

## STUDI PERBANDINGAN PRODUKSI ETANOL SECARA KONTINYU MENGUNAKAN *Z.MOBILIS TERMUTASI* TEKNIK IMMOBILISASI SEL : CA-ALGINAT DAN K-KARAGINAN

**R.Darmawan\***, Tri Widjaja, Mulyanto dan E. Topan Ardiansyah  
Laboratorium Teknologi Biokimia Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya  
Telp/fax : 031-5946240/ 031-5999282 dan email : rdarmawan@chem-eng.its.ac.id

### Abstrak

Penggunaan bahan bakar fosil (*fossil fuel*) secara terus menerus memunculkan paling sedikit dua ancaman serius: (1) faktor ekonomi, berupa jaminan ketersediaan bahan bakar fosil untuk beberapa dekade mendatang, masalah suplai, harga, dan fluktuasinya (2) polusi akibat emisi pembakaran bahan bakar fosil ke lingkungan. Produksi etanol dari molases secara kontinyu merupakan salah satu inovasi pengembangan sumber bahan bakar alternatif yang *renewable* dan ramah lingkungan. Pada studi ini menggunakan bakteri *z. mobilis* termutasi dengan teknik immobilisasi sel, sebagai *supporting matrice* Ca-Alginat dan K-Karaginan. Pemilihan Ca-Alginat dan K-Karaginan sebagai *supporting matrice* karena Indonesia kaya akan hasil laut yaitu alga coklat dan alga merah sebagai bahan dasar alginat dan karaginan, sehingga bernilai ekonomis. Percobaan ini dilakukan dengan variabel konsentrasi gula total 178 g/L (14%v/v), 186 g/L (16%v/v), 205 g/L (18%v/v). Eksperimen dimulai dengan pembuatan starter, *pre-treatment* molases, pengembangan kultur, pembuatan *production medium*, serta *bead sel* Ca-alginat/K-Karaginan (2% w/v) dengan ukuran diameter 2 mm. Setelah *bead sel* tersedia dilanjutkan proses fermentasi dalam bioreaktor *packed bed* dengan mengalirkan molases menggunakan pompa peristaltik kondisi *flow rate* 1 ml/menit (*dilution rate* 0,4/jam). Produk etanol dianalisa dengan metode Gas Chromatografi (GC). Dari hasil penelitian ini diperoleh bahwa proses produksi etanol dengan *supporting matrice* Ca-Alginat hasil konsentrasi, *yield*, dan produktivitas etanol lebih besar dari *supporting matrice* K-Karaginan. Hasil maksimal yang dicapai yaitu untuk Ca-Alginat masing - masing 60,82 g/L, 44,18% dan 24,33 g /L.jam, sedangkan untuk K-Karaginan masing - masing 60,54 g/L, 47,37% dan 24,22 g/L.jam.

**Kata kunci:** *bioreaktor packed-bed*, Ca-alginat, immobilisasi sel, K-Karaginan, *Z.mobilis* termutasi

### 1. Pendahuluan

*Immobilized cell* merupakan suatu proses untuk menghentikan pergerakan dari molekul enzim atau sel ditahan pada tempat tertentu dalam suatu ruang reaksi yang digunakan sebagai katalis. *Immobilized cell* ini dilakukan karena mikroorganisme ini sangat kecil dan mempunyai densitas yang mendekati dengan air, sehingga kemungkinan mikroorganisme akan terikat dalam aliran produk. Keuntungan dengan menggunakan immobilisasi sel dibandingkan dengan *free cell* adalah memberikan kemudahan pemisahan produk, volumetrik produktivitas yang tinggi, meningkatkan proses kontrol dan mengurangi kontaminasi, menurunkan biaya pemisahan, serta mencegah terjadinya *wash out* pada aliran keluar produk. Diantara berbagai teknik immobilisasi yang ada, sistem penjebakan sel di dalam gel calcium-alginat merupakan metode yang paling sederhana dan berkarakter tidak beracun. Teknik *immobilized cell* dengan Ca-alginat dikembangkan oleh Goksungur dan Zorlu, (2001) dimana melibatkan *drop-wise* suspensi sel di dalam sodium alginat menjadi *bed* (mengeras), dan metode penjebakan ini sangat mudah di aplikasikan pada berbagai jenis sel seperti bakteri, *cynobacteria*, algae, fungi yeast. Penelitian dapat menggunakan bioreaktor berpengaduk (*continous flow stirrer tank*), reaktor *fluidized bed* dan reaktor *packed bed*, tetapi oleh peneliti direkomendasikan bahwa reaktor *packed bed* untuk digunakan karena pertimbangan biaya dan pengoperasian yang relatif murah dibandingkan yang lain serta lebih memungkinkan untuk dioperasikan secara otomatisasi di industri.

