

**PRODUKSI BIOETANOL OLEH *Saccharomyces cerevisiae* D.01
YANG DIAMOBILISASI DENGAN ALGINAT DARI *Sargassum* sp.
PADA REAKTOR *BATCH* YANG DISIRKULASI
DENGAN MENGGUNAKAN SUBSTRAT MOLASE**

Skripsi
untuk memenuhi sebagian persyaratan
untuk mencapai gelar Sarjana Sains (S.Si)



disusun oleh
Debby Stevia
31.07.1123

kepada
**FAKULTAS BIOTEKNOLOGI
UNIVERSITAS KRISTEN DUTA WACANA
YOGYAKARTA
2011**

Skripsi yang berjudul

**PRODUKSI BIOETANOL OLEH *Saccharomyces cerevisiae* D.01
YANG DIAMOBILISASI DENGAN ALGINAT DARI *Sargassum* sp.
PADA REAKTOR *BATCH* YANG DISIRKULASI
DENGAN MENGGUNAKAN SUBSTRAT MOLASE**

yang disusun oleh

DEBBY STEVIA
NIM : 31071123

Telah dipertahankan di depan sidang penguji pada tanggal 21 Desember 2011

Skripsi tersebut telah diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan
untuk memperoleh gelar Sarjana Sains (S.Si)



Yogyakarta, 11 Januari 2012
Universitas Kristen Duta Wacana
Fakultas Bioteknologi
Prodi Biologi

Pembimbing,

(Dr. rer. nat Guntoro)

Dekan,

(Drs. Kisworo, M.Sc.)

PRAKATA

Puji syukur kepada Tuhan Yesus Kristus atas berkat dan kasihNya yang telah menyertai penulis dalam menyelesaikan skripsi yang berjudul “**Produksi Bioetanol oleh *Saccharomyces cerevisiae* D.01 yang Diamobilisasi dengan Alginat dari *Sargassum* sp. pada Reaktor *Batch* yang Disirkulasi dengan Menggunakan Substrat Molase**”. Skripsi ini merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains di Fakultas Bioteknologi, Universitas Kristen Duta Wacana Yogyakarta.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari sempurna, meskipun demikian penulis berusaha menyelesaikan skripsi ini dengan sebaik-baiknya. Penyusunan skripsi ini tidak akan dapat diselesaikan tanpa bimbingan dan bantuan dari berbagai pihak, baik secara moril maupun materiil. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada yang terhormat :

1. Dr. rer nat Guntoro, selaku Dosen Pembimbing yang telah berkenan membimbing, mengarahkan, dan memberi dukungan penulis dalam penelitian serta dalam penulisan skripsi.
2. Dr. Ir. Retno Indrati, M.Sc., selaku Dosen Penguji I yang telah berkenan meluangkan waktu dan berkenan menguji serta memberikan masukan-masukan untuk perbaikan skripsi.

3. Dra. Aniek Prasetyaningsih, M. Si., selaku Dosen Penguji III yang telah berkenan meluangkan waktu dan berkenan menguji, serta memberikan saran-saran untuk perbaikan skripsi.
4. Mas Hari, Mas Setyo, Mas Muji, Mas Is, Mba Retno, Mba Yanti, dan Mas Yamto selaku Staf Administrasi dan Laboratorium Fakultas Bioteknologi Universitas Kristen Duta Wacana, Yogyakarta yang telah membantu selama proses kuliah penulis berlangsung, dalam penyediaan alat dan bahan penelitian, serta pengurusan surat-surat.
5. Keluargaku yang selalu hadir untukku, papi, mami (yang ada di surga), ii, aqyuh, Oo, dan adik-adikku, terima kasih buat dukungan dan doanya.
6. Rio Caesar yang selalu ada disampingku dan selalu memberikan dukungan sampai skripsi ini selesai dengan baik.
7. Sahabat-sahabatku : Amelia, Lydia Lumban Tobing, Tamara Happy Diana Soelaiman, Trisnawati, Dewi Intan Puspitadesi terima kasih sudah mau menjadi sahabatku.
8. Yumechris Amekan, sahabat seperjuanganku di lab, terima kasih sudah mau mendukung dan menemaniku sampai skripsi ini selesai dengan baik.
9. Temen-temen angkatan 2007 : Amel, Lydia, Miki, Elen, Ana, Ace, Yeni, Arya, Hendra, Betty, Rita, Vita, Jack, Yane, terima kasih buat dukungan dan pertemanan selama ini.

10. Adik-adik yang sudah menemani dan membantu selama penelitian : Diah Andarwati, Arta Puspita Sari, Kuswanti, dan Elisabeth Atikah Anggraini, terima kasih buat bantuannya selama penelitian, semoga cepat menyusul.
11. Adik-adik angkatan 2008, 2009, 2010, 2011 terima kasih buat doa dan dukungannya.
12. Teman-teman DWPh, Aikido, Tamborin UKDW yang memberi warna dalam masa perkuliahan, terima kasih.
13. Om dan Tante Yos, teman-teman remaja, kakak-kakak, adik-adik, dan tim tamborin di GPdI Efrata, terima kasih buat dukungan dan semangatnya.
14. Semua pihak yang telah membantu yang tidak dapat disebutkan penulis satu persatu.

