

PEMBENTUKAN GEL ALGINAT YANG DIEKSTRAK DARI *Sargassum filipendula* DAN *Turbinaria decurrens* MENGUNAKAN CaCO_3 DAN *Glucono- δ -lactone* (GDL)

Subaryono¹⁾, Rosmawaty Peranginangin²⁾, D. Fardiaz³⁾, dan F. Kusnandar³⁾

ABSTRAK

Penelitian telah dilakukan untuk mengetahui pengaruh penambahan CaCO_3 pada pembentukan gel dan karakteristik gel alginat yang diekstrak dari *Sargassum filipendula* dan *Turbinaria decurrens*. Sebagai pembandingan digunakan alginat komersial dari *Sigma*. Rumput laut dipanen dari perairan Binuangeun, Provinsi Banten. Rumput laut direndam dalam larutan KOH 0,1 N selama 1 jam, lalu dicuci dengan air tawar dan dikeringkan. Alginat diekstrak dengan metode ekstraksi yang dikembangkan oleh Balai Besar Riset Pengolahan Produk dan Bioteknologi Kelautan dan Perikanan, Jakarta. Gel alginat disiapkan dengan metode pembentukan gel internal menggunakan CaCO_3 sebagai sumber ion Ca^{2+} dan *glucono- δ -lactone* (GDL) untuk mengatur pelepasan ion Ca^{2+} . Konsentrasi CaCO_3 yang digunakan divariasikan 0; 2,5; 5,0; 7,5; 10,0; 12,5; 15,0; 20,0; 25,0; dan 30,0 mM. Hasil penelitian menunjukkan bahwa gel mulai terbentuk pada konsentrasi CaCO_3 5,0 mM dan gel yang kuat terbentuk pada konsentrasi 20,0 mM atau lebih. Alginat dari *S. filipendula* dan *T. decurrens* membutuhkan konsentrasi CaCO_3 yang lebih tinggi untuk pembentukan gelya dibandingkan alginat komersial. Pada konsentrasi CaCO_3 20,0 mM atau lebih, gel alginat dari *S. filipendula* dan *T. decurrens* menunjukkan kekuatan gel, *modulus rigidity*, dan *sineresis* yang lebih tinggi dibandingkan alginat komersial.

ABSTRACT: *Formation of alginate gel extracted from Sargassum filipendula and Turbinaria decurrens using CaCO₃ and Glucono- δ -lactone (GDL). By: Subaryono, Rosmawaty Peranginangin, D. Fardiaz and F. Kusnandar*

A study has been carried out to observe the effect of CaCO_3 addition on the formation and characteristics of alginate gel extracted from *Sargassum filipendula* and *Turbinaria decurrens*. As control, a commercial alginate from *Sigma* was used. The algae was harvested from Binuangeun waters, Province of Banten. It was soaked in 0.1 N KOH solutions for one hour and washed with fresh water and dried. The alginate was extracted by extraction technique developed by Research Center for Marine and Fisheries Product Processing and Biotechnology, Jakarta. Alginate gel was prepared with internal gel setting technique using CaCO_3 as source of Ca^{2+} ion and *glucono- δ -lactone* (GDL) as release control agent of Ca^{2+} ion. Concentration of CaCO_3 was varied at 0; 2.5; 5.0; 7.5; 10.0; 12.5; 15.0; 20.0; 25.0 and 30.0 mM. The research result showed that gel started to set at CaCO_3 concentration of 5.0 mM and a firm gel was formed at 20.0 mM of CaCO_3 or higher. In gel formation, alginate from *S. filipendula* and *T. decurrens* required higher concentration of CaCO_3 than that of commercial alginate. At CaCO_3 concentration of 20.0 mM or higher, alginate gel from *S. filipendula* and *T. decurrens* showed higher gel strength, *modulus rigidity* and *sineresis* than that of commercial alginate.

KEYWORDS: *alginate, Sargassum filipendula, Turbinaria decurrens, gel formation, CaCO₃*

PENDAHULUAN

Alginat adalah salah satu jenis polisakarida hasil ekstraksi dari rumput laut coklat seperti *Sargassum* sp. dan *Turbinaria* sp. yang banyak ditemukan di perairan Indonesia. Meskipun potensinya melimpah, sampai saat ini pemanfaatan rumput laut penghasil alginat masih sangat kurang. Rumput laut ini memiliki habitat di perairan berbatu atau berkarang dan ditemukan di beberapa daerah sepanjang pantai

selatan Pulau Jawa dan Sumatra. Potensi rumput laut untuk dibudidayakan cukup tinggi karena pertumbuhannya yang cepat dan kemampuannya yang tinggi dalam menyesuaikan terhadap perubahan musim. *Sargassum polycystum* yang dicoba dibudidayakan menunjukkan pertumbuhan sebesar 2,34 cm/minggu (Kalangi, 2001). Di Indonesia, rumput laut penghasil alginat selalu tersedia sepanjang tahun, baik pada musim kemarau maupun musim hujan. Oleh karena itu potensi pemanfaatan alginat dan produk turunannya masih terbuka luas.

¹⁾ Peneliti pada Balai Besar Riset Pengolahan Produk dan Bioteknologi Kelautan dan Perikanan;
E-mail: yono_ipn@yahoo.co.id

²⁾ Staf Pengajar Departemen Ilmu dan Teknologi Pangan, Institut Pertanian Bogor

Beberapa penelitian tentang ekstraksi alginat dari rumput laut lokal menunjukkan bahwa secara umum alginat yang dihasilkan mempunyai viskositas yang rendah (Basmal *et al.*, 1998, Tazwir *et al.*, 2000, Wikanta *et al.*, 2000, Yunizal *et al.*, 2000; Basmal *et al.*, 2002). Rendahnya viskositas menjadi penyebab terbatasnya penggunaan alginat baik dalam bidang pangan maupun non-pangan dan konsekuensinya industri ekstraksi rumput laut kurang berkembang. Meskipun demikian, alginat dari rumput laut daerah tropis (*warm water*) mempunyai kelebihan yaitu dalam hal kemampuannya membentuk gel (Mc. Hugh, 2008). Hal ini terkait dengan tingginya kandungan blok poliguluronat (kumpulan monomer sejenis pada rantai polimer alginat) dalam alginat yang dihasilkan dari rumput laut di daerah tropik tersebut (Jothisaraswathi *et al.*, 2006; Mc. Hugh, 2008).

Kemampuan pembentukan gel dan karakteristik gel alginat yang dihasilkan sangat ditentukan oleh komposisi monomer penyusun alginat dan panjang polimernya. Alginat dengan kandungan blok poliguluronat yang semakin tinggi (rasio manuronat/guluronat rendah) akan mempunyai kemampuan pembentukan gel yang lebih baik dengan tekstur gel yang lebih kaku (Draget, 2000; Marrs & Titoria, 2004). Poliguluronat yang terkandung di dalam alginat merupakan daerah bagi pembentukan ikatan silang dengan adanya ion bervalensi dua atau lebih sehingga sangat penting peranannya dalam pembentukan dan karakteristik gel alginat (Draget, 2000). Selain itu, semakin panjang polimer alginat maka kemungkinan terjadinya ikatan silang dengan adanya penambahan ion bervalensi dua semakin besar sehingga pembentukan gel juga semakin mudah terjadi.

Pembentukan gel secara internal dilakukan untuk menghasilkan gel yang homogen. Pada pembentukan gel internal ini, ion kalsium dilepaskan dari senyawa atau kompleks dengan pengaturan kondisi di dalam sistem. Pada penggunaan kalsium sebagai agen pembentuk gel, CaCO_3 yang tidak larut atau CaSO_4 yang sedikit larut dapat digunakan. Penggunaan kalsium lain yang lebih mudah larut dapat dilakukan dengan membuat ion Ca^{2+} dalam bentuk kompleks dengan agen pengkelat (EDTA, sitrat, dan lain-lain). Aktifasi dari ion pembentuk ikatan silang ini dilakukan dengan perubahan pH oleh penambahan asam organik atau lakton. Penurunan pH menyebabkan lepasnya ion Ca^{2+} dari CaCO_3 atau senyawa kompleksnya dan akan bereaksi dengan alginat membentuk gel. Setiap agen pengkhat mempunyai kisaran pH tertentu untuk melepaskan ion Ca^{2+} sehingga penggunaannya disesuaikan dengan jenis produk pangan yang akan dibuat (Draget, 2000). Pembentukan gel dengan cara internal menghasilkan gel yang seragam sehingga dapat diaplikasikan pada produk pangan seperti puding dan produk *dessert* lainnya.