Penelitian awal terkait teknik immobilisasi pada proses produksi etanol dilakukan oleh Grote, W. dkk (1980). Pada penelitian ini, nira mengalami proses fermentasi dengan immobilisasi sel *Zymomonas mobilis* menggunakan Ca-Alginat dan K-Karaginan dengan kondisi PH = 5 dan temperatur = 30 ° C. Konsentrasi mula-mula immobilisasi sel dan gula total sebesar 28,6 g/L dan 150 g/L pada *dilution rate* 0,3 jam<sup>-1</sup>. Pada sel immobilisasi dengan Ca-Alginat, produktifitas maksimal = 44 g/L/jam pada *dilution rate* 0,85 jam<sup>-1</sup>. Sedangkan pada sel immobilisasi dengan K-Karaginan, produktifitas maksimal = 53 g/L/jam pada *dilution rate* 0,80 jam<sup>-1</sup>.

Penelitian Goksungur dan Zorlu, (2001) yang mengembangkan produksi etanol dengan penekanan immobilisasi sel Ca-alginat didalam bioreactor packed bed dan hasil tersebut dibandingkan dengan bioreaktor berpengaduk. Hasil penelitian menunjukkan bahwa hasil fermentasi tetes yang mempunyai konsentrasi gula total 10 % di dapatkan etanol sebesar 4.62%, yield sebesar 82.9 % dan produktivitas etanol sebesar 10.16 g/L.jam. Hasil ini berbeda jika proses dilakukan didalam sistem batch selama 18 jam, didapat hasil konsentrasi etanol sebesar 3.94%, yield sebesar 70.7% dan produktivitas 8.67 g/L jam. Pemakaian bioreaktor packed bed telah didapat hasil yang lebih maksimal dibanding bioreaktor berpengaduk dan sifat toksik produk berkurang secara signifikan.

Pada penelitian ini menggunakan supporting matrice Na-Alginat dan Kappa Karaginan. Immobilisasi sel dengan alginat dan  $\kappa$ -Karaginan sebagai *supporting matrice* dipilih karena Indonesia kaya akan hasil laut yaitu alga coklat dan alga merah sebagai bahan dasar alginat dan karaginan, sehingga bernilai ekonomis. Alginat adalah salah satu kelompok polisakarida yang terbentuk dalam dinding sel algae coklat, dengan kadar mencapai 40% dari total berat kering. Pada prinsipnya alginat terdiri dari 3 macam struktur, yaitu homopolisakarida  $\alpha$ -1,4-L-guluronat, Q1,4-D-mannuronat, dan heteropolisakarida yang merupakan bentuk selang-seling asam  $\alpha$ -1,4-L-guluronat dan asam  $\alpha$ -1,4-Dmannuronat (An Ullman's, 1998). Sedangkan karaginan adalah suatu nama umum untuk kelompok pembentuk gel. Polisakarida yang sangat kental yang didapat secara komersil dengan ekstraksi dari suatu spesies rumput merah tertentu (*rhodophyceae*). Karaginan ada 3 macam yaitu  $\kappa$ -karaginan digunakan sebagai bahan pembentuk gel,  $\lambda$ -karaginan, digunakan sebagai bahan pengental atau penambah viskositas dan iota-karaginan digunakan sebagai bahan pembentuk gel. Pada penelitian ini dipakai karaginan dengan tipe  $\kappa$ -karaginan.