Akhirnya penulis berharap semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi pembaca maupun penulis, kritik dan saran yang bersifat membangun senantiasa diharapkan oleh penulis bagi kesempurnaan skripsi ini.

Yogyakarta, Desember 2011

Penulis

DAFTAR ISI

| | |
|--|------|
| Prakata | iii |
| Daftar Isi | vi |
| Daftar Tabel | viii |
| Daftar Gambar | x |
| Abstrak | xii |
| | |
| I. Pendahuluan | 1 |
| A. Latar Belakang | 1 |
| B. Rumusan Masalah | 4 |
| C. Manfaat Penelitian | 4 |
| D. Tujuan Penelitian | 5 |
| | |
| II. Tinjauan Pustaka | 6 |
| A. Etanol | 6 |
| B. Fermentasi Etanol secara Batch dan Kontinyu | 8 |
| C. Amobilisasi Sel | 10 |
| D. Faktor-faktor yang Mempengaruhi Proses Fermentasi | 13 |
| E. Molase (tetes tebu) | 15 |
| F. Rumput Laut | 19 |
| G. Alginat | 21 |
| H. Pengolahan Alginat | 25 |
| 1. Proses kalsium alginat | 27 |
| 2. Proses asam alginat | 29 |
| | |
| III. Hipotesis | 31 |
| | |
| IV. Metodologi Penelitian | 32 |
| A. Waktu dan Tempat Penelitian | 32 |
| B. Alat dan Bahan Penelitian | 32 |
| 1. Alat | 32 |
| 2. Bahan | 32 |
| C. Cara Kerja | 33 |
| 1. Uji Pendahuluan : Mengukur Kadar Gula dalam Molase dengan Metode DNSA | 33 |
| 2. Persiapan Alginat dari Rumput Laut <i>Sargassum</i> sp. | 33 |
| a. Metode ekstraksi melalui asam alginat | 34 |
| b. Metode ekstraksi melalui kalsium alginat | 35 |
| 3. Regenerasi Khamir <i>Saccharomyces cereviseae</i> D.01 | 36 |
| 4. Pemiakan untuk Memperoleh Biomassa <i>Saccharomyces cereviseae</i> D.01 | 36 |

| | |
|--|----|
| 5. Pembuatan Sel Amobil/ <i>Beads Saccharomyces cerevisiae</i> D.01..... | 37 |
| 6. Kontruksi Reaktor | 38 |
| 7. Fermentasi Etanol oleh <i>Beads Saccharomyces cerevisiae</i> D.01 | 39 |
| a. Uji Pengaruh Konsentrasi Gula..... | 39 |
| b. Uji <i>Pretreatment</i> Molase | 39 |
| c. Uji Penggunaan Berulang | 40 |
| 8. Tahap Analisa..... | 39 |
| a. Pengukuran Kadar Etanol..... | 41 |
| b. Pengukuran Gula Reduksi..... | 42 |
| c. Pengukuran pH | 42 |
| d. Penentuan Kepadatan Sel <i>Saccharomyces cerevisiae</i> D.01 dalam <i>beads</i> | 43 |
| V. Hasil dan Pembahasan | 44 |
| A. Pemilihan Metode Ekstraksi Alginat dari Rumput Laut <i>Sargassum</i> sp. | 44 |
| B. Pengaruh Konsentrasi Gula terhadap <i>Yield</i> Etanol dan Produktivitas Etanol oleh <i>Beads Saccharomyces cerevisiae</i> dalam Matriks Alginat | 48 |
| C. Pengaruh <i>Pretreatment</i> Molase terhadap Pembentukan <i>Yield</i> Etanol dan Produktivitas Etanol oleh <i>Beads Saccharomyces</i> <i>cerevisiae</i> dalam Matriks Alginat | 54 |
| D. Uji Penggunaan Berulang <i>Beads Saccharomyces cerevisiae</i> dalam Matriks Alginat terhadap <i>Yield</i> dan Produktivitas Etanol .. | 57 |
| E. Analisa Biaya | 60 |
| 1. Biaya Produksi Bioetanol dengan Sel Amobil | 60 |
| a. Ekstraksi alginat dari rumput laut <i>Sargassum</i> sp. | 60 |
| b. Persiapan sel amobil | 61 |
| c. Fermentasi etanol oleh <i>beads Saccharomyces cerevisiae</i> dengan matriks alginat | 61 |
| d. Total biaya (b + c) | 61 |
| e. Total biaya per liter produk | 62 |
| 2. Biaya Produksi Bioetanol dengan Sel Bebas | 62 |
| VI. Kesimpulan dan Saran | 64 |
| A. Kesimpulan | 64 |
| B. Saran | 65 |
| Daftar Pustaka | 66 |
| Lampiran-Lampiran | 69 |

