

Ekstraksi dan Pemurnian Alginat
(Tri Susanto)

**EKSTRAKSI DAN PEMURNIAN ALGINAT DARI *Sargassum filipendula*
KAJIAN DARI BAGIAN TANAMAN, LAMA EKSTRAKSI DAN
KONSENTRASI ISOPROPANOL**

Kartini Zailanie*, Tri Susanto** dan Simon BW**

Abstrak

Tujuan penelitian ini adalah untuk mendapatkan kombinasi perlakuan dan lama ekstraksi serta pemurnian dengan isopropanol untuk mendapatkan rendemen alginat yang tinggi dari bagian thallus rumput laut *Sargassum filipendula*.

Penelitian menggunakan Rancangan Acak Kelompok dengan dua faktor yaitu faktor pertama bagian tanaman : ujung, utuh, pangkal, daun dan faktor kedua adalah lama ekstraksi : 1jam, 2 jam, 3 jam. Hasil terbaik dari dua kombinasi tersebut diambil untuk penelitian tahap kedua. Penelitian tahap kedua yaitu Bahan baku kondisi rumput laut basah dan kering dan dimurnikan dengan isopropanol 85%, 90% dan 95%. Pengamatan dilakukan terhadap rendemen, kadar air, viskositas, kadar abu kadar logam, keasaman dan suhu pemanasan.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa bagian tanaman, lama ekstraksi dan interaksinya pengaruh nyata dari ($\alpha=0,05$) terhadap rendemen dan viskositas. Konsentrasi isopropanol tidak berpengaruh nyata terhadap kondisi rumput laut. Terdapat interaksi yang nyata antara kondisi basah-kering bahan baku dan konsentrasi isopropanol terhadap viskositas.

Perlakuan terbaik ialah pada pangkal dan kondisi basah yang diekstraksi selama 2 jam dan dimurnikan dengan isopropanol 95% menghasilkan garam alginat dengan rendemen 26,96 % , viskositas 14,31 cps. dan kadar abu 35,25. Kandungan Hg sebesar 0,27 ppm dan Pb sebesar 6,30 ppm. masih dibawah ketentuan yang berlaku.

Abstract

The objective of this research was to obtain the best treatment combination between plant's part and length of extraction time and also purification by using isopropanol in order to obtain from seaweed thallus of *Sargassum filipendula*.

This research used a Block Random Design having two factors. The first factor was plant's part i.e. top, whole, lower end, leaves and the second factor was length of extraction time : 1 hour, 2 hours and 3 hours. The best result from the two combinations was applied in the second phase of research. The factors studied in the second phase was condition of seaweed (fresh and dried) and purified by using isopropanol of 85%, 90% and 95%. Parameters evaluated were yield, water content, viscosity, ash content, Pb and Hg content, and effect of pH and heating on the product.

The results showed that there were significant effect of the plant's part to the yield and viscosity ($\alpha = 0,01$). The length of extraction time significantly effected yield and viscosity. There were interaction between part of plant with the length of extraction time towards yield and viscosity of alginate. The concentration of isopropanol did not have a significant effect to the product. There was a significant interaction between fresh and dry condition of the material and isopropanol concentration towards viscosity.

The best treatment was combination treatment of lower end part and wet condition that was extracted for 2 hours and purified by using isopropanol 95% to produce 26.96% of alginat salt, 14.21 cps of viscosity, and 3.25% ash content. The Hg content was 0.27 ppm and 6.30 ppm of Pb which is still under the limit of government regulation.

* Dosen Pengolahan Hasil Perikanan, Fakultas Perikanan, Universitas Brawijaya Malang
* Dosen Teknologi Hasil Pertanian, Program Pascasarjana Universitas Brawijaya Malang

PENDAHULUAN

Di Indonesia sebenarnya banyak ditemukan rumput laut penghasil alginat (alginofit) yang cukup potensial untuk dikembangkan sebagai bahan baku industri alginat. Alginat merupakan senyawa pikokoloid yang dihasilkan dari rumput laut coklat (*Phaeophyceae*), yaitu *Macrocystis*, *Laminaria*, *Aschophyllum*, *Nerocytis*, *Eklonia*, *Fucus*, *Turbinaria* dan *Sargassum*. Jenis rumput laut alginofit yang banyak ditemukan di perairan Indonesia adalah *Sargassum* dan *Turbinaria*. Kandungan alginat pada rumput laut *Sargassum* berkisar antara 8-32 % tergantung pada kondisi perairan tempat tumbuhnya (Anggadireja *dkk*, 1993).

Penelitian yang sudah dilakukan yaitu untuk tahap perendaman dengan menggunakan asam HCl 0,5 % (1:10) selama 30 menit merupakan perlakuan terbaik. Namun masih terdapat masalah seperti rendemen ekstraksi yang masih rendah dan kualitas hasil ekstrak yang kurang baik. Produk yang dihasilkan juga belum memenuhi standart, misalnya kadar abu yang masih tinggi 27 %, natrium alginat yang masih rendah di bawah 20 % (Junizal, Murtini dan Jamal, 1999a).

Upaya ke arah memproduksi alginat telah dilakukan melalui penelitian-penelitian, namun yang menjadi kendala adalah masih belum tercapainya suatu optimasi dalam proses ekstraksi. Menurut Winarno (1996), optimalisasi proses ekstraksi sangat penting, terutama proses hidrolisa asam karena apabila ekstraksi dilakukan pada suasana asam dan suhu terlalu tinggi menyebabkan alginat mudah terhidrolisis sehingga akan menurunkan rendemen dan mutu tepung alginat yang didapatkan.

Pemanfaatan rumput laut di Indonesia khususnya di Jawa Timur belum optimal, padahal alginat tersebut dapat diekstrak sehingga dapat menghasilkan nilai tambah. Selama ini yang dimanfaatkan hanya agar-agar dan karagenan.

Alginat sebenarnya merupakan komponen utama dari getah ganggang coklat dan merupakan senyawa penting dalam dinding sel (Belitz and Groch, 1982). Secara kimia alginat merupakan polimer murni dari asam

uronat yang tersusun dalam bentuk rantai linier yang panjang (Stephen, 1995).

Alginat dalam pemanfaatannya berupa garam alginat dan garam ini larut dalam air. (Reen, 1986). Alginat dalam pasarannya sebagian besar berupa natrium alginat, yaitu suatu garam alginat yang larut dalam air. Jenis alginat lain yang larut dalam air ialah kalium atau ammonium alginat. Sedang, alginat yang tidak larut dalam air adalah kalsium alginat dan asam alginat dan derivat atau produk turunan yang terpenting adalah *propylene glycol alginat*.

Alginat yang memiliki mutu *food grade*, harus bebas dari selulosa dan warnanya sudah dipucatkan (*bleached*) sehingga terang atau putih, *Pharmaceutical grade*, biasanya juga bebas dari selulosa. Disamping *grade* tersebut, ada lagi yang disebut *industrial grade* yang biasanya masih mengizinkan adanya beberapa bagian dari selulosa, dengan warna dari coklat sampai putih. pH alginat juga bervariasi dari 3,5 – 10, dengan viskositas 10 – 5000 cps , kadar air 5 – 20 % dan ukuran partikel 10 – 200 mesh (Winarno, 1990). Standart mutu dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1.
Standart mutu Natrium alginat

Karakteristik	Natrium alginat
Kemurnian (% bobot kering)	90,8 – 100 %
Kadar As	< 3 ppm
Kadar Pb	< 10 ppm
Kadar Hg	< 0,004 %
Kadar abu	18 – 27 %
Kadar air	< 15 %

Sumber : Anonymous, 1981.

