



**OPTIMASI EKSTRAKSI SELULOSA DARI LIMBAH  
PENGOLAHAN AGAR (*Gracilaria verrucosa*) SEBAGAI  
PREKURSOR BIOETANOL**

Skripsi  
disajikan sebagai salah satu syarat  
untuk memperoleh gelar Sarjana Sains  
Program Studi Kimia

**UNNES**  
oleh  
Melinda Dwi Lestari  
4311413072  
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

**JURUSAN KIMIA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG  
2017**

## PERNYATAAN

Saya menyatakan bahwa skripsi ini bebas plagiat, dan apabila di kemudian hari terbukti terdapat plagiat dalam skripsi ini, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai ketentuan peraturan perundang-undangan.

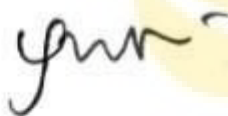


## PERSETUJUAN PEMBIMBING

Skripsi ini telah disetujui oleh pembimbing untuk diajukan ke Sidang Panitia Ujian Skripsi Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Semarang.

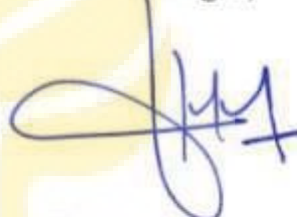
Semarang, 3 Mei 2017

Pembimbing I,



Prof. Dr. Sudarmin, M.Si.  
NIP. 196601231992031003

Pembimbing II,



Harjono, S.Pd., M.Si.  
NIP. 197711162005011001

**UNNES**  
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

## PENGESAHAN

Skripsi yang berjudul

Optimasi Ekstraksi Selulosa dari Limbah Pengolahan Agar (*Gracilaria verrucosa*) sebagai Prekursor Bioetanol

disusun oleh :

Nama : Melinda Dwi Lestari

NIM : 4311413072

telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian Skripsi FMIPA UNNES pada tanggal 17 Mei 2017.



Panitia Ujian  
Ketua  
Prof. Dr. Zaenuri, S.E., M.Si, Akt

196412231988031001

Sekretaris

Dr. Nanik Wijayanti, M.Si.

196910231996032002

Ketua Penguji

Drs. Ersanghono Kusumo, M.Si.

195405101980121002

Anggota Penguji/  
Pembimbing I

Prof. Dr. Sudarmin, M.Si.

196601231992031003

Anggota Penguji/  
Pembimbing II

Harjono, S.Pd., M.Si.

197711162005011001

## MOTTO DAN PERSEMBAHAN

### MOTTO:

1. *Knowledge is bitter but sweeter than honey in the end* (Ilmu pengetahuan itu pahit tapi manisnya melebihi madu pada akhirnya).  
(99 Cahaya di Langit Eropa)
2. Ilmu ada tiga tahapan, jika seseorang memasuki tahap pertama maka dia akan sombong, jika memasuki tahapan kedua maka dia akan rendah hati, dan jika dia memasuki tahapan ketiga maka dia akan merasa bahwa dirinya tidak ada apa-apanya.  
(Umar Bin Khatab)
3. Selain usaha yang sungguh-sungguh, seseorang yang sukses itu pasti memiliki kedekatan dengan Tuhannya.



UNNES

UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

Skripsi ini kupersembahkan untuk:

Ibu Siti Jaetin dan Bapak Dul Slamet tercinta

Kakakku tersayang Ikhsan Nurrokhim

Adikku tersayang Robbyatul Aldhawiyah

Sahabat dan teman seperjuangan Kimia 2013

Almamater, Jurusan Kimia Universitas Negeri Semarang

Negara Indonesia

## PRAKATA

Puji syukur kepada Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat, karunia, dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Optimasi Ekstraksi Selulosa dari Limbah Pengolahan Agar (*Gracilaria verrucosa*) sebagai Prekursor Bioetanol”. Selama menyusun skripsi ini, penulis telah banyak menerima bantuan dan dukungan berupa ilmu pengetahuan, moril, maupun materi baik secara langsung maupun tidak langsung dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terimakasih kepada:

1. Rektor Universitas Negeri Semarang
2. Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Semarang
3. Ketua Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Semarang
4. Ketua Program Studi Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Semarang
5. Prof. Dr. Sudarmin, M.Si sebagai Pembimbing I dan Harjono, S.Pd., M.Si sebagai Pembimbing II yang senantiasa memberikan bimbingan, arahan, motivasi, dan ilmu dalam menyusun skripsi
6. Drs. Ersanghono Kusumo, M.Si sebagai Penguji yang telah memberikan masukan, ilmu, dan saran dalam menyusun skripsi
7. Bapak dan Ibu Dosen Jurusan Kimia yang telah memberikan bekal ilmu selama kuliah dan menyusun skripsi
8. Kepala Laboratorium Kimia Universitas Negeri Semarang yang telah memberikan ijin untuk melakukan penelitian di Laboratorium Kimia
9. Teknisi dan laboran di Laboratorium Kimia yang telah memberikan ijin dan membantu penulis dalam pelaksanaan penelitian di Laboratorium Kimia
10. Teknisi di Laboratorium Instrumen Jurusan Kimia Universitas Negeri Semarang
11. Laboran di Laboratorium Analisa Chem-Mix Yogyakarta

12. Kepala PT. Agar Swallow Bogor Jawa Barat yang telah mengizinkan penulis untuk mengambil limbah padat pengolahan agar sebagai sampel penelitian
13. Seluruh pihak yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan skripsi ini

Semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat dan kontribusi dalam perkembangan ilmu pengetahuan.

Semarang, 3 Mei 2017

Penulis



## ABSTRAK

Lestari, Melinda D. 2017. *Optimasi Ekstraksi Selulosa dari Limbah Pengolahan Agar (*Gracilaria verrucosa*) sebagai Prekursor Bioetanol*. Skripsi, Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Semarang. Pembimbing Prof. Dr. Sudarmin, M.Si., Harjono, S.Pd., M.Si.

**Kata kunci:** selulosa, limbah pengolahan agar, bioetanol

Rumput laut merupakan salah satu sumber daya alam laut yang melimpah di Indonesia dan banyak diminati oleh industri agar. Proses pengolahan agar (*Gracilaria verrucosa*) dari rumput laut menghasilkan limbah yang mengandung selulosa. Kebutuhan bahan bakar di Indonesia lebih tinggi daripada produksinya, sehingga dibutuhkan suatu energi alternatif terbarukan. Energi alternatif terbarukan ini dapat diperoleh dengan cara mengkonversi selulosa menjadi bioetanol. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui konsentrasi NaOH dan waktu yang optimum saat ekstraksi selulosa yang dapat menghasilkan kadar selulosa tinggi serta dapat menghasilkan prekursor bioetanol melalui hidrolisis kimiawi dan fermentasi. Limbah pengolahan agar di ekstraksi selulosanya dengan konsentrasi NaOH (15; 17,5; 20 %) dan waktu ekstraksi (15, 35, 55, 75 menit). Penentuan kadar selulosa menggunakan metode *Chesson Data*, selulosa dengan kadar tertinggi dihidrolisis kimiawi dengan HCl dan difermentasi dengan ragi roti *Saccharomyces cerevisiae*, kemudian filtratnya didistilasi. Destilat yang diperoleh dilakukan analisis dengan uji reaksi kalium dikromat, FT-IR, dan GC untuk mengetahui bahwa distilat yang dihasilkan mengandung senyawa etanol. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kadar selulosa paling tinggi dari limbah pengolahan agar sebesar 17,6171% diperoleh saat kondisi optimum dengan menggunakan NaOH 20% dan waktu 75 menit. Kadar glukosa prekursor bioetanol yang diperoleh dari hidrolisis kimiawi sebesar 980 ppm dan 360 ppm. Hasil analisis distilat hasil fermentasi dengan hasil analisis etanol standar menggunakan reaksi dikromat, FT-IR, dan GC diketahui bahwa distilat mengandung senyawa etanol.

UNNES  
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

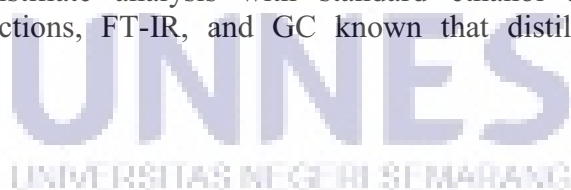


## ABSTRACT

Lestari, Melinda D. 2017. Optimization of Cellulose Extraction from Industrial Agar Processing Waste (*Gracilaria verrucosa*) as Bioethanol Precursor. Skripsi, Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Semarang. Main Supervisor Prof. Dr. Sudarmin, M.Si. and Supervising Companion Harjono, S.Pd., M.Si.