DAFTAR TABEL

| | | |
|-----------|--|----|
| Tabel 1. | Sifat Fisik Etanol | 7 |
| Tabel 2. | Komposisi Molase (Dellweg, 1983) | 16 |
| Tabel 3. | Komposisi Tetes atau Molase (Sumber PG dan PS Madukismo Yogyakarta) | 16 |
| Tabel 4. | Produksi Rumput Laut Indonesia | 20 |
| Tabel 5. | Komposisi Kimia Rumput Laut <i>Sargassum</i> sp. di Kepulauan Seribu | 21 |
| Tabel 6. | Pengaruh Perbedaan Metode Ekstraksi terhadap Rendemen Produk | 44 |
| Tabel 7. | <i>Yield</i> Etanol, Produktivitas, dan Konsumsi Gula oleh <i>Beads Saccharomyces cerevisiae</i> dalam Medium Molase (10, 20, dan 30 ^o brix) | 48 |
| Tabel 8. | Pengaruh <i>Pretreatment</i> Molase terhadap Pembentukan <i>Yield</i> Etanol dan Produktivitas Etanol oleh <i>Beads Saccharomyces cerevisiae</i> dalam Matriks Alginat | 54 |
| Tabel 9. | Pengaruh Penggunaan Berulang <i>Beads</i> terhadap <i>Yield</i> Etanol, Konsumsi Gula dan Produktivitas Etanol oleh <i>Beads Saccharomyces cerevisiae</i> dalam Matriks Alginat dengan Pergantian Medium Sebanyak 5 kali | 58 |
| Tabel 10. | Biaya Produksi Pembuatan Sel Amobil | 61 |
| Tabel 11. | Biaya Produksi Fermentasi Etanol oleh <i>Beads Saccharomyces cerevisiae</i> dengan Matriks Alginat | 61 |
| Tabel 12. | Biaya Produksi “Industri Bioetanol” di Bekonang, Sukoharjo .. | 63 |
| Tabel 13. | Hasil Pengukuran Absorbansi dari Kurva Standar Glukosa | 71 |
| Tabel 14. | Data Mentah Hasil Pengamatan pada Uji Perlakuan Pengaruh Konsentrasi Gula terhadap <i>Yield</i> dan Produktivitas Etanol oleh <i>Beads Saccharomyces cerevisiae</i> dalam Matriks Alginat..... | 76 |

| | |
|--|----|
| Tabel 15. Olahan Data Mentah Hasil Pengamatan pada Uji Perlakuan Pengaruh Konsentrasi Gula 10 ^o brix terhadap <i>Yield</i> dan Produktivitas Etanol oleh <i>Beads Saccharomyces cerevisiae</i> dalam Matriks Alginat..... | 77 |
| Tabel 16. Olahan Data Mentah Hasil Pengamatan pada Uji Perlakuan Pengaruh Konsentrasi Gula 20 ^o brix terhadap <i>Yield</i> dan Produktivitas Etanol oleh <i>Beads Saccharomyces cerevisiae</i> dalam Matriks Alginat..... | 78 |
| Tabel 17. Olahan Data Mentah Hasil Pengamatan pada Uji Perlakuan Pengaruh Konsentrasi Gula 30 ^o brix terhadap <i>Yield</i> dan Produktivitas Etanol oleh <i>Beads Saccharomyces cerevisiae</i> dalam Matriks Alginat..... | 79 |
| Tabel 18. Data Mentah Hasil Pengamatan pada Uji Perlakuan Pengaruh <i>Pretreatment</i> Molase terhadap <i>Yield</i> dan Produktivitas Etanol oleh <i>Beads Saccharomyces cerevisiae</i> dalam Matriks Alginat... | 80 |
| Tabel 19. Olahan Data Mentah Hasil Pengamatan pada Uji Perlakuan Pengaruh Non- <i>pretreatment</i> Molase terhadap <i>Yield</i> dan Produktivitas Etanol oleh <i>Beads Saccharomyces cerevisiae</i> dalam Matriks Alginat..... | 81 |
| Tabel 20. Olahan Data Mentah Hasil Pengamatan pada Uji Perlakuan Pengaruh <i>Pretreatment</i> Molase terhadap <i>Yield</i> dan Produktivitas Etanol oleh <i>Beads Saccharomyces cerevisiae</i> dalam Matriks Alginat..... | 81 |
| Tabel 21. Data Mentah Hasil Pengamatan pada Uji Penggunaan Berulang terhadap <i>Yield</i> dan Produktivitas Etanol oleh <i>Beads Saccharomyces cerevisiae</i> dalam Matriks Alginat..... | 82 |
| Tabel 22. Olahan Data Mentah Hasil Pengamatan pada Uji Penggunaan Berulang <i>Beads Saccharomyces cerevisiae</i> dalam Matriks Alginat terhadap <i>Yield</i> dan Produktivitas Etanol..... | 83 |
| Tabel 23. Kepadatan Sel dalam <i>Beads</i> | 84 |