Mikroorganisme yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Z. mobilis* termutasi yaitu bakteri *Zymomonas mobilis* yang telah dimutasi dengan menggunakan mutagen hydroxylamine, penggunaan mikroba termutasi ini dikarenakan lebih tahan pada kondisi asam (pH asam/ di bawah 5 dengan pH optimum 4,5) dan morfologinya yang semula berbentuk basil dan bercemeti dengan gerakan yang cepat sedikit berubah menjadi lebih besar dengan gerakan yang lebih, serta waktu pertumbuhannya juga lebih cepat daripada *Zymomonas mobilis* galur liar yaitu selama  $\pm$  20 jam dan mempunyai fasa adaptasi kurang lebih 3 jam (Putra, S.R, dan Chrisnawati, 2008) sehingga pada akhirnya diharapkan akan menghasilkan etanol yang lebih banyak.

Peningkatan produktivitas etanol yang menggunakan teknik immobilisasi sel pada fermentasi dalam unit bioreaktor memiliki banyak kelebihan karena hemat bahan, hemat biaya operasi dan banyak menghasilkan konsentrasi etanol dalam waktu yang singkat. Penelitian ini bertujuan mempelajari pengaruh perubahan parameter konsentrasi gula total dan konsentrasi immobilisasi sel Ca-Alginat dan K-karaginan terhadap kinerja produksi etanol dengan teknik immobilisasi sel di bioreaktor kontinyu packed bed.

## 2. Bahan dan Metode Penelitian

### Bahan Penelitian

Bahan penelitian meliputi Molases, bakteri *Zymomonas mobilis* termutasi, Nutrient Agar, Natrium Alginat,  $\kappa$ -Karaginan, Yeast Ekstrak,  $H_2SO_4$ ,  $(NH_4)_2SO_4$ ,  $KH_2PO_4$ ,  $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ ,  $CaCl_2$ , KCl, NaCl, NaK-tartrat, Na-metabisulfit dan Aquadest.

### Metode Penelitian

Langkah-langkah penelitian yaitu pretreatment molase, pengembangan kultur, pembuatan starter, pembuatan sel immobilisasi kemudian dilakukan fermentasi.

#### *Pembuatan Bead Ca-Alginat dan K-Karaginan*

Pembuatan sel immobilisasi menggunakan Na-Alginat dan  $\kappa$ -karaginan sebagai *supporting matrice*, dimana konsentrasi bead Ca-Alginat dan K-Karaginan adalah 2%. Konsentrasi Ca-Alginat 2 % dibuat dengan mencampur 75 ml media nutrisi dengan 75 ml larutan Ca-Alginat 4%, sehingga konsentrasi larutan campuran menjadi 2 %. Setelah mengental, mencetak gel Ca-Alginat ke dalam larutan  $CaCl_2$  2% dengan menggunakan nozzle tetap dengan ukuran ID 2 mm. Sel immobilisasi yang sudah berbentuk bead dicuci dengan 0,85 % NaCl untuk mengurangi kelebihan ion – ion Ca. Untuk meningkatkan pertumbuhan sel, *bead* dimasukkan dalam production medium kemudian diinkubasi di dalam shaker inkubator selama 24 jam.

