

## PERBAIKAN VISKOSITAS ALGINAT DARI *Sargassum filipendula* DAN *Turbinaria decurens* MENGGUNAKAN $\text{CaCO}_3$ DAN LOCUST BEAN GUM (LBG)

Subaryono\*) dan Rosmawaty Peranginangin\*)

### ABSTRAK

Penelitian untuk meningkatkan viskositas alginat dari *Sargassum filipendula* dan *Turbinaria decurens* telah dilakukan dengan menggunakan bahan baku rumput laut dari Perairan Binuangeun, Provinsi Banten. Peningkatan viskositas alginat dari kedua jenis rumput laut yang umumnya rendah, dilakukan dengan pembentukan ikatan silang menggunakan ion  $\text{Ca}^{2+}$  sebagai jembatan penghubung dan interaksinya dengan *locust bean gum* (LBG). Pembentukan ikatan silang antar molekul alginat dilakukan dengan penambahan  $\text{CaCO}_3$  sebagai sumber ion  $\text{Ca}^{2+}$ . Konsentrasi  $\text{CaCO}_3$  yang digunakan divariasi 2,5; 3,5; dan 4,5; mM. Sebagai pembanding digunakan alginat kontrol tanpa penambahan  $\text{CaCO}_3$ . Penambahan LBG dilakukan pada konsentrasi  $\text{CaCO}_3$  terpilih yaitu 3,5 mM. Penambahan LBG divariasi 0, 10, 20, 30, 40, dan 50 g/100 g alginat. Penelitian dilakukan menggunakan rancangan acak lengkap (RAL) dengan tiga kali ulangan. Data dianalisis dengan uji sidik ragam dan jika berbeda nyata dilanjutkan dengan uji beda nyata terkecil (BNT). Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan  $\text{CaCO}_3$  berpengaruh sangat nyata terhadap peningkatan viskositas alginat. Viskositas alginat dari *S. filipendula* dan *T. decurens* meningkat masing-masing dari 108 cP menjadi 274 cP dan 72 cP menjadi 111 cP pada penambahan  $\text{CaCO}_3$  3,5 mM. *Locust bean gum* (LBG) mempunyai efek sinergis dalam meningkatkan viskositas alginat. Viskositas alginat dari *S. filipendula* dan *T. decurens* meningkat masing-masing menjadi 556 cP dan 238 cP pada penambahan LBG 30 g/100 g alginat. Penambahan  $\text{CaCO}_3$  dan LBG tidak hanya meningkatkan viskositas alginat tetapi juga meningkatkan stabilitas viskositas alginat terhadap pengaruh panas.

**ABSTRACT:** *Improvement of alginate viscosity from Sargassum filipendula and Turbinaria decurens using CaCO<sub>3</sub> and Locust Bean Gum (LBG). By: Subaryono and Rosmawaty Peranginangin*

A research on improvement of alginate viscosity extracted from *Sargassum filipendula* and *Turbinaria decurens* using  $\text{CaCO}_3$  and locust bean gum (LBG) had been conducted. The seaweed used as raw material of alginate was harvested from Binuangeun waters, Province of Banten. Increasing viscosity of alginate from both seaweed that was usually low, was conducted by cross linking with ion  $\text{Ca}^{2+}$  as a junction bridge and its interaction with locust bean gum (LBG). Cross linking between alginate molecules was conducted by addition of  $\text{CaCO}_3$  as a source of  $\text{Ca}^{2+}$  ion. The concentrations of  $\text{CaCO}_3$  was varied of 2.5, 3.5 and 4.5 mM. As a control was used native alginate without addition of  $\text{CaCO}_3$ . Addition of LBG was conducted at selected  $\text{CaCO}_3$  concentration of 3.5 mM. The additions of LBG was varied of 0, 10, 20, 30, 40 and 50 g/100 g alginate. The research was conducted using completely research design (CRD) with three replication. The data was analyzed with analysis of variance (anova) and continued with least significantly different (LSD) for any significant different revealed. The research showed that the addition of  $\text{CaCO}_3$  significantly affected on increasing alginate viscosity. Viscosity of *S. filipendula* and *T. decurens* alginate at 3.5 mM  $\text{CaCO}_3$  addition increased from 108 cP to 274 cP and from 72 cP to 111 cP respectively. Similarly, locust bean gum (LBG) showed synergy effect on increasing alginate viscosity. Alginate viscosity of *S. filipendula* and *T. decurens* added by LBG of 30 g/100 g alginate increased to 556 cP and 238 cP respectively. The addition of  $\text{CaCO}_3$  not only increased viscosity of alginate but also improved the stability of alginate viscosity against temperature effect.

