

KARAKTERISASI NATRIUM ALGINAT DARI *Sargassum* sp., *Turbinaria* sp. DAN *Padina* sp.[Characterization of Sodium Alginate from *Sargassum* sp., *Turbinaria* sp. and *Padina* sp.]**Wahyu Mushollaeni* dan Endang Rusdiana**

Program Studi Teknologi Industri Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Tribhuwana Tunggaladewi

Diterima 29 September 2010 / Disetujui 10 Juni 2011

ABSTRACT

This study aimed to obtain characteristics of Na-alginate from brown seaweeds. The characteristics studied include chemical, physical parameters and its functional group by FTIR. The brown seaweeds were *S. crassifolium*, *S. polycystum*, *Padina australis*, *S. echinocarpum*, *S. duplicatum*, *S. binderi*, *T. conoides*, *T. decurrens*, growing on the coral coast of Gunung Kidul Yogyakarta. Thewater content, ash content, purity, and also Pb and Hg were 12.50-13.43%; 18.20-28.59%; 15.86-28.80%; $0.083\pm 0.01-0.36\pm 0.04$ ppm and $0.002\pm 0.01-0.3\pm 0.05$ ppm respectively. Physical properties of the alginate, i.e viscosity and lightness were 25-39 cps and 46.2-52.3 (yellow to light brown), respectively the average yield was 16.93-30.50%. The FTIR analysis showed that Na-alginate of the samples and standard had the same functional group.

Keywords: alginate, characteristic, brown seaweeds, functional group**PENDAHULUAN**

Alginat merupakan kandungan utama dari dinding sel alginofit, yang tersusun atas asam guluronat dan manuronat, dengan ikatan 1,4 β -D-asam manuronat dan α -L-guluronat (Draget *et al.*, 2005; Donati *et al.*, 2009; Ertesvag *et al.*, 2009). Kandungan alginat dari rumput laut coklat bervariasi tergantung dari jenis, kondisi lingkungan, musim saat panen, metode ekstraksi yang digunakan, serta dipengaruhi oleh bagian tanaman dari rumput laut coklat yang diekstraksi (Draget *et al.*, 2000; Mirshafiey *et al.*, 2009). Menurut Sediadi (2000), jenis *Sargassum* dan *Turbinaria* merupakan jenis alginofit yang ditemukan di Indonesia. Alginat digunakan untuk menstabilkan campuran, dispersi dan emulsi, yang berkaitan dengan sifatnya sebagai pembentuk gel dan meningkatkan viskositas, seperti selai dan jeli (Sime, 1990; Toft *et al.*, 1986). Secara umum, jenis ini dimanfaatkan oleh masyarakat pesisir sebagai makanan tradisional (Sediadi dan Budihardjo, 2000). Dalam industri tekstil, alginat digunakan sebagai zat tambahan pewarna tekstil. Alginat dapat digunakan dalam pembuatan kapsul lunak dan dikonsumsi sebagai minuman untuk menurunkan kadar gula dalam darah (Mc Cormick, 2001).

Potensi alginofit di Indonesia dengan pantai berkarangnya sangat besar, namun kendala dalam pemanfaatannya adalah kurangnya informasi mengenai jenis dan komponennya, sehingga untuk memenuhi kebutuhan alginat masih tergantung pada impor. Karakterisasi alginat merupakan cara dalam menggali data tentang keberadaannya, melalui ekstraksi dan analisa gugus fungsi. Proses ekstraksi alginat dapat dilakukan menggunakan larutan HCl 5% pada tahap pre-ekstraksi dan ekstraksi dengan Na_2CO_3 2,25% (Mushollaeni, 2007). Berdasarkan penelitian yang telah dilaksanakan oleh McHugh (2003) dan Hernandez, *et al.* (2002), tahapan ekstraksi alginat

dari *M. pyrifera* meliputi pre-ekstraksi, ekstraksi dengan larutan basa, pengendapan, pemucatan, pengeringan dan penggilingan. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan karakteristik alginat dari *S. crassifolium*, *S. polycystum*, *Padina* sp., *S. echinocarpum*, *S. duplicatum*, *S. binderi*, *T. conoides* dan *T. decurrens*, yang ada di pantai berkarang daerah Gunung Kidul Yogyakarta. Sampai saat ini, keberadaan dan pemanfaatan potensi alginofit ini, masih belum dieksplorasi. Data karakterisasi ini dapat digunakan oleh pemerintah dan peneliti sebagai dasar dalam pemanfaatannya lebih lanjut.