Dari Tabel 1 terlihat bahwa kadar abu merupakan batasan mutu dan nilainya diharapkan antara 18 – 27 % . Kadar abu yang melebihi standard diperkirakan disebabkan karena adanya polusi pada perairan tersebut (Anonymous, 1981)

Upaya ke arah memproduksi alginat telah dilakukan melalui penelitian-penelitian namun yang menjadi kendala sampai saat ini adalah kondisi optimal yang diperlukan untuk ekstraksi tersebut. Untuk itu perlu dipelajari

Ekstraksi dan Pemurnian Alginat (Tri Susanto)

teknik ekstraksi alginat sehingga diperoleh teknologi ekstraksi alginat yang dapat digunakan untuk pengembangan industri alginat di Indonesia.

Oleh karena itu perlu dilakukan penelitian mengenai bagian dari thallus (batang, daun, dan lain-lain) karena sangat mempengaruhi rendemen alginat yang dihasilkan serta optimasi proses pemurnian. Dalam penelitian ini direncanakan perlakuan bagian dari thallus, lama waktu ekstraksi, pemurnian dengan isopropanol sehingga diperoleh alginat yang bermutu tinggi.

METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian yang dilaksanakan terdiri dari dua tahap yaitu penelitian Tahap I dan penelitian Tahap II. Penelitian Tahap I merupakan penelitian yang bertujuan untuk menentukan proporsi utuh, pangkal, ujung dan daun dari rumput laut yang mempunyai rendemen dan viskositas yang tinggi. Penelitian Tahap II merupakan penelitian yang bertujuan menentukan konsentrasi pemurnian isopropanol yang tepat sehingga dihasilkan alginat yang bermutu baik.

Penelitian Tahap I ini dilakukan dengan metode eksperimen dan menggunakan Rancangan Acak Kelompok yang disusun

secara faktorial.

Faktor perlakuan yang dicoba terdiri dari 2 macam :

a). Bagian Thallus Rumput Laut (A), terdiri 3 taraf yaitu :

- A1 = ujung (tanpa daun)
- A2 = pangkal (tanpa daun)
- A3 = daun
- A4 = utuh

b). Waktu yang digunakan, 3 taraf yaitu (B) :

- B1 = 2 jam
- B2 = 1,5 jam
- B3 = 1 jam

Penelitian Tahap II dilakukan secara eksperimental dengan Rancangan Acak Kelompok yang disusun secara faktorial. Faktornya adalah rumput laut (basah dan kering) serta perbedaan konsentrasi isopropanol (85%, 90% dan 95%).

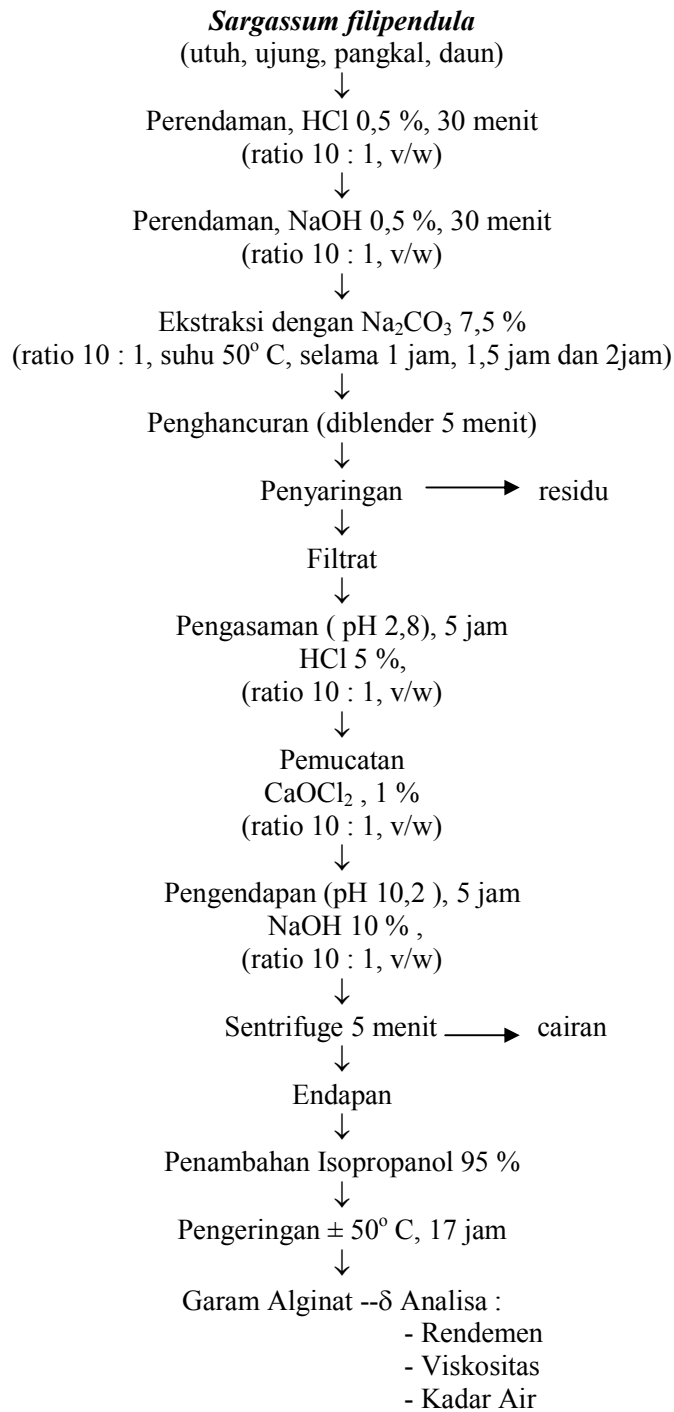
Kombinasinya adalah sebagai berikut :

1. Bahan rumput laut :

- Bs = Basah
- K = Kering

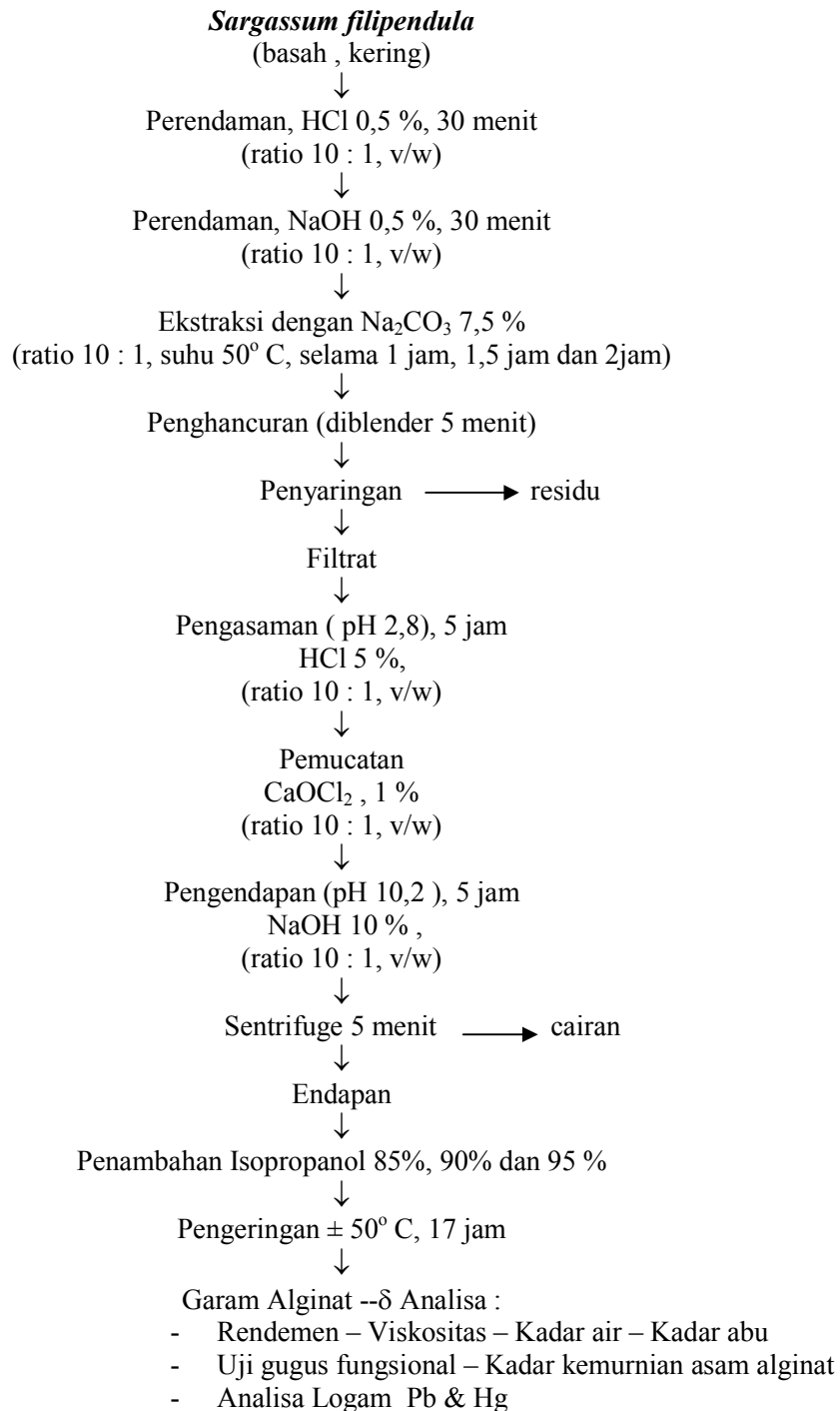
2. Isopropanol :