**Keywords:** cellulose, industrial agar processing waste, bioethanol

Seaweed is one of the abundant marine resources in Indonesia and great demand by the agar industry. The industrial agar process from seaweed produce waste containing cellulose. The fuel needs in Indonesia is higher than the production, so it needs a renewable alternative energy. This renewable alternative energy can be obtained by converting cellulose into bioethanol. This study aims to determine the concentration of NaOH and optimum time when cellulose extraction that can produce high cellulose content and can produce bioethanol precursor through chemical hydrolysis and fermentation. The industrial agar processing waste was extracted cellulose with NaOH concentration (15; 17,5; 20%) and extraction time (15, 35, 55, 75 min). Determination of cellulose content using Chesson Data method, cellulose with the highest level hydrolyzed chemically with HCl and fermented with yeast of *Saccharomyces cerevisiae*, then filtrate for distilled. The distillates obtained were analyzed by potassium dichromate reaction test, FT-IR, and GC to know that the resulting distillates contained ethanol compounds. The results showed that the highest cellulose content of the industrial agar processing waste amount 17.6171% was obtained during the optimum condition using 20% NaOH and time 75 minutes. Glucose levels of bioethanol precursors obtained from chemical hydrolysis amount 980 ppm and 360 ppm. The result of fermentation distillate analysis with standard ethanol analysis result using dichromate reactions, FT-IR, and GC known that distillate contains ethanol compound.



## DAFTAR ISI

|  | Halaman  |
|--|----------|
| HALAMAN JUDUL .....                        | i        |
| PERNYATAAN .....                           | ii       |
| PERSETUJUAN PEMBIMBING .....               | iii      |
| PENGESAHAN .....                           | iv       |
| MOTTO DAN PERSEMBAHAN .....                | v        |
| PRAKATA .....                              | vi       |
| ABSTRAK .....                              | viii     |
| ABSTRACT .....                             | ix       |
| DAFTAR ISI .....                           | x        |
| DAFTAR TABEL .....                         | xiii     |
| DAFTAR GAMBAR .....                        | xiv      |
| DAFTAR LAMPIRAN .....                      | xv       |
| <b>BAB</b>                                 |          |
| <b>1. PENDAHULUAN .....</b>                | <b>1</b> |
| 1.1 Latar Belakang .....                   | 1        |
| 1.2 Rumusan Masalah .....                  | 5        |
| 1.3 Tujuan Penelitian .....                | 5        |
| 1.4 Manfaat Penelitian .....               | 6        |
| <b>2. TINJAUAN PUSTAKA.....</b>            | <b>8</b> |
| 2.1 Alga Merah .....                       | 8        |
| 2.2 Pengolahan Agar .....                  | 10       |
| 2.3 Selulosa .....                         | 11       |
| 2.4 Hidrolisis Selulosa .....              | 14       |
| 2.4.1 Hidrolisis Enzimatik .....           | 14       |
| 2.4.2 Hidrolisis Kimiawi .....             | 15       |
| 2.5 Bioetanol .....                        | 18       |
| 2.6 Hasil-hasil Penelitian Terdahulu ..... | 20       |

|         |  |    |
|---------|--|----|
| 3       | METODE PENELITIAN .....  | 23 |
| 3.1     | Populasi dan Sampel .....  | 23 |
| 3.2     | Variabel Penelitian .....  | 23 |
| 3.3     | Rancangan Penelitian .....   | 24 |
| 3.3.1   | Alat dan Bahan .....   | 24 |
| 3.3.2   | Prosedur Penelitian .....  | 24 |
| 3.3.2.1 | Preparasi Bahan .....  | 24 |
| 3.3.2.2 | Ekstraksi Selulosa .....   | 25 |
| 3.3.2.3 | Analisis Kandungan Selulosa .....  | 25 |
| 3.3.2.4 | Hidrolisis Kimiawi Selulosa .....  | 26 |
| 3.3.2.5 | Proses Fermentasi .....  | 27 |
| 4.      | HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN .....  | 28 |
| 4.1     | Preparasi Selulosa Limbah Pengolahan Agar .....  | 28 |
| 4.1.1   | Perlakuan Awal Limbah Pengolahan Agar .....  | 29 |
| 4.1.2   | Proses Ekstraksi Selulosa .....  | 30 |
| 4.2     | Optimasi Ekstraksi Selulosa dari Limbah Pengolahan Agar dengan<br>Variasi Konsentrasi NaOH Dan Waktu ..... | 33 |
| 4.3     | Biotransformasi Selulosa dari Limbah Pengolahan Agar Menjadi<br>Bioetanol .....                            | 41 |
| 4.3.1   | Hidrolisis Selulosa dengan Katalis Asam .....  | 42 |
| 4.3.2   | Fermentasi Filtrat Hasil Hidrolisis .....  | 46 |
| 4.4     | Karakterisasi Bioetanol .....  | 48 |
| 4.4.1   | Uji Kualitatif dengan Reaksi Kalium Dikromat .....   | 48 |
| 4.4.2   | Hasil Analisis Bioetanol Menggunakan FT-IR .....   | 50 |
| 4.4.3   | Hasil Analisis Bioetanol Menggunakan GC .....  | 52 |
| 5       | PENUTUP .....  |    |
| 5.1     | Simpulan .....   | 56 |
| 5.2     | Saran .....  | 56 |

|                      |    |
|----------------------|----|
| DAFTAR PUSTAKA ..... | 58 |
| LAMPIRAN .....       | 62 |



## DAFTAR TABEL

| Tabel   | Halaman |
|---|---------|
| 2.1 Komposisi nilai nutrisi alga merah <i>Gracilaria verrucosa</i> .....  | 10      |
| 2.2 Perbandingan hasil penelitian biotransformasi selulosa dari alga merah dan limbah pengolahan agar menjadi bioetanol ..... | 22      |
| 4.1 Hasil analisis kadar selulosa dengan variasi konsentrasi naoh dan waktu   | 33      |
| 4.2 Hasil uji anova variabel konsentrasi naoh dan waktu ekstraksi terhadap kadar selulosa .....                               | 41      |
| 4.3 Absorbansi larutan standar glukosa dengan variasi konsentrasi .....   | 44      |
| 4.4 Hasil pengamatan uji reaksi kalium dikromat .....   | 49      |



## DAFTAR GAMBAR

| Gambar  | Halaman |
|---|---------|
| 2.1 Alga merah <i>Gacilaria verrucosa</i> .....   | 9       |
| 2.2 Limbah padat pengolahan agar .....  | 11      |
| 2.3 Struktur selulosa .....   | 12      |
| 2.4 Mekanisme hidrolisis asam pada ikatan glikosida .....   | 18      |
| 4.1 Siklus biotransformasi selulosa dari limbah pengolahan agar menjadi bioetanol .....                         | 28      |
| 4.2 Ekstraksi selulosa dari limbah pengolahan agar .....  | 30      |
| 4.3 Warna residu dari limbah pengolahan agar dengan variasi konsentrasi naoh dan waktu .....                    | 32      |
| 4.4 Skema <i>pretreatment</i> biomassa lignoselulosa .....  | 35      |
| 4.5 Mekanisme pemutusan ikatan antara lignin dan selulosa oleh NaOH ....  | 36      |
| 4.6 Pengaruh konsentrasi naoh terhadap kadar selulosa .....   | 38      |
| 4.7 Pengaruh waktu ekstraksi terhadap kadar selulosa .....  | 39      |
| 4.8 Perbedaan warna filtrat hasil hidrolisis selulosa pada pengulangan pertama dan kedua .....                  | 42      |
| 4.9 Mekanisme reaksi hidrolisis selulosa oleh katalis asam .....  | 43      |
| 4.10 Mekanisme oksidasi glukosa oleh asam 3,5-dinitrosalisilat .....  | 45      |
| 4.11 Proses fermentasi filtrat hasil hidrolisis dengan ragi roti .....  | 46      |
| 4.12 Skema fermentasi etanol oleh ragi .....  | 47      |
| 4.13 Warna larutan setelah reaksi dengan kalium dikromat pada etanol standar, destilat pertama, dan kedua ..... | 49      |
| 4.14 Perbandingan spektrum FT-IR bioetanol limbah pengolahan agar dan etanol standar .....                      | 51      |
| 4.15 Kromatogram GC destilat hasil fermentasi pengulangan pertama dan kedua .....                               | 53      |
| 4.16 Kromatogram GC etanol standar .....  | 54      |

