheuma cottonii* di delignifikasi dengan larutan NaOH 10 % selama 1 jam.
  - b. 30 kg limbah *Eucheuma cottonii* di delignifikasi dengan larutan NaOH 15% selama 1 jam.
  - c. 30 kg limbah *Eucheuma cottonii* di delignifikasi dengan larutan NaOH 20 % selama 1 jam.
4. Selanjutnya untuk setiap variasi *pretreatment* delignifikasi pada langkah nomor 3 diberikan *treatment* yang bertujuan untuk menghidrolisis selulosa menjadi gula sederhana. Adapun variasi yang digunakan dalam proses *treatment* ini adalah sebagai berikut:
  - 15 kg limbah *cottonii* di *treatment* secara fisika, yaitu dengan dikukus selama 30 menit di dalam basin *stainless steel* pada temperatur  $90^\circ\text{C}$  - $100^\circ\text{C}$ , lalu ditiriskan selama 1 jam (dalam hal ini proses sakarifikasi untuk menstabilkan derajat keasaman) dalam suhu ruangan ( $27^\circ\text{C}$  -  $30^\circ\text{C}$ ). Setelah itu barulah masuk pada tahapan proses fermentasi dengan penambahan ragi dengan variasi komposisi 1:0,0015, 1:0,003, 1:0,0045, 1:0,006, 1:0,0075 untuk limbah *Eucheuma cottonii* dan ragi.

- *Treatment* secara biologi dilakukan dengan menggunakan 15 kg limbah *cottonii* yang di panaskan selama 30 menit di dalam basin *stainless steel* pada temperatur  $90^\circ\text{C}$  -  $100^\circ\text{C}$  lalu ditiriskan selama 1 jam dalam suhu ruangan ( $27^\circ\text{C}$  -  $30^\circ\text{C}$ ). Setelah itu ditambahkan cairan  $\text{EM}_4$  dengan perbandingan 1 kg limbah *cottonii* ditambahkan dengan 20 ml  $\text{EM}_4$  yang selanjutnya masuk pada tahapan proses fermentasi dengan penambahan ragi dengan variasi komposisi 1:0,0015, 1:0,003, 1:0,0045, 1:0,006, 1:0,0075 untuk limbah *cottonii* dan ragi.
5. Kelima variasi campuran ragi dan limbah *cottonii* pada setiap pembagian *treatment* tersebut dimasukkan kedalam toples kaca agar tidak terjadi kontaminasi dan ditutup dengan rapat, agar tercipta kondisi *anaerob* sehingga khamir *Saccharomyces cerevisiae* dapat bekerja dengan baik dalam proses fermentasi.
  6. Dalam setiap rentang waktu 3 hari hasil fermentasi limbah *Eucheuma cottonii* ditampung dalam gelas ukur, lalu diukur volume etanol yang dihasilkan pada setiap variasi *treatment* (fisika dan biologi) ,variasi delignifikasi NaOH dan variasi konsentrasi ragi.
  7. Selanjutnya dilakukan proses pengukuran kadar kemurnian etanol dengan menggunakan *vinometer*, yang penggunaannya dapat dilihat pada gambar berikut :
  8. Selanjutnya adalah menghitung laju fermentasi dalam dalam satuan (kg/hari) dari setiap rentang waktu fermentasi dari setiap variasi delignifikasi, pada setiap variasi perlakuan fisika dan biologi lalu bandingkan dengan laju fermentasi dan laju pembentukan etanol pada proses fermentasi tanpa delignifikasi.