METODOLOGI**Bahan dan alat**

Bahan-bahan yang digunakan meliputi bahan baku, bahan-bahan kimia dan bahan-bahan untuk analisis. Bahan baku yang digunakan adalah rumput laut coklat jenis *S. crassifolium*, *S. polycystum*, *Padina* spp., *S. echinocarpum*, *S. duplicatum*, *S. binderi*, *T. conoides* dan *T. decurrens*, yang diperoleh dari pantai berkarang daerah Gunung Kidul Yogyakarta. Bahan-bahan kimia yang digunakan meliputi aquades, CaCl_2 1 dan 74%; HCl 1, 3, 5 dan 35%; KOH 0,5 dan 90 %; Na_2CO_3 2,25, 10 dan 95%; NaOCl 10 dan 12%; dan isopropanol 95 %.

Bahan-bahan untuk analisis meliputi aquades dan bahan-bahan kimia untuk analisis kimia. Alat-alat yang digunakan meliputi alat-alat untuk proses dan alat-alat untuk analisis, diantaranya pH meter merk *Schott Gerate C6 832*, viscotester *VT-04 Rion Co, LTD*, color reader *CR-10 Minolta Japan*, Atomic Absorption Spectrofotometer dan FTIR merk *Jasco FT/IR-5300*.

Ekstraksi Na-Alginat

Metode ekstraksi Na-alginat mengikuti metode Hernandez *et al.*, 2002; McHugh *et al.*, 2001 dan Mushollaeni, 2007. Alginofit dibersihkan dari kotoran yang melekat, dipotong ± 1 cm, dicuci dan dikeringkan dengan sinar matahari selama 2-3 hari hingga kadar airnya $\pm 13,5\%$. *Leaching I* dilakukan dengan CaCl_2 1%

*Korespondensi Penulis :
E-mail : wahyu.mushollaeni@gmail.com

selama 30 menit dan dicuci. *Leaching II* dengan HCl 5% selama 30 menit pada suhu 30-40°C dan dicuci. Setelah itu, ditambahkan larutan KOH 0,5% selama 60 menit pada suhu 50-60°C dan dicuci. Ekstraksi dilakukan dengan Na₂CO₃ 2,25% pada suhu 50-60°C selama 1 jam dan disaring. Filtrat yang diperoleh, dipucatkan dengan NaOCl 10%, diaduk dan dibiarkan selama 5 jam. Pengendapan dengan HCl 5% dilakukan sampai terbentuk endapan dalam bentuk asam alginat, dicuci dan disaring. Setelah itu, dinetralkan dengan Na₂CO₃ 10% pada pH 6-7, diaduk dan disaring. Pemurnian dilakukan dengan isopropanol 95% dan dikeringkan pada suhu 50-60°C selama 17 jam, kemudian digiling hingga didapatkan tepung natrium alginat.

Analisis sifat kimia, fisika dan fungsional Alginat

Karakterisasi alginat terhadap *Sargassum* sp., *Turbinaria* sp. dan *Padina* sp., dilakukan berdasarkan sifat kimia (AOAC, 1990; James, 1995; Winarno, 1996), fisika (James, 1995) dan fungsionalnya (Silverstein, 1991).

Kadar air

Analisis kadar air dilakukan menurut metode gravimetri AOAC (1990), dengan mengeringkan sampel alginat pada suhu 105°C. Kadar air alginat ditentukan berdasarkan berat keringnya yang merupakan persentase dari berat kering dengan berat awal.

Kadar abu

Analisis kadar abu dilakukan menurut metode gravimetri AOAC (1990), dengan melakukan pembakaran sampel dalam tanur pada suhu 600°C. Kadar abu alginat dinyatakan sebagai persentase berat abu terhadap berat sampel kering.