Penelitian tentang kebutuhan kation untuk pembentukan gel dan karakteristik gel alginat dari marga *Sargassum* dan *Turbinaria* belum banyak dilakukan. Kebutuhan kation untuk pembentukan gel yang banyak dilaporkan adalah untuk jenis rumput laut *Macrocystis pirifera* yaitu sekitar 10 – 15 mM CaCO_3 untuk menghasilkan gel yang kokoh (Draget *et al.*, 1991; Draget *et al.*, 2001; Marrs & Titoria, 2004). Digunakannya CaCO_3 sebagai sumber kation dalam penelitian dikarenakan beberapa alasan seperti ketersediaannya yang mudah dan harganya yang relatif murah, keamanannya untuk dikonsumsi serta kelarutan ion Ca^{2+} dari CaCO_3 yang dapat diatur pelepasannya sehingga mampu menghasilkan gel alginat yang homogen. Selain itu, ion Ca^{2+} yang dilepaskan dari CaCO_3 merupakan kation yang memiliki kemampuan berikatan sangat baik dengan alginat (Draget *et al.*, 1998; Mancini *et al.*, 1999; Draget *et al.*, 2001; Broderick *et al.*, 2006; Outokesh *et al.*, 2006). Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pembentukan gel alginat dari *S. filipendula* dan *T. decurrens* yang ditambah dengan CaCO_3 dan GDL serta karakteristik gel alginat yang dihasilkan.

BAHAN DAN METODE

Bahan Baku

Bahan baku rumput laut *S. filipendula* dan *T. decurrens* diperoleh dari perairan Binuangun, Provinsi Banten. Rumput laut diperlakukan dengan perendaman dalam alkali (KOH 0,1% selama 1 jam), pencucian dengan air tawar dan pengeringan sebelum diekstraksi (Yunizal *et al.*, 2000). Ekstraksi untuk mendapatkan natrium alginat dilakukan dengan metode yang dikembangkan di Balai Besar Riset Pengolahan Produk dan Bioteknologi Kelautan dan Perikanan, Jakarta seperti pada lampiran 1 (Subaryono *et al.*, 2009). Sebagai pembanding digunakan alginat komersial yang diproduksi oleh *Sigma* yang merupakan hasil ekstraksi dari rumput laut *M. pirifera*. *Glukono- δ -lactone* (GDL) sebagai pengatur pelepasan ion Ca^{2+} dari CaCO_3 diperoleh dari *Chori Co Ltd*.

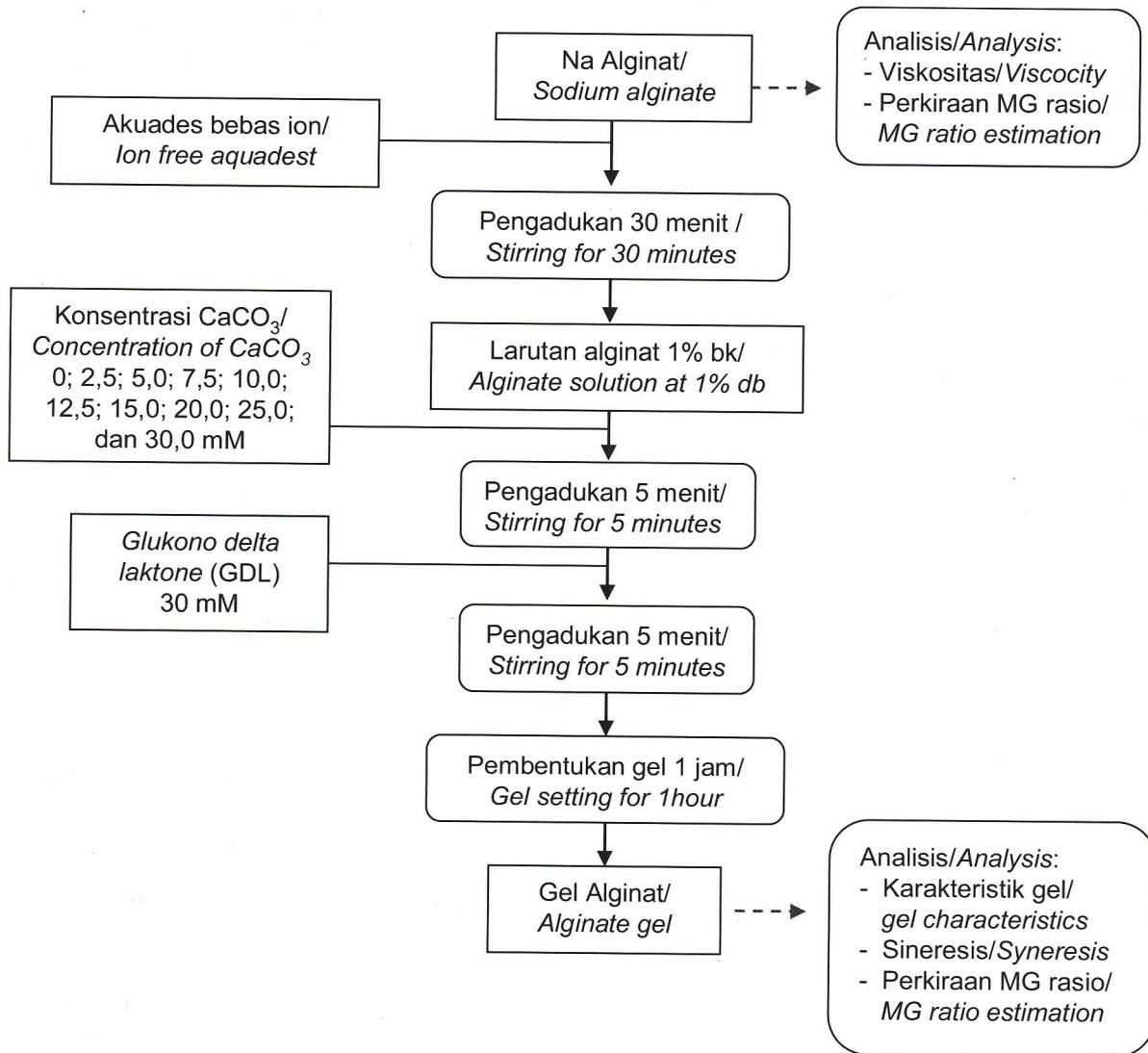
Pengamatan karakteristik bahan baku alginat dilakukan dengan menguji komposisi penyusun alginat dan viskositasnya. Perkiraan perbandingan manuronat/guluronat (rasio M/G) dianalisis dengan FTIR setelah alginat dikonversi menjadi kalsium alginat dan dibentuk pelet dengan penambahan garam KBr. Perbandingan M/G didekati dengan membandingkan rasio absorbansi pada bilangan gelombang 1030/1080 cm^{-1} (Sakugawa *et al.*, 2004). Rasio M/G merupakan faktor yang sangat penting dalam menentukan sifat alginat baik menyangkut kelarutan maupun kemampuannya dalam membentuk gel. Viskositas alginat diamati dengan *Rapid Visco Analyzer* pada

konsentrasi larutan 1% suhu 20° C dan kecepatan putaran 130 rpm.