- P1 = Isopropanol 85%
- P2 = Isopropanol 90%
- P3 = Isopropanol 95%



Gambar 1 : Diagram alir penelitian Tahap I : Pengaruh bagian *Sargassum* dan lama ekstraksi terhadap garam alginat

Ekstraksi dan Pemurnian Alginat
(Tri Susanto)



Gambar 2 : Diagram alir penelitian Tahap II :
Pengaruh kondisi bahan baku dan konsentrasi isopropanol terhadap kualitas garam alginat

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian Tahap I : Pengaruh bagian tanaman rumput laut (*Sargassum filipendula*) dan lama ekstraksi terhadap rendemen dan viskositas

a. Rendemen Garam Alginat

Rerata rendemen hasil penelitian adalah berkisar antara 16,62 – 24,94 %. Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa bagian tanaman dan lama ekstraksi berpengaruh nyata terhadap rendemen dan terlihat adanya interaksi keduanya yang sangat nyata ($\alpha = 0,05$). Sedangkan analisa lanjut dengan uji Duncan $\alpha = 0,05$ disajikan pada Tabel 2.

Korelasi antara bagian dan lama ekstraksi mengikuti persamaan regresi $y = 16,95 + 1,0993x$ dengan nilai $R^2 = 0,9785$ (untuk ujung), $y = 15,814 + 0,82x$ dengan nilai $R^2 = 0,9791$ (untuk daun), $y = 21,213 + 0,528x$ dengan nilai $R^2 = 0,9771$ (untuk utuh) dan $y = 22,743 + 0,7115x$ dengan nilai $R^2 = 0,9674$ (untuk pangkal).

Dari Gambar 3 terlihat semakin lama ekstraksi semakin tinggi pula rendemen yang didapat. Hal ini menunjukkan bukti, bahwa semakin lama waktu perendaman thallus dengan HCl, nilai rendemen alginat dari ekstraksi meningkat, karena HCl akan memecah dinding sel rumput laut. Penelitian ini didukung oleh Purwoto (1992) bahwa penggunaan HCl pada alginat, akan memecah dinding sel sehingga memudahkan ekstraksi, karena HCl merupakan asam kuat dan akan terionisasi sempurna.

Tabel 2.

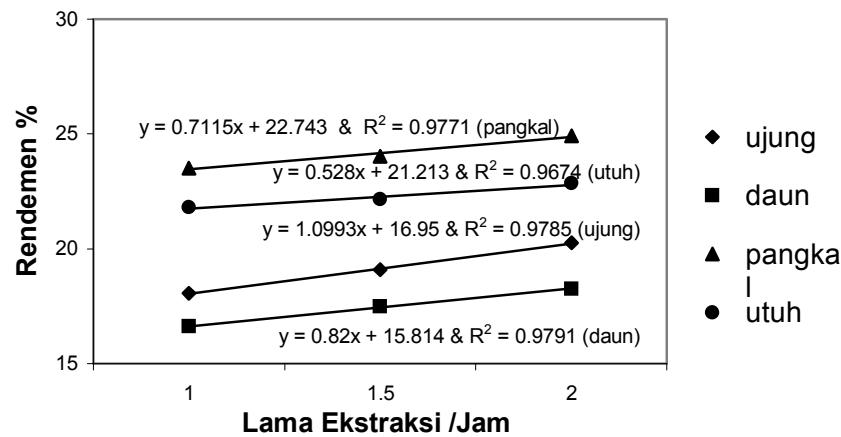
Rerata Rendemen (%) Garam Alginat

Bagian Tanaman	Lama Ekstraksi (jam)	Rendemen (%)
Daun	1	16,62 a
Daun	1,5	17,48 a
Daun	2	18,25 ab
Ujung	1	18,07 a
Ujung	1,5	19,10 ab
Ujung	2	20,72 bc
Utuh	1	21,79 cd
Utuh	1,5	22,15 cd
Utuh	2	22,86 cde
Pangkal	1	23,51 de
Pangkal	1,5	24,04 de
Pangkal	2	24,94 e

Keterangan : Angka rerata dalam kolom yang sama, diikuti dengan huruf yang sama tidak berbeda nyata pada uji Duncan ($p = 0,05$)

Berdasarkan Tabel 2 bahwa bagian pangkal dengan lama ekstraksi 2 jam mempunyai rendemen tertinggi (24,94%) karena bagian pangkal umurnya lebih lama dan jaringan selnya lebih tua, sehingga jumlah timbunan alginat lebih banyak. Hal ini didukung oleh pendapat Soepomo (1986), pada batang rumput laut (thallus) mempunyai fungsi sebagai tempat penimbunan zat-zat makanan cadangan, sehingga kandungan rendemen alginat paling tinggi. Kandungan alginat dari rumput laut coklat tergantung dari umur, species dan habitat (Taylor, 1979).. Sintesa monosakarida terjadi di daun dan selanjutnya sebagian ditranslokasi ke bagian tanaman yang lain untuk disintesa menjadi polimer (Salisbury, 1995).

Ekstraksi dan Pemurnian Alginat
(Tri Susanto)



Gambar 3. Grafik pengaruh lama ekstraksi terhadap rendemen kondisi rumput laut (*Sargassum filipendula*)

b. Viskositas

Rerata viskositas alginat hasil penelitian berkisar antara 8,93 – 15,33 cps. Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa bagian dan lama ekstraksi berpengaruh sangat nyata terhadap viskositas dan terdapat interaksi yang sangat nyata ($\alpha = 0,05$). Hasil analisa lanjut dengan uji Duncan ($\alpha = 0,05$) disajikan pada Tabel 3.

