

**PEMANFAATAN ALGINAT DARI ALGAE *Sargassum binderi* (Sonder)
SEBAGAI MATRIKS AMOBILISASI SEL *Saccharomyces cerevisiae* D-01
UNTUK PRODUKSI BIOETANOL PADA REAKTOR BATCH DENGAN
SIRKULASI**

Skripsi

Untuk memenuhi sebagai persyaratan
Untuk mencapai gelar Sarjana Sains (S.Si)



©
diajukan oleh

Yumechris Amekan

31.07.1113

kepada

**FAKULTAS BIOTEKNOLOGI
UNIVERSITAS KRISTEN DUTA WACANA
YOGYAKARTA**

2011

Skripsi yang berjudul

**PEMANFAATAN ALGINAT DARI ALGAE *Sargassum binderi* (Sonder)
SEBAGAI MATRIKS AMOBILISASI SEL *Saccharomyces cerevisiae* D-01
UNTUK PRODUKSI BIOETANOL PADA REAKTOR BATCH DENGAN
SIRKULASI**

yang disusun oleh:

YUMECHRIS AMEKAN

NIM: 31.07.1113

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

Pembimbing

Dekan


(Dr. rer. nat. Guntoro)


(Drs. Kisworo M. Sc)



KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa yang telah menganugerahkan hikmat serta pengetahuannya sehingga penulis mampu menyelesaikan skripsinya dengan baik. Skripsi yang berjudul **“PEMANFAATAN ALGINAT DARI ALGAE *Sargassum binderi* (Sonder) SEBAGAI MATRIKS AMOBILISASI SEL *Saccharomyces cerevisiae* D-01 UNTUK PRODUKSI BIOETANOL PADA REAKTOR BATCH DENGAN SIRKULASI”** dibuat untuk memenuhi sebagian persyaratan guna memperoleh gelar Sarjana Sains (S. Si).

Dalam pelaksanaannya, penelitian ini sering kali menemui hambatan dan kesulitan. Hal ini menjadi sebuah pengalaman yang berharga bagi penulis. Didalam menjalankan penelitian dan menyelesaikan penulisan skripsi ini tidak terlepas dari peran serta banyak pihak yang membantu. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Dr. rer. nat. Guntoro selaku Dosen Pembimbing yang telah menyempatkan waktu di tengah kesibukan untuk memberikan bimbingan, didikan, kritikan, serta masukan-masukan berharga.
2. Dr. Ir. Retno Indrati, M. Sc., selaku Dosen Penguji I yang memberikan waktu, kritik, saran, dan koreksi untuk menghasilkan skripsi yang baik.
3. Dra. Aniek Prasetyaningsih, M. Si., selaku Dosen Penguji III yang memberikan waktu, kritik, saran dan koreksi untuk menghasilkan skripsi yang baik.

4. Drs. Kisworo M.Sc selaku Dekan Fakultas Bioteknologi UKDW dan Dosen Wali Angkatan 2007, serta seluruh Staf Pengajar Fakultas Bioteknologi atas bimbingan dan ilmu yang telah diberikan.
5. Hari Surahmantoro, Setyohadi, Andrieska Istana dan Retno selaku kepala sub-divisi laboratorium serta Mba Yanti dan Mas Yamto selaku petugas Tata Usaha Fakultas Bioteknologi UKDW yang telah membantu dalam kelancaran penelitian. Terima kasih untuk segala bantuan fasilitas dan motivasinya.
6. Bapak Charles Johanis Amekan, S.I.P. dan Ibu Masjiani Antonia Amekan-Masu yang telah memberikan ketulusan, doa, serta motivasi.
7. Opa Christian Amekan, Oma Lebrina Amekan-Baioef, Oma Yuliana Masu-Tanuha (Alm.) serta Keluarga Besar di Lelogama dan Bipolo atas segala kepercayaan dan dukungannya yang begitu besar.
8. Saudara-saudara tersayang : Lian S. Amekan, Tedy B. Amekan, Sary G. Amekan, Mercy B. Amekan, Ridho Amekan, Iin Padedda, Thyo Padedda, Chiko A. Amekan, Dian Amekan, Ridwan Naihois, Yustinus Naihois, Ronald J. Naihois, Mega, Dicky dan Eko Manune, Rani dan Uli Taebenu serta Yufania Masu atas semua semangat, keceriaan dan dukungan yang diberikan selama ini.
9. Rekan-rekan seperjuangan selama penelitian :
Debby Stevia “Debong”, Diah Andarwati “Dyong”, Kuswanti “Cemplex”, Elisabeth A. Anggraini “Lisa” dan Artha Puspitasari

“Artha”. Terima kasih atas semua semangat, keceriaan dan bantuan yang diberikan selama penelitian.

10. Teman-teman senasib seperjuangan Biologi Angkatan 2007 : Grace N. I. Sagala “Egez”, Amelia “Dugem”, Apriana Bailao “Ana gendut”, I gede Arya U. P. “Aya”, Debby Stevia “Debong”, Ingrid E. Rambu Emu “Cendol”, Yeni M. Lilwur “Yenox”, Tomi H. Pisa “Druska”, Lidya L. Tobing “Lydut”, Maria M. Gaio “Beti”, Novalin N. Titarsole “Vita”, Rita Christiani “Rita”, Stefiane R. Keliwulan “Nane”, Jackel P. Lamers “Jack” atas kebersamaan dalam susah maupun senang selama masa kuliah.
11. Teman-teman Fabio F.C : Allen Rumere, Adven Palaka, Andresky, Petrus M. Koryesin, Christian, Zefanya Soemardjo, Edi Aprianto, Carol J. Paulus, Zakharia O. Nussy, Salmon Hungan, “Pamant” Mauren. Semangat “SATU UNTUK SEMUA, SEMUA UNTUK SATU !!”
12. Kakak Mellysa Ledo S.Si yang menyempatkan waktu di tengah kesibukan penelitiannya untuk menjadi teman diskusi.
13. Adik-adik angkatan 2008-2011 yang semangat-semangat... (KEEP FIGHTING !!!).