Untuk bead K-karaginan 2 % dibuat dengan melarutkan 1 gram  $\kappa$ -Karaginan dalam 45 mL aquadest, kemudian memanaskannya pada suhu 70°C sampai mulai terbentuk gel (pemanasan selama 15 menit). Mendinginkan larutan  $\kappa$ -Karaginan hingga suhu 40°C. Mencampur 5 ml media nutrisi dengan 45 ml larutan  $\kappa$ -karaginan sehingga konsentrasi larutan campuran menjadi 2%, 50 mL larutan campuran tersebut dicetak dalam 1000 mL larutan KCl 1,5% +  $CaCl_2$  2%, hingga terbentuk *bead* yang diinginkan, *Bead* tersebut mengeras dalam waktu 15 menit. Sel immobilisasi yang sudah berbentuk bead dicuci dengan 0,85 % NaCl untuk mengurangi kelebihan ion-ion K. *Bead* dimasukkan dalam *production medium* kemudian diinkubasi di dalam shaker inkubator selama 24 jam.

### Proses fermentasi

Proses fermentasi kontinyu dimulai dengan memasukkan *bead* Ca-Alginat/K-Karaginan dalam tray fermentor sesuai dengan konsentrasi yang telah divariasikan. molase dipompa ke bawah bioreaktor packed bed dengan menggunakan pompa peristaltik dengan flow rate yang tetap yaitu 0,06 L/jam, dengan dilution rate  $0,4 \text{ jam}^{-1}$ , molase dipompa melalui tubing silikon dan sebagai produk etanol diperoleh dari effluent liquid dari bagian atas bioreaktor packed bed. Mengambil hasil fermentasi (*broth*) sebagai sampel setiap 6 jam selama 120 jam, kemudian menganalisa sampel untuk analisa DNS (asam 3,5 – dinitrosalisilat) menggunakan spektrophotometer dan menganalisisakan beberapa sampel dengan *gas chromatography*.

Sedangkan pada fermentasi secara batch dilakukan di dalam reaktor batch stirrer yang dilengkapi jaket yang terdapat liquid inlet dan liquid outlet. Pengaduk yang digunakan diatur dengan kecepatan rpm tetap. Sebagai produk fermentasi secara batch diperoleh dari liquid yang terdapat di dalam batch stirrer bioreaktor selama 72 jam. Percobaan fermentasi kontinyu dan fermentasi batch dilakukan pada kondisi pH tetap 4 – 5. Berikut ini Tabel 1 adalah data penelitian untuk fermentasi kontinyu dan batch :

Tabel 1 Data penelitian fermentasi

Keterangan	Fermentasi Kontinyu	Fermentasi Batch
Bioreaktor	Packed bed	Batch Stirrer
Volume reaktor/V (ml)	510	1800
Bead	Ca- Alginat / K-Karaginan	Sel bebas
Berat bead (g)	250	-
Retention time/r (jam)	2,5	72
Dilution Rate/D ( $\text{jam}^{-1}$ )	0,4	-

### 3. Hasil dan Pembahasan

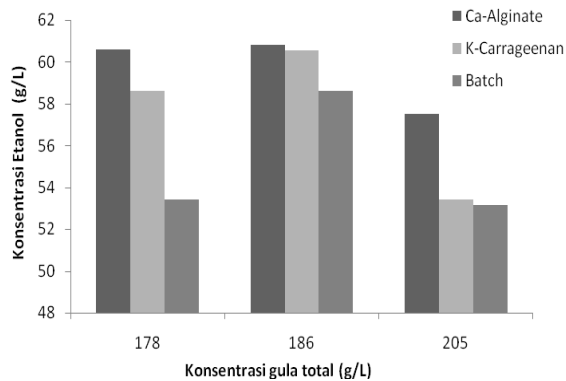
#### Alginat dan Karaginan sebagai *supporting matrice*