## DAFTAR LAMPIRAN

| Lampiran  | Halaman |
|---|---------|
| 1. Skema Kerja Penelitian .....   | 62      |
| 2. Dokumentasi Penelitian .....   | 69      |
| 3. Analisis Kadar Selulosa .....  | 72      |
| 4. Kurva Standar Glukosa .....  | 73      |
| 5. Perhitungan Kadar Glukosa pada Sampel .....  | 74      |
| 6. Pembuatan Larutan .....  | 75      |
| 7. Hasil Analisis Distilat dengan FT-IR .....   | 77      |
| 8. Hasil Analisis Distilat dengan GC .....  | 80      |
| 9. Hasil Analisis Anova Variabel Konsentrasi NaOH dan Waktu Ekstraksi terhadap Kadar Selulosa ..... | 83      |



# BAB 1

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Indonesia memiliki wilayah perairan yang sangat luas bahkan lebih luas dari wilayah daratan. Kementerian Kelautan dan Perikanan (KKP) menyebutkan bahwa tiga per empat wilayah Indonesia adalah lautan atau sekitar 6,28 juta km<sup>2</sup> (76,68%) sedangkan luas wilayah daratan Indonesia sekitar 1,91 juta km<sup>2</sup> (23,32%). Luasnya wilayah perairan Indonesia menunjukkan bahwa sumber kekayaan alam laut Indonesia lebih beragam dan melimpah daripada sumber kekayaan alam daratan. Salah satu sumber kekayaan alam laut yang melimpah di Indonesia adalah rumput laut, mencapai kurang lebih 555 jenis rumput laut (Siregar, 2015).

Rumput laut Indonesia dikenal dengan kualitasnya yang baik dan banyak diminati oleh industri karena mengandung sumber karagenan, agar-agar, dan alginat yang cukup tinggi dan cocok digunakan sebagai bahan baku industri makanan, pelembut, rasa, dan obat-obatan (Sahat, 2013). Rumput laut mengandung karbohidrat dan galaktan yang lebih dominan, sehingga rumput laut banyak digunakan dalam pembuatan karagenan dan agar. Rumput laut juga mengandung selulosa sekitar 20,17% yang tidak digunakan atau sebagai limbah dari pembuatan agar. Selulosa rumput laut dari limbah pembuatan agar tersebut memiliki potensi untuk dimanfaatkan (Sari *et al*, 2013).



Limbah pengolahan agar pada umumnya mengandung selulosa yang cukup tinggi. Dalam pengolahan bahan berserat, selulosa merupakan polimer utama yang merupakan senyawa dominan. Selulosa adalah senyawa polimer linier yang terdiri dari unit ulangan  $\beta$ -D-Glukopiranos. Salah satu proses untuk memisahkan selulosa dari hemiselulosa dan lignin adalah melalui *pulping*. Selulosa banyak dimanfaatkan baik dalam bentuk murninya maupun produk turunannya. Salah satu pemanfaatan selulosa yang sedang banyak dilakukan adalah mengkonversi selulosa menjadi bioetanol.

Kebutuhan Bahan Bakar Minyak (BBM) di Indonesia setiap hari semakin meningkat. Berdasarkan *BP Statistical Review of World Energy 2016*, konsumsi minyak di Indonesia terus meningkat dari tahun 2008 sampai 2014 dan mengalami penurunan di tahun 2015 sebesar 2,864%, namun konsumsinya masih tinggi sebesar 1,628 ribu bpd. Produksi minyak bumi di Indonesia pada tahun 2006 sampai 2015 lebih rendah dibandingkan konsumsi minyak bumi yaitu sebesar -52,625% (2014) dan -51,781% (2015). Menurut Hardadi (2015), produksi kilang nasional juga masih sangat rendah dibandingkan kebutuhan minyak nasional. Salah satu produk turunan minyak bumi adalah bensin, dimana bensin merupakan energi fosil yang tidak dapat diperbarui. Sehingga dibutuhkan suatu energi alternatif yang terbarukan dan ramah lingkungan. Konversi selulosa dari limbah produksi agar menjadi bioetanol (biotransformasi) merupakan salah satu solusi energi alternatif terbarukan yang ramah lingkungan untuk memenuhi kebutuhan minyak di Indonesia.

Bioetanol yang diproduksi dari biomassa berlignoselulosa merupakan cara alternatif yang menarik, karena bahan berlignoselulosa tidak bersaing dengan bahan makanan dan juga tidak mahal (Alvira *et al*, 2010). Sebelum dikonversi menjadi bioetanol, selulosa dari biomassa berlignoselulosa dihidrolisis terlebih dahulu menjadi glukosa. Hidrolisis selulosa menjadi glukosa dapat dilakukan secara enzimatik maupun kimiawi. Proses hidrolisis enzimatik dilakukan menggunakan enzim selulase, dimana enzim selulase akan mendegradasi selulosa menjadi glukosa dengan memutuskan ikatan secara spesifik. Hidrolisis enzimatik memiliki kekurangan yaitu proses *recycle* dan *recovery* enzim selulose membutuhkan biaya yang mahal dan waktu hidrolisis yang lebih lama. Proses hidrolisis kimiawi membutuhkan waktu yang lebih singkat dan biaya yang lebih murah. Hidrolisis kimiawi biasanya menggunakan asam klorida, asam nitrat, dan asam sulfat. Namun dalam industri umumnya menggunakan asam klorida karena garam yang terbentuk setelah penetralan merupakan garam yang tidak berbahaya yaitu garam dapur. Glukosa yang diperoleh dari proses hidrolisis difermentasi menjadi etanol (bioetanol). Fermentasi berlangsung dengan memanfaatkan mikroba dalam kondisi anaerob.

Selulosa yang sedang banyak dikembangkan adalah selulosa dari biomassa berlignoselulosa, salah satunya selulosa dari rumput laut. Penelitian biotransformasi selulosa dari rumput laut menjadi bioetanol sudah dilakukan oleh Septiany (2013) dan Habibah (2016). Septiany (2013) melakukan fokus penelitian pada tahap hidrolisis selulosa dari rumput laut alga merah secara enzimatik dengan jamur *Trichoderma viride* dan fermentasi glukosa dengan bakteri

*Zymomonas mobilis*, menghasilkan kadar bioetanol sebesar 29,60%. Sedangkan Habibah *et al* (2015) melakukan fokus penelitian pada proses hidrolisis selulosa dari rumput laut alga merah dan fermentasi glukosa dengan ragi roti, bioetanol yang dihasilkan memiliki kadar sebesar 18%.

Rumput laut jenis alga merah merupakan bahan baku yang banyak dimanfaatkan dalam industri pengolahan agar, sehingga pemanfaatan alga merah sebagai bahan baku bioetanol bersaing dengan industri makanan. Pemanfaatan selulosa dari rumput laut dapat dilakukan setelah rumput laut digunakan dalam proses pengolahan agar, yaitu dalam bentuk limbah pengolahan agar. Penelitian biotransformasi selulosa dari limbah pengolahan agar menjadi bioetanol sudah dilakukan oleh Sari *et al* (2013) dan Adini *et al* (2016). Sari *et al* (2013) melakukan fokus penelitian pada tahap hidrolisis selulosa dari limbah pengolahan agar secara enzimatik dengan jamur *Trichoderma viride* dan fermentasi glukosa dengan ragi roti, menghasilkan kadar bioetanol sebesar 0,47%. Sedangkan dari penelitian Adini *et al* (2016) menghasilkan bioetanol dengan kadar 5,50%.

Biotransformasi selulosa menjadi bioetanol pada umumnya melalui tahap hidrolisis dan fermentasi. Namun sebelum tahap hidrolisis dan fermentasi, biotransformasi selulosa menjadi bioetanol memiliki satu tahap awal yang penting yaitu ekstraksi selulosa dari bahan baku awal. Proses ekstraksi selulosa penting dilakukan karena menurut Novia *et al* (2011) apabila biomassa lignoselulosa tidak dipretreatment terlebih dahulu maka selulosa sulit untuk dihidrolisis menjadi glukosa, karena lignin sangat kuat melindungi selulosa. Sehingga sangat sulit melakukan hidrolisis sebelum memecah pelindung lignin. Oleh karena itu dalam

penelitian ini difokuskan untuk memanfaatkan limbah pada produksi agar dari rumput laut untuk di ekstraksi selulosanya menjadi prekursor bioetanol. Fokus penelitian diarahkan untuk mengoptimalkan proses ekstraksi selulosa dari limbah pengolahan agar yang dikonversi menjadi bioetanol.