DAFTAR GAMBAR

| | | |
|------------|---|----|
| Gambar 1. | Imobilisasi sel dengan penjebakan di dalam <i>alginate bead</i> | 12 |
| Gambar 2. | Struktur asam D-Manuronat dan asam L-Guluronat dan alternatif segmen polimernya | 22 |
| Gambar 3. | Rumus bangun molekul natrium alginat yang tersusun dari alternatif segmen polimernya | 23 |
| Gambar 4. | Ion bivalen Ca^{2+} yang mengikat rantai polimer Na – alginat | 24 |
| Gambar 5. | <i>Flowchart</i> untuk produksi natrium alginat | 27 |
| Gambar 6. | Pengaruh konsentrasi gula dalam molase terhadap kadar etanol yang dihasilkan | 50 |
| Gambar 7. | Kadar Etanol yang dihasilkan pada uji pengaruh <i>pretreatment</i> molase | 56 |
| Gambar 8. | Produktivitas etanol oleh <i>beads Saccharomyces cerevisiae</i> D.01 dalam matriks alginat dengan pergantian medium sebanyak 5 kali | 59 |
| Gambar 9. | Kurva standar glukosa | 72 |
| Gambar 10. | <i>Sargassum</i> sp. kering | 85 |
| Gambar 11. | <i>Sargassum</i> sp. basah | 85 |
| Gambar 12. | Penyortiran <i>Sargassum</i> sp. sebelum proses ekstraksi | 85 |
| Gambar 13. | Pencucian dengan HCl (proses dalam metode ekstraksi) | 85 |
| Gambar 14. | Ekstraksi dengan Na_2CO_3 sampai menjadi pasta | 85 |
| Gambar 15. | Proses penyaringan setelah ekstraksi dengan Na_2CO_3 | 85 |
| Gambar 16. | Filtrat dari proses ekstraksi dengan Na_2CO_3 | 86 |
| Gambar 17. | Pembentukan asam alginat setelah penambahan H_2SO_4 pada metode ekstraksi melalui asam alginat | 86 |

| | | |
|------------|---|----|
| Gambar 18. | Pembentukan kalsium alginat setelah penambahan CaCl_2 dalam metode ekstraksi melalui kalsium alginat | 86 |
| Gambar 19. | Penambahan NaOH dalam pembentukan natrium alginat | 86 |
| Gambar 20. | Penambahan alkohol | 86 |
| Gambar 21. | Penirisan setelah penambahan alkohol | 86 |
| Gambar 22. | Hasil penirisan sebelum dikeringkan | 87 |
| Gambar 23. | Hasil ekstraksi | 87 |
| Gambar 24. | Uji kekentalan alginat | 87 |
| Gambar 25. | Uji pembentukan <i>beads</i> | 87 |
| Gambar 26. | Penambahan alginat ke dalam suspensi sel | 87 |
| Gambar 27. | <i>Beads Saccharomyces cerevisiae</i> | 87 |
| Gambar 28. | Bentuk reaktor | 88 |
| Gambar 29. | <i>Beads</i> setelah proses fermentasi dengan medium molase | 88 |



**PRODUKSI BIOETANOL OLEH *Saccharomyces cerevisiae* D.01
YANG DIAMOBILISASI DENGAN ALGINAT DARI *Sargassum* sp.
PADA REAKTOR *BATCH* YANG DISIRKULASI
DENGAN MENGGUNAKAN SUBSTRAT MOLASE**

ABSTRAK

Oleh

Debby Stevia

Penelitian ini dilakukan untuk melihat pengaruh variasi konsentrasi molase terhadap kinerja produksi etanol oleh *Saccharomyces cerevisiae* D.01 yang diamobilisasi dengan alginat dari rumput laut *Sargassum* sp. pada reaktor *batch* yang disirkulasi. Medium molase dengan konsentrasi gula 10, 20, dan 30°brix yang dipakai pada penelitian ini.

Variasi konsentrasi molase mempengaruhi *yield* etanol dan produktivitas etanolnya. *Yield* dan produktivitas etanol tertinggi dihasilkan pada molase dengan kandungan gula 10°brix yaitu sebesar 91,987 gram/mol substrat atau sebesar 99,986% dari *yield* teoritisnya dan produktivitas etanol sebesar 2,886 gram/mol substrat/jam.

Uji stabilitas *beads Saccharomyces cerevisiae* dalam matriks alginat terhadap *yield* etanol dan produktivitas etanol dilakukan dengan mengganti medium molase *Pretreatment* dengan konsentrasi gula 10°brix sebanyak 5 kali. Persentase *yield* etanol dari *yield* teoritis etanol secara berturut-turut dari *Batch* I sampai *Batch* V adalah 72,393%, 90,888%, 82,552%, 84,577%, dan 71,669%. Pergantian medium menurunkan persentase *yield* etanol dari *yield* teoritis etanol sebesar \pm 8-12%.

**PRODUKSI BIOETANOL OLEH *Saccharomyces cerevisiae* D.01
YANG DIAMOBILISASI DENGAN ALGINAT DARI *Sargassum* sp.
PADA REAKTOR *BATCH* YANG DISIRKULASI
DENGAN MENGGUNAKAN SUBSTRAT MOLASE**

ABSTRAK

Oleh

Debby Stevia

Penelitian ini dilakukan untuk melihat pengaruh variasi konsentrasi molase terhadap kinerja produksi etanol oleh *Saccharomyces cerevisiae* D.01 yang diamobilisasi dengan alginat dari rumput laut *Sargassum* sp. pada reaktor *batch* yang disirkulasi. Medium molase dengan konsentrasi gula 10, 20, dan 30°brix yang dipakai pada penelitian ini.