Yogyakarta, 1 Desember 2011

Penulis

DAFTAR ISI

| | |
|--|------|
| Halaman Judul..... | i |
| Halaman Pengesahan..... | ii |
| KATA PENGANTAR..... | iii |
| DAFTAR ISI..... | iv |
| DAFTAR TABEL..... | v |
| DAFTAR GAMBAR..... | vi |
| DAFTAR LAMPIRAN..... | vii |
| ABSTRAK | viii |
| | |
| BAB I. PENDAHULUAN..... | 1 |
| A. Latar Belakang..... | 1 |
| B. Rumusan Masalah..... | 5 |
| C. Batasan Masalah | 6 |
| D. Tujuan | 6 |
| E. Manfaat | 6 |
| BAB II. TINJAUAN PUSTAKA..... | 8 |
| A. Algae <i>Sargassum binderi</i> | 8 |
| B. Alginat..... | 13 |
| C. Proses Ekstraksi Alginat | 17 |
| D. Proses Amobilisasi Sel..... | 23 |
| E. Fermentasi Etanol Oleh <i>Saccharomyces cerevisiae</i> | 27 |
| BAB III. HIPOTESIS..... | 31 |
| BAB IV. METODE PENELITIAN..... | 32 |
| A. Waktu dan Tempat Penelitian..... | 32 |
| B. Alat..... | 32 |
| C. Bahan..... | 34 |
| D. Metode..... | 35 |
| BAB V. HASIL DAN PEMBAHASAN..... | 43 |
| A. Ekstraksi Alginat dari Algae <i>Sargassum binderi</i> | 43 |
| B. Pengaruh Perbedaan Konsentrasi Alginat Terhadap Yield dan Produktivitas Etanol Oleh <i>Saccharomyces cerevisiae</i> D-01 Amobil..... | 47 |
| C. Pengaruh Umur <i>Beads</i> terhadap Yield dan Produktivitas Etanol Oleh <i>Saccharomyces cerevisiae</i> D-01..... | 56 |
| D. Pengaruh Perbedaan Konsentrasi Substrat dan Fermentasi Berulang Terhadap Yield dan Produktivitas Etanol Oleh <i>Saccharomyces cerevisiae</i> D-01 Amobil..... | 59 |
| BAB VI. KESIMPULAN DAN SARAN..... | 63 |
| A. Kesimpulan | 63 |
| B. Saran | 64 |
| DAFTAR PUSTAKA | |
| LAMPIRAN | |

DAFTAR TABEL

| | | |
|----------|--|----|
| Tabel 1. | Kandungan Alginat dari Beberapa Jenis <i>Sargassum</i> di Perairan Indonesia..... | 10 |
| Tabel 2. | Nilai yield alginat dari algae <i>Sargassum binderi</i> (Sonder) melalui proses ekstraksi dengan metode Asam Alginat dan Kalsium Alginat menurut McHugh (1987)..... | 43 |
| Tabel 3. | Kadar alginat dalam bentuk garam natrium dari beberapa jenis algae cokelat yang tumbuh di perairan Indonesia..... | 46 |
| Tabel 4. | Yield dan produktivitas etanol serta konsumsi glukosa oleh <i>Saccharomyces cerevisiae</i> D-01 yang diamobilisasi pada alginat dengan konsentrasi 2 %, 3 % dan 4 % dalam reaktor batch dengan sirkulasi (30 °C, waktu fermentasi 36 jam pada medium glukosa 100 g/l)..... | 47 |
| Tabel 5. | Jumlah sel <i>Saccharomyces cerevisiae</i> D-01 yang lepas dari matriks alginat 3 % selama 36 jam fermentasi dalam medium glukosa 10 %..... | 54 |
| Tabel 6. | Yield etanol dan konsumsi substrat selama proses fermentasi batch menggunakan <i>Saccharomyces cerevisiae</i> D-01 amobil (pH 6, suhu 30°C, masa fermentasi 36 jam (sukrosa 100g/l), 48 jam (sukrosa 200 g/l) dan 60 jam (sukrosa 300 g/l))..... | 60 |