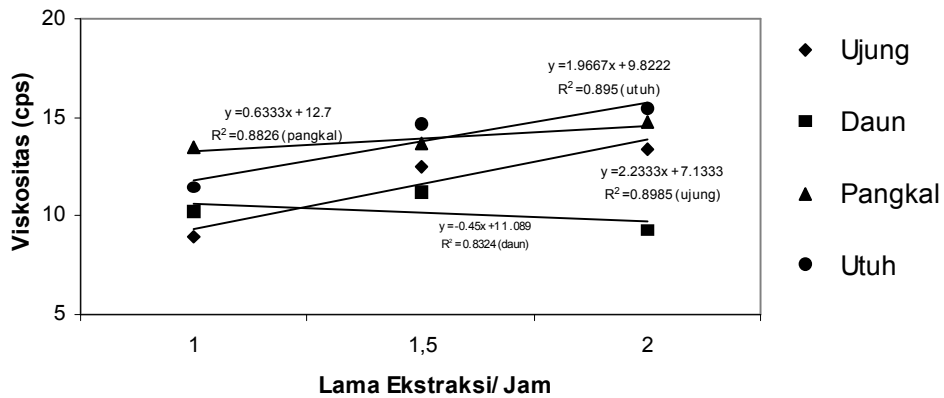
Keterangan : Angka rerata pada kolom yang sama yang diikuti dengan huruf yang sama tidak berbeda nyata pada uji Duncan ($p = 0,05$)

Dari Tabel 3 terlihat viskositas alginat tertinggi (15,33 cps) pada bagian pangkal yang diekstrak selama 2 jam dan berbeda dengan bagian ujung thallus (8,933 cps) dengan lama ekstraksi 1 jam. Viskositas pada ujung rendah, karena pada ujung masih terbentuk garam guluronat yaitu senyawa yang kental, tetapi terionisasi karena garam bereaksi dengan air. Sedangkan pada bagian pangkal bukan berbentuk garam lagi tetapi polisakarida bertemu dengan air akan terbentuk gel, gel tidak terionisasi dan sifat polisakarida adalah non elektrolit menyebabkan larutan viskositasnya tinggi. Hal ini didukung oleh pendapat Wang (1995), kandungan asam guluronic pada alga berpengaruh terhadap pembentukan gel, dimana kandungan asam guluronic yang tinggi akan menghasilkan gel yang kuat.

Tabel 3.

Rerata nilai viskositas (cps) dari garam alginat

Bagian Tanaman	Lama Ekstraksi (jam)	Viskositas (cps)
Ujung	1	8,93 a
Ujung	1,5	12,46 bd
Ujung	2	13,49 ab
Daun	1	10,16 bc
Daun	1,5	11,13 bc
Daun	2	9,26 a
Utuh	1	11,40 bc
utuh	1,5	14,53 d
Utuh	2	14,73 d
Pangkal	1	13,46 de
Pangkal	1	13,70 de
Pangkal	2	215,33 e



Gambar 4. Grafik pengaruh lama ekstraksi terhadap viskositas kondisi *Sargassum filipendula*

Korelasi antara bagian dan lama ekstraksi mengikuti persamaan regresi sebagai berikut $y = 7,1333 + 2,2333x$ dengan nilai $R^2 = 0,8985$ (untuk ujung), $y = 11,089 - 0,45x$ dengan nilai $R^2 = 0,8324$ (untuk daun), $y = 9,8222 + 1,9667x$ dengan nilai $R^2 = 0,895$ (untuk utuh) sedangkan $y = 12,7 + 0,6333x$ dengan nilai $R^2 = 0,8826$ (untuk pangkal).

Berdasarkan Gambar 5 diketahui bahwa semakin lama ekstraksi semakin tinggi pula hasil yang didapat. Lama ekstraksi 2 jam menunjukkan viskositas naik, hal ini disebabkan pada alginat gugus hidroksil (OH) dan karboksil berikatan dengan air dan terlarut menyebabkan viskositas naik. (Belitz and Grosch, 1982). Sedangkan pada daun adalah jaringan muda yang banyak mengandung gula, apabila diekstrak akan larut dan menghasilkan viskositas yang lebih rendah daripada pangkal.

c. Kadar Air (%)

Rerata kadar air garam alginat adalah berkisar antara 13,82 – 17,65%. Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa tidak ada interaksi antara bagian rumput laut dengan lama ekstraksi ($\alpha = 0,05$). Namun terdapat pengaruh yang nyata dari penggunaan bagian rumput laut dan perlakuan lama ekstraksi terhadap kadar air garam alginat. Sedangkan

analisa lanjut dengan uji BNT ($\alpha = 0,05$) disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Pengaruh bagian tanaman dengan rerata kadar air (%) ekstrak *Sargassum filipendula*

Bagian tanaman	Rerata kadar air (%)
Daun	14,14 a
Ujung	15,13 ab
Utuh	16,14 b
Pangkal	16,77 b
BNT 5 %	1,11

Keterangan : Angka rerata yang diikuti dengan huruf yang sama tidak berbeda nyata.

Dari Tabel 4 terlihat bahwa kadar air tertinggi pada pangkal (16,77 %) dan terendah pada daun (14,14 %), diduga pada bagian daun masih terbentuk garam guluronat, yaitu adanya kadar air bebas (air permukaan) yang diikat dengan ikatan hidrogen. Sedangkan pada pangkal kadar airnya tinggi karena pada pangkal sudah terbentuk asam guluronat dan asam manuronat yang mempunyai sifat hidropilik yaitu mengikat air, banyak air yang terjebak di dalam asam guluronat maupun asam manuronat.

Ekstraksi dan Pemurnian Alginat
(Tri Susanto)

Tabel 5.
Pengaruh lama ekstraksi terhadap rerata kadar air (%) ekstrak *Sargassum filipendula*

Perlakuan (lama ekstraksi)	Rerata kadar air (%)
1 jam	15,15 a
1,5 jam	15,59 a
2 jam	16,20 b
BNT 5%	0,71

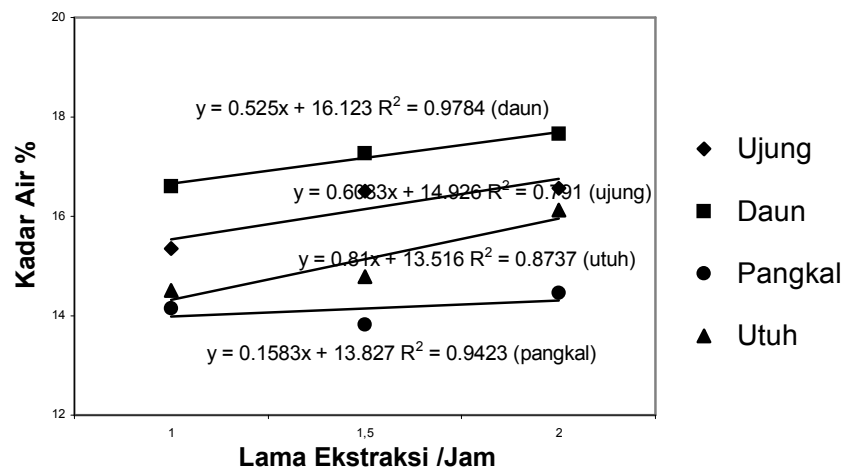
Keterangan : angka rerata yang diikuti dengan huruf yang sama tidak berbeda nyata.

Tabel 5 menunjukkan kadar air tertinggi yang dihasilkan pada lama ekstraksi 2 jam (16,20 %). Diduga semakin lama diekstrak, air akan diikat oleh alginat karena alginat merupakan hidrophilik maka makin banyak air yang terjebak. Menurut Chapman (1980) mengatakan bahwa kadar air yang diperbolehkan untuk alginat adalah 5 – 20 %. Hasil penelitian menunjukkan kadar air alginat di bawah 20 % (berkisar antara 13 – 17 %) sehingga masih memenuhi syarat. Kadar air pada garam alginat menunjukkan banyaknya air yang masih terjebak dalam molekul alginat dan ini sebanding dengan daya viskositas alginat yang juga menunjukkan daya ikatnya (Tseng, 1974).