Alginat merupakan komponen utama yang dapat diekstraksi dari alga coklat (*Phaeophyceae*) dan merupakan polimer murni dari asam uronat yang tersusun dalam bentuk rantai linear yang panjang. Alginat dalam pemanfaatannya berupa garam alginat dan garam ini larut dalam air. Jenis alginat yang larut dalam air adalah kalium atau ammonium alginat, sedangkan alginat yang tidak larut dalam air adalah kalsium alginat (Zailanie et al., 2001). Industri yang membutuhkan alginat adalah industri kosmetik (sebagai bahan *hand lotion*, jeli, dan krem), industri karet (penstabil emulsi lateks dan menaikkan viskositas), industri makanan (sebagai bahan pengental, pembentuk gel, pengikat air, dan penstabil), industri farmasi (sebagai bahan sediaan cetakan gigi dan sebagai pengikat pada pembuatan tablet), dan industri kertas (sebagai bahan perekat dan bahan pengawet) (Winarno, 1990). Salah satu sifat terpenting dalam pemanfaatan natrium alginat, kalium alginat maupun magnesium alginat adalah kemampuannya untuk membentuk gel yang bereaksi dengan ion-ion kalsium. Sumber-sumber kalsium biasanya berupa kalsium karbonat, kalsium sulfat, kalsium klorida, kalsium fosfat dan kalsium tartrat. Selain memiliki kemampuan membentuk gel, alginat juga digunakan sebagai pengental (pengikat air), pengemulsi, penstabil dan bahan pembuat filmstrip (Rasyid, 2005).

Karaginan merupakan polisakarida galaktan yang dapat diekstraksi dari alga merah (*Rhodophyceae*). Karaginan mengandung galaktosil dan 3,6-anhidrogalaktose. Keduanya merupakan unit gula yang mengalami esterifikasi parsial dengan asam sulfat. Penggunaan karaginan dalam dunia industri makanan tergantung pada beberapa sifat, yaitu kelarutan, viskositas, gel, reaktivitas dengan protein, dan sinergisme dengan polisakarida yang bukan gel. Kappa dan iota karaginan berperan sebagai pembentuk gel, sedangkan lambda karaginan yang bukan gel berperan sebagai pengental. Karaginan juga digunakan pada pembuatan roti, lapisan gula, jelli (Rasyid, 2003). Dengan memperhatikan potensi dan faktor ekonomis yang dimiliki oleh alginat dan karaginan, maka teknik immobilisasi pada penelitian ini memanfaatkan alginat dan karaginan sebagai *supporting matrice* pada fermentasi kontinyu untuk memproduksi etanol.

Teknik immobilisasi sel dengan Ca-alginat sebagai *supporting matrice* telah dikembangkan oleh Goksungur dan Zorlu, (2001) dimana melibatkan *drop-wise* suspensi sel di dalam sodium alginat menjadi bead (mengeras) dan metode penjemakan ini sangat mudah di aplikasikan pada berbagai jenis sel seperti bakteri, cyanobacteria, algae, fungi yeast. Selain Ca-alginat, pada teknik immobilisasi ini, juga digunakan Kappa-Karaginan sebagai *supporting matrice*, dimana penelitian terkait dengan karaginan dikemukakan oleh Glicksman, M. (1983) bahwa kappa karaginan dan iota karaginan akan membentuk gel hanya dengan adanya kation-kation tertentu seperti  $\text{K}^+$ ,  $\text{Rb}^+$  dan  $\text{Cs}^+$  serta Kappa karaginan sensitif terhadap ion kalium dan membentuk gel kuat dengan adanya garam kalium.

### Pengaruh Konsentrasi Gula Total terhadap Konsentrasi Etanol



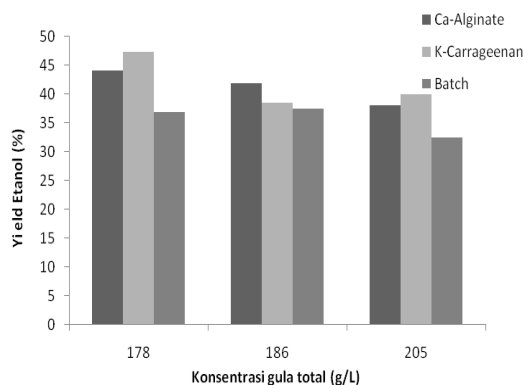
Gambar 1. Pengaruh Konsentrasi Gula Total (g/L) pada Konsentrasi Etanol (g/L)