DAFTAR GAMBAR

| | | |
|------------|--|----|
| Gambar 1. | <i>Sargassum binderi</i> (Sonder)..... | 12 |
| Gambar 2. | Struktur asam D-Mannuronat dan L-Guluronat dan alternatif segmen Polimernya..... | 13 |
| Gambar 3. | Rumus bangun molekul natrium alginat yang tersusun dari alternatif segmen polimernya..... | 14 |
| Gambar 4. | Ion bivalen Ca^{2+} yang mengikat rantai polimer Natrium alginat..... | 16 |
| Gambar 5. | Reaksi pembentukan natrium alginat..... | 18 |
| Gambar 6. | Reaksi pembentukan kalsium alginat..... | 20 |
| Gambar 7. | <i>Flowchart</i> untuk produksi natrium alginat..... | 22 |
| Gambar 8. | Immobilisasi sel dengan penjebakan di dalam <i>alginate bead</i> | 26 |
| Gambar 9. | Fermentasi alkohol oleh khamir..... | 30 |
| Gambar 10. | Reaktor fermentasi sistem batch dengan sirkulasi..... | 34 |
| Gambar 11. | Bubuk Natrium Alginat..... | 45 |
| Gambar 12. | Konsumsi glukosa dan etanol yang dihasilkan selama masa fermentasi oleh <i>S. Cerevisiae</i> D-01 yang diamobilisasi pada alginat dengan konsentrasi 2 %, 3 % dan 4 %..... | 50 |
| Gambar 13. | Perbandingan konsumsi glukosa (% b/v), produksi etanol (% b/v) dan produktivitas etanol (g/l.jam) oleh <i>S. cerevisiae</i> D-01 amobil pada medium glukosa (100 g/L, suhu 30 °C selama 36 jam)..... | 51 |
| Gambar 14. | Kurva pertumbuhan sel bebas <i>Saccharomyces cerevisiae</i> | 55 |
| Gambar 15. | Konsumsi glukosa dan etanol yang dihasilkan selama proses fermentasi oleh beads umur 0 hari, 10 hari, 20 hari dan 30 hari..... | 56 |
| Gambar 16. | Perbandingan konsumsi glukosa, yield dan produktivitas etanol oleh <i>S. Cerevisiae</i> D-01 yang diamobilisasi pada pada medium glukosa (100 g/L) dengan umur berbeda..... | 58 |

© UKDW

DAFTAR LAMPIRAN

- | | |
|-------------|---|
| Lampiran 1. | Komposisi Medium |
| Lampiran 2. | Metode Analisa |
| Lampiran 3. | Dokumentasi |
| Lampiran 4. | Rekapitulasi Data Hasil Fermentasi Etanol Pada Setiap Perlakuan |
| Lampiran 5. | Bagan Metode |

© UKDW

ABSTRAK

Penelitian untuk melihat pola konsumsi glukosa dan produksi etanol selama fermentasi oleh khamir *Saccharomyces cerevisiae* D-01 yang diamobilisasi dalam matriks alginat dari algae *Sargassum binderi* telah dilakukan. Amobilisasi dilakukan dengan cara sel dicampur dengan alginat dari algae *S. binderi* pada suhu dingin untuk pembentukan gel. Fermentasi dilakukan pada reaktor batch dengan sirkulasi dan etanol dipisahkan dengan cara destilasi. Kadar etanol dianalisis menggunakan kromatografi gas dan kadar glukosa ditentukan dengan metoda DNSA. Yield alginat tertinggi diperoleh dari proses ekstraksi alginat dengan metode Asam alginat yakni sebesar 30,68 % (b/b).

Hasil penelitian menunjukkan bahwa konsentrasi optimal alginat untuk mengamobilisasi *Saccharomyces cerevisiae* D-01 adalah 3 % (b/v). Fermentasi berlangsung efektif pada temperatur ruang selama 36 jam dengan konsentrasi glukosa 10 %. Pada kondisi tersebut, jumlah etanol maksimum yang dihasilkan sel amobil *Saccharomyces cerevisiae* D-01 adalah 3,71 % (b/v) (76,65% yield etanol bila dibandingkan dengan hasil teoritis), dengan laju pembentukan etanol sebesar 2,88 g/l.jam. Sel *Saccharomyces cerevisiae* D-01 amobil yang disimpan tanpa media dan nutrisi selama 10, 20 dan 30 hari pada suhu 4-10 °C mengalami penurunan kemampuan produksi etanol selama 36 jam masa fermentasi dengan konsentrasi glukosa 10 % dibandingkan dengan sel amobil yang langsung digunakan. Sel amobil umur 10 hari kemampuannya menurun 3,2 %, umur 20 hari kemampuannya menurun 5,9 % dan umur 30 hari kemampuannya menurun 9,1 %. *Saccharomyces cerevisiae* D-01 yang diamobilisasi pada matriks alginat 3 % mampu mentolerir substrat sukrosa hingga konsentrasi 30 % dan dapat digunakan terus-menerus dalam tiga kali proses fermentasi.



ABSTRAK

Penelitian untuk melihat pola konsumsi glukosa dan produksi etanol selama fermentasi oleh khamir *Saccharomyces cerevisiae* D-01 yang diamobilisasi dalam matriks alginat dari algae *Sargassum binderi* telah dilakukan. Amobilisasi dilakukan dengan cara sel dicampur dengan alginat dari algae *S. binderi* pada suhu dingin untuk pembentukan gel. Fermentasi dilakukan pada reaktor batch dengan sirkulasi dan etanol dipisahkan dengan cara destilasi. Kadar etanol dianalisis menggunakan kromatografi gas dan kadar glukosa ditentukan dengan metoda DNSA. Yield alginat tertinggi diperoleh dari proses ekstraksi alginat dengan metode Asam alginat yakni sebesar 30,68 % (b/b).