Korelasi antara bagian dan lama ekstraksi mengikuti persamaan regresi $y = 14,926 + 0,6083x$ dengan nilai $R^2 = 0,791$

(untuk ujung), $y = 16,123 + 0,525x$ dengan nilai $R^2 = 0,9784$ (untuk daun), $y = 13,516 + 0,81x$ dengan nilai $R^2 = 0,8737$ (untuk utuh) dan $y = 13,827 + 0,7115x$ dengan nilai $R^2 = 0,9423$ (untuk pangkal).

Dari Gambar 5 terlihat adanya kecenderungan bahwa dengan semakin lama ekstraksi maka kadar air ekstrak alginat semakin meningkat pula. Hal ini diduga lama perendaman akan menyebabkan makin lunaknya dinding sel rumput laut. Pelunakan dinding sel ini menyebabkan makin banyaknya bahan-bahan alginat yang keluar dari jaringan rumput laut waktu ekstraksi, termasuk mineral yang ada dalam jaringan rumput laut. Sebagian air terperangkap dalam matriks alginat yang dikeringkan sehingga kadar air masih relatif tinggi. Hal ini didukung oleh pendapat Johnson *et al* (1990), perbedaan kadar air terjadi karena masing-masing bahan mempunyai kemampuan menyerap air yang berbeda, dimana jumlah gugus COOH yang ada pada ekstrak alginat merupakan gugus hidrofilik yang menentukan kemampuan menyerap air yang berbeda. Sedangkan ekstrak dari bagian pangkal memiliki kadar air lebih rendah, disebabkan secara fisiologi, pada bagian pangkal lebih lama dan lebih tua serta lebih tebal. Ketebalan ini menunjukkan umur yang lebih lama dan banyaknya kandungan alginat (Soegiarto, 1978).



Gambar 5. Grafik pengaruh lama ekstraksi terhadap kadar air kondisi *Sargassum filipendula*

d. Penentuan Perlakuan Terbaik Tahap I

Berdasarkan uji indeks efektivitas diperoleh perlakuan terbaik yaitu bagian pangkal dan ekstraksi selama 2 jam memberikan nilai tertinggi yaitu 2,35. Kombinasi perlakuan tersebut menghasilkan garam alginat dengan rendemen 24,94 %, kadar air 13,82 %, dan viskositas sebesar 14,73 cps. Perlakuan tersebut kemudian direkomendasikan untuk dilanjutkan pada penelitian Tahap II, yaitu penelitian pemurnian dengan menggunakan isopropanol.

Penelitian Tahap II : Pengaruh kondisi *Sargassum filipendula* dan konsentrasi isopropanol terhadap hasil pemurnian garam alginat

a. Rendemen (%)

Rerata rendemen hasil perlakuan penambahan isopropanol adalah antara 24,29 – 26,96 %. Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa kondisi rumput laut (basah dan kering) berpengaruh sangat nyata terhadap rendemen, sedangkan interaksi antara kondisi dan penambahan isopropanol tidak memberikan pengaruh. Uji Beda nyata terkecil ($\alpha = 0,05$) disajikan pada Tabel 6.

Tabel 6.
Rerata rendemen (%) yang dipengaruhi oleh kondisi *Sargassum filipendula*

Kondisi bahan baku	Rerata Rendemen (%)
Basah	26.35 b
Kering	24.84 a
BNT 5%	0.58

Keterangan : Angka rerata yang diikuti dengan huruf yang sama pada kolom yang sama tidak berbeda nyata pada uji BNT ($\alpha = 0,05$)

Dari Tabel 6 menunjukkan bahwa kondisi bahan baku basah mempunyai rendemen tinggi (26,35%) dibandingkan dengan nilai rendemen kondisi bahan baku kering (24,84 %). Hal ini diduga dalam kondisi basah, air dibutuhkan sebagai media untuk jalan, sehingga HCl akan lebih mudah menembus jaringan sel dan menghidrolisis alginat lebih

cepat. Sedangkan pada kondisi bahan baku kering diduga karena lebih keras, diffusi HCl ke jaringan agak terhambat sehingga alginat yang terlarut juga sedikit. Wahyu (1994) menguatkan bahwa penggunaan HCl pada ekstraksi alginat lebih efektif, karena HCl akan terionisasi dengan sempurna. Sesuai dengan pernyataan Glikzman (1998) bahwa asam klorida (HCl) membantu memecah dinding sel tanaman rumput laut dan akan terionisasi dengan sempurna.

b. Viskositas

Rerata nilai viskositas hasil perlakuan perbedaan isopropanol adalah antara 8,9-14,31 cps. Hasil analisa ragam menunjukkan bahwa terdapat interaksi antara perlakuan konsentrasi isopropanol dan kondisi rumput laut terhadap viskositas garam alginat. Uji Duncan ($\alpha = 0,05$) disajikan pada Tabel 7.

Tabel 7.
Rerata viskositas dari pemberian isopropanol yang berbeda

Perlakuan	Rerata Viskositas (cps)
Kering 85%	8.91 a
Basah 85%	10.46 b
Basah 90%	10,57 b
Kering 90%	12,35 c
Kering 95%	13,19 d
Basah 95%	14,13 e

Keterangan : Angka rerata yang diikuti dengan huruf yang sama padakolom yang sama tidak berbeda nyata

Tabel 7 menunjukkan pada kondisi basah dengan isopropanol 95% memiliki viskositas tertinggi (14,13cps), viskositas terendah dihasilkan pada kondisi kering dengan isopropanol 85% (8,91cps). Hal ini diduga pada kondisi basah zat-zat terutama asam guluronat dan asam manuronat dapat terekstrak secara sempurna sehingga menghasilkan ekstrak yang kental. Dibandingkan dengan kondisi kering yang telah mengalami pengeringan, akan menghasilkan ekstrak yang encer sehingga

Ekstraksi dan Pemurnian Alginat
(Tri Susanto)

viskositasnya menjadi rendah. Sesuai dengan pernyataan Chapman (1970) bahwa peningkatan viskositas tergantung pada adanya asam guluronat dan asam manuronat yang tinggi. Hal ini di dukung penelitian Junizal (1999) bahwa penggunaan bahan baku sebaiknya dalam kondisi kering karena tidak terlalu banyak menghabiskan zat-zat kimia.

Korelasi antara isopropanol dan kondisi rumput laut basah serta viskositas alginat yang dihasilkan mengikuti persamaan $y = 9,2656 + 1,3683x$ dimana $R^2 = 0,9538$. Apabila bahan baku yang digunakan kering, persamaannya ialah $y = 5,8489 + 2,7067x$ dimana $R^2 = 0,9537$.