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian pada latar belakang, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Berapa konsentrasi NaOH pada ekstraksi selulosa dari limbah pengolahan agar untuk menghasilkan kadar selulosa yang tinggi?
2. Berapa waktu yang optimal pada ekstraksi selulosa dari limbah pengolahan agar untuk menghasilkan kadar selulosa yang tinggi?
3. Apakah selulosa yang diperoleh dapat digunakan sebagai bahan baku bioetanol?

## 1.3 Tujuan

Tujuan yang ingin dicapai pada penelitian ini antara lain:

1. Mengetahui konsentrasi NaOH pada ekstraksi selulosa dari limbah pengolahan agar untuk menghasilkan kadar selulosa yang tinggi.
2. Mengetahui waktu yang optimum pada ekstraksi selulosa dari limbah pengolahan agar untuk menghasilkan kadar selulosa yang tinggi.
3. Mengetahui bahwa selulosa yang diperoleh dapat digunakan sebagai bahan baku bioetanol.

## 1.4 Manfaat

Kontribusi penelitian yang ingin dicapai pada penelitian ini adalah:

1. Bagi Pengembangan IPTEKS
  - a. Memberi informasi mengenai konsentrasi NaOH yang optimum dalam ekstraksi selulosa dari limbah pengolahan agar untuk menghasilkan selulosa yang tinggi.
  - b. Memberikan informasi mengenai waktu yang optimum pada ekstraksi selulosa limbah pengolahan agar untuk menghasilkan kadar selulosa yang tinggi.
  - c. Memberi informasi bahwa selulosa dari limbah pengolahan agar dapat dijadikan bahan baku prekursor bioetanol melalui proses hidrolisis kimiawi.
2. Bagi Masyarakat
  - a. Memberi alternatif energi yang ramah lingkungan sebagai pengganti Bahan Bakar Minyak (BBM).
  - b. Mendorong meningkatkan budidaya rumput laut terutama alga merah *Gracilaria verrucosa* pada masyarakat petani tambak.
  - c. Mendorong masyarakat untuk memanfaatkan selulosa dari limbah pembuatan agar menjadi energi alternatif.
3. Bagi Peneliti Lain
  - a. Mendorong peneliti lain untuk meneliti bioetanol dari limbah produksi agar.

- b. Mendorong peneliti lain untuk meneliti preparasi ekstraksi selulosa yang optimum sehingga dihasilkan selulosa yang paling baik untuk produksi bioetanol.
- c. Mendorong peneliti lain untuk mengembangkan metode produksi bioetanol dari biomassa ber*lignoselulosa*.



## BAB 2

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Alga Merah

Indonesia memiliki 555 jenis rumput laut, dari jumlah tersebut 21 jenis diantaranya dapat menghasilkan agar-agar. Jenis-jenis ini antara lain: *Gracilaria sp*, *Gelidium sp*, *Gelidellia sp* dan *Gelidiopsis sp*. Jenis *Gracilaria* yang sering dijumpai di Indonesia adalah *G. lichenoides*, *G. gigas*, dan *G. verrucosa* (Atmadja *et al*, 1996).

Alga adalah biota laut yang umumnya tumbuh melekat pada substrat tertentu, tidak mempunyai akar, batang maupun daun sejati tetapi hanya menyerupai batang yang disebut *thallus*. Dalam pertumbuhannya, zat hara diserap dari media air melalui seluruh kerangka tubuhnya. Pertumbuhan dan percabangan *thallus* antara jenis yang satu dengan yang lainnya berbeda-beda. Bentuk *thallus* alga laut juga bervariasi, antara lain bulat seperti tabung, pipih, gepeng, bulat seperti kantong, lembaran dan juga ada yang berbentuk seperti helai rambut (Septiany, 2013).

*Gracilaria verrucosa* adalah salah satu jenis yang sangat populer di masyarakat petani tambak Indonesia. Alga ini sering dibudidayakan di daerah tambak dengan kondisi air payau. Pemanfaatan *Gracilaria verrucosa* sebagai bahan baku agar telah mengarah ke industri (Sugiyatno, 2010). Alga merah *Gracilaria verrucosa* merupakan salah satu jenis rumput laut yang tumbuh

tersebar hampir di seluruh perairan Indonesia. Alga merah jenis *Gracilaria verrucosa* juga memiliki kandungan selulosa yang paling tinggi dibandingkan jenis lainnya yaitu sebesar 19,7% (Septiany, 2013).

Klasifikasi Alga Merah *Gracilaria verrucosa* adalah sebagai berikut:

Divisi : Rhodophyta  
Class : Rodhophyceae  
Ordo : Gigartinales  
Familia : Gracilariaceae  
Genus : Gracilaria  
Spesies : Gracilaria verrucosa

Morfologi *Gracilaria verrucosa* dapat dilihat sebagai berikut:



Gambar 2.1 Alga merah *Gacilaria verrucosa*

Rumput laut Indonesia dikenal dengan kualitasnya yang baik dan banyak diminati oleh industri karena mangandung sumber karagenan, agar-agar, dan alginat yang cukup tinggi dan cocok digunakan sebagai bahan baku industri makanan, pelembut, rasa, dan obat-obatan (Sahat, 2013). Dari hasil penelitian



Kumar *et al* (2013), alga merah *Gracilaria verrucosa* memiliki kandungan agar sebanyak 28%.

Tabel 2.1 Komposisi nilai nutrisi alga merah *Gracilaria verrucosa*

| Komponen          | Jumlah |
|-------------------|--------|
| Salt dan Silt (%) | 2,5    |
| Kelembaban (%)    | 4,5    |
| Agar (%)          | 28     |
| Lemak (%)         | 2      |
| Selulosa (%)      | 10     |
| Abu (%)           | 4      |
| Protein (%)       | 2,5    |

Sumber: Kumar *et al* (2013).

Oleh karena itu pemanfaatan alga merah *Gracilaria verrucosa* dalam industri agar menghasilkan limbah yang mengandung selulosa sebesar 10%.

## 2.2 Pengolahan Agar dari Alga Merah

Agar-agar merupakan senyawa hidrokoloid yang terkandung dalam alga merah, diantaranya jenis *Gracilaria verrucosa*. Ekstraksi agar biasanya menghasilkan produk samping berupa limbah padat yang sampai saat ini belum banyak dimanfaatkan, sehingga berpotensi mengganggu lingkungan. Limbah padat yang terbuang tanpa penanganan akan mengalami fermentasi dan mengakibatkan terjadinya penurunan kualitas air, tanah, dan udara disekitarnya. Pemanfaatan limbah pengolahan agar menjadi produk-produk ekonomis dapat menjadi solusi untuk mengurangi atau meniadakan permasalahan lingkungan yang ditimbulkannya (Nurhayati dan Rinta, 2014).

Agar-agar merupakan komoditi yang sudah lama ada dan dikenal di Indonesia. Kata agar-agar sendiri berasal dari bahasa melayu yang artinya rumput

laut. Indonesia merupakan salah satu negara dengan wilayah pantai terpanjang dan terluas di dunia, dan memanfaatkan berbagai sumber daya pesisir yang ada. Salah satunya adalah rumput laut yang beberapa tahun ini sudah dikembangkan dan dibudidayakan sebagai pertanian pantai (Permana, 2010).

Limbah agar-agar dari alga merah adalah produk samping pabrik agar-agar yang jumlahnya sangat melimpah. 56 ton dari 80 ton bahan baku dalam pembuatan agar-agar *jelly* di pabrik terbuang sebagai limbah karena pabrik hanya memakai ekstraknya saja (Kurniadi *et al*, 2012). Bentuk limbah padat pengolahan agar ditunjukkan pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2 Limbah padat pengolahan agar

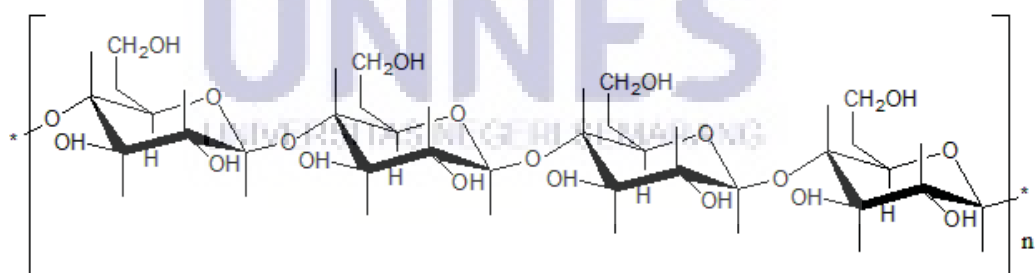
Melimpahnya limbah tersebut, selulosa yang terkandung cukup potensial untuk dimanfaatkan sebagai bahan baku produksi bioetanol.