Pembentukan Gel Alginat

Pembentukan gel dilakukan dengan metode internal dengan pelepasan lambat ion Ca dari CaCO_3 . Alginat (dari *S. Filipendula*, *T. decurrens*, dan komersial) dilarutkan pada konsentrasi 1% (*dry basis*) dalam akuades bebas ion dengan pengadukan selama 30 menit. Sambil diaduk, ditambahkan bubuk CaCO_3 dan GDL sampai semua larut. Gel dicetak dalam cetakan berukuran diameter 3,5 cm dan tinggi 5 cm selama 1 jam pada suhu ruang. Selanjutnya gel dilepaskan dari cetakan dan diamati karakteristiknya. Konsentrasi CaCO_3 yang ditambahkan divariasi 0; 2,5; 5,0; 7,5; 10,0; 12,5; 15,0; 20,0; 25,0; dan 30,0 mM. Metode pembentukan gel alginat disajikan pada Gambar 1.

Pengamatan meliputi pembentukan gel dan karakteristik gel alginat yang dihasilkan seperti kekuatan gel, *modulus rigidity*, dan sineresis. Pengamatan tekstur gel dilakukan dengan tes penetrasi menggunakan *Stable Micro System TAXT2 texture analyzer* dengan *probe* silinder (luas permukaan *probe* 1 cm²) pada kecepatan 0,5 mm/detik sampai kedalaman penetrasi 25 mm (Marrs & Titoria, 2004). Parameter yang diamati meliputi karakteristik pecah, kekuatan gel, dan *modulus rigidity*. Karakteristik pecah dilihat dari kurva yang terbentuk pada saat gel pecah apakah bentuknya halus atau menunjukkan adanya profil tertentu (tidak halus/bertahap) sesaat setelah gel tersebut pecah. Kekuatan gel dilihat dari puncak gaya (g) pada saat gel pecah dibagi luas permukaan *probe*. *Modulus rigidity* diamati dari kemiringan kurva yang diperoleh dengan bantuan *software texture exponent 32*.



Gambar 1. Diagram metode pembentukan gel alginat.
Figure 1. Diagram of alginate gel setting technique.

Pengamatan sineresis dilakukan dengan preparasi gel pada wadah yang telah diketahui beratnya. Gel disimpan dalam refrigerator suhu 4°C selama 24 jam dan air yang terlepas dari gel dihilangkan dengan dilap menggunakan kertas penyerap air. Gel kemudian ditimbang dan sineresis dinyatakan sebagai selisih berat gel dibandingkan dengan berat awal dikalikan 100% (Draget *et al.*, 2001).

Penelitian dilakukan dengan rancangan acak lengkap faktorial dengan 3 kali ulangan (Steel & Torie, 1995). Data dianalisis dengan analisis sidik ragam (ANOVA) dan apabila berbeda nyata dilanjutkan dengan uji jarak berganda Duncan (DMRT). Analisis statistik dilakukan dengan bantuan program statistik SPSS 11,5.

HASIL DAN BAHASAN

Pengaruh Konsentrasi CaCO₃ terhadap Pembentukan Gel Alginat

Pengaruh penambahan CaCO₃ terhadap pembentukan gel dan karakteristik gel alginat disajikan pada Tabel 1. Tanpa penambahan CaCO₃ gel tidak terbentuk dan seiring dengan peningkatan konsentrasi CaCO₃ yang ditambahkan akan terjadi penguatan gel. Penambahan CaCO₃ sebanyak 2,5 mM dalam larutan alginat belum menyebabkan terbentuknya gel pada semua jenis alginat. Penambahan 5 mM CaCO₃ menyebabkan gel mulai terbentuk, tetapi gel masih sangat lunak dan tidak dapat berdiri ketika dilepas dari cetakan. Pada penambahan 7,5 mM CaCO₃ gel yang terbentuk sudah

dapat berdiri ketika dilepaskan dari cetakan. Gel yang kuat terbentuk pada penambahan CaCO₃ sebanyak 20 mM atau lebih pada semua jenis alginat yang digunakan.

Perbedaan pengaruh penambahan CaCO₃ terhadap pembentukan gel alginat ini kemungkinan disebabkan karena perbedaan panjang polimer dari ketiga jenis alginat yang digunakan. Semakin panjang polimer alginat maka peluang untuk membentuk ikatan silang dan menghasilkan matriks yang mampu mengimobilisasi sistem semakin besar, sehingga dengan ketersediaan ion Ca sedikit saja sudah mampu membentuk gel. Oleh karena itu pada alginat komersial *Sigma*, penambahan CaCO₃ 7,5 mM sudah menghasilkan gel yang sempurna sedangkan pada alginat dari *S. Filipendula* dan *T. decurrens* kondisi tersebut baru terjadi pada konsentrasi 15 mM dan 20 mM atau lebih. Meskipun pembentukan gel alginat komersial *Sigma* sudah terjadi pada konsentrasi CaCO₃ 7,5 mM pada penambahan konsentrasi CaCO₃ selanjutnya peningkatan kekuatan gel yang dihasilkan tidak sebesar gel alginat dari *S. Filipendula* dan *T. decurrens*. Hal ini menunjukkan bahwa pembentukan gel selain ditentukan oleh panjang polimer juga sangat ditentukan oleh komposisi monomer penyusunnya (M/G rasio alginat).

Pengaruh Konsentrasi CaCO₃ terhadap Tekstur Gel Alginat

Karakteristik pecah dari ketiga jenis gel alginat pada pengukuran tekstur dengan *texture analyzer* menunjukkan profil yang berbeda. Alginat komersial *Sigma* menghasilkan profil yang halus pada saat

Tabel 1. Pengaruh penambahan CaCO₃ terhadap karakteristik pembentukan gel alginat
Table 1. The effect of CaCO₃ addition on the characteristics of alginate gel setting