Dari Gambar 6 terlihat bahwa dengan semakin tinggi konsentrasi isopropanol yang ditambahkan semakin tinggi pula nilai viskositas. Hal ini diduga berkaitan dengan penarikan kadar air oleh isopropanol yang lebih efektif. Moirano (1977) mengemukakan bahwa penggunaan isopropanol pada pengeringan garam alginat berfungsi untuk penarikan air dari suspensi ekstrak alginat. Dengan bahan baku yang segar maka ekstraksi lebih mudah karena tidak diperlukan proses rehidrasi sel-sel jaringan rumput laut yang kering.

c. Kadar Air

Rerata nilai kadar air hasil perlakuan perbedaan isopropanol adalah antara 14,49 – 17,02%. Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa konsentrasi isopropanol berpengaruh

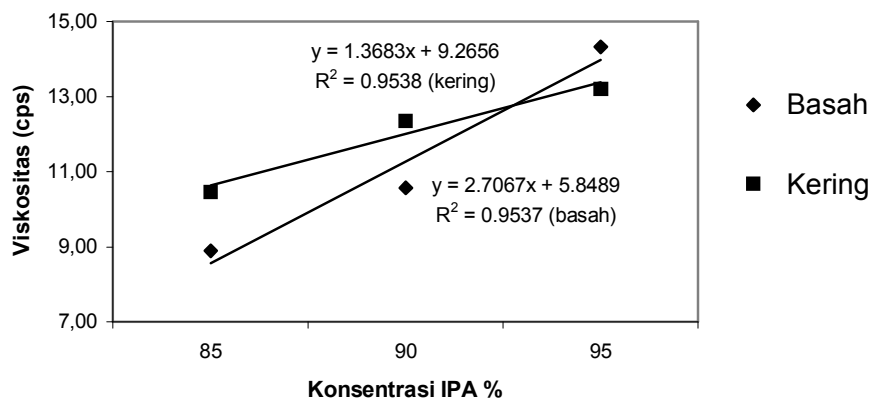
nyata ($\alpha = 0,05$) dan tidak terdapat interaksi antara kedua perlakuan. Uji lanjut pada Uji Beda Nyata Terkecil dengan $\alpha = 0,05$ disajikan pada Tabel 8.

Tabel 8.
Rerata kadar air (%) dari pemberian isopropanol yang berbeda

Perlakuan Isopropanol	Rerata kadar air (%)
95%	14.83 a
90%	16.37 a
85%	16.71 b
BNT 5%	1.68

Keterangan : Angka rerata yang diikuti dengan huruf yang sama pada kolom yang sama tidak berbeda nyata pada uji BNT ($\alpha = 0,05$)

Dari Tabel 8 menunjukkan bahwa penggunaan isopropanol 95% menghasilkan kadar air paling rendah (14,83%) dan kadar air tertinggi (17,715%) dihasilkan pada penggunaan isopropanol 85% . Diduga kadar air filtrat sesudah ekstrak oleh larutan isopropanol yang semakin kuat dengan pemakaian konsentrasi isopropanol, sehingga kadar air ekstrak alginat akan lebih rendah. Oleh sebab itu semakin pekat konsentrasi isopropanol, semakin tinggi air yang ditarik. Hal ini didukung oleh penelitian Yani (1998) bahwa penggunaan isopropanol dapat mengendapkan alginat dengan sempurna dibandingkan dengan dengan etanol.



Gambar 6. Grafik pengaruh kondisi *Sargassum filipendula* dan konsentrasi isopropanol terhadap viskositas alginat

Menurut Iorey (1985), dengan kepolaran etanol yang mempunyai sifat lebih polar dibandingkan dengan isopropanol, dimana semakin polar suatu cairan maka sifatnya mendekati air yang bersifat sangat polar, maka etanol lebih sukar menarik air.

Korelasi antara perbedaan isopropanol dengan kondisi rumput laut mengikuti persamaan sebagai berikut $y = 18,173 - 0,925x$ dimana $R^2 = 0,8568$ (untuk basah) dan $y = 17,47 - 0,955x$ dimana $R^2 = 0,9583$ (untuk kering).

Gambar 7 terlihat bahwa semakin tinggi konsentrasi isopropanol, kadar air akan semakin rendah. Diduga karena semakin banyak air yang ditarik dari alginat maka kadar air akan menurun. Hal ini didukung oleh penelitian Lely (1994) bahwa makin pekat konsentrasi isopropanol maka jumlah hidrosil makin meningkat sehingga lebih kuat dalam mengikat air.

d. Kadar Abu

Kadar abu merupakan salah satu kriteria yang menentukan mutu dari alginat yang dihasilkan. Rerata kadar abu hasil perlakuan penambahan isopropanol adalah antara 34,01% – 35,25 %. Dari hasil analisis sidik ragam menunjukkan bahwa konsentrasi Isopropanol maupun kondisi bahan baku, semuanya tidak menyebabkan pengaruh yang nyata.

Tingginya kadar abu pada ekstrak alginat diduga karena *sargassum filipendulla* yang tumbuh di perairan pantai dipengaruhi oleh baik buruknya air laut karena polusi. Sedangkan kadar abu yang diperbolehkan menurut *food chemical codex* antara 13 – 27 %. Diduga karena pada saat pembentukan garam alginat, pemakaian NaOH mampu menghancurkan senyawa organik menjadi senyawa anorganik. Data ini didukung oleh penelitian Junizal dkk (1999) bahwa kadar abu dari jenis *Sargassum sp* berkisar antara 30 – 35%.

Menurut Winarno (1990) kandungan abu pada produk menunjukkan kemurnian produk yang dipengaruhi oleh kandungan

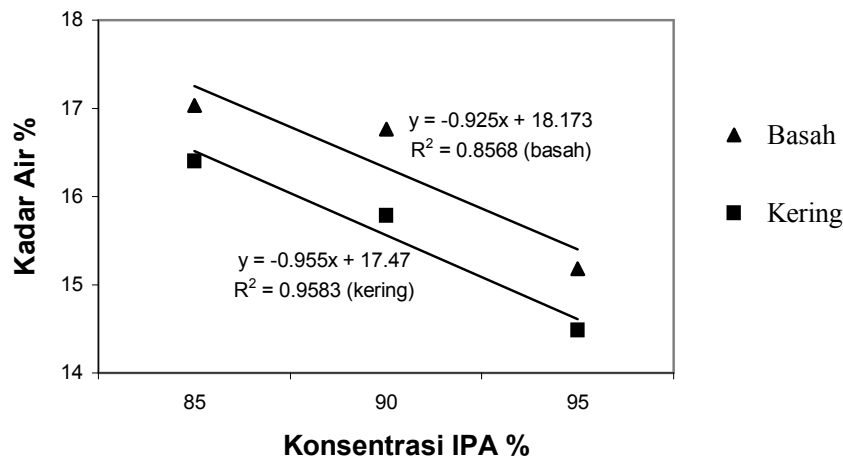
mineral bahan baku. Ganggang coklat termasuk bahan yang mengandung mineral cukup tinggi seperti Na, Ca, K, Cl, Mg, Fe dan S. Hal ini didukung oleh penelitian Heru (1996), tingginya kadar abu, karena pemakaian asam kuat sehingga dalam penetralan pH perlu penambahan alkali (NaOH). NaOH yang tinggi berarti jumlah garam yang dihasilkan alginat meningkat. Secara teknis tingginya kadar abu pada hasil penelitian diduga juga berasal dari sisa-sisa batu karang (mineral) yang masih melekat pada rumput laut karena pencucian yang kurang bersih sehingga terbawa pada saat ekstraksi. Penggunaan bahan pemucat (sumber Ca) yang ditambahkan dalam proses pemucatan. Semakin kuat asam yang digunakan menyebabkan makin lunaknya dinding sel rumput laut, sehingga dengan ekstraksi semakin banyak bahan-bahan yang dapat dikeluarkan dari jaringan ini.

Menurut Yunizal,dkk. (1999) menyatakan bahwa semakin kuat asam yang digunakan semakin banyak alkali yang ditambahkan untuk menetralkan pH. Kandungan NaOH yang tinggi berarti jumlah garam yang dihasilkan dalam alginat meningkat. Sehingga kadar abu dalam produk tersebut makin besar.

e. Kadar Logam Timah Hitam (Pb)

Hasil analisa logam Pb pada produk bubuk garam alginat berkisar antara 6,30 ppm \pm 0,05. Diduga adanya logam Pb pada produk, karena asal bahan baku dari dasar perairan. Menurut Winarno (1986) kadar logam timah hitam merupakan logam yang berbahaya dan tidak diperkenankan terdapat dalam bahan makanan. Kadar logam Pb yang ditetapkan menurut FCC adalah kurang dari 10 ppm. Hal ini didukung oleh penelitian Casaret dan Doull (1976), efek dari pada kadar Pb yang melebihi standar adalah keracunan akut yang dapat mengakibatkan rasa terbakar pada mulut, terjadinya rangsangan pada usus besar dan disertai diare, keracunan kronis yang dapat menyebabkan anemia, mual serta bisa juga menyebabkan kelumpuhan.