**KEYWORDS:** *alginate, viscosity, cross linking, Sargassum, Turbinaria*

### PENDAHULUAN

Potensi rumput laut *Sargassum filipendula* dan *Turbinaria decurens* sangat besar terlihat dari mudahnya rumput laut ini ditemukan di perairan

Indonesia (Sujatmiko, 1993; Basmal *et al.*, 2002). Selain itu potensi rumput laut ini untuk dibudidayakan juga cukup tinggi mengingat pertumbuhannya yang cepat dan kemampuannya yang tinggi dalam menyesuaikan terhadap perubahan musim.

\*) Peneliti pada Balai Besar Riset Pengolahan Produk dan Bioteknologi Kelautan dan Perikanan, DKP



Sebagai contoh, percobaan budidaya *Sargassum polycystum* menunjukkan pertumbuhan sebesar 2,34 cm/minggu (Kalangi, 2001). Ketersediaan rumput laut penghasil alginat di alam selalu ada sepanjang tahun, baik pada musim kemarau maupun musim hujan.

Beberapa metode ekstraksi alginat dari rumput laut *Sargassum* sp. dan *Turbinaria* sp. sudah banyak dikembangkan. Meskipun demikian, secara umum produk alginat yang dihasilkan dari rumput laut lokal mempunyai viskositas yang rendah (Purwoto, 1995; Basmal *et al.*, 1998; Murtini *et al.*, 2000; Tazwir *et al.*, 2000; Wikanta *et al.*, 2000; Yunizal *et al.*, 2000; Basmal *et al.*, 2002; Rasyid, 2003<sup>a,b</sup>). Rendahnya viskositas alginat tersebut menyebabkan keterbatasan penggunaan alginat baik dalam bidang pangan maupun non-pangan sehingga usaha ekstraksi ini kurang berkembang.

Untuk meningkatkan pemanfaatan rumput laut coklat tersebut perlu dilakukan upaya agar viskositas yang dihasilkan memenuhi persyaratan yang dibutuhkan. Salah satu metode yang dapat dicoba untuk memperbaiki viskositas alginat adalah dengan memanfaatkan ion bervalensi dua seperti  $\text{Ca}^{2+}$  yang dapat membantu terbentuknya ikatan silang (*cross linking*) antar molekul alginat. Pada konsentrasi tertentu, di bawah ambang konsentrasi pembentukan gel, penambahan  $\text{CaCO}_3$  dilaporkan dapat meningkatkan viskositas alginat (Draget *et al.*, 1998; Draget, 2000). Perbaikan viskositas juga akan diupayakan dengan penambahan LBG yang meskipun viskositasnya rendah tetapi dilaporkan berinteraksi secara sinergis dengan fikokoloid seperti alginat dan karaginan (Casas & Garchia-Ochoa, 1999; Hernandez, 2001; Hoefler, 2004; Samavati *et al.*, 2007).

Dipilihnya  $\text{CaCO}_3$  sebagai bahan pembentuk ikatan silang dalam penelitian ini karena ion  $\text{Ca}^{2+}$  yang dilepaskannya sangat baik sebagai pembentuk jembatan silang antar molekul alginat, di samping ketersediaannya yang mudah, murah dan relatif aman (Draget, 2000; Hoefler, 2004; Mc Hugh, 2008). Untuk mengetahui berapa viskositas maksimal yang dapat dihasilkan dari kedua jenis rumput laut, maka penambahan  $\text{CaCO}_3$  dikombinasikan dengan penambahan LBG, yaitu pada konsentrasi  $\text{CaCO}_3$  terpilih. Konsentrasi  $\text{CaCO}_3$  terpilih dalam hal ini adalah konsentrasi yang menghasilkan viskositas tertinggi tanpa menyebabkan terbentuknya gel pada larutan alginat tersebut.