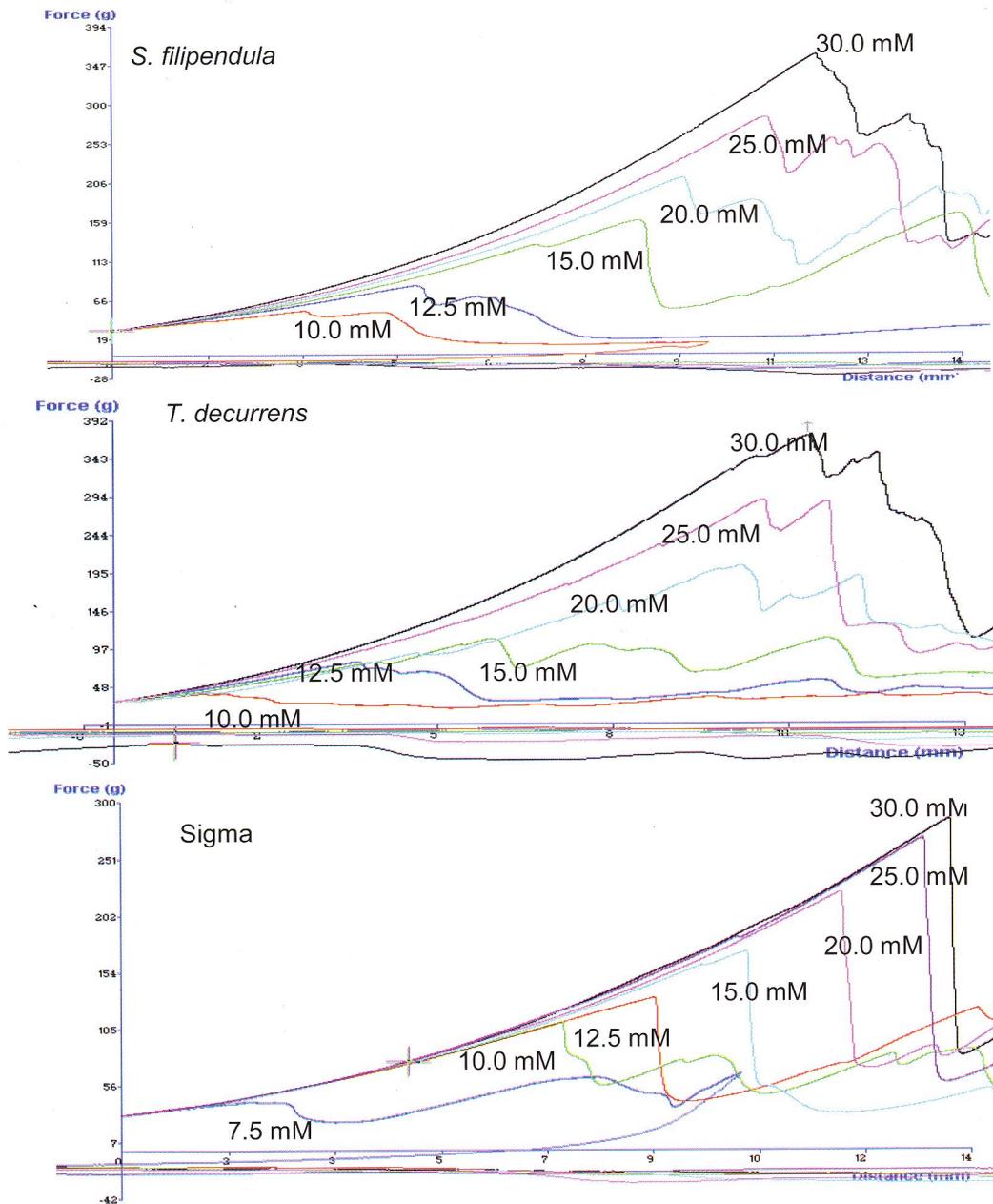
Konsentrasi CaCO ₃ yang Ditambahkan/ Concentration of CaCO ₃ Added	Karakteristik Gel Berdasarkan Jenis Alginat/ Gel Characteristics Based on Alginate Type		
	<i>Sargassum filipendula</i>	<i>Turbinaria decurrens</i>	Alginat Komersial/ Commercial Alginate (Sigma)
0 dan 2,5 mM/ 0 and 2.5 mM	Tanpa CaCO ₃ alginat tetap berbentuk larutan. Penambahan CaCO ₃ 2,5 mM menghasilkan larutan alginat kental, tidak terbentuk gel/Without CaCO ₃ addition, alginate is in the form of solution. Addition of 2.5 mM CaCO ₃ resulted in viscous solution of alginate, no gel was formed.	Tanpa CaCO ₃ alginat tetap berbentuk larutan. Penambahan CaCO ₃ 2,5 mM menghasilkan larutan alginat kental, tidak terbentuk gel/Without CaCO ₃ addition, alginate was still in the form of solution. Addition of 2.5 mM CaCO ₃ resulted in viscous solution of alginate, gel was formed.	Tanpa CaCO ₃ alginat tetap berbentuk larutan. Penambahan CaCO ₃ 2,5 mM menghasilkan larutan alginat kental, tidak terbentuk gel/Without CaCO ₃ addition, alginate was still in the form of solution. Addition of 2.5 mM CaCO ₃ resulted in viscous solution of alginate, no gel was formed.

Tabel 1. Pengaruh penambahan CaCO₃ terhadap karakteristik pembentukan gel alginat (lanjutan)
 Table 1. The effect of CaCO₃ addition on the characteristics of alginate gel setting (continued)

Konsentrasi CaCO ₃ yang Ditambahkan/ Concentration of CaCO ₃ Added	Karakteristik Gel Berdasarkan Jenis Alginat/ Gel Characteristics Based on Alginate Type		
	<i>Sargassum filipendula</i>	<i>Turbinaria decurrens</i>	Alginat Komersial/ Commercial Alginate (Sigma)
5,0 dan 7,5 mM/ 5.0 and 7.5 mM	Penambahan CaCO ₃ 5,0 mM menghasilkan gel sangat lemah yang tidak dapat berdiri ketika dilepaskan dari cetakan. Penambahan CaCO ₃ 7,5 mM menghasilkan gel yang sudah dapat berdiri sendiri tetapi kekuatan gelnya belum terdeteksi dengan <i>texture analyzer</i> . Pada konsentrasi 7,5 mM, pembentukan gel belum sempurna (permukaan larutan alginat tetap cair)/Addition of 5.0 mM CaCO ₃ resulted in a very weak gel that could not stand when taken out from gel mold. Addition of 7.5 mM CaCO ₃ resulted in a firm gel that could stand when taken out from gel mold but the gel strength was still undetected by texture analyzer. At CaCO ₃ concentration of 7.5 mM, gel forming was still uncompleted (surface side of the alginate solution still juicy).	Penambahan CaCO ₃ 5,0 mM menghasilkan gel sangat lemah yang tidak dapat berdiri ketika dilepaskan dari cetakan. Penambahan CaCO ₃ 7,5 mM menghasilkan gel yang dapat berdiri sendiri tetapi kekuatan gelnya belum terdeteksi dengan <i>texture analyzer</i> . Pada konsentrasi 7,5 mM pembentukan gel belum sempurna (permukaan larutan alginat tetap cair)/Addition of 5.0 mM CaCO ₃ resulted in a very weak gel that could not stand when taken out from gel mold. Addition of 7.5 mM CaCO ₃ resulted in a firm gel that could stand when taken out from gel mold but the gel strength was still undetected by texture analyzer. At CaCO ₃ concentration of 7.5 mM, gel forming was still uncompleted (surface side of the alginate solution still juicy).	Penambahan CaCO ₃ 5,0 mM menghasilkan gel sangat lemah yang tidak dapat berdiri. Penambahan CaCO ₃ 7,5 mM sudah menghasilkan gel yang kokoh dan kekuatan gelnya terdeteksi dengan <i>texture analyzer</i> . Penambahan CaCO ₃ 7,5 mM sudah menghasilkan gel yang sempurna (semua larutan alginat menjadi gel)/Addition of 5.0 mM CaCO ₃ resulted in a very weak gel that could not stand when taken out from gel mold. Addition of 7.5 mM CaCO ₃ resulted in a firm gel and the gel strength was detected with texture analyzer. Addition of 7.5 mM CaCO ₃ resulted in complete gel formation (all alginate solution turned into gel).
10,0; 12,5; dan 15,0 mM/ 10.0; 12.5 and 15.0 mM	Penambahan CaCO ₃ sampai 10,0 mM belum menghasilkan gel yang sempurna (bagian permukaan larutan alginat masih cair). Pada penambahan CaCO ₃ 15,0 mM sudah terbentuk gel yang sempurna (seluruh larutan alginat berubah menjadi gel)/Addition of CaCO ₃ up to 10.0 mM had not resulted in a complete gel formation (the surface of the alginate solution still juicy). A complete gel had been formed by addition of 15.0 mM CaCO ₃ , (all alginate solution turned into gel).	Penambahan CaCO ₃ sampai 15,0 mM belum menghasilkan gel yang sempurna (bagian permukaan cairan belum menjadi gel)/Addition of CaCO ₃ up to 15.0 mM had not resulted in a complete gel formation (the surface of the alginate solution still juicy).	Gel yang terbentuk sudah sempurna. Semakin tinggi konsentrasi CaCO ₃ yang ditambahkan semakin besar kekuatan gel yang diperoleh/A complete gel had been formed. The higher concentration of CaCO ₃ added, the higher gel strength was obtained.
20,0; 25,0; dan 30,0 mM/ 20.0; 25.0 and 30.0 mM	Gel yang terbentuk sudah sempurna. Semakin tinggi konsentrasi CaCO ₃ yang ditambahkan, semakin tinggi kekuatan gel yang diperoleh/A gel formation was completed. The higher concentration of CaCO ₃ added, the higher gel strength was obtained.	Gel yang sempurna baru terjadi pada penambahan CaCO ₃ 20,0 mM atau lebih/A completed gel formation had been obtained at CaCO ₃ addition of 20.0 mM or higher concentration.	Gel yang terbentuk sudah sempurna. Semakin tinggi konsentrasi CaCO ₃ yang ditambahkan, semakin tinggi kekuatan gel yang diperoleh/A gel formation was completed. The higher concentration of CaCO ₃ added, the higher gel strength was obtained.

pecah (Gambar 2). Hal ini menunjukkan bahwa gel alginat komersial Sigma memiliki gel yang homogen sehingga titik pecah gel berada pada satu titik. Gel alginat dari *S. filipendula* dan *T. decurrens* menunjukkan bentuk pecah yang kasar (bergerigi atau bertahap) yang menunjukkan gel yang tidak homogen. Hal ini kemungkinan dipengaruhi oleh viskositas alginat yang rendah untuk *S. filipendula* dan *T. decurrens* yang menyebabkan pada proses pembentukan gelnya, CaCO_3 di dalam larutan tidak terdistribusi merata pada semua bagian; pada bagian

atas konsentrasinya lebih rendah dan konsentrasi yang semakin tinggi berada di bagian bawah karena adanya gaya gravitasi. Karena ketersediaan ion Ca^{2+} yang tidak merata tersebut maka gel yang terbentuk di bagian atas lebih lemah, dan menguat secara bertahap ke bagian bawah karena ketersediaan ion Ca^{2+} yang lebih banyak. Pada alginat komersial Sigma, karena viskositasnya yang tinggi maka distribusi CaCO_3 dalam larutan merata dan tidak mudah dipengaruhi gaya gravitasi selama proses pembentukan gelnya.