Hasil penelitian menunjukkan bahwa konsentrasi optimal alginat untuk mengamobilisasi *Saccharomyces cerevisiae* D-01 adalah 3 % (b/v). Fermentasi berlangsung efektif pada temperatur ruang selama 36 jam dengan konsentrasi glukosa 10 %. Pada kondisi tersebut, jumlah etanol maksimum yang dihasilkan sel amobil *Saccharomyces cerevisiae* D-01 adalah 3,71 % (b/v) (76,65% yield etanol bila dibandingkan dengan hasil teoritis), dengan laju pembentukan etanol sebesar 2,88 g/l.jam. Sel *Saccharomyces cerevisiae* D-01 amobil yang disimpan tanpa media dan nutrisi selama 10, 20 dan 30 hari pada suhu 4-10 °C mengalami penurunan kemampuan produksi etanol selama 36 jam masa fermentasi dengan konsentrasi glukosa 10 % dibandingkan dengan sel amobil yang langsung digunakan. Sel amobil umur 10 hari kemampuannya menurun 3,2 %, umur 20 hari kemampuannya menurun 5,9 % dan umur 30 hari kemampuannya menurun 9,1 %. *Saccharomyces cerevisiae* D-01 yang diamobilisasi pada matriks alginat 3 % mampu mentolerir substrat sukrosa hingga konsentrasi 30 % dan dapat digunakan terus-menerus dalam tiga kali proses fermentasi.



BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Pada beberapa tahun terakhir, kebutuhan manusia terhadap bahan bakar minyak semakin meningkat, sedangkan cadangan energi minyak bumi (fosil) setiap harinya semakin berkurang. Ditinjau secara global berdasarkan OPEC World Energy Model (OWEM), diketahui bahwa permintaan minyak dunia pada periode jangka menengah dari tahun 2002 – 2010 diperkirakan mengalami pertumbuhan 1,8 % per tahun. Peningkatan kebutuhan itu akan mencapai 12 juta barrel per hari (bph), atau dari 77 juta bph menjadi 89 juta bph dan pada periode berikutnya, yakni dari tahun 2010 – 2020 permintaan akan naik menjadi 106 juta bph. Oleh karena itu, perlu adanya pengembangan sumber energi lain sebagai alternatif yang murah dan dapat diperbaharui guna mengurangi ketergantungan terhadap bahan bakar minyak. Khususnya di Indonesia, pemerintah berharap ketergantungan terhadap bahan bakar fosil akan berkurang dari 52 % menjadi 20 %, seperti diterbitkannya Peraturan Presiden No. 5 Tahun 2006 tentang kebijakan Energi Nasional untuk mengembangkan sumber energi alternatif sebagai bahan bakar pengganti minyak. Selain itu, pemerintah serius untuk mengembangkan bahan bakar nabati dengan menerbitkan INPRES No. 1 Tahun 2006, tanggal 25 Juni 2006 tentang penyediaan bahan bakar nabati (*biofuel*) sebagai sumber bahan bakar (Martono dan Sasongko, 2007).

Etanol merupakan salah satu bahan bakar alternatif yang sangat potensial untuk dikembangkan karena bersifat *renewable* (dapat diperbaharui) dan ramah lingkungan. Indonesia sebagai negara yang sebagian besar rakyatnya petani dan memiliki lahan yang relatif luas, sebenarnya mudah untuk menyediakan bahan baku pembuat etanol. Terutama bahan bioetanol seperti singkong, jagung, gandum, sagu, kentang, molase (tetes tebu), nira, jerami padi, dan ampas tebu.

Produksi etanol sebagai alternatif sumber energi bahan bakar fosil menjadi obyek yang menarik sejak krisis minyak era 1970-an (Tao *et al.*, 2003). Etanol berfungsi sebagai penambah volume Bahan Bakar Minyak (BBM), peningkat angka oktan, dan sebagai sumber oksigen untuk pembakaran yang lebih bersih pengganti Metil Tersier-Butil Eter (MTBE). Etanol dapat juga meningkatkan efisiensi pembakaran karena mengandung 35 % oksigen, disamping itu ramah lingkungan karena emisi gas buangnya rendah kadar karbon monoksida, nitrogen oksida, dan gas-gas rumah kaca yang lain. Manfaat etanol tidak hanya sebagai bahan bakar tetapi juga digunakan sebagai pelarut serta terdapat dalam berbagai produk kosmetika, minuman, farmasi, industri kimia dan beragam produk industri lainnya (Goksungur dan Zorlu, 2001).

Proses fermentasi merupakan salah satu cara yang banyak dilakukan untuk mendapatkan etanol dengan memanfaatkan kemampuan mikroorganisme. Keunggulan sintesis etanol melalui fermentasi oleh mikroorganisme adalah rendahnya biaya produksi, persentase rendemen yang tinggi, prosesnya relatif lebih cepat, penanganannya sederhana dan produk samping yang relatif lebih sedikit dan aman bagi lingkungan. Tren untuk meningkatkan teknologi fermentasi

etanol mencakup eksplorasi substrat yang tepat dan murah, pencarian dan perbaikan galur mikroba, serta optimasi proses fermentasi. Berbagai mikroorganisme telah digunakan dalam fermentasi etanol. Diantaranya yang paling lazim adalah khamir *Saccharomyces cerevisiae* (ragi) yang merupakan mikroorganisme paling komersial saat ini (Narita, 2005).

Etanol selama ini dihasilkan melalui proses fermentasi konvensional yang selanjutnya diikuti dengan proses pemurnian. Proses fermentasi konvensional yang selama ini telah dilakukan, umumnya tidak tahan pada etanol konsentrasi tinggi yang dihasilkan yang menyebabkan rendahnya produktivitas etanol (Minier, 1982). Upaya untuk meningkatkan efisiensi fermentasi etanol oleh *Saccharomyces cerevisiae* diantaranya adalah dengan menerapkan sistem amobilisasi sel. Dengan sistem amobilisasi, sel dapat digunakan berulang dan kontinyu, meningkatkan rendemen hasil karena penambahan biomassa diminimalisir, memudahkan pemisahan mikroba dari cairan fermentasi, produk lebih spesifik, meningkatkan stabilitas sel, serta kemudahan mengontrol dan menyeragamkan proses konversi sehingga dapat dimungkinkan digunakan dalam industri (Reniati, 2009).