### 2.3 Selulosa

Selulosa merupakan senyawa organik yang paling melimpah di bumi. Diperkirakan sekitar 1011 ton selulosa dibiosintesis tiap tahun, dan selulosa mencakup sekitar 50% dari karbon tak-bebas di bumi. Daun kering mengandung

10-20% selulosa, kayu 50%, dan kapas 90%. Selulosa membentuk komponen serat dari dinding sel tumbuhan. Ketegaran selulosa disebabkan oleh struktur keseluruhannya. Molekul selulosa merupakan rantai-rantai atau mikrofibril dari D-glukosa sampai sebanyak 14.000 satuan yang terdapat sebagai berkas-berkas terpuntir mirip tali yang terikat satu sama lain oleh ikatan hidrogen (Habibah, 2015).

Selulosa merupakan polisakarida yang terdiri atas satuan glukosa yang terikat dengan ikatan  $\beta$ 1,4-glikosidik dengan rumus  $(C_6H_{10}O_5)_n$  dengan  $n$  adalah derajat polimerisasinya. Struktur kimia inilah yang membuat selulosa bersifat kristalin dan tidak mudah larut, sehingga mudah didegradasi secara kimia atau mekanis. Molekul glukosa disambung menjadi molekul besar, panjang, dan berbentuk rantai dalam susunan menjadi selulosa. Semakin panjang suatu rangkaian selulosa, maka rangkaian selulosa tersebut memiliki serat yang lebih kuat, lebih tahan terhadap pengaruh bahan kimia, cahaya, dan mikroorganisme (Putera, 2012). Struktur selulosa ditunjukkan pada Gambar 2.3.



Gambar 2.3 Struktur selulosa

Beberapa dasar yang mempengaruhi biomassa liginoselulosa adalah *pretreatment* alkali, dimana efektif mempengaruhi komponen lignin dalam biomassa. *Pretreatment* alkali meningkatkan selulosa dan lebih efektif melarutkan

lignin. *Pretreatment* alkali juga dapat diaplikasikan pada suhu ruang dan rentang waktu dari beberapa detik sampai hari. Beberapa larutan alkali yang cocok diaplikasikan untuk *pretreatment* alkali adalah natrium, kalium, kalsium, dan ammonium hidroksida (Alvira *et al*, 2010).

*Pretreatment* biomassa lignoselulosa harus dilakukan untuk mendapatkan hasil yang tinggi. Tujuan dari *pretreatment* adalah untuk membuka struktur lignoselulosa supaya selulosa menjadi lebih mudah di akses oleh katalis atau enzim yang memecah polimer polisakarida menjadi monomer gula. Jika lignoselulosa tidak *dipretreatment* terlebih dahulu maka selulosa sulit untuk dihidrolisis menjadi glukosa, karena lignin sangat kuat melindungi selulosa sehingga sangat sulit melakukan hidrolisis sebelum memecah pelindung lignin (Novia *et al*, 2011).

Berdasarkan derajat polimerisasi (DP) dan kelarutan dalam senyawa natrium hidroksida (NaOH) 17,5%, selulosa dapat dibedakan atas tiga jenis yaitu: Alfa Selulosa adalah selulosa berantai panjang, tidak larut dalam larutan NaOH 17,5% atau larutan basa kuat dengan DP (derajat polimerisasi) 600 - 1500. Alfa selulosa dipakai sebagai penduga atau penentu tingkat kemurnian selulosa. Selulosa beta adalah selulosa berantai pendek, larut dalam larutan NaOH 17,5% atau basa kuat dengan DP 15 - 90, dapat mengendap bila dinetralkan. Selulosa gamma adalah sama dengan selulosa  $\beta$ , tetapi DP nya kurang dari 15. Selain itu ada yang disebut Hemiselulosa dan Holoselulosa yaitu: hemiselulosa adalah polisakarida yang bukan selulosa, jika dihidrolisis akan menghasilkan D-manosa, D-galaktosa, D-xylosa, L-arabinosa dan asam uranat. Holoselulosa adalah bagian dari serat yang

bebas dari lignin, terdiri dari campuran semua selulosa dan hemiselulosa (Widodo *et al*, 2013).

Selulosa  $\alpha$  merupakan kualitas selulosa yang paling tinggi (murni). Selulosa alfa >92% memenuhi syarat untuk digunakan sebagai bahan baku utama pembuatan propelan atau bahan peledak. Sedangkan selulosa kualitas dibawahnya digunakan sebagai bahan baku pada industri kertas dan industri sandang/ kain (serat rayon). Sejauh kajian pustaka, peneliti belum menemukan produksi bioetanol dengan menggunakan alfa selulosa. Hal ini disebabkan karena dalam pembuatan bioetanol tidak dibutuhkan selulosa yang murni tetapi hanya dibutuhkan glukosa yang diperoleh dari hidrolisis selulosa.

## **2.4 Hidrolisis Selulosa**

Hidrolisis adalah reaksi kimia antara air dengan suatu zat lain yang menghasilkan satu zat baru atau lebih dan juga dekomposisi suatu larutan dengan menggunakan air. Proses ini melibatkan pengionan molekul air ataupun peruraian senyawa yang lain. Hidrolisis pati dan selulosa menjadi gula dapat dilakukan dengan hidrolisis secara kimiawi, fisik, dan enzimatik.

### **2.4.1 Hidrolisis Enzimatik**

Hidrolisis secara enzimatik memiliki perbedaan mendasar dibandingkan hidrolisis secara kimiawi dan fisik dalam hal spesifitas pemutusan rantai polimer pati dan selulosa. Hidrolisis secara kimiawi (asam) dan fisik akan memutus rantai polimer secara acak, sedangkan hidrolisis enzimatik akan memutus rantai polimer

secara spesifik pada percabangan tertentu. Pada umumnya hidrolisis enzimatis menggunakan enzim selulase.

Hidrolisis enzimatis memiliki beberapa keuntungan dibandingkan hidrolisis asam, seperti tidak terjadi degradasi gula hasil hidrolisis, kondisi proses yang lebih rendah (suhu rendah, tekanan rendah, dan pH netral), berpotensi memberikan hasil yang tinggi, ramah lingkungan dan biaya pemeliharaan peralatan relatif rendah karena tidak ada bahan yang korosif. Namun, hidrolisis enzimatis memerlukan waktu yang lebih lama dibandingkan dengan hidrolisis kimiawi dan kerja enzim dihambat oleh produk. Selain itu, harga enzim yang relatif lebih mahal dibandingkan asam juga menjadi kerugian penggunaan hidrolisis enzimatis (Cheng, 2011).

Menurut Iranmahboob *et al* (2002), proses enzimatis merupakan proses yang paling mahal, proses *recycle* dan *recovery* enzim selulose diperlukan untuk menekan tingginya biaya produksi.

#### **2.4.2 Hidrolisis Kimiawi**

Hidrolisis asam adalah hidrolisis dengan menggunakan asam yang dapat mengubah polisakarida (pati, selulosa) menjadi gula. Asam bersifat sebagai katalisator yang dapat membantu dalam proses pemecahan karbohidrat menjadi gula. Rendemen glukosa yang tinggi dapat dihasilkan dari hidrolisis asam bila dicapai kondisi yang optimum (Girisuta, 2007).

Beberapa asam yang umum digunakan untuk hidrolisis kimiawi antara lain asam sulfat ( $H_2SO_4$ ), asam perklorat ( $HClO_4$ ), asam nitrat dan HCl. Asam sulfat

merupakan asam yang paling banyak diteliti dan dimanfaatkan untuk hidrolisis asam. Namun, kekurangan menggunakan metode ini adalah kurang ramah lingkungan dan  $H_2SO_4$  bersifat membakar selulosa, sehingga glukosa yang dihasilkan lebih sedikit. Sedangkan katalis HCl menghasilkan glukosa lebih tinggi dibandingkan  $H_2SO_4$  (Habibah *et al*, 2016). Dalam industri umumnya digunakan asam klorida sebagai katalisator. Pemilihan ini didasarkan pada garam yang terbentuk setelah penetralan hasil merupakan garam yang tidak berbahaya yaitu garam dapur.

Hidrolisis asam encer memiliki beberapa kelebihan, yaitu harganya lebih murah, lebih cepat dalam menghidrolisis, mudah didapat jika dibandingkan dengan hidrolisis enzim. Proses hidrolisis selulosa menggunakan asam encer dilakukan pada suhu dan tekanan tinggi dalam waktu yang singkat, beberapa detik sampai beberapa menit, sehingga memungkinkan untuk dilakukan secara kontinu (Hermiati *et al*, 2010). Dari keuntungan tersebut maka para produsen bioetanol skala kecil sangat cocok untuk menerapkan hidrolisis asam encer dalam sistem produksi bioetanol.