Gambar 2. Profil tekstur gel alginat pada berbagai konsentrasi CaCO_3 .
 Figure 2. Texture profile of alginate gel at various concentration of CaCO_3 .

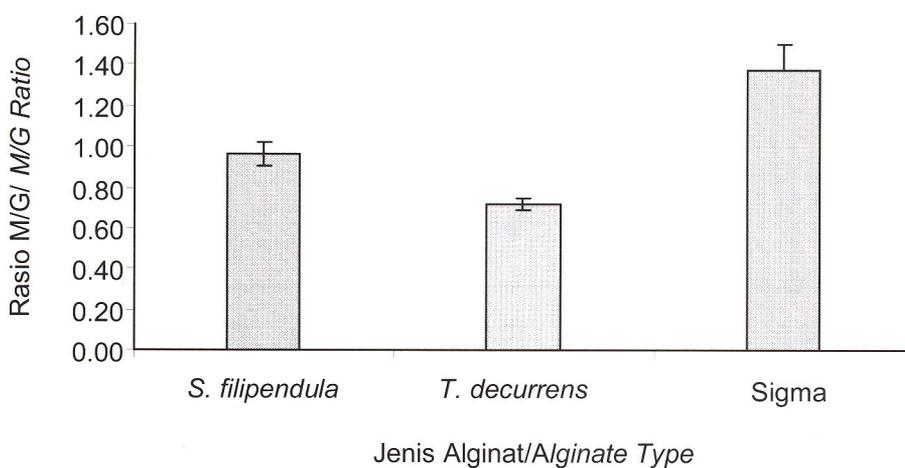
Pada alginat komersial Sigma, penambahan konsentrasi CaCO_3 relatif tidak mengubah kemiringan (*slope*) dari profil pecah yang dihasilkan (Gambar 2). Hal ini bertolak belakang dengan alginat dari *S. filipendula* dan *T. decurrens* yang menunjukkan peningkatan konsentrasi CaCO_3 akan meningkatkan kemiringan kurva secara nyata. Kemiringan (*slope*) tersebut menunjukkan *modulus rigidity*; semakin tinggi kemiringan menunjukkan nilai *modulus rigidity* yang semakin besar. Hal ini dipengaruhi oleh perbedaan komposisi monomer penyusun alginat yang menunjukkan bahwa alginat dari *S. filipendula* dan *T. decurrens* mempunyai rasio M/G yang rendah (rasio M/G = 0,94 dan 0,72) dan sebaliknya alginat komersial Sigma mempunyai rasio M/G yang tinggi (rasio M/G = 1,37) seperti pada Gambar 3. Pada alginat dari *S. filipendula* dan *T. decurrens*, peningkatan konsentrasi CaCO_3 akan menaikkan *rigiditas* gel secara nyata karena akan menyebabkan semakin banyaknya poliguluronat yang berikatan dengan kalsium dan ikatan ionik ini akan menyebabkan berkurangnya fleksibilitas pergerakan molekul alginat. Semakin tidak fleksibel pergerakan molekul alginat, maka gel yang dihasilkan semakin kaku (menaikkan *rigiditas* gel). Pada alginat komersial Sigma, banyaknya polimanuronat menyebabkan fleksibilitas pergerakan molekul tetap tinggi karena polimanuronat tidak berikatan dengan kalsium dari CaCO_3 .

Pengaruh Konsentrasi CaCO_3 terhadap Kekuatan Gel Alginat

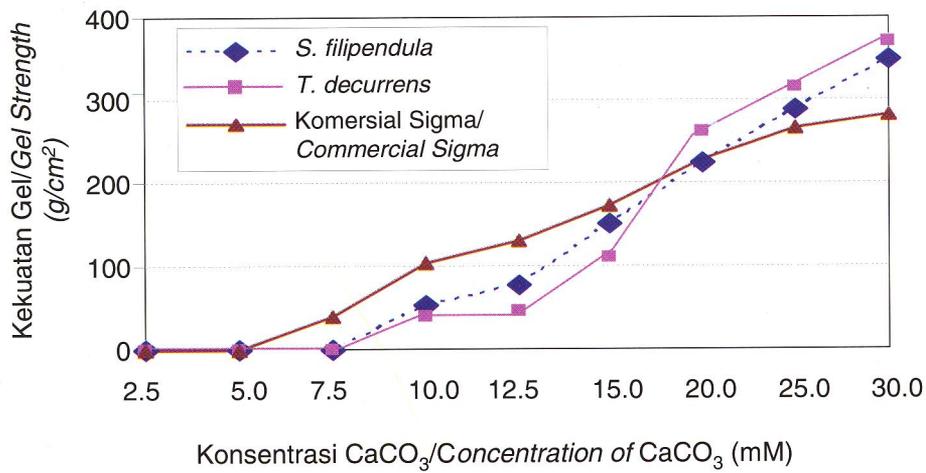
Jenis alginat dan konsentrasi CaCO_3 serta interaksi keduanya berpengaruh nyata terhadap kekuatan gel alginat ($p < 0,05$). Penambahan CaCO_3 berbeda pengaruhnya terhadap peningkatan kekuatan gel ketiga jenis alginat. Kekuatan gel alginat komersial Sigma yang dihasilkan dari penambahan CaCO_3 30

mM yaitu sebesar 281,57 g/cm², secara nyata lebih rendah ($p < 0,05$) dibandingkan alginat dari *S. filipendula* 349,50 g/cm² dan *T. decurrens* 367,30 g/cm² (Gambar 4). Hal ini disebabkan karena blok poliguluronat dalam alginat dari *S. filipendula* (rasio M/G = 0,96) dan *T. decurrens* (rasio M/G = 0,76) lebih tinggi dibandingkan kandungan blok poliguluronat dalam alginat komersial Sigma (rasio M/G = 1,37). Semakin tinggi kandungan blok guluronat dalam alginat maka semakin tinggi kemungkinan mengikat ion Ca^{2+} oleh adanya *egg-box model* poliguluronat untuk menghasilkan ikatan silang antar molekul alginat. Semakin besar jumlah kompleks ikatan silang yang dihasilkan dari ion Ca^{2+} dan *egg-box model* poliguluronat maka semakin kuat gel yang dihasilkan. Beberapa peneliti sebelumnya juga menyatakan bahwa kandungan poliguluronat yang tinggi dalam alginat akan menghasilkan gel yang lebih kuat dengan tekstur yang lebih kaku (Draget *et al.*, 1991; Draget, 2000; Mars & Titoria, 2004; Reis *et al.*, 2006).