## 4. PEMBAHASAN

### 4.1 Pengukuran kadar etanol hasil fermentasi limbah rumput laut *Eucheuma cottonii*

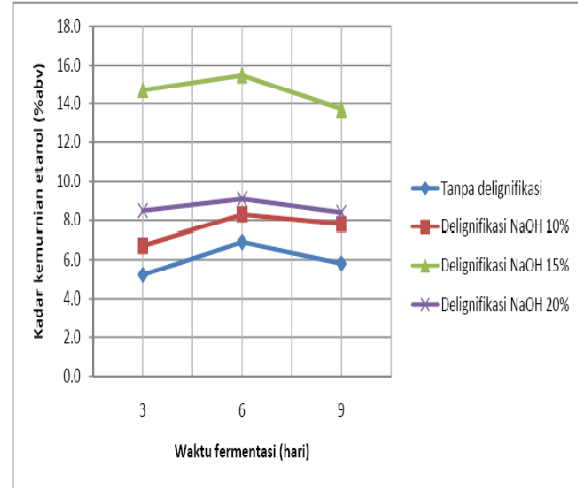
Dari hasil penelitian didapatkan hasil bahwa pada variasi delignifikasi dengan menggunakan NaOH 15% dengan perbandingan (1:0,006) untuk limbah *cottonii* dan ragi pada proses fermentasi memberikan hasil kadar etanol yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan variasi delignifikasi dan perbandingan rasio fermentasi yang lainnya.

Kadar kemurnian etanol terbaik diperoleh pada perbandingan (1:0,006) untuk limbah *cottonii* dan ragi, dimana kadar etanol tertinggi yang mampu dihasilkan adalah sebesar 14,8% pada perlakuan fisika, dan 15,5% dengan perlakuan biologi pada hari ke 6 fermentasi. Dan dari perbandingan data secara keseluruhan didapatkan hasil bahwa secara keseluruhan kadar etanol pada perlakuan biologi lebih tinggi jika dibandingkan dengan kadar etanol dengan perlakuan secara fisika.

Berikut ini ditampilkan data – data kadar kemurnian etanol pada setiap variasi delignifikasi dan pada rasio fermentasi terbaik.

**Tabel4.1. Kadar kemurnian bioetanol pada perbandingan limbah *Euchemia cottonii* dan ragi terbaik (% alcohol by volume)**

Pretreatment	Waktu Fermentasi (hari)	Kadar Kemurnian Etanol Pada Perbandingan Limbah <i>Cottonii</i> dan Ragi Terbaik (%(abv))	
		(1:0.006)	
		Perlakuan Fisika	Perlakuan Biologi
NaOH 10%	3	5.9	6.7
	6	7.9	8.3
	9	7.2	7.8
NaOH 15%	3	14.3	14.7
	6	14.8	15.5
	9	13.4	13.7
NaOH 20%	3	8.1	8.5
	6	8.7	9.1
	9	7.9	8.4



Gambar 4.2 Grafik perbandingan waktu fermentasi dengan kadar kemurnian terbaik pada perlakuan biologi

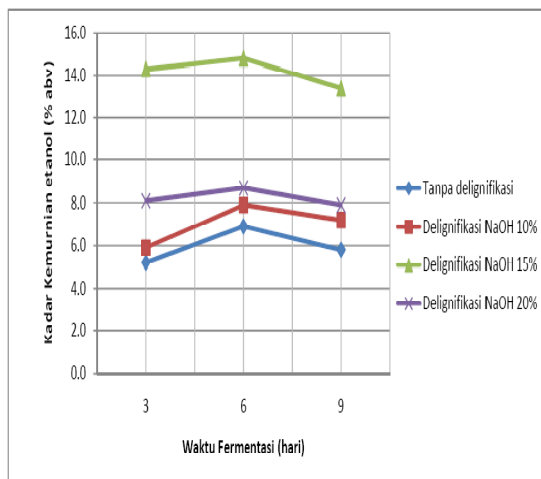
#### 4.2 Proses pengukuran volume bioetanol

Dari hasil pengukuran lapangan didapatkan hasil bahwa volume etanol yang dihasilkan akan semakin meningkat seiring dengan bertambahnya waktu fermentasi. Dari perbandingan data secara keseluruhan didapatkan pula hasil bahwa secara keseluruhan volume etanol yang dihasilkan pada perlakuan biologi ternyata lebih tinggi jika dibandingkan dengan volume etanol yang dihasilkan dengan perlakuan secara fisika.