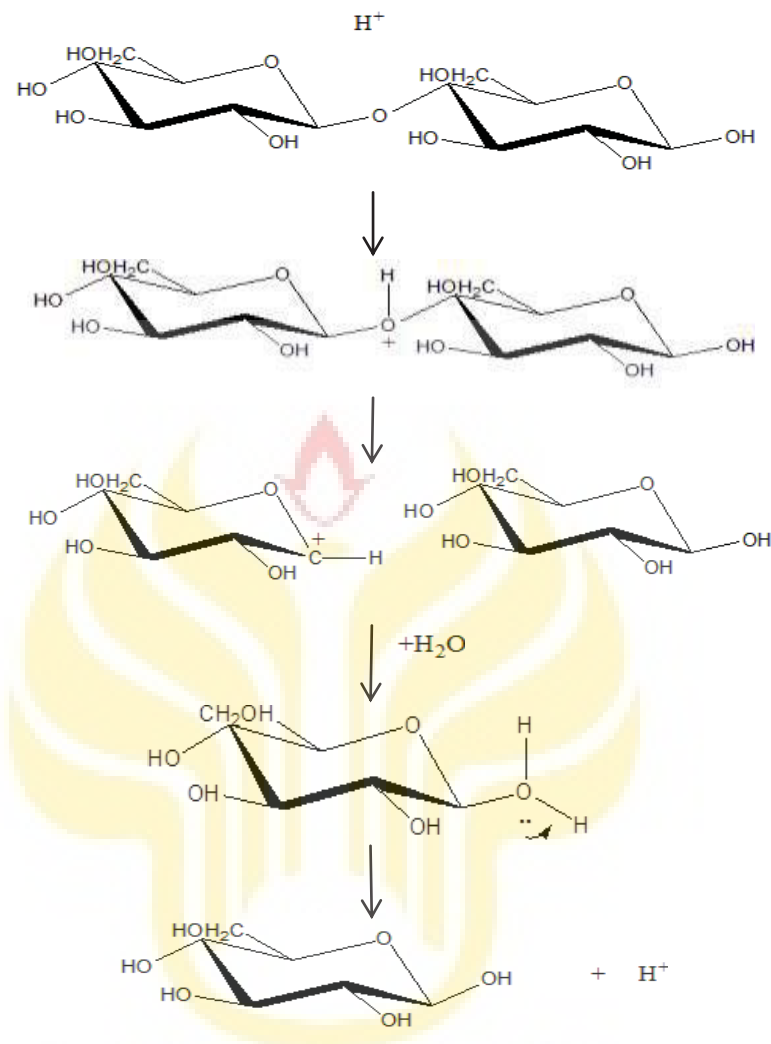
Penggunaan asam pekat pada proses hidrolisis selulosa dilakukan pada temperatur yang lebih rendah daripada asam encer. Konsentrasi asam yang digunakan adalah 10-30%, temperatur reaksi adalah  $100^{\circ}C$  dan membutuhkan waktu reaksi antara 2-6 jam. Temperatur yang lebih rendah meminimalisasi degradasi gula. Keuntungan dari penggunaan asam pekat ini adalah konversi gula yang dihasilkan tinggi, yaitu bisa mencapai konversi 90% (Badger, 2002). Namun

membutuhkan biaya investasi dan pemeliharaan yang tinggi, hal ini mengurangi ketertarikan untuk komersialisasi proses ini.

Proses hidrolisis dalam suasana asam berlangsung tiga tahap. Tahap pertama, proton (dari katalis asam) berinteraksi dengan oksigen glikosida yang menghubungkan dua unit gula dan membentuk asam konjugat. Tahap kedua adalah pemecahan secara lambat ikatan C-O menghasilkan intermediet kation karbonium siklik. Tahap ketiga mengalami adisi cepat, maka terbentuklah gula bebas (Harmanta, 2010). Mekanisme reaksi hidrolisis asam ditunjukkan pada Gambar 2.4.







Gambar 2.4 Mekanisme hidrolisis asam pada ikatan glikosida (Xiang *et al*, 2004 dalam Hermanta, 2010)

## 2.5 Bioetanol

Bioetanol merupakan salah satu *biofuel* yang hadir sebagai bahan bakar alternatif yang lebih ramah lingkungan dan sifatnya yang terbarukan. Bioetanol adalah etanol yang diproduksi dengan cara fermentasi menggunakan bahan baku hayati. Etanol atau Etil Alkohol lebih dikenal dengan alkohol, dengan rumus kimia  $C_2H_5OH$  merupakan cairan tak berwarna dengan karakteristik antara lain

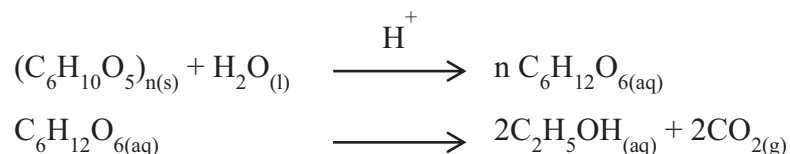
mudah menguap, mudah terbakar, larut dalam air, tidak karsinogenik dan jika terjadi pencemaran tidak memberikan dampak lingkungan yang signifikan (Novia *et al*, 2011).

Bioetanol dapat diperoleh dari sumber bahan baku yang mengandung glukosa, pati dan selulosa yang tersedia di Indonesia. Tahap inti proses pembuatan bioetanol adalah fermentasi gula baik yang berupa glukosa maupun sukrosa oleh *yeast* atau ragi terutama *S. cerevisiae* dan bakteri *Z. mobilis*. Pada proses ini gula dikonversi menjadi etanol dan gas karbon dioksida.

*Saccharomyces cerevisiae* merupakan salah satu khamir yang telah dikenal memiliki daya konversi gula menjadi etanol. Khamir ini memiliki enzim zimase dan invertase. Enzim invertase berfungsi sebagai pemecah disakarida menjadi monosakarida (glukosa dan fruktosa). Enzim zimase akan mengubah glukosa menjadi etanol (Judoamidjojo *et al*, 1989) dalam Nasrulloh (2009), penggunaan khamir genus *Saccharomyces cerevisiae* dalam fermentasi didasarkan pada:

1. Daya fermentasi yang tinggi
2. Kemudahan dalam penggunaan jasad
3. Selektivitas yang tinggi dalam menghasilkan produk
4. Kemampuan menggunakan berbagai jenis gula

Mekanisme pembentukan bioetanol dari selulosa limbah pengolahan agar:



Proses konversi bahan lignoselulosa menjadi etanol pada umumnya terdiri atas tiga tahap, yaitu perlakuan pendahuluan, sakarifikasi atau hidrolisis selulosa

menjadi gula-gula sederhana, dan fermentasi gula-gula sederhana menjadi etanol. Selanjutnya, dilakukan pemurnian etanol melalui distilasi dan dehidrasi untuk memperoleh *fuel-grade ethanol* (Hermiati *et al*, 2010). Pada tahap persiapan, bahan baku berupa padatan terlebih dahulu harus dikonversi menjadi larutan gula sebelum difermentasi menjadi etanol sedangkan bahan-bahan yang sudah berada dalam bentuk larutan seperti molase dapat langsung difermentasi (Arnata, 2009).

## 2.6 Hasil-hasil Penelitian Terdahulu

Di Indonesia rumput laut banyak dimanfaatkan dalam pembuatan agar terutama alga merah jenis *Gracilaria verrucosa*, karena kandungan polisakaridanya yang sangat melimpah. Hudha *et al* (2012) telah melakukan ekstraksi karagenin dari rumput laut *Eucheuma spinosum* dan menghasilkan karagenin sebesar 33,0080%. Kumar *et al* (2013) juga melakukan ekstraksi agar dari alga merah *Gracilaria verrucosa* dan menghasilkan agar sebanyak 28%. Namun dari proses pembuatan agar dan karagenin tersebut dihasilkan produk samping berupa selulosa.

Limbah selulosa kasar dari pembuatan agar dan karagenin dapat dimanfaatkan untuk pembuatan bioetanol. Sari *et al* (2013) melakukan penelitian untuk mendapatkan waktu hidrolisis dan fermentasi yang optimal dalam memproduksi bioetanol dari limbah pengolahan agar (*Gracilaria sp.*) industri dengan menggunakan kapang *Trichoderma viride* dan khamir *Saccharomyces cerevisiae*. Diperoleh total gula pereduksi 6,74 mg/mL dan etanol kasar dengan kadar 0,47% (b/b).