Dipilihnya LBG sebagai bahan untuk meningkatkan viskositas alginat karena bahan ini diketahui memiliki efek sinergis dalam memperbaiki viskositas larutan jika dikombinasikan dengan beberapa fikokoloid seperti karaginan, xantan, dan alginat (Casas & Garchia-Ochoa, 1999; Hernandez, 2001; Hoefler,

2004). LBG diketahui sebagai polimer yang viskositasnya rendah, akan tetapi mempunyai sifat mendekati sifat alginat dalam hal kelarutannya yang cukup baik dalam air dingin sehingga tidak merubah sifat alginat apabila kedua bahan ini dicampurkan (Samavati *et al.*, 2007).

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui potensi penggunaan  $\text{CaCO}_3$  sebagai bahan pembentuk ikatan silang dan *locust bean gum* untuk memperbaiki viskositas alginat dari *Sargassum filipendula* dan *Turbinaria decurens*. Selain itu juga akan diamati bagaimana pengaruh proses pembentukan ikatan silang (*cross linking*) dan interaksi  $\text{CaCO}_3$  dengan LBG pada kestabilan viskositas alginat terhadap pemanasan.

## BAHAN DAN METODE

### Bahan Baku dan Preparasi

Alginat dalam bentuk natrium alginat diperoleh dari ekstraksi rumput laut *Sargassum filipendula* dan *Turbinaria decurens* yang berasal dari Perairan Binuangun, Provinsi Banten. Rumput laut dipanen dari alam pada bulan Maret, setelah dicuci dengan air tawar kemudian direndam dalam larutan KOH 0,1% selama 1 jam. Perbandingan antara rumput laut dengan larutan KOH adalah 1:3. Setelah perendaman selama satu jam kemudian rumput laut dijemur sampai kering (kadar air < 15%). Selanjutnya rumput laut dibawa ke Laboratorium Balai Besar Riset Pengolahan Produk dan Bioteknologi Kelautan dan Perikanan Jakarta untuk diekstraksi alginatnya. Metode ekstraksi yang digunakan adalah metode ekstraksi melalui jalur asam alginat (Yunizal, 2004). Sebagai sumber ion  $\text{Ca}^{2+}$  digunakan  $\text{CaCO}_3$  yang diperoleh dari Merck. Glukono- $\delta$ -laktone (GDL) sebagai pengatur pelepasan ion  $\text{Ca}^{2+}$  dari  $\text{CaCO}_3$  diperoleh dari Chori Co Ltd. LBG dalam bentuk bubuk diperoleh dari Sigma & Co.

### Percobaan untuk Perbaikan Viskositas

Pembentukan ikatan silang dilakukan dengan menambahkan  $\text{CaCO}_3$  yang divariasikan 2,5; 3,5; dan 4,5 mM ke dalam larutan alginat 1% (b/v) dan diaduk sampai terdispersi secara merata. Kelarutan  $\text{CaCO}_3$  diatur dengan menambahkan 30 mM Glukono- $\delta$ -laktone (GDL) sebagai skuestran agar menghasilkan gel yang homogen untuk semua konsentrasi  $\text{CaCO}_3$  yang ditambahkan. Campuran kemudian dibiarkan selama 1 jam dan diamati viskositasnya. Sebagai kontrol digunakan alginat asli tanpa penambahan  $\text{CaCO}_3$ .