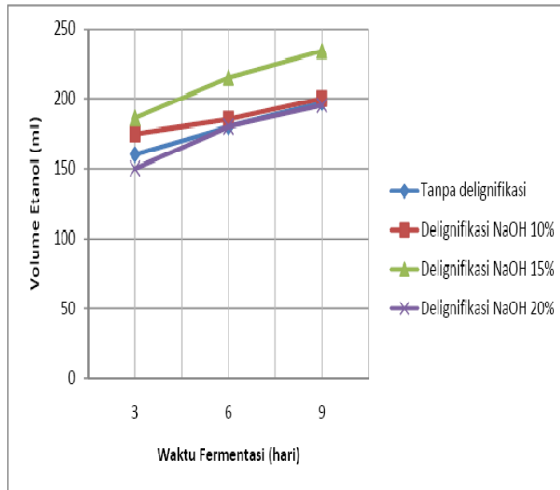
Volume etanol tertinggi didapatkan pada variasi delignifikasi dengan menggunakan NaOH 15% dimana volume etanol maksimal yang dapat dihasilkan adalah sebanyak 245 ml pada perlakuan fisika dan 234 ml pada perlakuan biologi, pada hari ke 9 fermentasi.

**Tabel 4.2 Volume Etanol Yang Dihasilkan Pada Perbandingan Limbah *cottonii* dan Ragi Terbaik (ml)**

Pretreatment	Waktu Fermentasi (hari)	Volume etanol Pada Perbandingan Limbah <i>Cottonii</i> dan Ragi Terbaik (ml)	
		(1:0.006)	
		Perlakuan Fisika	Perlakuan Biologi
NaOH 10%	3	175	190
	6	185	204
	9	200	215
NaOH 15%	3	186	200
	6	215	227
	9	234	245
NaOH 20%	3	150	162
	6	180	192
	9	195	202



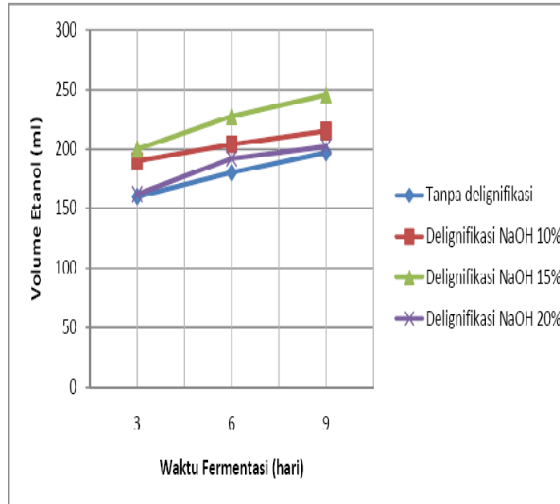
Gambar 4.1 Grafik perbandingan waktu fermentasi dengan kadar kemurnian terbaik pada perlakuan fisika



Gambar 4.3 Grafik perbandingan waktu fermentasi dengan volume etanol terbaik pada perlakuan fisika

#### 4.3 Proses pengukuran laju fermentasi

Secara keseluruhan laju fermentasi yang dihasilkan di setiap variasi perbandingan limbah *cottonii* dan ragi pada setiap variasi proses delignifikasi memberikan hasil yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan laju fermentasi yang dihasilkan tanpa melalui proses delignifikasi. Dan dari hasil penelitian didapatkan juga hasil bahwa pada variasi delignifikasi dengan menggunakan NaOH 15% dengan perbandingan (1:0,006) untuk limbah *cottonii* dan ragi pada proses fermentasi memberikan hasil laju fermentasi yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan variasi delignifikasi dan perbandingan rasio fermentasi yang lainnya.



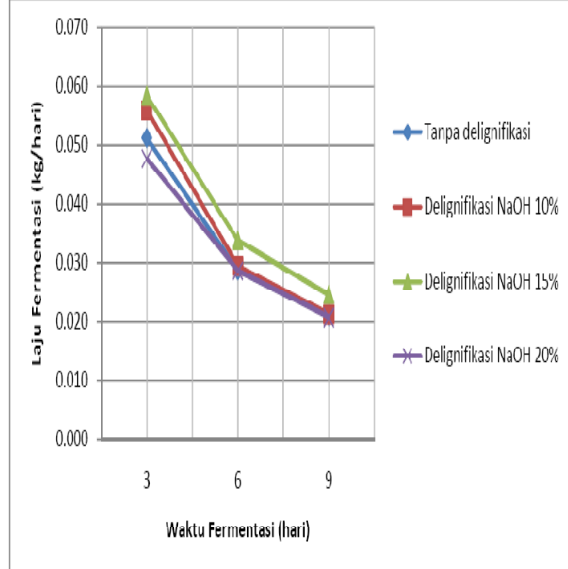
Gambar 4.4 Grafik perbandingan waktu fermentasi dengan volume etanol terbaik pada perlakuan biologi