Septiany (2013) melakukan penelitian untuk mengetahui kadar produksi bioetanol dari selulosa alga merah dengan metode hidrolisis enzimatis dan fermentasi secara bertahap dan mengetahui nilai konversi dari alga merah. Diperoleh nilai konversi selulosa alga merah *Gracilaria verrucosa* setiap satu kilogram menghasilkan 23,01% bioetanol dengan kadar 29,60%.

Habibah *et al* (2016) melakukan optimasi hidrolisis enzimatis dan kimiawi terhadap alga merah *Gracilaria verrucosa* untuk memproduksi substrat fermentasi bioetanol. Diperoleh hidrolisis kimiawi yang paling baik dilakukan dengan HCl 30% selama 3 jam dengan konsentrasi gula reduksi sebesar 1493,33 ppm dan dengan kadar bioetanol sebesar 18%.

Adini *et al* (2015) juga melakukan penelitian konversi selulosa dari rumput laut dan limbah agar *Gracilaria sp* menjadi bioetanol dengan metode sakarifikasi yang berbeda. Kadar etanol tertinggi sebesar 5,50% diperoleh dari perlakuan dengan menggunakan medium rumput laut dan menggunakan hidrolisis asam.

Tabel 2.2 Perbandingan hasil penelitian biotransformasi selulosa dari alga merah dan limbah pengolahan agar menjadi bioetanol

| No | Nama Peneliti dan Tahun     | Material  | Proses  | Kadar Bioetanol |
|----|-----------------------------|---|---|-----------------|
| 1. | Sari <i>et al</i> , 2013    | Selulosa kasar limbah Pengolahan agar ( <i>Gracilaria sp.</i> ) | Fermentasi dengan khamir <i>Saccharomyces cereviciae</i>  | 0,47%           |
| 2. | Septiany, 2013              | Selulosa kasar alga merah <i>Gracilaria verrucosa</i>           | Hidrolisis enzimatik dan fermentasi bertahap  | 29,60%          |
| 3. | Habibah <i>et al</i> , 2016 | Selulosa kasar alga merah <i>Gracilaria verrucosa</i>           | Hidrolisis kimiawi dan enzimatik dilanjutkan fermentasi dengan ragi roti <i>Saccaromyces cereviciae</i> | 18,00%          |
| 4. | Adini <i>et al</i> , 2015   | Selulosa kasar rumput laut dan limbah agar <i>Gracilaria sp</i> | Hidrolisis asam dan dilanjutkan sakarifikasi  | 5,50%           |

Berdasarkan hasil penelitian yang ditunjukkan pada Tabel 1.2, maka dapat disimpulkan:

1. Pemanfaatan alga merah *Gracilaria verrucosa* dalam pengolahan Agar menghasilkan limbah berupa selulosa.
2. Sejauh pengetahuan penulis belum ada peneliti yang melakukan optimasi ekstraksi selulosa dari limbah pengolahan agar.
3. Selulosa dari limbah pengolahan agar berpotensi sebagai prekursor bioetanol.

Dalam penelitian ini, penulis merancang penelitian mengenai selulosa dari limbah pengolahan agar yang kemudian diaplikasikan menjadi bioetanol melalui hidrolisis kimiawi dan dilanjutkan fermentasi.

## **BAB 5**

### **PENUTUP**

#### **5.1 Simpulan**

Berdasarkan penelitian dan pembahasan yang telah dilakukan dapat memberikan simpulan sebagai berikut:

1. Kondisi optimum saat ekstraksi selulosa dari limbah pengolahan agar pada konsentrasi NaOH 20% dan waktu ekstraksi selama 75 menit.
2. Kondisi optimum saat ekstraksi selulosa dari limbah pengolahan agar menghasilkan selulosa dengan kadar 17,6171%.
3. Kadar glukosa filtrat hasil hidrolisis sebesar 980 ppm dan 360 ppm. Destilat hasil fermentasi mengandung etanol yang dibuktikan dengan hasil analisis reaksi kalium dikromat, FT-IR, dan GC mendekati hasil analisis etanol standar.

#### **5.2 Saran**

Berdasarkan penelitian ini disarankan untuk melakukan penelitian lebih lanjut sebagai berikut:

1. Dilakukan penelitian untuk ekstraksi selulosa limbah pengolahan agar dengan variasi larutan alkali, konsentrasi larutan yang lebih tinggi, dan waktu yang lebih lama

2. Dilakukan penelitian untuk ekstraksi selulosa limbah pengolahan agar dengan teknik lain
3. Dilakukan optimasi hidrolisis selulosa dari limbah pengolahan agar baik secara kimiawi maupun enzimatik untuk mendapatkan prekursor bioetanol yang lebih tinggi kadarnya
4. Dilakukan optimasi fermentasi hasil hidrolisis selulosa limbah pengolahan agar untuk mendapatkan bioetanol dengan kadar yang tinggi



## DAFTAR PUSTAKA

- Adini S., Endang K., & Anto B. 2015. Produksi Bioetanol Dari Rumput Laut dan Limbah Agar *Gracilaria* sp. dengan Metode Sakarifikasi Yang Berbeda. *BIOMA*, 16(2): 65-75.
- Alvira, P., Tomas P., M. Ballesteros, & M. J. Negro. 2010. Pretreatment Technologies for an Efficient Bioethanol Production Process Based on Enzymatic Hydrolysis. *Bioresource Technology*, 101: 4851-4861.
- Arianie, L., & Idiawati, N. 2011. Penentuan Lignin dan Kadar Glukosa dalam Hidrolisis Organosolv dan Hidrolisis Asam. *Jurnal Sains dan Terapan Kimia*, 5 (2): 140-150.
- Ariyani, E., E. Kusumo, & Supartono. 2013. Produksi Bioetanol dari Jerami Padi (*Oryza sativa* L.). *Indonesian Journal of Chemical Science*, 2(2): 167-172.
- Arnata, I. 2009. *Teknologi Bioproses Pembuatan Bioetanol dari Ubi Kayu Menggunakan Trichoderma viridae, Aspergillus niger dan Saccharomyces cerevisiae*. Bogor: IPB.
- Atmadja, W. S., Sulistijo, Kadi, A., & Sahari, R. 1996. *Pengenalan Jenis Rumput Laut di Indonesia*. Jakarta: P30 LIPI.
- Badger, P. C. 2002. *Ethanol from Cellulose: A General Review*. In *Trend in New Crops and New Uses.*, J. Jannick and A. Whipkey (eds). Alexandria, VA: ASHS Press.
- Bintang, M. 2010. *Biokimia - Teknik Penelitian*. Jakarta: Erlangga.
- Clyden, J., Greeves, N., & Warren, S. 2012. *Organic Chemistry*. Inggris: Oxford University Press.
- Coniwanti, P., Muhammad, D., & Zubeir, S.D. 2015. Pembuatan Natrium Karboksimetil Selulosa (Na-CMC) dari Selulosa Limbah Kulit Kacang Tanah (*Arachis Hypogea* L.). *Jurnal Teknik Kimia*, 21(4): 57-64.
- Girisuta, B., Janssen, L. P. B. M., & Heeres, H. J. 2007. Kinetic Study on The Acid-Catalyzed Hydrolysis of Cellulose to Levulinic Acid. *Ind. Eng. Chem. Res.*, 46: 1696-1708.
- Gunam, I.B.W., K. Buda, I.M.Y.S Guna. 2010. Pengaruh Perlakuan Delignifikasi dengan Larutan NaOH Konsentrasi Substrat Jerami Padi terhadap Produksi Enzim Selulase dari *Aspergillus niger* NRRL A-II, 264. *Jurnal Biologi XIV*: 55-61.