Mikroorganisme memiliki karakteristik dinding sel yang berbeda satu sama lain. Perbedaan ini mempengaruhi efektifitas amobilisasinya pada berbagai bahan pendukung. Suatu bahan pendukung tertentu dapat memberikan kualitas amobilisasi yang lebih baik dibandingkan bahan pendukung lainnya karena lebih cocok dengan sel yang diamobilisasi, misalnya disebabkan karena jumlah gugus hidrofil yang lebih sesuai antara bahan pendukung dan sel. Pada umumnya sel

Saccharomyces cerevisiae diamobilisasi dengan metode *entrapping* menggunakan matriks polisakarida. Data literatur tentang amobilisasi sel dalam matriks polisakarida sangat bervariasi, sesuai dengan tipe mikroorganisme, karakter matriks pengamobil dan sistem produksi (Dias *et al.*, 2000).

Alginat merupakan biopolimer yang terdapat dalam dinding sel alga coklat (An Ullman's, 1998) dan paling sering digunakan untuk pembentukan membran semipermeabel. Hal ini ditegaskan oleh Goksungur dan Zorlu (2001) bahwa matriks alginat paling sering digunakan sebagai bahan pengamobil karena memiliki beberapa kelebihan, yaitu biokompatibel (sesuai untuk sel hidup), penggunaannya yang relatif mudah dan memiliki karakter non toksik.

Indonesia sebagai negara kepulauan dengan panjang garis pantai 81.000 km (Dahuri, 2000) merupakan kawasan pesisir dan lautan yang memiliki sekitar 28 spesies algae coklat yang berasal dari 6 genus (*Dyctyota*, *Padine*, *Hormophysa*, *Sargassum*, *Turbinaria*, *Hydroclathrus*) yang sangat potensial untuk dikembangkan dan dimanfaatkan sebagai sumber alginat. Marga *Sargassum* dan *Turbinaria* tumbuh melimpah di negara tropis seperti Indonesia dan beberapa negara tropis lainnya. Salah satu hal yang menarik dari algae coklat tropis seperti *Sargassum* adalah kepadatan populasinya, dimana pada saat mengalami *bloming* pada daerah sub-litoral, akan terbentuk padang makroalgae yang sangat luas (Yulianto, 1995), hal ini akan menguntungkan dari sisi kelimpahan bahan baku alginat.

Kandungan alginat dari beberapa jenis *Sargassum* yang ada di Indonesia berkisar antara 17,07 – 36,04 % (Rasyid, 1999; Rasyid, 2010; Zailanie, 2008). Kandungannya lebih tinggi dibandingkan dengan kandungan alginat dari beberapa jenis *Turbinaria* di perairan Indonesia yang berkisar antara 10,70 – 30,19 % (Rasyid, 2002; Yulianto, 1995; Yulianto, 1997). Selain itu, alginat yang dihasilkan dari algae *Sargassum* memiliki kualitas yang baik karena memiliki nilai viskositas yang tinggi yakni berkisar antara 283 – 3.000 cps (centipoise) (Rasyid dan Rachmat, 2002; Rasyid, 2002; Rasyid, 2003; Rasyid, 2009) dibandingkan dengan algae *Turbinaria* yang berkisar antara 134 – 560 cps (Rasyid, 2004; Rasyid, 2009).

Salah satu jenis algae *Sargassum* yang menjanjikan adalah *Sargassum binderi* (Sonder) yang tumbuh dan tersebar luas diperairan Indonesia (Kadi, 2006). Hal ini mengindikasikan bahwa *Sargassum binderi* (Sonder) sangat berpotensi menjadi sumber alginat sebagai matriks pengamobil *Saccharomyces cerevisiae* D-01.

B. Rumusan Masalah

Permasalahan dalam penelitian ini adalah berapakah konsentrasi optimum alginat dari algae *Sargassum binderi* (Sonder) dalam mengamobilisasi *Saccharomyces cerevisiae* D-01 untuk memproduksi etanol, dan bagaimana kemampuan sel *Saccharomyces cerevisiae* D-01 apabila digunakan secara berulang dan setelah penyimpanan.

C. Batasan Masalah

Penelitian ini hanya menguji yield dan produktivitas etanol dari sel *Saccharomyces cerevisiae* D-01 yang diamobilisasi dengan alginat dari algae *Sargassum binderi* (Sonder) selama proses fermentasi.

D. Tujuan

Penelitian ini difokuskan untuk melihat pengaruh perbedaan konsentrasi alginat dari algae *Sargassum binderi* (Sonder) dalam mengamobilisasi *Saccharomyces cerevisiae* D-01 terhadap pola konsumsi substrat dan etanol yang dihasilkan selama proses fermentasi, dan melihat kemampuan sel *Saccharomyces cerevisiae* D-01 amobil apabila digunakan secara berulang dan setelah penyimpanan.

E. Manfaat

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 masih menggunakan metode fermentasi konvensional.
 - b. Dapat mengoptimalkan nilai manfaat dari algae *Sargassum binderi* (Sonder)

3. Bagi masyarakat awam, penelitian ini dapat menambah pengetahuan mengenai nilai manfaat *Sargassum binderi* (Sonder) dan efisiensi fermentasi etanol yang selama ini belum optimal.