Laju fermentasi etanol terbaik diperoleh pada perbandingan (1:0,006) untuk limbah *cottonii* dan ragi, dimana laju fermentasi tertinggi yang mampu dihasilkan adalah sebesar 0,058 kg/hari pada perlakuan fisika, dan 0,063 kg/hari pada perlakuan

biologi pada hari ke 3 fermentasi. Dan dari perbandingan data laju fermentasi antara perlakuan fisika dan biologi diperoleh hasil bahwa secara keseluruhan laju fermentasi pada perlakuan biologi lebih tinggi jika dibandingkan dengan laju fermentasi dengan perlakuan secara fisika.

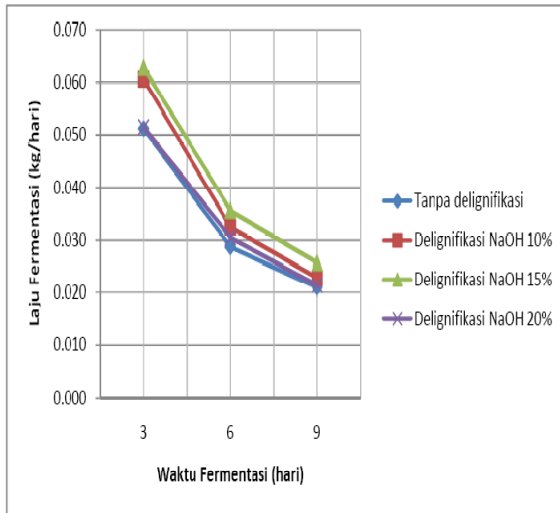
Tabel 4.3 Laju Fermentasi Pada Perbandingan Limbah *cottonii* dan Ragi Terbaik (kg/hari)

Pretreatment	Waktu Fermentasi (hari)	Laju Fermentasi Perbandingan Pada Perbandingan Limbah <i>cottonii</i> dan Ragi Terbaik (kg/hari) (1:0.006)	
		Perlakuan Fisika	Perlakuan Biologi
		NaOH 10%	3
	6	0.029	0.032
	9	0.021	0.023
NaOH 15%	3	0.058	0.063
	6	0.034	0.036
	9	0.025	0.026
NaOH 20%	3	0.048	0.052
	6	0.029	0.030
	9	0.021	0.021



Gambar 4.5 Grafik perbandingan waktu fermentasi dengan laju fermentasi terbaik dengan perlakuan fisika

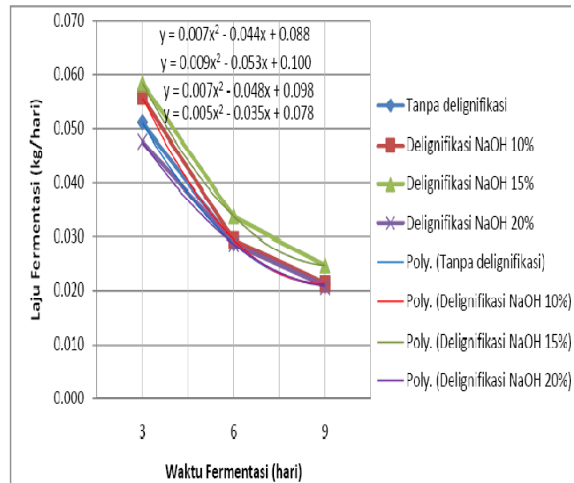




Gambar 4.6 Grafik perbandingan waktu fermentasi dengan laju fermentasi terbaik dengan perlakuan biologi