Interaksi dengan LBG dilakukan pada konsentrasi  $\text{CaCO}_3$  terpilih 3,5 mM, yaitu konsentrasi tertinggi yang tidak menyebabkan terjadinya pembentukan gel ketika larutan dibiarkan selama 12 jam. Larutan alginat 1%



ditambahkan LBG sebanyak 0, 10, 20, 30, 40, dan 50 g/100 g alginat kemudian diaduk sampai homogen. Larutan kemudian ditambahkan  $\text{CaCO}_3$  3,5 mM dan GDL 30 mM dan dibiarkan selama 1 jam. Selanjutnya terhadap larutan tersebut dilakukan pengamatan viskositas dan stabilitas viskositas terhadap panas.

**Pengamatan**

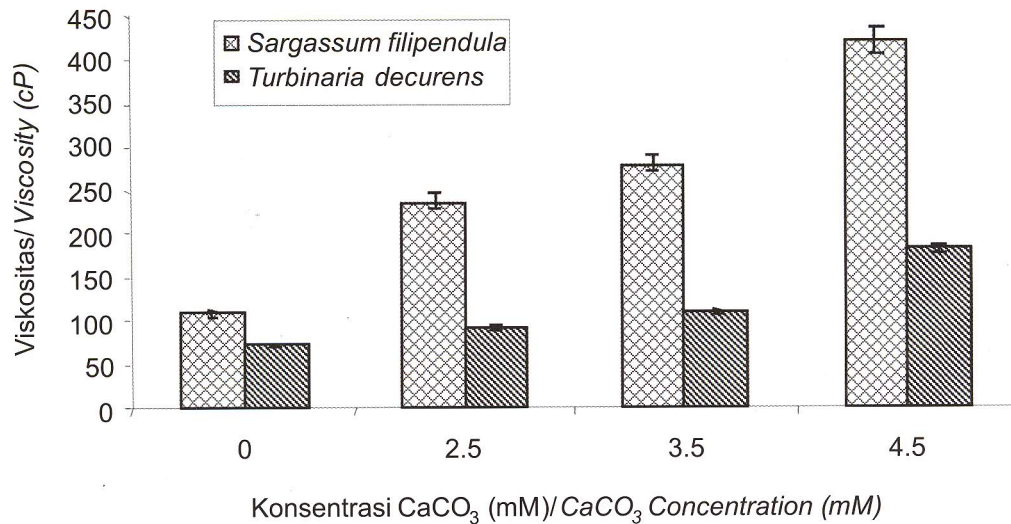
Pengukuran viskositas dilakukan pada konsentrasi alginat 1% (b/v) dalam akuades bebas ion. Pengukuran viskositas dilakukan dengan *Rapid Visco Analyzer* (RVA) yang dilengkapi dengan pengatur suhu, pada suhu sampel 20°C dengan kecepatan putaran 130 rpm dan dinyatakan dalam centipoise (cP). Pengaturan suhu dilakukan dengan adanya sirkulasi air dingin yang dihubungkan ke RVA dan diatur secara digital menggunakan komputer (Subaryono *et al.*, 2009).

Pengukuran stabilitas viskositas alginat terhadap pengaruh panas dilakukan dengan melihat profil perubahan viskositas alginat akibat pengaruh perubahan suhu. Pengukuran dilakukan pada konsentrasi alginat 4%. Untuk alginat dengan penambahan  $\text{CaCO}_3$  dan LBG diamati pada konsentrasi terpilih yaitu  $\text{CaCO}_3$  3,5 mM dan LBG 30 mg/100 g alginat. Pengamatan viskositas alginat dilakukan secara kontinu dengan RVA dan perubahan suhu diatur sebagai berikut: suhu dinaikkan secara bertahap dari 20°C menjadi 90°C dalam 7 menit, lalu dipertahankan pada 90°C selama 2 menit, kemudian diturunkan secara bertahap dari 90°C menjadi 20°C dalam 7 menit (Wattanachant *et al.*, 2003 yang dimodifikasi).

Penelitian dilakukan dengan rancangan acak lengkap (RAL) dengan 3 kali ulangan. Data dianalisis dengan analisis sidik ragam dan jika terdapat beda nyata antar perlakuan dilanjutkan dengan uji beda nyata terkecil (BNT). Untuk pengamatan stabilitas viskositas terhadap pengaruh panas dilakukan secara deskriptif dengan melihat profil perubahan viskositas terhadap pengaruh panas yang dihasilkan.