Fenomena sebaliknya terjadi pada konsentrasi CaCO_3 rendah, yang terlihat dari kekuatan gel alginat komersial Sigma yang lebih tinggi dibandingkan alginat dari *S. filipendula* dan *T. decurrens* (Gambar 4). Hal ini disebabkan karena pada konsentrasi CaCO_3 yang rendah, homogenitas gel yang dihasilkan alginat komersial Sigma lebih baik dibandingkan kedua jenis alginat lainnya. Hal ini disebabkan karena viskositas larutan yang dihasilkannya lebih tinggi (327 mPa.S pada konsentrasi 1%) sehingga CaCO_3 terdispersi lebih baik dan merata serta tidak mudah mengendap. Pada alginat dari *S. filipendula* dan *T. decurrens*, karena viskositasnya yang rendah (berturut-turut 108 dan 72 mPa.S) maka dispersi CaCO_3 dalam larutan kurang baik dan cepat mengendap, sehingga homogenitas gel yang dihasilkan lebih rendah. Bagian permukaan gel merupakan bagian yang paling



Gambar 3. Rasio M/G alginat yang digunakan dalam percobaan.
Figure 3. M/G ratio of alginate used in the experiment.



Gambar 4. Pengaruh penambahan CaCO₃ terhadap kekuatan gel alginat pada konsentrasi alginat 1% dan GDL 30,0 mM.

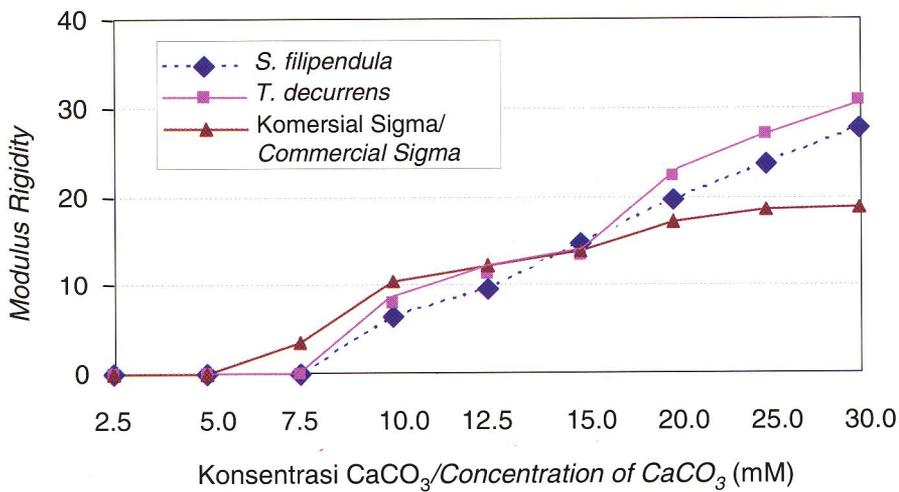
Figure 4. The effect of CaCO₃ addition on alginate gel strength at 1% alginate concentration and 30.0 mM GDL.

kekurangan ion Ca²⁺ untuk pembentukan gel sehingga menghasilkan kekuatan gel yang rendah. Pada konsentrasi CaCO₃ tinggi, viskositas larutan alginat dengan cepat meningkat pada saat pengadukan, sehingga pengendapan sebagian garam kalsium pada larutan alginat lebih sedikit terjadi. Hal ini menyebabkan ketersediaan sumber ion Ca²⁺ pada bagian permukaan larutan masih cukup tinggi untuk menghasilkan gel yang baik.

Pengaruh Konsentrasi CaCO₃ terhadap Modulus Rigidity Gel Alginat

Kemiringan (*slope*) yang dihasilkan dari profil tekstur pada pengujian tekstur dengan TA_XT Texture-

Analyzer merupakan parameter yang digunakan dalam menentukan elastisitas atau rigiditas gel yang dinyatakan sebagai *modulus rigidity* atau *modulus elasticity* (Mars & Titoria, 2004). Semakin tinggi nilai kemiringan menunjukkan gel yang semakin kaku dan sebaliknya semakin rendah kemiringan menunjukkan gel yang semakin elastis. Analisis statistik menunjukkan bahwa jenis alginat, konsentrasi penambahan CaCO₃ dan interaksinya berpengaruh sangat nyata terhadap nilai *modulus rigidity* gel alginat. Pengaruh penambahan CaCO₃ berbeda terhadap *modulus rigidity* ketiga gel yang dihasilkan (Gambar 5). Pada alginat dari *T. decurrens*, penambahan kalsium karbonat menghasilkan



Gambar 5. Pengaruh penambahan CaCO₃ terhadap modulus rigidity gel alginat pada konsentrasi alginat 1% dan GDL 30 mM.

Figure 5. The effect of CaCO₃ addition on modulus rigidity of alginate gel at 1% alginate concentration and 30 mM GDL.

peningkatan rata-rata *modulus rigidity* yang cukup besar yaitu dari 0 pada penambahan CaCO_3 7,5 mM sampai 30,74 pada konsentrasi CaCO_3 30 mM. Sebaliknya, nilai *modulus rigidity* yang dicapai alginat komersial Sigma paling besar hanya 18,75 sementara untuk gel alginat dari *S. filipendula* nilai maksimum sebesar 27,61 yang dicapai pada penggunaan CaCO_3 30 mM.

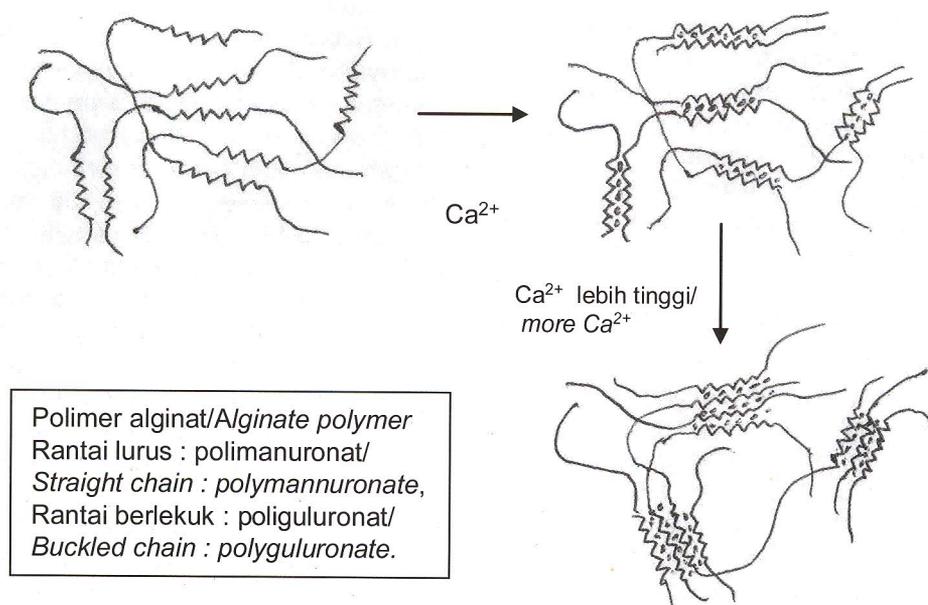
Besarnya peningkatan *modulus rigidity* pada alginat dari *S. filipendula* dan *T. decurrens* berkaitan erat dengan tingginya porsi asam guluronat dalam alginat ini. Tingginya blok guluronat menyebabkan interaksinya dengan ion Ca^{2+} cukup tinggi sejalan dengan peningkatan konsentrasi CaCO_3 yang ditambahkan. Menurut Ramsden (2004), daerah blok guluronat adalah daerah yang menyediakan muatan negatif sehingga memungkinkan mengikat ion Ca^{2+} untuk menghasilkan daerah penyambung (*junction zone*) bagi terciptanya interaksi antar molekul alginat. Semakin banyak poliguluronat berinteraksi dengan ion Ca^{2+} maka fleksibilitas pergerakan molekulnya semakin rendah dan tekstur yang lebih rigid akan terbentuk. Pada alginat komersial Sigma yang kaya polimanuronat, jumlah poliguluronat yang mampu berinteraksi dengan ion Ca^{2+} jumlahnya terbatas. Hal ini menyebabkan jumlah ikatan yang dapat terbentuk terbatas dan peningkatan *modulus rigidity*

oleh penambahan CaCO_3 rendah. Mekanisme pembentukan gel oleh poliguluronat dengan penambahan ion kalsium dapat dilihat pada Gambar 6.