Variasi konsentrasi molase mempengaruhi *yield* etanol dan produktivitas etanolnya. *Yield* dan produktivitas etanol tertinggi dihasilkan pada molase dengan kandungan gula 10°brix yaitu sebesar 91,987 gram/mol substrat atau sebesar 99,986% dari *yield* teoritisnya dan produktivitas etanol sebesar 2,886 gram/mol substrat/jam.

Uji stabilitas *beads Saccharomyces cerevisiae* dalam matriks alginat terhadap *yield* etanol dan produktivitas etanol dilakukan dengan mengganti medium molase *Pretreatment* dengan konsentrasi gula 10°brix sebanyak 5 kali. Persentase *yield* etanol dari *yield* teoritis etanol secara berturut-turut dari *Batch* I sampai *Batch* V adalah 72,393%, 90,888%, 82,552%, 84,577%, dan 71,669%. Pergantian medium menurunkan persentase *yield* etanol dari *yield* teoritis etanol sebesar \pm 8-12%.

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Cepat atau lambat cadangan minyak bumi dunia pasti akan habis. Ini disebabkan oleh depositnya yang terbatas dan tidak dapat diperbaharui. Keadaan ini mendorong negara- negara industri mencari sumber energi alternatif seperti etanol, metana, dan hidrogen. Etanol menjadi pilihan utama dunia karena senyawa ini dapat terus menerus diproduksi baik secara fermentasi maupun sintesis kimiawi (Koesoemadinata, 2001).

Etanol yang mempunyai rumus kimia C_2H_5OH adalah zat organik dalam kelompok alkohol dan banyak digunakan untuk berbagai keperluan. Pada umumnya etanol diproduksi dengan cara fermentasi dengan bantuan mikroorganisme oleh karenanya sering disebut sebagai bioetanol. Menurut Lynd (1991) dan Wyman (1994) dalam Samsuri (2007), pengembangan bioenergi seperti bioetanol dari biomassa sebagai sumber bahan baku yang dapat diperbarui merupakan satu alternatif yang memiliki nilai positif dari aspek sosial dan lingkungan. Bioetanol dapat diproduksi dengan bahan baku biomassa tumbuhan baik yang berbasis *starch*/amilum ataupun yang berbasis fiber/selulosa secara konvensional oleh masyarakat melalui proses fermentasi (Koesoemadinata, 2001).

Penggunaan *Saccharomyces cerevisiae* dalam produksi etanol secara fermentasi telah banyak dikembangkan di beberapa negara, seperti

Brasil, Afrika Selatan, dan Amerika Serikat (Narita, 2005). Hal ini disebabkan karena *Saccharomyces cerevisiae* dapat memproduksi etanol dalam jumlah besar dan mempunyai toleransi terhadap alkohol yang tinggi.

Selain pemilihan mikroba, efisiensi fermentasi dapat ditingkatkan dengan cara mengamobilisasi sel mikroba yang digunakan. Amobilisasi sel bertujuan untuk membuat sel menjadi tidak bergerak atau berkurang ruang geraknya sehingga sel menjadi terhambat pertumbuhannya dan substrat yang diberikan hanya digunakan untuk menghasilkan produk.

Salah satu bahan yang digunakan untuk proses amobilisasi sel adalah alginat. Alginat adalah suatu bahan yang dikandung oleh rumput laut kelas Phaeophyceae (alga cokelat). Sampai saat ini Indonesia masih mengimpor alginat dari beberapa negara seperti Perancis, Inggris, RRC, Filipina, Jerman, dan Jepang. Menurut data Badan Pusat Statistik (1999) dari tahun 1997 sampai 2000, jumlah alginat yang diimpor berturut-turut sebanyak 1.271.538 kg, 1.480.100 kg, 1.254.505 kg, dan 1.853.236 kg. Hal ini sangat ironis dengan melihat fakta bahwa Indonesia memiliki sekitar 28 spesies alga cokelat yang berasal dari 6 genus (*Dyctyota*, *Padine*, *Hormophysa*, *Sargassum*, *Turbinaria*, *Hydroclathrus*). Salah satu spesies alga yang sangat potensial untuk dikembangkan dan dimanfaatkan sebagai sumber alginat adalah *Sargassum* sp. yang tumbuh dan tersebar

luas di perairan Indonesia. *Sargassum* sp. merupakan golongan ganggang coklat (Phaeophyceae) terbesar di laut tropis (Atmadja dkk.,1996).

Beberapa penelitian sebelumnya sudah dilakukan dengan menggunakan substrat glukosa guna mengetahui kepadatan *beads* yang efektif terhadap kinerja produksi etanol oleh sel amobil *Saccharomyces cerevisiae* D.01 dalam bioreaktor kontinyu. Hasil paling efektif didapatkan dengan menggunakan sel *Saccharomyces cerevisiae* D.01 yang diamobilisasi dengan larutan Na-alginat 3% dan CaCl_2 0,2 M.