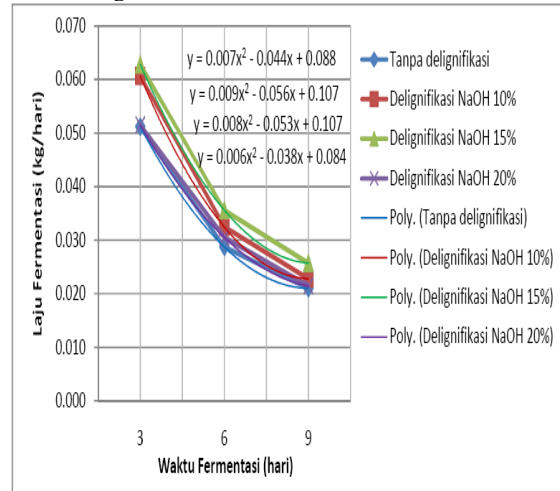
#### 4.4 Analisa Matematis Laju Fermentasi Etanol pada Limbah *Eucheuma cottonii*

##### 4.4.1 Pemodelan matematis laju fermentasi terbaik limbah *eucheuma cottonii* dengan perlakuan biologi



Gambar 4.7 Analisa matematis dengan pendekatan polynomial pada perbandingan waktu fermentasi dengan laju fermentasi terbaik limbah *Eucheuma cottonii* dengan perlakuan fisika

##### 4.4.2 Pemodelan Matematis Laju Fermentasi Terbaik Limbah *Eucheuma cottonii* Dengan Perlakuan Biologi



Gambar 4.8 Analisa matematis dengan pendekatan polynomial pada perbandingan waktu fermentasi dengan laju fermentasi terbaik limbah *Eucheuma cottonii* dengan perlakuan biologi

Adapun untuk mengkomparasikan pemodelan matematis laju fermentasi pada perlakuan fisika dengan perlakuan biologi maka dapat ditampilkan dalam bentuk tabel seperti dibawah ini.

Tabel 4.4 Perbandingan Pemodelan Matematis Laju Fermentasi Limbah *Eucheuma cottonii*

No	Treatment	Pemodelan Matematis laju Fermentasi pada Perlakuan Fisika	Pemodelan Matematis laju Fermentasi pada Perlakuan Biologi
1	Tanpa delignifikasi	$y=0.007x^2 - 0.044x + 0.088$	$y=0.007x^2 - 0.044x + 0.088$
2	Delignifikasi NaOH 10%	$y=0.009x^2 - 0.053x + 0.1$	$y=0.009x^2 - 0.056x + 0.107$
3	Delignifikasi NaOH 15%	$y=0.007x^2 - 0.048x + 0.098$	$y=0.008x^2 - 0.053x + 0.107$
4	Delignifikasi NaOH 20%	$y=0.005x^2 - 0.035x + 0.078$	$y=0.006x^2 - 0.038x + 0.084$

#### 5. KESIMPULAN

1. Proses perlakuan awal (*pretreatment*) memegang peranan yang sangat penting dan berperan besar dalam suatu usaha pendegradasian lignin pada proses pembuatan etanol dari bahan baku berlignoselulosa karena akan menghambat kerja dari *yeast* dalam mengkonversi glukosa menjadi etanol. Dan lebih banyak selulosa yang bisa didapatkan sebagai bahan baku pembuatan bioetanol generasi kedua dari limbah biomassa berlignoselulosa khususnya biomassa yang hidup di perairan.
2. Kadar kemurnian terbaik dan volume etanol yang maksimal diperoleh pada tahapan proses delignifikasi limbah *Eucheuma cottonii* dengan senyawa NaOH 15%. Pada proses delignifikasi