**HASIL DAN BAHASAN**

Pengaruh konsentrasi  $\text{CaCO}_3$  sebagai bahan pembentuk ikatan silang terhadap viskositas alginat disajikan pada Gambar 1. Analisis sidik ragam menunjukkan bahwa penambahan  $\text{CaCO}_3$  sangat nyata pengaruhnya terhadap perbaikan viskositas alginat baik untuk *S. filipendula* maupun *T. decurens* ( $p < 0,01$ ). Viskositas alginat dari kedua jenis rumput laut meningkat sangat nyata dari 108 cP untuk *S. filipendula* menjadi 420 cP pada penambahan  $\text{CaCO}_3$  4.5 mM, sedangkan untuk *T. decurens* dari 72 cP menjadi 181 cP pada penambahan yang sama. Perbaikan viskositas yang sangat nyata ini disebabkan karena adanya ikatan silang antar molekul alginat sehingga menghasilkan polimer yang lebih panjang. Menurut Draget *et al.* (1998), ion  $\text{Ca}^{2+}$  mampu berikatan dengan guluronat dalam alginat dan menyediakan daerah penghubung bagi terjadinya ikatan silang antar molekul alginat. Semakin tinggi konsentrasi  $\text{CaCO}_3$  yang ditambahkan, maka ion  $\text{Ca}^{2+}$  yang dilepaskan ke dalam sistem akan semakin tinggi, sehingga akan menciptakan ikatan silang yang lebih banyak.



Gambar 1. Pengaruh konsentrasi  $\text{CaCO}_3$  terhadap viskositas larutan alginat (tanda garis menunjukkan standar deviasi).

Figure 1. Effect of  $\text{CaCO}_3$  concentration on alginate viscosity (error bars indicate standard deviation).



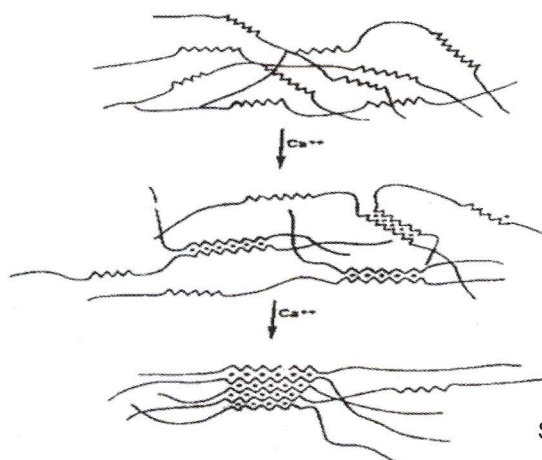
Mekanisme peningkatan viskositas alginat dan pembentukan gel dengan adanya ion  $\text{Ca}^{2+}$  dalam sistem dapat dilihat pada Gambar 2. Ikatan silang akan terbentuk karena ion  $\text{Ca}^{2+}$  berikatan dengan *egg-box model* poliguluronat dalam alginat dan muatan satunya mengikat *egg-box model* poliguluronat dari molekul alginat lainnya. Oleh karena itu ion  $\text{Ca}^{2+}$  berperan sebagai jembatan penghubung bagi interaksi kedua molekul alginat tersebut. Semakin tinggi konsentrasi ion  $\text{Ca}^{2+}$  akan menghasilkan ikatan silang yang lebih banyak sehingga polimer gabungan yang terbentuk semakin besar. Apabila konsentrasi ion  $\text{Ca}^{2+}$  terus meningkat, maka pada konsentrasi tertentu jaringan yang terbentuk antar molekul alginat menjadi berlimpah sehingga sistem larutan kental yang terbentuk akan terimobilisasi dan menghasilkan gel (Draget, 2000). Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada penambahan  $\text{CaCO}_3$  sebesar 4,5 mM dan larutan yang dihasilkan dibiarkan selama 6 jam sudah terbentuk gel yang lemah. Oleh karena itu pada penelitian selanjutnya yaitu untuk melihat interaksi alginat dengan LBG digunakan konsentrasi  $\text{CaCO}_3$  3,5 mM.