Pada penelitian yang saya ingin lakukan, substrat glukosa akan diganti dengan menggunakan molase yang lebih sering digunakan oleh masyarakat untuk menghasilkan etanol yang tentunya memiliki biaya yang lebih murah dibandingkan menggunakan substrat glukosa. Molase juga merupakan substrat yang dipakai oleh industri besar seperti PT. Madubaru (PG. Madukismo) di Yogyakarta dan industri rumah tangga di Bekonang, Sukoharjo, Jawa Tengah yang diubah oleh sel bebas *Saccharomyces cerevisiae* D.01 menjadi etanol.

Pengaruh variasi konsentrasi molase, pengaruh *pretreatment* molase, dan pengaruh uji penggunaan berulang terhadap *yield* dan produktivitas etanol oleh *Saccharomyces cerevisiae* D.01 yang diamobilisasi dengan alginat dari rumput laut *Sargassum* sp. pada reaktor *batch* yang disirkulasi serta analisa ekonomi jika dibandingkan dengan

industri Bioetanol yang menggunakan sel bebas akan diketahui dengan melakukan penelitian ini.

B. Rumusan Masalah

1. Berapa *yield* dan produktivitas etanol yang dapat diproduksi oleh *Saccharomyces cerevisiae* D.01 yang diamobilisasi dengan alginat dari rumput laut *Sargassum* sp. pada reaktor *batch* yang disirkulasi dalam substrat molase 10^obrix, 20^obrix, dan 30^obrix ?
2. Berapa *yield* dan produktivitas etanol yang dapat diproduksi oleh *Saccharomyces cerevisiae* D.01 yang diamobilisasi dengan alginat dari rumput laut *Sargassum* sp. pada reaktor *batch* yang disirkulasi dalam substrat molase yang diberi *pretreatment*?
3. Berapa *yield* dan produktivitas etanol yang dapat diproduksi berulang kali oleh *Saccharomyces cerevisiae* D.01 yang diamobilisasi dengan alginat dari rumput laut *Sargassum* sp. pada reaktor *batch* yang disirkulasi dalam substrat molase?

C. Manfaat Penelitian

1. Bagi masyarakat ilmiah, penelitian ini diharapkan dapat memberi masukan pengetahuan maupun referensi untuk penelitian dan pengembangan berikutnya.
2. Bagi masyarakat industri :

- a. dapat menjadi dasar dan masukan bagi pengembangan industri bioetanol khususnya yang menggunakan substrat limbah gula (molase).
 - b. dapat mengoptimalkan nilai manfaat dari molase dan rumput laut *Sargassum* sp.
3. Bagi masyarakat awam, penelitian ini dapat menambah pengetahuan masyarakat akan pemanfaatan molase dan *Sargassum* sp. yang selama ini belum optimal dan memberikan motivasi bagi masyarakat untuk lebih peduli terhadap lingkungan.

D. Tujuan Penelitian

Mengetahui pengaruh variasi konsentrasi molase, pengaruh *pretreatment* molase, dan pengaruh uji penggunaan berulang terhadap *yield* dan produktivitas etanol oleh *Saccharomyces cerevisiae* D.01 yang diamobilisasi dengan alginat dari rumput laut *Sargassum* sp. pada reaktor *batch* yang disirkulasi serta analisa ekonomi jika dibandingkan dengan industri Bioetanol yang menggunakan sel bebas.

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Dari hasil penelitian dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Substrat molase dengan konsentrasi gula 10°brix menghasilkan *yield* dan produktivitas etanol yang paling besar dibandingkan molase dengan konsentrasi gula 20 dan 30°brix.
2. *Yield* dan produktivitas etanol yang dihasilkan molase yang diberi perlakuan *pretreatment* lebih besar dibandingkan dengan yang tidak *dipretreatment*.
3. Penggunaan berulang *beads* *Saccharomyces cerevisiae* D.01 mempengaruhi *yield* dan produktivitas etanol, semakin lama *beads* digunakan maka semakin turun *yield* dan produktivitasnya. Pergantian medium menurunkan persentase *yield* etanol dari *yield* teoritis etanol sebesar $\pm 8-12\%$.
4. Dilihat dari biaya yang diperlukan untuk membuat sel amobil, sel amobil kurang efektif untuk digunakan dalam skala industri. Dengan menggunakan sel bebas untuk menghasilkan 1 gram etanol dibutuhkan biaya sebesar Rp 40,00 (Rp 12.000,00/300 gram), sedangkan dengan menggunakan sel amobil sebesar Rp 855,00 per gram etanol.

B. Saran

Perlu adanya penelitian lanjutan pada fermentasi etanol dengan menggunakan molase oleh sel *Saccharomyces cerevisiae* D.01 yang diamobilisasi dengan alginat dari rumput laut *Sargassum* sp. dalam bioreaktor yang kontinyu.