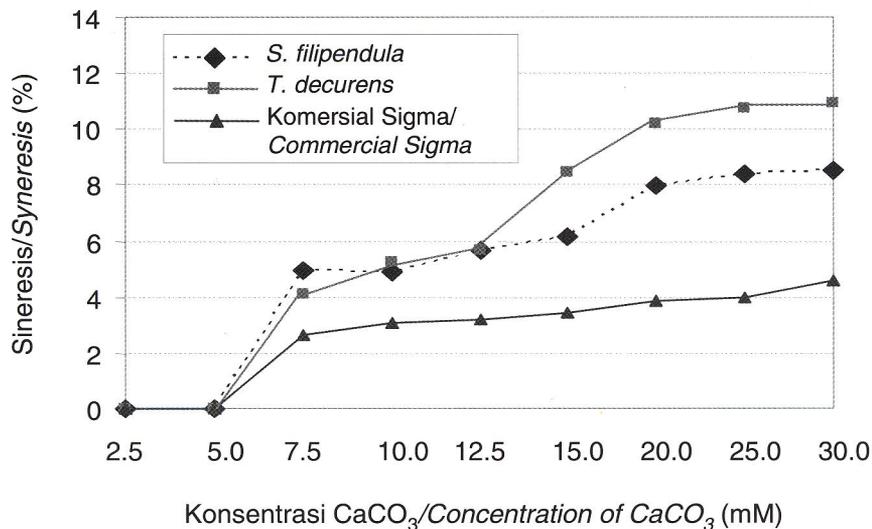
Pengaruh Jenis Alginat dan Konsentrasi CaCO_3 terhadap Sineresis Gel Alginat

Pengaruh jenis alginat, konsentrasi CaCO_3 dan interaksinya sangat nyata terhadap sineresis gel alginat. Sineresis gel alginat dari *S. filipendula* dan *T. decurrens* lebih tinggi dibandingkan alginat komersial Sigma (Gambar 7). Hal ini berkaitan dengan perbedaan kandungan rasio M/G dari alginat tersebut. Alginat yang kaya dengan kandungan blok guluronat akan menghasilkan *egg-box model* yang berlimpah dan dengan tingginya konsentrasi ion Ca^{2+} yang tersedia maka interaksi elektrostatis yang dihasilkan lebih tinggi. Semakin tinggi ikatan silang yang terbentuk maka gaya tarik antar molekul alginat semakin besar, dan sejalan dengan peningkatan waktu maka akan terjadi pengerutan yang dapat menyebabkan terlepasnya air dari gel.

Sineresis adalah proses keluarnya air dari gel yang disebabkan oleh proses pengerutan gel. Pada gel alginat, sineresis sangat dipengaruhi waktu; semakin lama waktu penyimpanan akan menghasilkan sineresis semakin tinggi. Terlepasnya air dari gel terjadi



Gambar 6. Mekanisme pembentukan gel alginat oleh penambahan ion kalsium (Fmcbiopolymer, 2008).
Figure 6. Mechanism of alginate gel setting by the addition of calcium ion (Fmcbiopolymer, 2008).



Gambar 7. Pengaruh konsentrasi CaCO₃ terhadap sineresis gel alginat pada konsentrasi alginat 1% dan GDL 30 mM.

Figure 7. The effect of CaCO₃ concentration on the syneresis of alginate gel at 1% alginate concentration and 30 mM GDL.

karena adanya gaya tarik yang kuat antar polimer pembentuk gel sehingga menyebabkan air yang sebelumnya telah terikat terlepas kembali. Sineresis gel alginat sangat dipengaruhi oleh jenis alginat (rasio M/G alginat), konsentrasi ion Ca²⁺ yang digunakan pada pembentukan gel dan berat molekul/panjang polimer alginat (Draget *et al.*, 2001).

Peningkatan konsentrasi CaCO₃ akan meningkatkan sineresis gel alginat karena ion Ca²⁺ yang bisa dilepaskan ke dalam sistem semakin tinggi. Semakin tinggi ketersediaan ion Ca²⁺ dalam sistem memungkinkan terjadinya ikatan silang yang semakin banyak. Semakin tinggi ikatan yang terjadi maka daya tarik antar molekul alginat semakin kuat, pengkerutan gel yang mungkin terjadi semakin tinggi, dan air yang dilepaskan dari gel semakin tinggi pula. Penelitian sebelumnya juga menunjukkan bahwa pada pembentukan gel dengan metode internal, besarnya sineresis sangat dipengaruhi oleh ketersediaan ion kalsium (Draget *et al.*, 1991)

Pada alginat komersial Sigma yang kaya dengan blok manuronat (M/G rasio 1,37), peningkatan konsentrasi CaCO₃ relatif kecil pengaruhnya terhadap sineresis karena ion Ca²⁺ tidak suka berikatan dengan blok manuronat yang tidak mempunyai *egg-box model* (Gambar 7). Daerah blok manuronat dan campuran manuronat-guluronat merupakan daerah yang tidak berikatan dengan Ca²⁺ (Ramsden, 2004). Dengan sedikitnya ikatan silang yang dapat terbentuk maka daya tarik antar molekul yang dapat menyebabkan terjadinya sineresis semakin kecil.

Potensi pemanfaatan alginat dari *Sargassum filipendula* dan *Turbinaria decurrens*

Berdasarkan karakter kekuatan gel, *modulus rigidity* dan sineresisnya, gel alginat dari *S. filipendula* dan *T. decurrens* hasil penelitian ini mempunyai kemiripan dengan gel agar dan karaginan yaitu kekuatannya yang tinggi, teksturnya yang kaku dan sineresisnya yang relatif tinggi (Subaryono & Utomo, 2006; Subaryono & Fransiska, 2009; Murniyati & Subaryono, 2009). Pada konsentrasi larutan 1%, kekuatan gel alginat dari *S. filipendula* 349,50 g/cm² dan *T. decurrens* 367,30 g/cm² tidak berbeda jauh dengan kekuatan gel agar dari *Gelidium* sp. pada konsentrasi 1,5% sebesar 400–450 g/cm² (Subaryono & Utomo, 2009). Berdasar karakter tersebut maka aplikasi alginat dari *S. filipendula* dan *T. decurrens* berpotensi digunakan sebagai bahan pembentuk gel seperti pada puding untuk menggantikan agar maupun karaginan yang harganya relatif lebih mahal. Harga alginat *food grade* di pasaran 2,1–9,3 US\$/kg lebih murah dibandingkan harga karaginan *food grade* 4,5–12,5 US\$/kg atau agar *food grade* 22–30 US\$/kg (Anon., 2010). Gel alginat mempunyai kelebihan dibandingkan gel agar dan karaginan karena pembentukannya tidak harus dengan proses pemanasan, sehingga memungkinkan bahan ini digunakan sebagai bahan pembuat puding instan. Karena pembentukan gelnya yang tidak memerlukan pemanasan, alginat ini juga berpotensi digunakan sebagai media imobilisasi enzim maupun

sel. Kelebihan lain dari gel alginat adalah sifatnya yang tidak mencair terhadap pemanasan (*thermoirreversible*) sehingga berpotensi digunakan sebagai *binder* pada produk-produk hasil restrukturisasi seperti restrukturisasi buah maupun daging dan udang (Draget, 2000; Mars & Titoria, 2004; Mc. Hugh, 2008).

KESIMPULAN

1. Gel alginat dari *S. filipendula* dan *T. decurrens* mulai terbentuk pada penambahan CaCO_3 5 mM, dan gel yang kokoh terbentuk pada penambahan CaCO_3 sebanyak 20 mM atau lebih. Kebutuhan CaCO_3 untuk pembentukan gel kedua jenis alginat lebih tinggi dibandingkan alginat komersial Sigma.
2. Karakteristik gel alginat sangat ditentukan oleh kandungan rasio M/G dalam alginat dan konsentrasi CaCO_3 yang ditambahkan. Penambahan CaCO_3 20 mM atau lebih pada alginat dari *S. filipendula* dan *T. decurrens* akan menghasilkan gel dengan keteguhan, kekuatan, *modulus rigidity* dan sineresis yang lebih tinggi dibandingkan alginat komersial Sigma.
3. Alginat dari *S. filipendula* dan *T. decurrens* berpotensi digunakan sebagai bahan pembentuk gel pada puding, sebagai media imobilisasi dan *binder* karena karakteristik gelnya yang kuat seperti agar dan karaginan.