© UKDW

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

1. Sel *Saccharomyces cerevisiae* D-01 yang diamobilisasi pada matriks alginat dari *Sargassum binderi* (Sonder) dengan konsentrasi 3 % menghasilkan produk etanol tertinggi yakni 3,72 % (b/v) atau 76,65 % dari yield teoritisnya dengan laju pembentukan 2,88 g/l.jam.
2. *Saccharomyces cerevisiae* D-01 yang diamobilisasi pada matriks alginat 3 % mampu mentolerir substrat sukrosa hingga konsentrasi 30 % dan dapat digunakan terus-menerus dalam tiga kali proses fermentasi.
3. Sel *Saccharomyces cerevisiae* D-01 amobil yang disimpan tanpa medium dan nutrisi pada suhu 4 – 10 °C selama 10, 20 dan 30 hari mengalami penurunan kemampuan produksi etanol dibandingkan dengan sel amobil yang langsung digunakan. Sel amobil umur 10 hari kemampuannya menurun 3,2 %, umur 20 hari kemampuannya menurun 5,9 % dan umur 30 hari kemampuannya menurun 9,1 %.

B. Saran

1. Diperlukan kajian lebih lanjut tentang pola pertumbuhan sel amobil *Saccharomyces cerevisiae* D-01 dalam matriks Ca-alginat terutama dalam penggunaan sel amobil secara berulang, untuk mengetahui faktor-faktor yang memengaruhi kadar etanol yang dihasilkan.
2. Diperlukan penelitian untuk melihat pengaruh konsentrasi oksigen terhadap proses fermentasi menggunakan sel amobil.
3. Diperlukan penelitian lebih lanjut menggunakan medium fermentasi tanpa unsur Nitrogen (N) untuk melihat pengaruhnya terhadap pertumbuhan sel bebas dalam medium fermentasi dan yield serta produktivitas etanol yang dihasilkan oleh sel amobil.



DAFTAR PUSTAKA

- Ali, Laila. N. dan Ita. F. Ningsih. 2010. *Produktivitas Etanol dari Molase Menggunakan Bakteri Zymomonas mobilis dan Zymomonas mobilis Termutasi Dengan Teknik Imobilisasi Sel K-Karaginan*. Teknik Kimia, ITS. Surabaya.
- An Ullman's encyclopedia. 1998. *Industrial Organic chemicals*. Vol. 7. wiley-VCH. New York.
- Astutik, W., Agustina, M., dan Hartiwi, E. 2003. *Laporan Praktek Kerja Lapangan : Produksi Alkohol Di Pabrik Spiritus Madukismo Yogyakarta*. Fakultas Biologi-Universitas Kristen Duta Wacana. Yogyakarta. 70 hal.
- Bailey, James E. dan David F. Ollis. 1986. *Biochemical Engineering Fundamentals*, 2nd edition. McGraw-Hill Book Co. Singapore.
- Boney, A. D. 1965. *Aspect of The Biology of The Seaweed of Economic Importance*. Mar Bot. 3: 205-253
- Bravo, P. and Gonzales, G. 1991. *Continuous ethanol fermentation by immobilized yeast cells in a fluidized-bed reactor*. J. Chem. Technol. Biotechnol. 52: 127-134.
- Chaplin, Martin. 2011. *Water Structure and Science : Alginate*. <http://www.lsbu.ac.uk/water/hyalg.html> (Diakses 2 Agustus 2011)
- Chapman, V. J. dan D. J. Chapman. 1980. *Seaweed and Their Uses*. Chapman and Hall. New York. 194-225
- Corbisier, P., Lelie, D., Borremans, B., Provoost, A., Lorenzo, V., Brown, N. L., Lloyd, J. R., Hobman, J. R. CsoÉregi, E., Johansson, G. dan Mattiasson, B. 1999. *Whole cell and protein-based biosensors for the detection of bioavailable heavy metals in environmental samples*. Analytica Chimica Acta. 387, 235-244.
- Dahuri, R. 2000. *Paradigma Baru Pembangunan Indonesia Berbasis Kelautan*. Orasi Ilmiah Guru Besar Pengelolaan Sumberdaya Pesisir dan Kelautan. Institut Pertanian Bogor. 233 hal.
- 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.