Hubungan konsentrasi etanol pada berbagai konsentrasi gula total dengan bead Ca-Alginat 2% dan K-karaginan 2% serta fermentasi secara batch ditunjukkan pada Gambar 1. Dari hasil percobaan, pada konsentrasi gula total 178 g/L, 186 g/L dan 205 g/L, konsentrasi etanol yang dihasilkan dengan bead Ca-Alginat secara berurutan sebesar 60,58 g/L, 60,82 g/L, 57,53 g/L dan konsentrasi etanol yang dihasilkan dengan bead K-karaginan secara berurutan sebesar 58,62 g/L, 60,54 g/L, 53,40 g/L sedangkan konsentrasi etanol yang dihasilkan dengan fermentasi secara batch secara berurutan sebesar 53,40 g/L, 58,62 g/L dan 53,14 g/L.

Konsentrasi etanol tertinggi dicapai pada konsentrasi gula total 186 g/L dengan bead Ca-Alginat yaitu sebesar 60,82 g/L dan dengan bead K-Karaginan sebesar 60,54 g/L. Pada bead Ca-Alginat dan bead K-karaginan, semakin tinggi konsentrasi gula total maka semakin tinggi kadar etanol yang dihasilkan. Hal ini dikarenakan pada konsentrasi gula total yang lebih tinggi, tersedia lebih banyak substrat yang dapat dikonversi menjadi etanol sehingga produk yang dihasilkan juga lebih tinggi. Sedangkan untuk fermentasi secara batch konsentrasi etanol tertinggi dicapai pada konsentrasi gula total 186 g/L sebesar 58,62 g/L, kemudian pada konsentrasi gula total 205 g/L mengalami penurunan. Hal ini disebabkan karena pada konsentrasi gula total tinggi (205 g/L) menyebabkan substrat menjadi inhibitor (Goksungur dan Zorlu, 2001) serta terjadinya osmosis yang tinggi (Baros, 1987) sehingga membran plasma sel keluar mengakibatkan sel berkurang, etanol yang dihasilkan juga berkurang.

### Pengaruh Konsentrasi Gula total terhadap Yield Etanol

Yield merupakan perbandingan banyaknya produk etanol yang dihasilkan terhadap gula total yang dikonsumsi selama reaksi fermentasi.

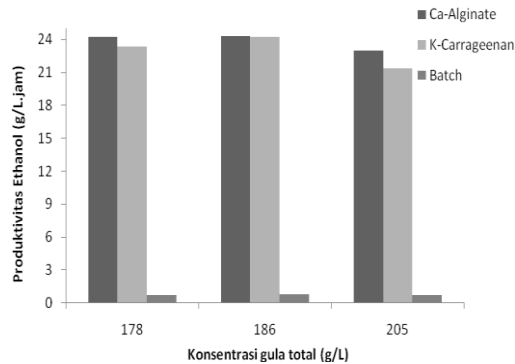


Gambar 2. Pengaruh Konsentrasi Gula total (g/L) pada Yield Etanol (%)

Gambar 2 menunjukkan hubungan yield etanol rata-rata (%) vs konsentrasi gula total (g/L). Dari hasil percobaan konsentrasi gula total 178 g/L, 186 g/L dan 205 g/L, yield etanol yang dihasilkan dengan bead Ca-Alginat secara berurutan sebagai berikut: sebesar 44,18%, 41,94%, 38,06% dan dengan bead K-Karaginan sebesar 47,37%, 38,58%, 39,93%. Sedangkan dengan fermentasi secara batch sebesar 36,84%, 37,56%, dan 32,5%. Dari Gambar 2 terlihat bahwa pada bead Ca-Alginat dan K-Karaginan, yield etanol tertinggi dicapai pada konsentrasi gula total 178 g/L yaitu masing-masing sebesar 44,18% dan 47,37 % sedangkan pada fermentasi secara batch dicapai pada konsentrasi gula total 186 g/L yaitu sebesar 37,56%. Kenaikan konsentrasi gula total tidak selalu diiringi dengan

bertambahnya yield etanol, untuk immobilisasi sel yang menggunakan bead Ca-Alginat semakin besar konsentrasi gula total maka semakin kecil yield etanol.