© UKDW

DAFTAR PUSTAKA

- Amekan, Y., 2011. "Pemanfaatan Alginat dari Algae *Sargassum binderi* (Sonder) sebagai Supporting Matriks Proses Amobilisasi Sel *Saccharomyces cerevisiae* D-01 untuk Produksi Bioetanol pada Reaktor Batch dengan Sirkulasi". Jurusan Bioteknologi, Universitas Kristen Duta Wacana, Yogyakarta.
- An Ullman's encyclopedia, 1998. "Industrial Organic chemicals". Vol. 7, wiley-VCH. New York.
- Anon, 1988. "Penanganan Limbah Pabrik Gula dan Cara Penanggulangannya". Seminar Nasional Penanggulangan Limbah Industri. Himpunan Kimia Indonesia XIII (3-4): 17-25.
- Anonim, 2008. "Jenis Ragi dan Peranannya dalam Pengolahan Pangan". <http://www.wikipedia.com>. Diakses pada tanggal 12 Maret 2011.
- Apriyantono, A., D. Fardiaz, N. L. Puspitasari, Sedarnawati, dan S. Budiyanto, 1989. Analisis Pangan. Bogor : IPB Press.
- Atmadja, W.S., A.Kadi, Sulistidjo, dan Rachmaniar, 1996. "Pengenalan Jenis-jenis Rumput Laut". Jakarta : Puslitbang Oseanologi LIPI.
- Baikow, V. E., 1982. "Manufacture and Refining of Raw Cane Sugar". Elsevier Scientific Publishing Company, Amsterdam-Oxford-New York.
- Baker, B. P., 1980. "Composition, Properties, and Uses of Molasses and Related Products". United Molasses Trading Company Limited.
- Bailey, James E. and David F. Ollis, 1986, "Biochemical Engineering Fundamentals", 2nd edition, McGraw-Hill Book Co., Singapore.
- Beudeker, R., H. Van Dam, B.V.Anderplaat, 1990. "Vellenga In Yeast Biotechnology and Biocatalysis (Verachtert, H and deMort, R.eds) pp 103-140. Marcel Dekker, Inc., New York and Basel.
- Crueger W. dan A. Crueger, 1990, "Biotechnology : A Textbook of Industrial Microbiology", Sinauer Ass. Inc., Sunderland-Sci. and Tech. Inc.
- Dawes, C. J., 1981. "Marine Botany". A Willey-Interscience Publication, USA.
- Dellweg, 1983, (ed) "Biotechnology", Vol 3, Chemie, Weinheim.
- Departemen Kelautan dan Perikanan, 2000. "Statistik Perikanan Indonesia". Direktorat Jenderal Perikanan, Jakarta.
- Dias, J. C. T., Rezende, R. P. dan Linardi, V. R. 2000. "Biodegradation of Acetonitrile by Cells of *Candida guilliermondii* UFMG-Y65 Immobilized in Alginat, k-Carrageenan and Citric Pectin". Departemen Mikrobiologi, Instituto de Ciencias Biologicas, Brasil.
- Elevri, P.A., Surya Rosa Putra, 2006. "Produksi Etanol Menggunakan *Saccharomyces cerevisiae* yang Diamobilisasi dengan Agar Batang". Jurnal Akta Kimia Indonesia. 1(2) : 105-114.
- FAO, 1984. "Food and Nutrition Paper : Specification for Identity and Purity of Thickening Agents, Aticaking Agents, Antimicrobials, Antioxodants, and Emulsifier". FAO UNO. Rome.

- Fardias, Srikandi. 1988. "*Fisiologi Fermentasi*". Lembaga Sumber Daya Informasi-IPB, Bogor.
- Goksungur, Y. dan Zorlu N., 2001. "*Production of Ethanol from Beet Molasses by Ca-alginate Immobilized Yeast Cell in a Packed-Bed Bioreactor*". Turk J Biol, 25, hal 265-275.
- Hadioetomo, R. S., 1983. "*Mikrobiologi dalam Praktek Teknik dan Prosedur Dasar Laboratorium*". Bagian Mikrobiologi, FMIPA, IPB.
- Halimatuddahlia, 2004. "*Pembuatan n-Butanol Dari Berbagai Proses*", USU Digital Library.
- Higgins, I. J., D. J. Best, dan J. Jones. 1984. "*Biotechnology Principles and Applications*". Blackwell Scientific Publ., London.
- Indriani, H. dan E. Sumiarsih, 1992. "*Budidaya, Pengolahan dan Pemasaran Rumput Laut*". Penebar Swadaya.
- Judoamidjojo, M., A. A. Darwis, dan E. G. Sa'id, 1992. "*Teknologi Fermentasi*". Rajawali Press, Jakarta.
- Jutono et al, 1972. "*Dasar-Dasar Mikrobiologi (Untuk Perguruan Tinggi)*". Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- , 1973. "*Pedoman Praktikum Mikrobiologi Umum*". Departemen Mikrobiologi, Fakultas Pertanian UGM, Yogyakarta.
- Kadi, A. dan Atmadja W. S., 1988. "*Rumput Laut (Algae): Jenis, Reproduksi, Produksi, Budidaya, dan Pasca Panen*". Jakarta: Puslitbang Oseanologi L1PI.
- King, H.K., 1983. "*Brown Seaweed Extracts (Alginate)*". Dalam M. Glicksman (ed.). Food Hydrocolloids. Volume II. CRC, Inc., Boca Raton, Florida.
- Kirk, R.E., dan R.F.Othmer, 1951. "*Encyclopedia of Chemical Technology*". vol.9. John Wiley and Sons Ltd, Canada.
- , 1963. "*Encyclopedia of Chemical Technology*". Interscience Publ. Co., New York.
- Koesoemadinata, V.C. 2001. "*Pemanfaatan Gula Hasil Hidrolisis Hemiselulosa Tandan Kosong Sawit untuk Produksi Etanol secara Fermentasi*", Laporan Hasil Penelitian, Jurusan Teknik Kimia FTI, ITB.
- Littlecott, G.W,1982. "*Food Gels The Role Of Alginates*". Food Tech. In Australia 34(9) : 412-418.
- Luhur, D.A., 2006. "*Pemanfaatan Khitosan Absorben dalam Pembuatan Alginat (Sargassum sp.)*". [skripsi]. Bogor : Departemen Teknologi Hasil Perairan. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan. Institut Pertanian Bogor.
- McHugh, D.J., 1987, "*Productions, Properties and Uses of Alginate*". Food and Agriculture Organization of Nation, Rome.
- , 2003. "*A guide to seaweed industry*". FAO Fisheries Technical Paper 441. Food and agriculture organization of the the Inited Nations, Rome : 105 pp.