Kemurnian alginat

Uji kemurnian alginat bertujuan untuk mendapatkan kadar asam alginat dan dilakukan menurut metode Winarno (1996). Alginofit direndam dalam larutan CaCl₂ 1% selama 2 jam, kemudian dicuci dengan aquades untuk menghilangkan kalsium dan garam terlarut. Setelah itu, dicuci dengan HCl 1% dan aquades, dan dilakukan perendaman dalam Na₂CO₃ 4 % selama 2 jam pada suhu 40°C hingga dihasilkan pasta yang homogen. Pasta diencerkan dengan aquades (1:10 b/v) sambil diaduk, kemudian disaring dan ditambah HCl 5% (1:10 b/v) kedalam saringan. Asam alginat yang sudah terbentuk, disaring dan dicuci dengan air, kemudian dikeringkan pada suhu 100°C selama 90 menit. Kemurnian alginat dihitung sebagai persentase perbandingan antara berat asam alginat kering yang terbentuk dengan berat awal alginofit.

Kadar Pb dan Hg

Penentuan kadar Pb dan Hg dilakukan menurut metode James (1995), yang menggunakan spektrofotometer serapan atom.

Rendemen

Rendemen alginat dari tiap jenis alginofit, dihitung mengikuti metode AOAC (1990). Rendemen merupakan persentase dari berat alginat dengan berat awal alginofit.

Viskositas

Analisis viskositas mengikuti metode James (1995), yaitu menggunakan *viscotester*. Sampel yang digunakan sebanyak 250 mL, yang didapatkan dengan cara membuat 1% larutan alginat yang dipanaskan pada suhu 50°C.

Kecerahan

Analisis viskositas mengikuti metode James (1995), yaitu menggunakan *color reader*. Tingkat kecerahan sampel, ditunjukkan dengan nilai L. Nilai L berkisar antara 0 – 100.

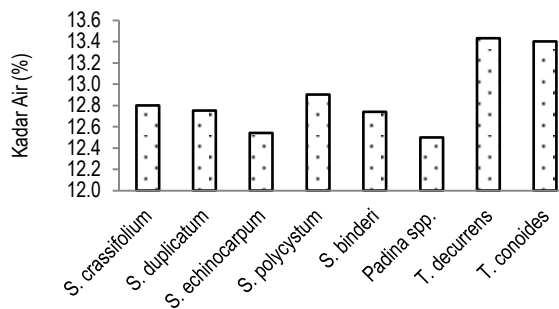
Uji gugus fungsi

Uji gugus fungsi mengikuti metode Silverstein (1991). Sampel ditimbang sebanyak satu miligram, dicampur dengan seratus miligram KBr. Kemudian dipres selama ± 10 menit pada tekanan 8 – 10 psi, hingga diperoleh pellet tipis. Selanjutnya pellet tersebut dimasukkan kedalam *cell holder* dan dibuat spektranya.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kadar air

Kadar air natrium alginat hasil ekstraksi telah memenuhi syarat yang ditetapkan oleh FCC (1993) yaitu kurang dari 15%. Kadar air tertinggi didapatkan dari jenis *Turbinaria* yaitu 13,4%, sedangkan rerata kadar air untuk *Sargassum* adalah 12,7% (Gambar 1). Jenis rumput laut coklat juga menentukan kadar air alginat. Jenis yang mempunyai habitat terikat pada cekungan yang selalu tergenang air laut, mempunyai kadar air yang lebih tinggi daripada yang berada di daerah pasang surut. Jenis *Turbinaria* mempunyai kadar air yang lebih tinggi daripada *Sargassum*.



Gambar 1. Kadar air natrium alginat

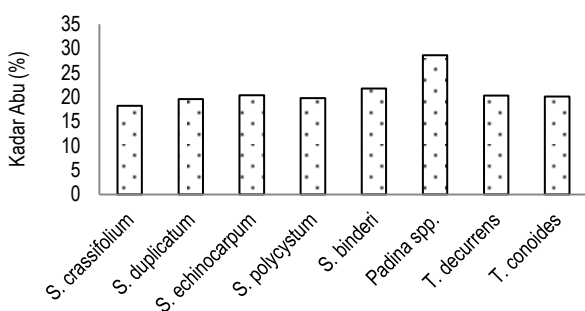
Keberadaan air ini juga ditentukan oleh peran isopropanol yang ditambahkan pada proses pemurnian, proses pengeringan dan penyimpanan setelah penempungan. Isopropanol mempunyai kemampuan dalam mengikat air dari larutan alginat sehingga alginat dapat tertinggal dan mengendap (Mairamo, 1977), Luas permukaan yang semakin besar, mengakibatkan mudahnya tepung natrium alginat untuk menyerap air. Sehingga dalam penyimpanannya harus diberikan bahan penyerap air. Ukuran potongan yang paling kecil memiliki kapasitas penyerapan yang lebih tinggi. Hal ini disebabkan karena dengan ukuran potongan yang kecil maka luas permukaan akan lebih besar sehingga air yang diserap lebih banyak. Dengan begitu

kapasitas penyerapan airnya akan lebih besar (Haryanti *et al.* 2008).