Perlakuan jenis rumput laut berpengaruh sangat nyata terhadap viskositas alginat yang dihasilkan ( $p < 0,01$ ). Viskositas alginat dari *S. filipendula* lebih tinggi dibandingkan *T. decurens* dengan atau tanpa perlakuan ikatan silang. Hal ini diduga disebabkan perbedaan jenis serta umur rumput laut yang digunakan sehingga menghasilkan panjang polimer serta urutan unit monomer (guluronat dan mannuronat) alginat yang berbeda. Semakin panjang polimer alginat maka akan menghasilkan viskositas yang lebih tinggi dan sebaliknya (Draget, 2000). Ukuran panjang rata-rata rumput laut *S. filipendula* yang digunakan dalam

penelitian adalah  $32,48 \pm 8,41$  cm dengan rentang antara 20–48 cm. Rata-rata panjang rumput laut *T. decurens* yang digunakan adalah  $15,50 \pm 3,92$  cm dengan rentang 8–20,5 cm.

Perlakuan interaksi antara jenis rumput laut dan konsentrasi  $\text{CaCO}_3$  yang ditambahkan berpengaruh nyata terhadap viskositas alginat yang dihasilkan ( $p < 0,05$ ). Peningkatan viskositas alginat dari *S. filipendula* dengan penambahan  $\text{CaCO}_3$  lebih tinggi dibandingkan alginat dari *T. decurens*. Hal ini kemungkinan besar disebabkan ukuran polimer alginat dari *S. filipendula* sebelum proses ikatan silang lebih panjang dibandingkan polimer alginat dari *T. decurens*. Adanya ikatan silang antar molekul alginat secara sangat nyata dapat menaikkan panjang polimer gabungan untuk alginat dari *S. filipendula*. Hal ini berakibat pada peningkatan viskositas yang dihasilkan jauh lebih besar dari viskositas awal sebelum proses ikatan silang terjadi. Pada alginat dari *T. decurens*, karena ukuran polimer awalnya sangat pendek maka ikatan silang yang terjadi tidak berpengaruh besar terhadap peningkatan panjang polimer gabungan yang dihasilkan. Oleh karena itu peningkatan viskositas yang dihasilkan tidak setinggi alginat dari *S. filipendula*.

Berdasarkan viskositasnya, alginat komersial dikelompokkan menjadi viskositas sangat rendah, viskositas rendah, viskositas sedang, dan viskositas tinggi (Lampiran 1). Berdasarkan standar tersebut maka viskositas alginat dari *S. filipendula* dan *T. decurens* termasuk dalam kelompok viskositas rendah. Dengan penambahan  $\text{CaCO}_3$  maka viskositas alginat dapat ditingkatkan, bahkan untuk alginat dari *S. filipendula* dapat masuk dalam kelompok viskositas sedang dengan penambahan  $\text{CaCO}_3$  sebanyak 4,5 mM.



Sumber/Source: Anon., 2007

Gambar 2. Mekanisme peningkatan viskositas dan pembentukan gel alginat oleh ikatan silang dengan ion  $\text{Ca}^{2+}$ .

Figure 2. Mechanism of increasing viscosity and gel setting of alginate by cross linking with  $\text{Ca}^{2+}$  ion.



terjadi dapat dikurangi menjadi 57,56% untuk *S. filipendula* dan 37,27% untuk *T. decurens*. Perbaikan ketahanan viskositas alginat ini sangat penting terutama dalam pemanfaatannya pada produk-produk yang memerlukan pemanasan atau pasteurisasi dalam proses pembuatannya. Dengan alginat yang tahan terhadap panas maka produk akhir yang dihasilkan akan lebih tinggi kekentalannya atau memerlukan jumlah alginat yang lebih sedikit dalam proses pengolahannya.