Ekstraksi dan Pemurnian Alginat
(Tri Susanto)



Gambar 7. Grafik pengaruh kondisi *Sargassum filipendula* terhadap konsentrasi isopropanol.

f. Kadar Logam Merkuri (Hg)

Hasil analisa logam Hg pada produk bubuk garam alginat berkisar antara 0,27 ppm ± 0,05. Kandungan logam Hg diduga berasal dari wilayah perairan merupakan ion anorganik. Nilai standar menurut FCC adalah kurang dari 40 ppm. Menurut Dix (1980) bahwa efek terhadap adanya logam Hg ini apabila dimakan dapat terakumulasi dalam hati dan ginjal menyebabkan kerusakan serta cacat pada organ tersebut dan juga berpengaruh terhadap sistem saraf serta jaringan otak yang menyebabkan tidak terkoordinasinya kerja otot dan penglihatan.

g. Uji Kemurnian Alginat

Uji kemurnian alginat dilakukan dengan menggunakan cara dengan menghilangkan senyawa-senyawa yang lain seperti adanya laminarian, mannitol dan garam lain sehingga yang tersisa hanya asam alginat.

Tabel 9.

Pengujian secara kualitatif asam alginat

No.	Bahan rumput laut	Garam alginat (gram)	Asam alginat (%)
1.	Kering	25,16	51,23 a
2.	Basah	26,96	53,92 b
t hitung 5%			1,46

Dari Tabel 9 terlihat bahwa basah dan kering berbeda nyata pada t hitung 5 %. Dimana terlihat bahwa dari rumput laut basah mempunyai rendemen yang tinggi apabila dibandingkan dengan yang kering, karena pada yang basah HCl efektif menembus dinding sel karena ada H₂O sebagai media, sehingga asam alginat terlarut dalam bahan ekstrak dan rendemen meningkat sesuai rendemen Tabel 6. Kenyataan ini didukung dengan fenomena pada pada proses pembuatan sirup cair dari bahan pati, dimana apabila pati diberi dengan HCl akan menghasilkan sirup dengan komposisi campuran gula-gula sederhana (Widjanarko, 1982).

h. Uji Gugus Fungsional

Uji gugus fungsional dilakukan dengan menggunakan Infra Red Spektrofotometer. Prinsip apabila sinar infra merah dilewatkan melalui cuplikan senyawa organik maka sejumlah frekuensi akan diserap. Sedangkan frekuensi yang lain akan diteruskan masing-masing senyawa hanya menyerap sinar infra merah dengan frekuensi tertentu. Sinar yang diserap tersebut akan menaikkan amplitudo gerakan vibrasi dalam molekul. Oleh karena itu setiap jenis ikatan yang berbeda mempunyai sifat frekuensi vibrasi yang berbeda, maka cara ini dapat digunakan untuk menganalisis adanya

gugus fungsi dalam suatu senyawa (Sastrohamidjojo, 1991). Daerah pada spektrum infra merah di atas 1200 cm^{-1} menunjukkan pita spektrum atau puncak yang disebabkan oleh getaran ikatan kimia atau gugus-gugus fungsi dalam molekul kimia, sedangkan daerah dibawah 1200 cm^{-1} menunjukkan pita yang disebabkan getaran seluruh molekul dan

kerumitannya dikenal sebagai daerah sidik jari. Adanya kenyataan yang menunjukkan bahwa gugus fungsional dapat diidentifikasi dengan menggunakan frekuensi getaran khasnya, mengakibatkan spektrofotometri infra merah merupakan cara paling sederhana dan sering paling terandalkan dalam menentukan golongan senyawa.

Gambar 8. Spektra IR dari cuplikan garam alginat standart preparatif menggunakan Spektrofotometer infra merah

Gambar 9. Spektra IR dari cuplikan garam alginat sampel preparatif menggunakan Spektrofotometer infra merah

Ekstraksi dan Pemurnian Alginat
(Tri Susanto)

Dari Gambar 9 menunjukkan bahwa spektra infra merah sampel (no. 5) dengan overtone sekitar 3354 cm^{-1} , pita-pita serapan ini menunjukkan adanya gugus hidroksil (O-H) dan no. 6-7 ada udara. Serapan pada daerah 1618 cm^{-1} pita-pita serapan ini menunjukkan adanya gugus karbonil (C=O) (pada no. 8), sedangkan pada no. 9 dengan pita-pita serapan pada daerah 1487 cm^{-1} menunjukkan adanya ikatan antara karbon (C-C). Pada no. 10, serapan pada daerah 1413 cm^{-1} menunjukkan adanya ikatan antara karbon (C-C) dan pada no. 11 dengan serapan 1068 cm^{-1} menunjukkan adanya ikatan C-O-C, eter (keton). Sedangkan pada no.12 dengan serapan 1030 cm^{-1} menunjukkan adanya ikatan C-O-C, dan pada no. 13 serapan pada daerah 873 cm^{-1} ada ikatan C-H. Hal ini bisa diketahui dari Spektra IR standart (Gambar 8 dan Tabel 10) menurut Silverstein (1991) Sehingga dapat disimpulkan bahwa senyawa penyusun adalah senyawa yang mempunyai gugus karbonil (C=O), gugus hidroksil (OH) dan gugus karboksil (C = O) dan ikatan C-O-C (Tabel 11).

Tabel 10.

Gugus fungsi di daerah puncak spektrum infra merah pada alginat Standart

Nomer Puncak Spektrum	Panjang Gelombang (cm^{-1})	Gugus Fungsi
1	3956,36	-
2	3933,21	-
3	3854,12	-
4	3435,53	O-H
5	2934,35	O-H
6	2127,68	O-H
7	1610,71	C=O
8	1417,81	C-O-H
9	1300,14	C-O-C
10	1032,01	C-O-C
11	947,13	C-H
12	893,12	C-H
13	819,82	C-H
14	445,60	C-H
15	424,00	-

Sumber : Silverstein (1991)

Tabel 11.

Gugus fungsi di daerah puncak spektrum Infra Merah pada alginat sampel.

Nomer puncak spektrum	Panjang gelombang (Cm^{-1})	Gugus Fungsi
1	3892,70	-
2	3840,62	-
3	3790,46	-
4	3748,03	-
5	3354,51	O-H
6	2525,05	O-H
7	2366,87	O-H
8	1618,42	C=O
9	1487,25	C-O-H
10	1413,95	C-H aldehida
11	1068,66	C-O-C
12	1030,08	C-O-C
13	873,83	C-H
14	709,87	C-H
15	663,57	C-H
16	515,04	C-H
17	439,81	-

Uji Stabilitas Bubuk Alginat

a. Stabilitas bubuk alginat terhadap pengaruh pH

Hasil pengamatan viskositas dengan ekstrak *sargassum filipendula* pada pH 3, 4, 5 memiliki viskositas berkisar antara 12,50 - 14,49 cps (Tabel 12).

Tabel 12.