- Gusrianto, P., Zulharmita, & Harrizul, R. 2011. Preparasi dan Karakterisasi Mikrokristalin Selulosa dari Limbah Serbuk Kayu Penggerajian. *Jurnal Sains dan Teknologi Farmasi*, 16(2): 180-188.
- Habibah, F. 2015. *Produksi Substrat Fermentasi Bioetanol dari Alga Merah Gracilaria verrucosa melalui Hidrolisis Enzimatis dan Kimiawi*. Skripsi. Semarang: FMIPA Universitas Negeri Semarang.
- Habibah, F., Samuel, B. W. K., & Nanik, W. 2016. Produksi Substrat Fermentasi Bioetanol dari Alga Merah Gracilaria verrucosa. *Indonesian Journal of Chemical Science*, 5(1): 36-41.
- Habibah, Rudnin., Darwin Yunus, & Naasution Yugia Muis. 2013. Penentuan Berat Molekul dan Derajat Polimerisasi  $\alpha$ -Selulosa yang Berasal dari Alang-Alang (*Imperata Cylindrical*) Dengan Metode Viskositas. *Jurnal Saintia Kimia*, 1(2).
- Hardadi, R. 2015. Kondisi Pasokan dan Permintaan BBM di Indonesia dan Upaya Pertamina Dalam Pemenuhan Kebutuhan BBM Nasional. Presentasi Direktur Pengolahan, 23 Januari. Hlm 4-6.
- Hermanta. 2010. *Optimasi Hidrolisis dan Fermentasi Malai Maupun Tangkai Sorgum (Sorgum Bicolor) Mandau untuk Menghasilkan Pemanis Xilitol*. Tesis. Depok: FMIPA Universitas Indonesia.
- Hermiati, Euis., Djumali M., Titi C. S., Ono S., & Bambang P. 2010. Pemanfaatan Biomassa Lignoselulosa Ampas Tebu untuk Produksi Bioetanol. *Jurnal Litbang Pertanian*, 29(4): 121-130.
- Hudha M. I., Risa S., & Suci D. S. 2012. Ekstraksi Karaginan Dari Rumput Laut (*Eucheuma Spinosum*) Dengan Variasi Suhu Pelarut Dan Waktu Operasi. *Berkala Ilmiah Teknik Kimia*, 1(1).
- Iranmahboob, J. F. Nadim, & S. Monemi. 2002. Optimizing Acid Hydrolysis: A Critical Step For Production of Ethanol from Mixed Wood Chips. *Biomass and Energy*, 22: 401-404.
- Judoamidjojo, R.M., E.G. Said & L. Hartanto. 1989. *Biokonversi*. Departemen Pendidikan dan Kebudayaan Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi Pusat Antar Universitas Bioteknologi-IPB. Bogor. Arnata, 2009.
- Kumar, Savindra., Rishi G., Gaurav K., Dinabandhu S., dan Ramesh C. K. 2013. Bioethanol Production from Gracilaria verrucosa, a red alga, in a Biorefinery Approach. *Bioresource Technology*, 135: 150-156.
- Kurniadi, R., Zahidah, H., & Yeni, M. 2012. Efektivitas Jamur Marasmius sp. untuk Mendegradasi Limbah Pengolahan Agar (Gacilaria sp.) sebagai Bahan Baku Bioetanol. *Jurnal Perikanan dan Kelautan*, 3(4): 292-300.

- Lathifa, L. 2017. *Pemanfaatan Biomassa Lignoselulosa Kulit Kacang Tanah (Arachis hypogaea L.) untuk Produksi Bioetanol melalui Hidrolisis Asam*. Skripsi. Semarang: FMIPA Universitas Negeri Semarang.
- Melisa, S. Bahri, Nurhaeni. 2014. Optimasi Sintesis Karboksimetil Selulosa Dari Tongkol Jagung Manis (*Zea Mays L Saccharata*). *Online Jurnal of Natural Science*, 3(2): 70-78.
- Miller, G. L. 1959. Use of Ditiyosalisylic Acid Reagent for Determination of Reducing sugar. *Journal Analytical Chemistry*, 31(3): 426-428.
- Nasrulloh. 2009. *Hidrolisis Asam dan Enzimatis Pati Ubi Jalar (Ipomoea batatas L) Menjadi Glukosa Sebagai Substrat Fermentasi Etanol*. Skripsi. Jakarta: Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah.
- Novia, M. Faizal., M.F Ariko., & D.H Yigamina. 2011. Hidrolisis Enzimatik Dan Fermentasi TKKS yang Didelignifikasi dengan Asam Sulfat dan NaOH untuk Memproduksi Etanol. *Prosiding Seminar Nasional Avoer Ke ,3 Palembang 26-27 Oktober 2011*.
- Nurhayati dan Rinta. 2014. Sintesis Selulosa Asetat Dari Limbah Pengolahan Agar. *Jpb Perikanan*, 9(2): 97-107.
- Oktavia. I. F., Argo. D. B., dan Lutfi. M. 2014. Hidrolisis Enzimatik Ampas Tebu (Bagasse) Memanfaatkan Enzim Selulase dari Mikrofungi *Trichoderma reesei* dan *Aspergillus niger* Sebagai Katalisator dengan Pretreatment Microwave. *Jurnal Keteknikan Perikanan dan Biosistem*, 2 (3) : 256-262.
- Oktavianus, F., Roy Martua, S., & M Djoni Bustan. 2013. Pembuatan Bioetanol dari Batang Jarak Menggunakan Metode Hidrolisa dengan Katalis Asam Sulfat. *Jurnal Teknik Kimia*, 19(2): 27-32.
- Permana. 2010. *Pabrik Agar Rumput Laut Gracilaria Sp. dengan Proses Alkali Treatment*. Proposal Pra Rencana Pabrik. Jawa Timur, Universitas Pembangunan Nasional.
- Safari, S., N, Idiawati & T.A. Zaharah. 2013. Efektivitas Campuran Enzim Selulase dari *Aspergillus niger* dan *Trichoderma reesei* dalam Menghidrolisis Substrat Sabut Kelapa. *JKK*, 2(1): 46-51.
- Sahat, Hendro Jonathan. 2013. Rumput Laut Indonesia. *Warta Ekspor*, Edisi September. Hlm 2-3.
- Sari, Rodiah Nurbaya., Sugiyono, & Luthfi Assadad. 2013. Optimasi Waktu Proses Hidrolisis dan Fermentasi dalam Produksi Bioetanol dari Limbah Pengolahan Agar (*Gracilaria sp.*) Industri. *JPB Perikanan*, 8(2): 133-142.

- Satioko, T.R., Sri, W., & Vurwachid, B. D. 2013. Pemanfaatan Bagas Limbah Pabrik Gula Jatibarang Brebes Menjadi Bioetanol. *Indonesian Journal of Chemical Science*, 2(3).
- Septiany, I. 2013. *Produksi Bioetanol dari Selulosa Alga Merah dengan Sistem Fermentasi Dua Tahap Menggunakan Jamur Trichoderma viride dan Bakteri Zymomonas mobilis*. Tesis. Makassar: Program Pascasarjana Universitas Hasanuddin.
- Setiawan, H. & Ersanghono Kusumo. 2015. Pembuatan Bioetanol dari Jerami Padi dengan Bantuan Enzim Selulase dari Jarum Tiram. *Indonesian Journal of Chemical Science*, 4(2): 132-137.
- Siregar, M.R., Yusuf, H., & Wahyunanto, A.N. 2014. Pengaruh Konsentrasi NaOH dan Lama Waktu Pemanasan *Microwave* dalam Proses Pretreatment terhadap Kadar Lignoselulosa *Chlorella vulgaris*. *Jurnal Teknologi Pertanian*, 15(2): 129-138.
- Siregar, Yusni Ikhwan. 2015. *Menggali Potensi Sumber Daya Laut Indonesia*. Makalah. Riau: Fakultas Perikanan UR Kampus Bina Widya Panam.
- Sugiyatno. 2010. *Interaksi Antara Sistem Budidaya dan Metode Tanam Terhadap Pertumbuhan dan Kandungan agar Gracilaria verrucosa (Hudson) Papenfus*. Skripsi. Universitas Diponegoro, Semarang.
- Sumada, K., Puspita, E.T., & Fiqih, A. 2011. Kajian Proses Isolasi  $\alpha$ -Selulosa dari Limbah Batang Tanaman Manihot *esculenta crantz* yang Efisien. *Jurnal Teknik Kimia*, 5(2): 434-438.
- Taherzadeh, M.J & K, Karimi. 2008. Pretreatment of Lignocellulosic Waste to Improve Bioethanol and Biogas Production. *Int. J. Mol. Sci*, 9: 1621-1651.
- Widodo, L.U., Ketut S, & Novel K. 2013. Pemisahan  $\alpha$ -Selulosa dari Limbah Batang Ubi Kayu Menggunakan Larutan Natrium Hidroksida. *Jurnal Teknik Kimia*, 7(2): 43-47.
- Xiang. 2003. Heterogenous Aspect of Acid Hydrolysis of  $\alpha$ -cellulose Applied. *Biochemistry and Biotechnology*, 107: 1-3.
- Zulharmita, Siska N.D., & Mahyuddin. 2012. Pembuatan Mikrokristalin Selulosa dari Ampas Tebu (*Saccharum officinarum* L.). *Jurnal Sains dan Teknologi Farmasi*, 17(2): 158-163.