- Donati, I., Holtan, S., Morch, Y. A., Borgogna, M., Dentini, M. 2005. *New hypothesis on the role of alternating sequences in calcium-alginate gels*. *Biomacromolecules*, 6(2), 1031–1040
- Elevri, P. A. dan S. R. Putra. 2006. *Produksi Etanol Menggunakan Saccharomyces Cerevisiae Yang Diamobilisasi Dengan Agar Batang*. Jurusan Kimia FMIPA ITS. Surabaya. Akta Kimindo Vol. 1 No. 2 April 2006: 105-114
- FAO. 1984. *Food and Nutrition Paper : Specification for Identity and Purity of Thickening Agents, Aticaking Agents, Antimicrobials, Antioxodants, and Emulsifier*. FAO UNO. Roma.
- GE Healthcare. 2005. *Microcarrier Cell Culture : Principle and Methods*. Amersham Biosciences Corp. USA. hal. 20
- Goksungur, Y. dan N. Zorlu. 2001. *Production of Ethanol From Beet Molasses by Ca-Alginate Immobilized Yeast Cells in a Packed-Bed Bioreactor*. *Turk J. Biol.*, 25, page 265-275. Turkey.
- Gottschalk, G. 1978. *Bacterial Metabolism*. Springer-Verlag. New York
- Guiry, M. D. 2004. *AlgaeBase* : *Sargassum binderi* Sonder. http://www.algaebase.org/search/species/detail/?species_id=19175 . (Diakses 28 Desember 2011)
- Guntoro. 2010. *Laporan Penelitian : Pengaruh Konsentrasi Na-alginat Terhadap Kinerja Produksi Etanol Oleh Beads Sel Amobil Saccharomyces cerevisiae D-01*. Fakultas Bioteknologi-Universitas Kristen Duta Wacana. Yogyakarta
- Hadioetomo, R. S. 1983. *Mikrobiologi dalam Praktek Teknik dan Prosedur Dasar Laboratorium*. Bagian Mikrobiologi, FMIPA, IPB. Bogor
- Hasanah, E. N. I. Dan Putra, S. R. 2009. *Karakterisasi Ekstrak Kasar Enzim Invertase Yang Diamobilisasi Dengan Na-alginat*. Jurusan Kimia, Fakultas MIPA-Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Surabaya
- Jackson, Ron S. 1994. *Wine Science: Principles and Applications*. Academic Press. San Diego. hal. 237
- Kadi, A. dan Atmadja W. S. 1988. *Rumput Laut (Algae): Jenis, Reproduksi, Produksi. Budidaya. dan Pasca Panen*. Puslitbang Oseanologi LIPI. Jakarta
- Kadi, A. 2006. *Beberapa Catatan Kehidupan Marga Sargassum sp. Di Perairan Indonesia Bidang Sumber Daya Laut*. Pusat Penelitian Oseanografi-LIPI. Jakarta.

- King, H.K. 1983. *Brown Seaweed Extracts (Alginate)*. Dalam M. Glicksman (ed.). *Food Hydrocolloids*. Volume II. CRC, Inc., Boca Raton. Florida.
- Littlecott, G.W.1982. *Food Gels The Role Of Alginates*. Food Tech. In Australia 34(9) : 412-418
- Maharani, M. A. dan Widayanti, R. 2009. *Pembuatan Alginat Dari Rumput Laut Untuk Menghasilkan Produk Dengan Rendemen dan Viskositas Tinggi*. Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik-Universitas Diponegoro. Semarang
- Martono, B. dan Sasongko. 2007. *Prospek pengembangan ubi kayu sebagai bahan baku bioethanol Di propinsi Daerah Istimewa Yogyakarta*. www.distan.pemda-diy.go.id. (Diakses 8 Juni 2011)
- McHugh, D.J. 1987. *Production, properties and uses of alginates*. Dalam McHugh, D. J. *Production and Utilization of Products From Commercial Seaweed*. FAO Fisheries Technical Paper 288. Food and agriculture organization of the the Inited Nations. Roma
- _____. 2003. *A guide to seaweed industry*. FAO Fisheries Technical Paper 441. Food and agriculture organization of the the Inited Nations. Roma : 105 hal.
- 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
- Minier, M, dan Goma, G. 1982. *Etanol Production by Extractive Fermentation*. *Biotechnology and Bioengineering*, 34, hal 1565-1579.
- Musfil, AS., Tri Widjaja, Ali Altway. 2009. *Ethanol Production from Molasses with Immobilized Cells Technique in Packed Bed Bioreactor by Extractive Fermentation*. Department of Chemical Engineering. Sepuluh Nopember Institute of Technology. Surabaya.
- Najafpour, G., Younesi, H., Ismail, K. S. K. 2004. *Ethanol Fermentation In as Immobilized Cell Reactor Use Saccharomyces cerevisiae*. Universiti Sains Malaysia. Malaysia
- Narita, V. 2005. *Saccharomyces cerevisiae Superjamur yang Memiliki Sejarah Luar Biasa*. Pustaka Utama. Jakarta
- Noiraksa, T., Ajisaka, T., dan Kaewsuralikhit, C. 2006. *Species of Sargassum in the East Coast of the Gulf of Thailand*. <http://www.aseanbiodiversity.info/Abstract/53005309.pdf>. (Diakses 28 Desember 2011)

- Nowak, J. 2000. *Ethanol Yield and Productivity of Zymomonas mobilis in Various Fermentation Methods*. Electronic Journal of Polish Agricultural Universities, Vol. 3, No. 2. seri Food Science and Technology.
- Pradhika, E. I. 2009. *Prinsip Dasar Teori Menghitung Mikroorganisme Pada Cawan*. http://ekmon-saurus.blogspot.com/2009/10/prinsip-dasar-teori-menghitung_31.html (Diakses pada 17 Juli 2011)
- Prakasham, R.S. dan Ramakrishna, S. V. 1998. *Microbial fermentations with immobilized cells*. Lecture Handouts, Biochemical and Environmental Engineering. Indian Institute of Chemical Technology. India.
- Prasetya, Teguh. 2009. Skripsi : *Pembuatan Natrium Alginat (Na-alginat) Dari Rumput Laut Cokelat (Phaeophyceae) Dengan Proses Ekstraksi Kapasitas 5.000 ton/tahun*. Universitas Sumatera Utara. Medan
- Rachmat, R. 1999. *Potensi Algae Cokelat Di Indonesia dan Prospek Pemanfaatannya*. Pra Kipnas VII Forum Komunikasi I Ikatan Fikologi Indonesia (IFI). 8 September 1999 : 31-35
- Rahayu, E. S. dan K. Rahayu, 1988. *Teknologi Pengolahan Minuman Beralkohol*. Pusat Antar Universitas Pangan dan Gizi Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.
- Rahematullah, M. 2010. *Proses Pengolahan Alginat Dari Rumput Laut Coklat (Turbinaria ornata) dan Pemanfaatannya*. Balai Besar Riset Pengolahan Produk dan Bioteknologi (BBRP2B) Kelautan dan Perikanan. Jakarta
- Rasyid, A., T. Muniarsih, Rachmaniar R., F. Untari. 1999. *Penelitian Produk Alam Laut. Uji Antidegeneratif Algae Laut*. Laporan Penelitian. Puslitbang Oseanologi LIPI.
- Rasyid, A. dan Rachmat, R. 2002. *Modifikasi metode ekstraksi natrium alginat untuk meningkatkan nilai viskositasnya*. Makalah disampaikan pada Seminar Nasional Rumput Laut, Mini Simposium Mikroalgae dan Kongres I Ikatan Fikologi Indonesia 23-25 Oktober 2002 di Hotel Sedona, Makassar : 6 hal.
- Rasyid, A. 2002. *Ekstraksi natrium alginate dari Turbinaria decurrens asal perairan Pulau Otangala (Sulawesi Utara)*. Makalah disampaikan pada Seminar Nasional Rumput Laut, Mini Simposium Mikroalgae dan Kongres I Ikatan Fikologi Indonesia 23-25 Oktober 2002 di Hotel Sedona, Makassar : 6 hal.