Kadar abu

Kadar abu yang ada dalam natrium alginat yang diekstrak, menunjukkan adanya garam-garam mineral, dengan nilai berkisar 18-28% (Gambar 2). Perbedaan kadar abu dari tiap jenis rumput laut, menunjukkan adanya perbedaan jumlah garam-garam mineral yang menempel pada permukaan rumput laut maupun yang dikandungnya.

Menurut Salasa (2002), komposisi garam-garam mineral dari rumput laut tergantung dari jenis, umur serta kondisi hidrologi dan hidro-kimiawi tempat hidup rumput laut tersebut.



Gambar 2. Kadar abu natrium alginat

Jenis rumput laut coklat yang lebih banyak tidak bersentuhan dengan dasar pantai, memiliki kadar abu yang lebih rendah. Begitu halnya dengan yang hidup di daerah pasang surut. Jenis *Padinadan Turbinaria*, mempunyai kandungan abu yang tinggi daripada jenis *Sargassum*. Namun, *S. binderi* dan *S. echinocarpum* yang berhabitat pada karang dasar, mempunyai kandungan mineral yang lebih tinggi daripada jenis *Sargassum* yang lain.

Kadar abu ini merupakan garam-garam anorganik yang tidak larut dalam air berkisar antara 15-25%, sedangkan yang larut dalam air berkisar 75-85%. Menurut Truss *et al.* (2001), komposisi mineral rumput laut coklat tergantung dari keberadaan garam-garam mineral air laut. Pada umumnya komposisi terbanyak dari garam-garam mineral tersebut adalah senyawa halogen (Br dan I), juga senyawa sodium dan klorin dalam jumlah yang relatif rendah.

Kandungan bahan anorganik yang ada, sebagian besar dapat dihilangkan melalui proses *Le Gloahee-Herter* dan *Mexican Process*, perlakuan pre-ekstraksi atau *leaching* yang dilakukan dalam dua tahap yaitu perendaman dalam larutan $CaCl_2$ dan dilanjutkan dengan perendaman dalam larutan HCl (Chapman, 1980). Namun, jenis dan habitat yang berbeda, mengakibatkan masih terdapatnya perbedaan kadar abunya. Penggunaan larutan HCl 5% pada tahap *leaching*, juga dapat mengurangi jumlah garam-garam mineral yang menempel pada rumput laut.

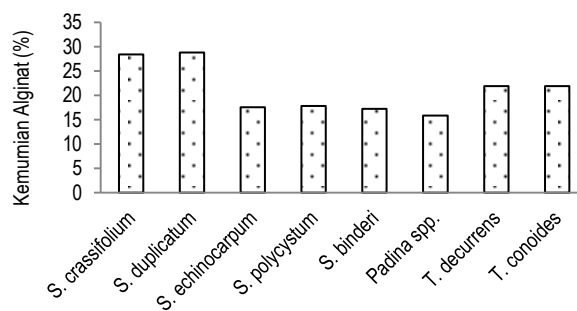
Pada permukaan jenis *Turbinaria* dan *Padina*, banyak mengandung garam-garam mineral daripada jenis *Sargassum*. Hal ini terlihat jelas pada permukaannya setelah dikeringkan, dengan adanya bercak-bercak putih.

Menurut Taylor (1979), pada permukaan rumput laut banyak terdapat garam kalsium yang dapat meningkatkan jumlah

mineral dan kadar abu alginat. *Padina* yang mempunyai fisik lebih lembut dan tipis, lebih mudah hancur pada saat ekstraksi, dibandingkan dengan jenis yang lain yang bertekstur lebih keras. Sehingga dikatakan oleh Truss *et al.* (2001), kondisi ini dapat mengakibatkan semakin sulitnya proses pemisahan dan pemurnian antara alginat dengan kotoran-kotoran yang ada dalam larutan alginat termasuk mineral-mineral anorganiknya, sehingga dimungkinkan masih banyaknya kotoran-kotoran tersebut yang terikut dalam larutan alginat dan dapat meningkatkan kadar abunya.