### Pengaruh Konsentrasi Gula Total terhadap Produktivitas Etanol



Gambar 3. Pengaruh Konsentrasi Gula Total (g/L) terhadap Produktivitas Etanol (g/L.jam)

Produktivitas pada proses fermentasi dinyatakan sebagai gram produk etanol/liter/jam. Dari hasil percobaan, pada Gambar 3 konsentrasi gula total 178 g/L, 186 g/L dan 205 g/L produktivitas etanol yang dihasilkan pada bead Ca-Alginat, secara berurutan sebesar 24,23 g/L.jam, 24,33 g/L.jam, 23,01 g/L.jam dan pada bead K-karaginan sebesar 23,39 g/L.jam, 24, 22 g/L.jam, 21,36 g/L.jam. Sedangkan pada fermentasi secara batch sebesar 0,74 g/L.jam, 0,81 g/L.jam, 0,74 g/L.jam. Produktivitas etanol berbanding lurus dengan konsentrasi etanol karena produktivitas etanol merupakan konsentrasi etanol dibagi dengan *residence time*. Dari Gambar 3 terlihat bahwa produktivitas etanol tertinggi dicapai pada konsentrasi gula total 186 g/L, untuk Ca-Alginat sebesar 24,33 g/L.jam dan untuk K-karaginan sebesar 24,22 g/L.jam. Sedangkan pada fermentasi secara batch produktivitas etanol tertinggi dicapai pada konsentrasi gula total 186 g/L sebesar 0,81 g/L.jam.

Dari hasil percobaan ditinjau konsentrasi, yield dan produktivitas etanol menggunakan immobilisasi sel dengan *supporting matrice* Na-Alginat lebih besar dari menggunakan immobilisasi sel dengan *supporting matrice* K-Karaginan, hal ini disebabkan karena metode/ treatment pembuatan bead Ca-Alginat maupun K-Karaginan berbeda. Pada pembuatan bead Ca-Alginat tidak memerlukan pemanasan (yang diperlukan suhu kamar/ 30° C), sedangkan pada pembuatan bead K-Karaginan memerlukan pemanasan sampai pada suhu 70° C kemudian diturunkan hingga suhu 40° C. Pada pemanasan suhu ini menyebabkan beberapa bakteri yang dicampur dengan karaginan yang dipanaskan dimungkinkan mati sehingga jumlah bakteri berkurang, hal ini mengakibatkan konsentrasi etanol yang dihasilkan juga berkurang.

Dilihat dari konsentrasi, yield dan produktivitas etanol fermentasi kontinyu lebih baik daripada fermentasi secara batch. Pada fermentasi secara kontinyu menggunakan immobilisasi sel Ca-Alginat dan K-Karaginan sebagai *supporting matrice*, dimana bakteri *zymomonas mobilis* termutasi dijebak di dalam bead, dengan adanya immobilisasi sel membuat gradien gula total, kemudian mengikuti konsentrasi gula total yang lebih rendah yang akan menjadi *noninhibitor*. (Baros dkk, 1987). Sedangkan fermentasi secara batch bakteri *zymomonas mobilis* termutasi dalam keadaan bebas (*free cells*) menyebabkan terjadinya plasmolisis, terlepasnya membran plasma dari dinding sel ke lingkungannya, serta sifat substrat yang *inhibitor* terhadap sel yang menyebabkan rate fermentasi turun. (Goksungur dan Zorlu, 2001)