Mekanisme penurunan viskositas larutan yang mengandung polisakarida oleh pengaruh pemanasan adalah terputusnya ikatan hidrogen antara gugus hidroksil pada polisakarida dengan molekul air yang akan menyebabkan terjadinya penurunan volume masa polisakarida dalam air. Penurunan volume masa polisakarida tersebut akan mengakibatkan penurunan viskositas larutan (Ramsden, 2004). Pemanasan lebih lanjut dapat menyebabkan terjadinya proses depolimerisasi, yaitu putusannya rantai polimer polisakarida sehingga menghasilkan rantai yang lebih pendek dan mengakibatkan penurunan viskositas yang bersifat permanen. Dengan adanya ikatan silang antar molekul alginat dan adanya ikatan dengan molekul LBG diduga mengurangi efek pemutusan polimer oleh pemanasan ini. Oleh karena itu penurunan viskositas yang terjadi oleh pengaruh pemanasan menjadi lebih kecil dibandingkan alginat sendiri tanpa ikatan silang dan interaksi dengan LBG.

## KESIMPULAN

Penambahan  $\text{CaCO}_3$  dapat meningkatkan viskositas alginat dari *S. filipendula* dan *T. decurens*. Konsentrasi  $\text{CaCO}_3$  terbaik untuk meningkatkan viskositas alginat adalah 3,5 mM yang mampu meningkatkan viskositas alginat *S. filipendula* dari 108 cP menjadi 274 cP dan *T. decurens* dari 72 cP menjadi 111 cP. Dengan penambahan  $\text{CaCO}_3$  3,5 mM dan LBG 30 g/100 g alginat, viskositas alginat dari *S. filipendula* dan *T. decurens* dapat ditingkatkan masing-masing menjadi 556 cP dan 238 cP. Penambahan  $\text{CaCO}_3$  dan LBG dapat memperbaiki ketahanan viskositas alginat terhadap panas. Alginat yang ditambah LBG dan  $\text{CaCO}_3$  3,5 mM mengalami perbaikan stabilitas viskositas. Penurunan viskositas oleh pengaruh panas sebesar 57,56% dari 77,33% untuk *S. filipendula* dan 37,27% dari 79,91% untuk *T. decurens*.

## SARAN

Penambahan  $\text{CaCO}_3$  4,5 mM masih dapat dipergunakan untuk memperbaiki viskositas alginat, apabila larutan segera digunakan dan produk yang dihasilkan tidak bermasalah dengan pembentukan gel.

Penambahan LBG untuk meningkatkan viskositas dan stabilitas viskositas alginat sebaiknya tidak lebih dari 30 g/100 g alginat untuk menghindari terbentuknya gel pada larutan tersebut.

## DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. 2007. Algin, a brown seaweed polysaccharide dalam training manual on gracilaria culture and seaweed processing in China. FAO Corporate Document Repository. <http://www.fao.org/docrep/field/003/AB730E/AB730E00.HTM>. Diakses pada tanggal 27 November 2007.
- 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. 119–126.
- 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.
- Casas, J.A. and Garchia-Ochoa, F. 1999. Viscosity of solutions of xanthan/locust bean gum mixtures. *J. The Sci. of Food & Agric*. 79: 25–31.
- Draget, K.I., Steinsvåg, K., Onsøyen, E., and Smidrød, O. 1998. Na- and K-alginate; Effect on  $\text{Ca}^{2+}$ -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.
- Hernández, M.J. 2001. Viscous Synergism in Carrageenans and Locust Bean Gum Mixtures: Influence of Adding Sodium Carboxymethylcellulose. *Food Science and Technology International*. 7(5): 383–391.
- Hoefler, A.C. 2004. *Hydrocolloids*. Eagan Press st. Pane. Minnesota. USA. 111 pp.
- Kalangi, S.M. 2001. Pertumbuhan dan kandungan nutrisi rumput laut coklat *Sargassum polycystum* C. A. Agardh 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.
- 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.
- Murtini, J. T., Hak, N., dan Yunizal. 2000. Pengaruh perlakuan asam klorida dan formaldehid pada ekstraksi rumput laut coklat *Sargassum ilicifolium* terhadap sifat fisiko-kimia natrium alginat. Dalam Suparno et al., 2000. *Prosiding Seminar Hasil Penelitian Perikanan 1999/2000*, Sukamandi 21-22 September 2000. p. 318–330.
- Purwoto, H. 1995. *Pengaruh asam ( $\text{H}_2\text{SO}_4$  &  $\text{HCl}$ ) Terhadap Viskositas Na-alginat dari Ekstraksi*