Kemurnian Alginat

S. crassifolium dan *S. duplicatum*, mempunyai kemurnian yang lebih tinggi daripada jenis yang lain dalam bentuk asam alginat (Gambar 3). Kedua jenis *Turbinaria* juga mempunyai kemurnian yang cukup tinggi. Secara fisik terlihat dari lebih banyaknya gel alginat yang terbentuk saat ekstraksi. Rendemen yang juga lebih tinggi dari jenis ini, sebanding dengan kemurnian alginatnya yang juga tinggi. Syarat kemurnian alginat menurut Winarno (1996) adalah 17-33%.



Gambar 3. Kemurnian natrium alginat

Kemurnian yang rendah dari *Padina*, menunjukkan kadar alginatnya yang rendah. *Padina*, hanya terdiri dari lembaran-lembaran tipis yang tidak berwarna gelap seperti jenis lain, tidak mempunyai akar yang kuat dan tumbuh melekat pada karang di perairan yang lebih jernih.

Selain itu habitat alginofit yang lebih banyak terkena ombak langsung seperti *Sargassum*, hidup dengan akar melekat kuat pada karang, dan ukuran rumpun yang lebih tinggi mempunyai kadar alginat yang lebih banyak.

Logam berat Pb dan Hg

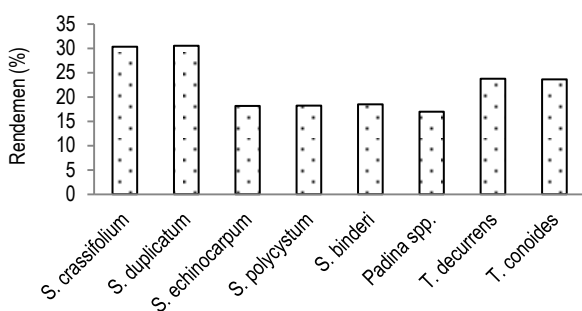
Hasil analisis kadar Hg dan Pb dalam natrium alginat masing-masing antara 0,002±0,01-0,300±0,05 ppm dan 0,083±0,01-0,360±0,04 ppm. Adanya logam Pb dalam natrium alginat, dimungkinkan berasal dari rumput laut yang mengandung logam Pb. Menurut Salasa (2002), bahan-bahan anorganik dan jenis-jenis logam pada rumput laut, berasal dari lingkungan perairan tempat hidupnya.

Menurut Truss *et al.* (2001), rumput laut coklat mengandung logam Hg dalam jumlah *trace*. Kadar Pb dan Hg yang ditetapkan menurut FCC adalah <10 dan <40 ppm, serta standar Pb sodium alginat *food grade* adalah 2 ppm, sehingga alginat yang dihasilkan telah memenuhi syarat. Logam berat yang rendah, mengindikasikan perairan tidak tercemar. Pantai berkarang di daerah Gunung Kidul sebagai tempat pengambilan

sampel, tidak berdekatan dengan industri yang menghasilkan limbah berbahaya dan letaknya jauh dari pemukiman, sehingga masih terjaganya kualitas lingkungan. *Turbinaria* mempunyai kadar Pb dan Hg yang relatif lebih tinggi dari jenis lainnya.

Rendemen

Rendemen natrium alginat tertinggi, diperoleh dari alginofit jenis *S. duplicatum* sebesar 30,5% dan yang terkecil adalah 16,93% dari *Padina* sp. Secara fisik, jenis ini mempunyai lebih banyak daun yang letaknya saling rapat dan berduplikasi keseluruhan. Hal inilah yang memungkinkan kandungan alginatnya lebih banyak daripada jenis yang lain (Atmadja, 1996). Secara keseluruhan, hampir semua alginofit mempunyai rendemen yang telah sesuai dengan syarat dari Ekstra Farmakope Indonesia (1974) yaitu >18%, kecuali jenis *Padina* (Gambar 4).