- _____. 2003. Karakteristik natrium alginat hasil ekstraksi *Sargassum polycystum*. Makalah disampaikan pada seminar RIPTEK Kelautan Nasional 30-31 Juli 2003 di Gedung BPPT, Jakarta : 6 hal.
- _____. 2009. *Perbandingan kualitas natrium alginat beberapa jenis algae coklat*. Oseanologi dan Limnologi di Indonesia, 35 (1) : 57-64.
- _____. 2010. *Ekstraksi Natrium Alginat dari Sargassum echinocarphum*. Pusat Penelitian Oseanografi LIPI. Jakarta. 393-400
- Reniati, Dwi. 2009. *Produksi Etanol Menggunakan Zymomonas mobilis yang Diamobilisasi Dengan Ca-alginat*. Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam-ITS. Surabaya.
- Roukas, T. 1996. *Continuous Ethanol Production from Nonsterilized Carob Pod Extract by Immobilized Saccharomyces cerevisiae on Mineral Kissiris Using A Two-reactor System*. Journal Applied Biochemistry and Biotechnology. Vol. 59, No. 3.
- Stevia, Debby. 2011. *Produksi Etanol Oleh Saccharomyces cerevisiae D-01 Yang Diamobilisasi Dengan Alginat Dari Algae Sargassum binderi Pada Reaktor Batch Yang Disirkulasi Dengan Menggunakan Substrat Molase*. Fakultas Bioteknologi-Universitas Kristen Duta Wacana. Yogyakarta
- Sudarmadji, S., et al. 1989. *Analisa Bahan Makanan dan Pertanian*. Edisi I. Cetakan Pertama. Liberty. Yogyakarta.
- Tao, F., J. Y. Miao, G. Y. Shi dan F. P. Fran. 2003. *Ethanol Fermentation by an Acid-Tolerant Zymomonas mobilis under Non-Sterilized Condition*. Process Biochemistry, Vol. 40, Hal. 183-187
- Vauchel, P., R. Kaas, A. Arhaliass, R. Baron dan J. Legrand. 2008. *A new process for extracting alginates from Laminaria digitata : reactive extrusion*. Food and Bioprocess Technology: an International Journal, 1(3), 297-300.
- 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
- Widyastuti, Sri. 2008. *Eksplorasi Spesies Algae Cokelat Lokal Lombok Sebagai Sumber Karaginan*. Jurnal teknologi Pertanian Fakultas Pertanian Universitas Mataram. Vol. 9, No. 2 : 131-137
- Youssef, Ghareib dan Khalil. 1989. *Production of Ethanol by Alginat-entrapped Saccharomyces cerevisiae Strain*. Indian Journal of Experimental Biology. 27 (2), 121-123

- Yulianto, Kresno. 1995. *Ekstraksi Alginat Makroalga Cokelat Turbinaria ornata (Turner) J. Agardh Asal Pulau Bunaken dan Pulau Ambon, Melalui Proses Kalsium Alginat dan Asam Alginat*. Balitbang Sumberdaya Laut P3O-LIPI. Ambon
- _____. 1997. *Ekstraksi Alginat Dari Makroalgae Cokelat (Phaeophyta) dan Pengembangannya di Maluku*. Balitbang Sumberdaya Laut P3O-LIPI. Ambon
- Yunizal, Basmal, J., dan Murtini, J.T. 1999. *Pengaruh Volume dan Waktu Ekstraksi Natrium Alginat dalam Larutan Natrium Karbonat*. Makalah pada Forum Komunikasi I. Ikatan Fikologi Indonesia, Serpong 8 September 1999. p. 119–126.
- Yunizal, Nasran, S., dan Tazwir. 2000. *Teknik Ekstraksi Asam Alginat dari Rumput Laut Coklat (Phaeophyceae)*. Prosiding Seminar Hasil Penelitian Perikanan 1999/2000, Sukamandi 21-22 September 2000. p. 310–318.
- Zailanie, Kartini. 2008. *Ekstraksi dan Pemurnian Alginat Dari Sargassum filipendula. Kajian dari Bagian Tanaman, Lama Ekstraksi dan Uji Gugus Fungsional*. Seminar Nasional Tahunan V Hasil Penelitian Perikanan dan Kelautan. UGM. Yogyakarta