- McNelly, W. H. dan D. J. Petit, 1973. "Algin". Dalam R. L. Whistler (ed.). *Industrial Gums*. 2nd Ed. Academic Press. New York-San Fransisco-London.
- Narita, V., 2005. "*Sachharomyces cerevisiae* Superjamur yang Memiliki Sejarah Luar Biasa". *Harian Kompas KCM, Ilmu Pengetahuan*, Rabu 21 September 2005.
- Onseyen, E., 1992. "Alginates". Dalam A. Imeson (eds.). *Thickening and Gelling Agents for Food*. Chapman and Hall, New York.
- Prakasham, R.S. dan Ramakhrisna, S.V. 1998. "*Micrbial fermentations with immobilized cells, Lecture Handouts, Biochemical and Environmental Engineering*", Indian Institute of Chemical Technology, India.
- Rahman, 1992, "*Produksi Metabolit Primer*", Penerbit ARCAN, Jakarta.
- Rohmatulloh, Marimin, Machfud, dan M. Zein Nasution, 2010. "*Kajian Sistem Pengukuran Kinerja Pabrik Gula (Studi Kasus : PG Subang, Jawa Barat)*". Badan Diklat Energi dan Sumber Daya Mineral, Jakarta dan Departemen Teknologi Industri Pertanian IPB, Bogor. Hal 1-12.
- Samsuri, M., M. Gozan, R. Mardias, M. Baiquni, H. Hermansyah, A. Wijanarko, B. Prasetya, dan M. Nasikin, 2007. "*Pemanfaatan Sellulosa Bagas untuk Produksi Ethanol melalui Sakarifikasi dan Fermentasi Serentak dengan Enzim Xylanase*". *Makara, Teknologi* 11(1): 17-24.
- Soegiarto AW, Sulistijo, Mubarak H., 1978. "*Rumput laut Algae. Manfaat, Potensi, dan Usaha Budidayanya*". Jakarta : Lembaga Oseanologi Nasional. LIPI. 87 hlm.
- Suhaimi, 1985. "*Manfaat dan Pengelolaan Rumput Laut*", Seafarming Workshop Report Bandar Lampung 28 Oktober – 1 November 1985 Part II – Technical Report.
- Tao, H.; Gonzalez, R.; Martinez, A.; Rodriguez, M.; Ingram, L.O.; Preston, J.F.; Shanmugam, K.T., 2001. "*Engineering a homo-ethanol pathway in Escherichia coli: increased glycolytic flux and levels of expression of glycolitic genes during xylose fermentation*". *J. Bacteriol.*, 183, 2979-2988.
- Umbreit, Wayne W., 1959, *Advances In Applied Microbiology*, Vol 1, Rutgers University, New Jersey.
- Volk, Wesley A., 1993. "*Mikrobiologi Dasar*", edisi ke-5, Erlangga, Jakarta.
- Widjaja, Tri, 2008. "*Pengaruh Konsentrasi Ca-Alginat pada Produksi Etanol dari Tetes Menggunakan *Zymomonas mobilis* dan *Saccharomyces cerevisiae* dengan Teknik Imobilisasi Sel*". Teknik Kimia FTI-ITS. Surabaya.
- Winarno, F.G., 1990. "*Teknologi Pengolahan Rumput Laut*". Pustaka Sinar Harapan. Jakarta : 112 hal.
- Zaitsev, V., Kizevetter, I., Langunov, L., Makarova, T., Minder, L., and Podsevalov, V., 1969. "*Fish curing and processing (translated from Russian by A. Dermindol)*". Mir Publishers, Moscow.