Gambar 4. Rendemen natrium alginat

S. crassifolium juga mempunyai rendemen yang tinggi yaitu 30,3%. Jenis ini merupakan yang umum dijumpai di pantai berkarang daerah Gunung Kidul. Tingginya rendemen disebabkan oleh jumlah daun yang juga lebih banyak walaupun berduplikasi hanya sebagian. Pada *Padina*, hanya terdiri dari lembaran-lembaran tipis yang tidak berwarna gelap seperti jenis lain, tidak mempunyai akar yang kuat dan tumbuh melekat pada karang di perairan yang lebih jernih.

Jumlah daun menentukan kadar alginat yang ada, karena didalam daun terdapat alginat yang lebih banyak daripada pada batang dan akar. Kondisi ini memungkinkan kandungan alginatnya lebih banyak (Atmadja, 1996). Selain itu habitat alginofit yang lebih banyak terkena ombak langsung, hidup dengan akar melekat kuat pada karang, dan ukuran rumput yang lebih tinggi mempunyai kadar alginat yang lebih banyak. Rumput laut seperti *Turbinaria decurrens* yang hidup di pantai berkarang atau rata-rata terumbu karang, banyak mengandung alginat dari tipe asam guluronat (Anonymous, 1996). Menurut Taylor (1979), kandungan alginat rumput laut coklat tergantung dari umur, jenis dan habitatnya. Tingginya rendemen, menunjukkan bahwa penggunaan larutan HCl 5% dalam proses leaching dapat menghilangkan sebagian besar kotoran yang larut dalam asam. Menurut Truss et al. (2001), penggunaan larutan HCl 5% dalam proses pre-ekstraksi, dapat menghidrolisis dinding sel alga sehingga alginat dapat lebih mudah diekstraksi dan dapat berfungsi untuk mengubah alginat menjadi asam alginat.

Ekstraksi menggunakan Na₂CO₃ mampu untuk memisahkan selulosa dan alginat yang terdapat pada sel alga coklat.

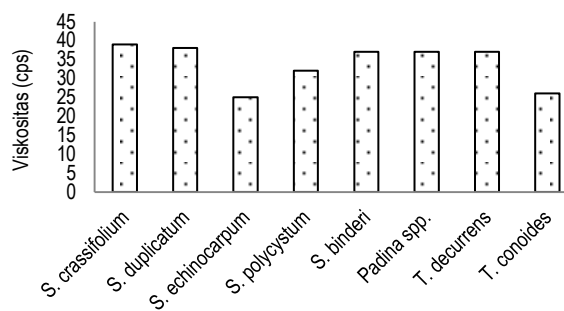
Penggunaan basa ini, dapat mengakibatkan sel alga menjadi menggelembung kemudian pecah dan rusak sehingga alginat dapat keluar dari sel. Isopropanol 95% dapat meningkatkan rendemen alginat. Semakin tinggi konsentrasinya maka semakin tinggi pula kemampuannya untuk mengikat air dari larutan alginat.

Menurut Mairamo (1977), isopropanol berfungsi untuk menarik air dari sistem sol alginat sehingga natrium alginat dapat terpisah dari larutannya dan mengendap. Hal ini juga didukung oleh penelitian yang dilakukan oleh Yunizal et al. (1999) dan Yani (1998), yang melaporkan bahwa untuk mendapatkan serbuk alginat dengan kualitas tinggi, maka pada tahap pemurnian digunakan isopropanol dengan konsentrasi 75-95%. Oleh karena itu, dengan penggabungan antara larutan Na₂CO₃ 2,25% pada tahap ekstraksi dan isopropanol 95% pada tahap pemurnian, dapat meningkatkan rendemen alginat untuk semua jenis rumput laut coklat uji.

Viskositas

Viskositas natrium alginat tertinggi dihasilkan oleh *S. crassifolium* dan *S. duplicatum* yaitu 39 dan 38 cps (Gambar 5). Viskositas terendah didapatkan dari *T. conoides* yaitu 25 cps, namun nilai ini masih lebih besar dari jenis sejenis yang berhasil diekstrak oleh Wikantaet al. (1998) yang hanya 2,83 cps. Perbedaan viskositas ini dapat menunjukkan adanya degradasi yang terjadi selama proses ekstraksi.

Degradasi ini dapat menurunkan berat molekul alginat, yang berakibat pada penurunan viskositasnya. Secara umum, berat molekul alginat berkisar 200.000, namun dapat mengalami perubahan jika terjadi degradasi selama proses ekstraksi (Vold et al., 2006) dan ikatan-ikatan antara asam poliguluronat dapat terputus sehingga berakibat pada penurunan viskositas alginat.