SARAN

Untuk mendapatkan gel yang homogen, alginat sebaiknya dilarutkan sempurna. Untuk mendapatkan gel yang homogen, pengadukan CaCO_3 dan GDL harus dilakukan dengan baik sampai semua CaCO_3 terdispersi secara merata dalam larutan.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonymous. 2010. Agar for food, sodium alginate food grade, food additives thickener carageenan. http://www.alibaba.com/product-gs/282506049/agar_for_food.htm. Diakses pada tanggal 6 Juli 2010.
- Basmal, J., Yunizal, dan Murtini, J.T. 1998. Pengaruh volume dan waktu ekstraksi natrium alginat dalam larutan natrium karbonat. Makalah pada *Forum Komunikasi I. Ikatan Fikologi Indonesia*, Serpong 8 September 1999. p. 19–126.
- Basmal, J., Wikanta, T., dan Tazwir. 2002. Pengaruh kombinasi perlakuan kalium hidroksida dan natrium karbonat dalam ekstraksi natrium alginat terhadap kualitas produk yang dihasilkan. *J. Penel. Perik. Indonesia*. 8(6): 45–52.
- Broderick, E., Lyons, H., Pembroke, T., Bryne, H., Murray, B., and Hall, M. 2006. The characterization of a novel covalently modified amphiphilic alginate derivative, which retains gelling and non-toxic properties. *J. Colloid and Interface Sci.* 298: 154–161.
- Draget, K.I, Østgaard, K., and Smidsrød, O. 1991. Homogenous alginate gels: A technical approach. *Carbohydrate Polymers*. 14: 159–178.
- Draget, K. I., Steinsvåg, K., Onsøyen, E., and Smidrød, O. 1998. Na- and K-alginate; Effect on Ca^{2+} -gelation. *Carbohydrate Polymer*. 35: 1–6.
- Draget, K. I. 2000. Alginates. In Philips, G.O., and Williams, P.A. (eds.). *Handbook of Hydrocolloids*. CRC Press. p. 379–395.
- Draget, K.I., Gåserød, O., Aune, I., Andersen, P.O., Storbakken, B., Stokke, B.T., and Smidsrød, O. 2001. Effects of molecular weight and elastic segment flexibility on syneresis in Ca-alginate gels. *Food Hydrocolloids*. 15: 485–490.
- Fmcbiopolymer. 2008. Alginates/PGA/Processing. <http://www.fmcbiopolymer.com/PopularProducts/FMCAlginate/Gelation/tabid/799/Default.aspx>. Diakses pada tanggal 15 Januari 2008.
- Jothisarawathi, S., Babu, B., and Rengasamy, R. . 2006. Seasonal studies on alginate and its composition II: *Turbinaria conoides* (J. Ag.) Kutz. (Fucales, Phaeophyceae). *J. Applied Phycol.* 18: 161–166.
- Kalangi, S.M. 2001. Pertumbuhan dan kandungan nutrisi rumput laut coklat *Sargassum polycystum* C.A. Agerdh 1824 di Tasik Ria, Kabupaten Minahasa Sulawesi Utara. <http://digilib.bi.itb.ac.id/go.php?id=saptunsrat-gdl-res-2001-kalangi2c-1936-coklat>. Diakses pada tanggal 15 Januari 2008.
- Mancini, M., Moresi, M., and Rancini, R. 1999. Mechanical properties of alginate gels: empirical characterisation. *J. Food Engineering*. 39: 369–378.
- Marrs, W.M. and Titoria, P. 2004. Third generation gels. In Williams, P.A. and Philips, G.O. (eds.). *Gums and Stabilisers for the Food Industry 12*. The Royal Society of Chemistry. UK. p. 189–200.
- Mc. Hugh, D.J. 2008. Production, properties and uses of alginates. In *Production and utilization of products from commercial seaweeds*. FAO Corporate Document Repository. <http://www.fao.org/docrep/006/y4765e08.htm>. Diakses pada tanggal 15 Januari 2008. 45 pp.
- Murniyati dan Subaryono. 2009. Pengaruh perlakuan alkali (NaOH) pada ekstraksi agar-agar dari rumput laut *Gracilaria* sp. terhadap kekuatan gel, rendemen dan karbohidrat. *Prosiding Workshop Nasional Bioteknologi dan Industri Rumput Laut*. Semarang 5 September 2009. p. 171–179.
- Outokesh, M., Mimura, H., Niibori, Y., and Tanaka, K. 2006. Preparation of stable alginat mikroenkapsules coated with chitosan or polyethyleneimine for extraction of heavy metal ions. *J. Microencapsulation*. 23(3): 291–301.
- Ramsden, I. 2004. Plant and algal gums and mucilages. In *Chemical and Functional Properties of Food Saccharides*. CRS Press LLC. p. 247–248.
- Reis, C.P., Neufeld, R.J., Vilela, S., Ribeiro, A.J., and Veiga, F. 2006. Review and current status of emulsion/

- dispersion technology using internal gelation process for the design of alginate particles. *J. Microencapsulation*. 23(3): 245–257.
- Sakugawa, K., Ikeda, A., Takemura, A., and Ono, H. 2004. Simplified method for estimation of composition of alginates by FTIR. *J. Applied Polymer Sci.* 93: 1372–1377.
- Steel, R.G.D. and Torrie, J.H. 1995. *Prinsip dan Prosedur Statistik (Suatu Pendekatan Biometrik)*. edisi kedua PT. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta. p. 20–46.
- Subaryono dan Utomo, B.S.B. 2006. Penggunaan campuran karaginan-konjak dalam pembuatan permen jelli. *Jurnal Pascapanen dan Bioteknologi Kelautan dan Perikanan*. 1(1): 19–26.
- Subaryono dan Fransiska, D. 2009. Kualitas agar dari rumput laut *Gelidium* sp. dengan perbedaan metode penyaringan pada proses ekstraksinya. *Prosiding Workshop Nasional Bioteknologi dan Industri Rumput Laut*. Semarang 5 September 2009. p. 201–208.
- Subaryono, Peranginangin, R., Fardiaz, D., dan Kusnandar, F. 2009. Sifat fisiko-kimia alginat dari rumput laut *Sargassum filipendula* dan *Turbinaria decurrens* dari Perairan Binuangeun. *Prosiding Seminar Nasional Kelautan V*. Universitas Hang Tuah 23 April 2009. (II): 529–536.
- Subaryono dan Utomo, B.S.B. 2009. Kualitas rumput laut penghasil agar (agarophyta) dari Perairan Lampung. *Prosiding Seminar Nasional Perikanan Indonesia 2009, Volume 4*, Jakarta, 3-4 Desember 2009 Sekolah Tinggi Perikanan, Jakarta. p. 281–284.
- Tazwir, Nasran, S., dan Yunizal. 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.
- Yunizal, Tazwir, Murtini, J.T., dan Wikanta, T. 2000. Penelitian penanganan rumput laut coklat (*Sargassum filipendula*) setelah dipanen menggunakan larutan kalium hidroksida. *Octopus*. 4(1): 49–56.
- Wikanta, T., Basmal, J., dan Yunizal. 2000. Pengaruh perbedaan penggunaan bahan pengemas dan lama penyimpanan pada suhu kamar terhadap sifat fisiko-kimia produk natrium alginat. *Prosiding Seminar Hasil Penelitian Perikanan 1999/2000*, Sukamandi 21-22 September 2000. p. 301–310.

Lampiran 1. Metode ekstraksi sodium alginat dari rumput laut
Appendix 1. Sodium alginate extraction method from seaweed