- Turbinaria conoides***. Deputi bidang pengkajian ilmu dasar dan terapan, BPPT. 4 pp.
- Ramsden, I. 2004. Plant and algal gums and mucilages. *In Chemical and Functional Properties of Food Saccharides*. CRS Press LLC. p. 247–248.
- Rasyid, A. 2003<sup>a</sup>. *Turbinaria conoides* as one of alternative raw materials of sodium alginate processing in Indonesia. *Papers International Seminar on Marine and Fisheries IMFS*. p. 210–212
- Rasyid, A. 2003<sup>b</sup>. Utilization of *Turbinaria decurens* as one of raw material of sodium alginate. *Papers International Seminar on Marine and Fisheries IMFS*. p. 213–215.
- Samavati, V., Razavi, S.H., Rezaei, K.A., and Aminiva, M. 2007. Intrinsic viscosity of locust bean gum and sweeteners mixture in dilute solution. *Electronic Journal of Environmental, Agricultural and Food Chemistry*. 6(3): 1879–1889.
- Subaryono, Peranginangin, R., Fardiaz, D., dan Kusnandar, F. 2009. Sifat fisiko-kimia alginat dari rumput Laut *Sargassum filipendula* dan *Turbinaria decurens* dari Perairan Binuangeun, Jawa Barat. *Prosiding Seminar Nasional Kelautan V*. Universitas Hang Tuah Surabaya 23 April 2009, buku II. p. 529–536.
- Sujatmiko, W. 1993. *Prospek Industri Alginat di Indonesia*. Disampaikan pada Seminar Nasional Peluang dan Tantangan Ekspor Produk Perikanan Indonesia di Pasar Internasional pada Era PJPT II. UGM Yogyakarta, 25-26 Oktober 1993.
- Sworn, G. 2004. Hydrocolloid thickeners and their application *In: Gums and Stabilizers for Food Industry 2*. The Royal Society Chemistry. p. 13–22.
- Tazwir, Nasran, S., dan Yunizal. 2000. Teknik ekstraksi asam alginat dari rumput laut coklat (*Phaeophyceae*). *dalam Suparno et al.*, 2000. *Prosiding Seminar Hasil Penelitian Perikanan 1999/2000*, Sukamandi 21-22 September 2000. p. 310–318.
- Wattanachant, S., Muhammad, K., Hashim, D.M., and Rahman, R.A. 2003. Effect of crosslinking reagents and hydroxypropylation levels on dual-modified sago starch properties. *Journal of Food Chemistry*. 80: 463–471.
- 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. *dalam Suparno et al.*, 2000. *Prosiding Seminar Hasil Penelitian Perikanan 1999/2000*, Sukamandi 21-22 September 2000. p. 301–310.
- 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.
- Yunizal. 2004. *Teknologi Pengolahan Alginat*. Pusat Riset Pengolahan Produk dan Sosial Ekonomi Kelautan dan Perikanan. 66 pp.



Lampiran 1. Tipe dan viskositas alginat (cP) pada berbagai konsentrasi  
Appendix 1. Type and viscosity of alginate (cP) at different concentrations

Tipe Alginat/ Type of Alginate	Konsentrasi Larutan/Concentration (%)				
	1.0	1.5	2.0	3.0	4.0
Viskositas sangat rendah/ Very low viscosity	10	20	45	130	350
Viskositas rendah/ Low viscosity	20	60	180	650	2200
Viskositas sedang/ Medium viscosity	350	1800	6000	tt	tt
Viskositas tinggi/ High viscosity	800	4000	9000	tt	tt

Sumber/Source: Mc. Hugh (2008)

Keterangan/Note: tt = tidak terdeteksi/undetected