Gambar 5. Viskositas natrium alginat

Alginofit yang tumbuh di daerah yang terkena ombak langsung, mempunyai holdfast yang kuat serta terikat kuat dengan karang tempat hidupnya, mempunyai poliguluronat yang lebih tinggi, yang dapat meningkatkan viskositas alginatnya (Anonymous, 1996). Jenis *Sargassum* hidup di daerah tersebut, sehingga kadar poliguluronat dan viskositasnya lebih tinggi dari jenis *Turbinaria*. Selain itu, viskositas juga ditentukan oleh keberadaan kation Ca²⁺ dan adanya residu guluronat (G) (Ertesvag et al., 2009). Kadar poliguluronat ditentukan oleh jenis dan habitat hidupnya. Kandungan asam poliguluronat yang tinggi, dapat meningkatkan viskositas alginat.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil karakterisasi terhadap komposisi kimia Na-alginat yang diekstrak dari rumput laut coklat yang ada di pantai berkarang Gunung Kidul Yogyakarta, menunjukkan bahwa komposisi kimia yang meliputi kadar air, abu, kemurnian, serta Pb dan Hg masing-masing yaitu 12,50-13,43%; 18,20-28,59%; 15,86-28,80%; 0,083±0,01-0,36±0,04 ppm dan 0,002±0,01-0,3±0,05 ppm.

Komposisi fisika Na-alginat meliputi viskositas dan kecerahan, masing-masing yaitu 25-39 cps dan 46,2-52,3 (Na-alginat berwarna kuning hingga coklat cerah). Rerata rendemen antara 16,93-30,50%. Hasil uji gugus fungsi menggunakan spektrofotometer infra merah, didapatkan hasil bahwa pada Na-alginat sampel dan Na-alginat standar mempunyai gugus fungsi yang sama.