- dengan menggunakan senyawa NaOH 15% pada setiap perbandingan limbah *cottonii* dengan ragi pada proses fermentasi didapatkan kadar kemurnian etanol rata – rata diatas 12% abv dan volume etanol yang dihasilkan adalah 245 ml pada perlakuan biologi dan 234 ml pada perlakuan fisika pada hari ke 9 fermentasi.
3. Perbandingan (1:0,006) untuk limbah *cottonii* dan ragi merupakan perbandingan yang terbaik dimana, pada perbandingan ini diperoleh kadar kemurnian, volume etanol dan laju fermentasi terbaik. Dimana kadar etanol tertinggi didapatkan dari perlakuan secara biologi yaitu sebesar 15,5% dan secara fisika sebesar 14,8% pada hari ke 6 fermentasi. Begitu juga dengan volume etanol yang dihasilkan lebih tinggi dimana volume maksimal yang mampu dihasilkan adalah 245 ml pada perlakuan biologi dan 234 ml pada perlakuan fisika pada hari ke 9 fermentasi. Sementara itu laju fermentasi tertinggi yang mampu dihasilkan adalah sebesar 0,058 kg/hari pada perlakuan fisika, dan 0,063 kg/hari pada perlakuan biologi pada hari ke 3 fermentasi.
  4. Secara keseluruhan kadar kemurnian etanol, volume etanol dan laju fermentasi yang dihasilkan dengan *treatment* secara biologi memberikan hasil yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan kadar etanol yang dihasilkan dari *treatment* secara fisika.
  5. Perlu dilakukan suatu pendekatan pemodelan matematis dalam usaha memberikan hipotesis dan perkiraan hasil penelitian kedepannya serta untuk dapat mengkomparasikan hasil penelitian secara eksperimen dan secara pemodelan.
  8. Luthfy, S. 1988. *Mempelajari Ekstraksi Karaginan dengan Metoda Semi refine dari Eucheuma cottonii*. Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor, Bogor. 106 pp.
  9. Moore, H.K. *Process of Making Ethyl Alcohol from Wood*. 1,323,540 United State of America, 1919.
  10. Mosier, Nathan, *et al.* 2005. *Features of Promising Technologies for Pretreatment of Lignocellulosic Biomass*. *Bioresource Technology* 96 , pp. 673–686.
  11. Oshima, M. 1965. *Wood Chemistry Process Engineering Aspect*. *Noyes Develop. Corp.* New York.
  12. Shofiyanto, M.E. 2008. *Hidrolisis Tongkol Jagung oleh Bakteri Selulotik untuk Produksi Bietanol dalam Kultur Campuran*. Skripsi.
  13. Sun, Y. and Cheng, J. 2002. *Hydrolysis of Lignocellulosic Materials for Ethanol Production: A Review*. *Bioresource Technology*, Vol. 83, pp. 1-11.
  14. Taherzadeh, Muhammad J. and Karimi, Keikhosro. 2008. *Pretreatment of Lignocellulosic Waste to Improve Bioethanol and Biogas Production*. *Int. J. Mol. Sci* 9, pp. 1621-1651

#### DAFTAR PUSTAKA

1. Afrianto, E dan E, Liviawati.1989. *Budidaya Rumput Laut dan Cara Pengolahannya*. PT Bhratara Niaga Media. Jakarta.
2. Atmadja WS, Kadi A, Sulistijo dan Rachmaniar. 1996. *Pengenalan Jenis-jenis Rumput Laut Indonesia*. PUSLITBANG Oseanologi. Jakarta: LIPI.
3. Aslan, L.M., 1998. *Budidaya rumput Laut*. Penerbit Kanisius. Yogyakarta. 97 hal.
4. Chapman, V. J. and Chapman, D. J. 1980. *Seaweed and Their Uses*. Chapman and Hall. London. 333 pp. Furia, T. E. 1975. *Handbook of Food Additives: Gums*. 2nd ed. CRC Press, Inc, Boca-Raton. Florida. p. 295- 359.
5. Doty, M.S. 1973. *Farming the red seaweed, Eucheuma, for carrageenans*. *Micronesia* 9:59-73.
6. Fan, L.T., Y.H. Lee, dan M.M.Gharpuray. 1982. *The Nature of Lignocellulosics and Their Pretreatment for Enzymatic Hydrolysis*. *Adv. Bichem. Eng.* 23: 158 – 187.
7. Hamelinck, C. N.; Hooijdonk, G. v. & Faaij, A. P. 2005. *Etanol from Lignocellulosic Biomass: Techno-Economic Performance in Short, Middle, and Long-Term*. *Biomass and Bioenergy* 28(4), 384–410.