#### 4. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian dan hasil analisa dari konsentrasi, yield dan produktivitas etanol, maka diperoleh kesimpulan antara lain

- ✓ Teknik immobilisasi sel dengan *supporting matrice* Ca-Alginat lebih besar daripada K-Karaginan
- ✓ Fermentasi kontinyu yang menggunakan teknik immobilisasi sel lebih besar daripada fermentasi batch
- ✓ Konsentrasi, yield dan produktivitas etanol maksimum dicapai pada konsentrasi gula total 186 g/L, untuk immobilisasi Ca-Alginat dan K-Karaginan masing-masing yaitu 60,82 g/L, 44,18%, 24,33 g/L.jam dan 60,54 g/L, 47,37%, 24,22 g/L.jam, sedangkan untuk proses batch masing-masing yaitu 58,62 g/L, 37,56%, 0,81 g/L.jam.

#### Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih kami sampaikan kepada LPPM-ITS melalui pendanaan Penelitian Guru Besar ITS Tahun Anggaran 2010 sesuai kontrak nomor : 0892/I2.7/PM/2010 tanggal 1 Juli 2010 dan para mahasiswa yang telah melakukan penelitian bersama di Laboratorium Teknologi Biokimia, Jurusan Teknik Kimia, FTI – ITS antara lain Natalia Hariani, Nur Fauziah Arini dan Winda Savitri.

#### Daftar Notasi

D	Dilution rate	jam <sup>-1</sup>
F	Laju alir	L/jam
V	volume bioreaktor	Liter
$\kappa$	kappa	
r	Retention time	jam

#### Daftar Pustaka

An Ullman's Encyclopedia. 1998. Industrial Organic Chemicals. Vol. 7. Wiley-VCH, New York. 4003– 4008

Barros, M.R.A., J.M.S Cabra dan J.M.Novais, (1987), “Production Ethanol by Immobilized Saccharomyces Bayanus in an extractive Fermentation System”, *Biotechnology and Bioengineering* Vol XXIX hal 1097-1104.

Chapman, V.J. & Chapman, D.J. (1980). *Seaweeds and their uses*. pp. [i-iv], v-ix, [x], 1-334. London & New York: Chapman & Hall.

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.

Grote, W. ,K.J Lee dan P.L Rogers, (1980), “Continuous Ethanol Production By Immobilized Sels of Zymomonas Mobilis”, *Biotechnology Letters* vol 11, hal 481-486.

Glicksman,M. (1983), Red Seaweed Extracts (agar, carrageenan, furcellaran) in Food Hydrocolloids, Vol II (M. Glicksman, ed) CRC Press, Boca Raton, FL, pp 73 – 113.

Margaritis,A., P.K. Bajpai dan J. Wallace (1981), “High Ethanol Productivities using Small Ca-Alginate Bead of Immobilized Sels of Zymomonas Mobilis”, *Biotechnology Letters*, vol 3 no 11 hal 613 – 618.

Minier, M, dan Goma, G, (1982), “Etanol Production by Extractive Fermentation”, *J Biotechnology and Bioengineering*, 34, hal 1565-1579.

Putra,S.R, dan Chrisnawati, (2008) “Produksi etanol menggunakan mutan *zymomonas mobilis* yang dimutasi dengan hydroxylamin”, Jurusan Kimia FMIPA ITS.

Rasyid, A. 2005. Beberapa Catatan Tentang Alginat. *Oseana*. 25 (1) : 9-14.

Winarno, F.G. 1990. Teknologi Pengolahan Rumput Laut. Pustaka Sinar Harapan, Jakarta.

Zailanie, K., T. Susanto dan B.W. Simon. 2001. Ekstraksi dan Pemurnian Alginat dari *Sargassum filipendula* Kajian dari Bagian Tanaman, Lama Ekstraksi dan Konsentrasi Isopropanol. *Jurnal Teknologi Pertanian* 2: 10-2.