UCAPAN TERIMAKASIH

Terimakasih disampaikan kepada DIKTI yang telah membiayai penelitian ini melalui dana Penelitian Hibah Bersaing tahun 2010, UNITRI serta semua pihak yang telah membantu pelaksanaan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonymous. 1996. Alginates from Algae. http://www.wiley-vch.de/books/biopoly/pdf_v06/bpol_6008_215_224.pdf. [8 Oktober 2010].
- AOAC. 1990. Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists. 15th Edition. AOAC. Washington.
- Atmadja WS. 1996. Pengenalan Jenis Algae Coklat (Phaeophyta). Dalam: W.S. Atmadja, A. Kadi, Sulistijo dan R. Satari (Eds). Pengenalan Jenis-Jenis Rumput Laut Indonesia. P. 42-52. Puslitbang Oseanologi LIPI. Jakarta.
- Chapman VD, Chapman J. 1980. Seaweed and Their Uses. 3rd Edition. Chapman and Hall. London.
- Clark J. 2004. Infra Red Spectrum. <http://www.chem-is-try.org/materikimia/instrumenanalisis/spektruminfraerah1/memahamiartisebuahspektruminfraerah/>. [8 Oktober 2010].
- Donati I, Paoletti S. 2009. Materials Properties of Alginates. Dalam: B.H.A. Rehm (Ed). Alginates: Biology and Applications. P. 1-54. Springer-Verlag. Berlin.
- Draget KI, Strand B, Hartmann M, Valla S, Smidsrod O, Skjak-Braek G. 2000. Ionic and acid gel formation of epimerised alginates; the effect of algE4. Int J Biol Macromol 27:117-122.
- Draget KI, Smidsrod O, Skjak-Braek G. 2005. Alginates. In: Steinbuechel A, Rhee SK (eds) Polysaccharides and Polyamides in the Food Industry: Properties, Production, and Patents. Wiley. Winheim, pp 1-30.
- Ekstra Farmakope Indonesia. 1974. Edisi I. Departemen Kesehatan Republik Indonesia. Jakarta.
- Ertesvag H, Vall S, Skjak-Braek G. 2009. Enzymatic Alginate Modification. Dalam: B.H.A. Rehm (Ed). Alginates: Biology and Applications. P. 102-122. Springer-Verlag. Berlin.
- FCC. 1993. Food Chemical Codex. National Academy Press. Washington.
- Glasby JS. 1982. Encyclopedia of the Terpenoids. Wiley-Interscience. New York.
- Haryanti AM, Darmanti S, Izzati M. 2008. Kapasitas penyerapan dan penyimpanan air pada berbagai ukuran potongan rumput Laut *Gracilaria verrucosa* sebagai bahan dasar pupuk organik. Bioma. 10:1-6.
- Hernandez CG, McHugh DJ, Arvizu-Higuera DL, Rodriguez-Montesinos YE. 2002. Pilot plant scale extraction of alginate from *Macrocystis pyrifera*. Conversion of alginic acid to sodium alginate. drying and milling. J of Applied Phycology. 14 (6):445-451.
- James CS. 1995. Analytical Chemistry of Foods. Blackie Academic & Professional. London.
- Mairamo AL. 1977. Sulfated Seaweed Polysaccharide Food Colloids. AVI. Westport, Connecticut.
- Mc Cormick E, Ali. 2001. Alginate-Lifecasters' Gold. Art Casting Journal-September. 2001. http://www.artmolds.com/ali/pdf/Aliginate_lifecaster_gold1.pdf. [17 Januari 2005].
- Mc Hugh DJ. 2003. A Guide to the Seaweed Industry. FAO Fisheries Technical Pp. 441:105.
- Mirshafiey A, Rehm BHA. 2009. Alginate and Its Comonomer Mannuronic Acid: Medical Relevance as Drug. Dalam: B.H.A. Rehm (Ed). Alginates: Biology and Applications. P. 229-260. Springer-Verlag. Berlin.
- Moe ST, Draget KI, Skjak-Braek G, dan Smidsrod O. 1996. Alginates. Dalam: A.M. Stephen (Ed). Food Polysaccharides and Their Applications. P. 230-265. Marcell Dekker Inc., New York.
- Mushollaeni W. 2007. Ekstraksi Alginat dari Rumput Laut Coklat Jenis *Sargassum*, spp. dan *Turbinaria* spp. Laporan Penelitian Dosen Muda. 2007.
- Salasa FFA. 2002. Teknologi Pengolahan Ikan dan Rumput Laut. Departemen Kelautan dan Perikanan. Pusat Pendidikan dan Pelatihan Perikanan. Jakarta.
- Sediadi A, Budihardjo U. 2000. Rumput Laut Komoditi Unggulan. Grasindo. Jakarta.
- Silverstein RM. 1991. Spectrometric Identification of Organic Compounds. John Wiley and Sons Inc., New York.
- Sime W. 1990. Alginates. Dalam: P. Harris (Ed). Food Gels. P. 53-78. Elsevier. London.
- Taylor WR. 1979. Marine Alga of the Eastern Tropical and Subtropical Coast of the Americas. The University of Michigan. Michigan.
- Toft K, Grasdalen H, Smidsrod O. 1986. Synergistic gelation of alginates and pectins. ACS Symp Ser 310:117-132.
- Truss, Vaher, Taure. 2001. Algal biomass from *Fucus vesiculosus* (Phaeophyta): investigation of the mineral and

- alginate components. Proc Estonian Acad Sci Chem 50 (2):95-103.
- Vold IMN, Kristiansen KA, Christensen BE. 2006. A Study of the chain stiffness and extension of alginates, in vitro epimerized alginates, and periodate-oxidized alginates using size-exclusion chromatography combined with light scattering and viscosity detectors. Biomacromolecules. 7:2136–2146.
- Winarno FG. 1996. Teknologi Pengolahan Rumput Laut. Pustaka Sinar Harapan. Jakarta.
- Wikanta T, Rejeki DS, Rahayu L. 1998. The Content and the physio-chemical characteristics of alginate extracted from three species of brown algae (*S. cinereum*, *H. triquetra* and *T. conoides*). Indonesian Fisheries Journal 4 (1):46-50.
- Yani M. 1998. Modifikasi dan Optimasi Proses Ekstraksi dalam Rancang Bangun Proses Tepung Algin dari Jenis *Turbinaria* sp. Skripsi. Fakultas Teknologi Pertanian IPB. Bogor.
- Yunizal J, Murtini T, Basmal J, Nasran S, Marsiana E, Abdulrokim I, Darwin, Maryadi, Sahid. 1999. Penelitian Teknologi Ekstraksi Alginat dari Rumput Laut Coklat (Phaeophyceae). Laporan Teknis. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Jakarta.