Pengaruh pH terhadap viskositas dan pembentukan gel

Nilai pH	Viskositas cps	Pembentukan gel
5	12,48 a	++
4	13,61 b	+++
3	12,47 a	+++

Pada Tabel 12 terlihat bahwa pada pH asam ekstrak alginat terhidrolisa karena sifat alginat bila ditambah H_2O akan mengikat air melalui jembatan hidrogen sehingga air terperangkap .maka terbentuk gel akan berbentuk gel, sedangkan pada pH netral tidak terbentuk gel. Hal ini sesuai dengan penelitian Sime (1990) bahwa alginat dengan pH asam (3,74 - 4,49) bisa berbentuk gel tanpa melalui

pemanasan dan gel yang terbentuk homogen. Gel ini akan stabil tidak cenderung menyusut atau menyatu dan lama-kelamaan akan mengendap. Pernyataan ini juga didukung oleh penelitian King (1983) alginat sangat sensitif dan tidak stabil terhadap nilai pH asam. Hasil penelitian ini juga sesuai dengan penelitian yang dilakukan Oates (1990) yang meneliti alginat pada pH asam menyebabkan depolimerisasi dari alginat dalam larutan.

b. Pengaruh suhu terhadap Stabilitas bubuk alginat

Hasil pengamatan terhadap pengaruh suhu (55 – 100° C) selama 1 jam menunjukkan bahwa suhu 55° C mencapai viskositas 14,6 cps (Tabel 13).

*Tabel 13.
Pengaruh suhu terhadap viskositas larutan alginat*

No.	Larutan Alginat	Suhu (°C)	Rerata Viskositas (cps)
1.	250 ml air + alginat (0,4 %)	100	11,57 a
2.	250 ml air + alginat (0,4 %)	85	12,50 b
3.	250 ml air + alginat (0,4 %)	70	13,73 c
4.	250 ml air + alginat (0,4 %)	55	14,70 d
BNT 5%			0,24

Dari Tabel 13 terlihat bahwa makin tinggi suhu, nilai viskositas semakin turun. Menurut Mc Candeels (1981) yang meneliti efek pemanasan pada alginat, bahwa pemanasan sangat berpengaruh pada stabilitas bubuk alginat yaitu melebihi 100 – 110° C akan terjadi degradasi alginat yang menyebabkan berat molekul rendah dan struktur kimia rusak. Hasil penelitian ini didukung oleh pendapat Ray (1973) yang menyatakan bahwa setiap kenaikan suhu akan diikuti dengan penurunan viskositas kira-kira 2,5 %.

Aplikasi produk Alginat pada bahan makanan

a. Aplikasi produk alginat pada es krim

Hasil pengamatan dari pengaruh penambahan alginat terhadap produk menunjukkan bahwa dengan penambahan alginat menyebabkan waktu leleh pada es krim lebih lama. Menurut Wheaton dan Lawson (1998) alginat dapat digunakan sebagai stabilisator untuk memberikan tekstur yang lembut dalam makanan seperti es cream, es susu dsb. Batas pemakaian alginat dalam produk bahan makanan dan minuman berkisar antara 5 – 10 gram dalam 1 kg bahan (Anonymous, 1998)

*Tabel 14.
Pengaruh alginat pada waktu leleh (menit) dalam pembuatan es krim*

No.	Es Krim (gram)	Perlakuan Alginat (%)	Rerata Waktu (menit)
1.	250	0,1	24,33 a
2.	250	0,2	27,00 b
3.	250	0,3	34,00 c
4.	250	0,4	38,00 d
BNT 5%			1,72

Dari Tabel 14 data tertinggi dengan penambahan 0,4 % mempunyai waktu leleh lebih lama selama 40 menit. Diantara perlakuan terlihat berbeda nyata . Hal ini diduga penambahan alginat makin tinggi yang menyebabkan viskositas makin tinggi dan kekentalannya juga makin pekat dan menyebabkan waktu leleh lebih lama. Hal ini didukung oleh penelitian Siti Rahayu (1999) bahwa semakin tinggi konsentrasi alginat yang digunakan pada pembuatan es krim menyebabkan waktu leleh es krim semakin meningkat. Lebih lanjut Hui (1992) menyatakan bahwa penggunaan alginat sebagai stabilisator akan meningkatkan viskositas es krim. Alginat dapat berfungsi sebagai penghambat gerakan molekul air. Dengan pengikatan molekul air yang semakin banyak maka viskositas semakin tinggi. Penggunaan garam alginat akan mengikat molekul air sehingga perlekatan antara molekul pada saat pembekuan dapat dicegah dan tidak terbentuk molekul air yang besar. (Buckle,1987)

Ekstraksi dan Pemurnian Alginat
(Tri Susanto)

b. Aplikasi produk alginat pada pembuatan sup

Tabel 15.

Pengaruh penambahan alginat terhadap viskositas (cps) pada pembuatan sup

Sup (ml)	Alginat (%)	Viskositas (cps)
250	0,1	11,30 a
250	0,2	11,50 a
250	0,3	11,80 b
250	0,4	12,30 c
BNT 5%		0,18

Dari Tabel 15 terlihat bahwa dengan penambahan alginat 0,4 % mempunyai nilai viskositas tertinggi 12,30 cps dan terendah pada penambahan 0,1 % dengan nilai viskositas rendah 11,30 cps Hal ini diduga dengan pemanasan yang sama suhu 60⁰ selama 1 jam yang berarti kekentalan juga makin pekat , semakin banyak alginat yang digunakan sifat menarik air dari alginat semakin besar, dengan kata lain terjadi gelatinisasi. Bila sifat gel yang terbentuk makin besar atau makin banyak, maka akan menyebabkan penambahan viskositas dari larutan sup tersebut (Onsoyen, 1992)

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

1. Terdapat pengaruh yang nyata dari bagian tanaman ($\alpha = 0,05$) terhadap rendemen dan viskositas.
2. Lama ekstraksi berpengaruh nyata pada rendemen, viskositas.
3. Terdapat interaksi antara bagian tanaman dengan lama ekstraksi terhadap rendemen dan viskositas.
4. Konsentrasi isopropanol tidak berpengaruh nyata terhadap kondisi rumput laut.
5. Terdapat interaksi yang nyata antara kondisi basah-kering bahan baku dan konsentrasi isopropanol terhadap viskositas.
6. Perlakuan terbaik ialah pada pangkal dan kondisi basah yang diekstraksi selama 2 jam dan dimurnikan dengan isopropanol 95% menghasilkan Natrium alginat dengan

rendemen 26,96 %, viskositas 14,31 cps. dan kadar abu 35,25.

7. Kandungan Hg sebesar $0,27 \pm 0,05$ ppm dan Pb sebesar $6,30 \pm 0,05$ ppm masih dibawah ketentuan yang berlaku.
8. Sampel yang dihasilkan dengan uji gugus fungsional mempunyai gugus COOH, OH dan COC yang identik dengan alginat.

Saran

Untuk membuat alginat yang baik diperoleh dengan perlakuan pada bagian pangkal dengan lama ekstraksi 2 jam dalam kondisi basah. Namun hal ini masih terdapat kendala yaitu kadar abunya yang masih tinggi yaitu sebesar 35,25% dan kadar viskositasnya yang rendah yaitu sebesar 14,31 cps.

Oleh karena itu perlu dilakukan penelitian lanjutan mengenai :

- Pra penelitian yaitu pencucian dan perendaman yang lebih lama
- Perendaman dengan HCl, konsentrasinya diperkecil
- Perlakuan kondisi sebaiknya dilakukan dalam kondisi kering, karena kalau dalam kondisi basah bahan kimia yang dipergunakan terlalu banyak.

DAFTAR PUSTAKA

Anggadireja J. , Azatniko W., Sujatmiko dan Noor I. (1993) *Teknologi Produk Perikanan dalam Industri Farmasi. Dalam Stadium General Teknologi dan Alternatif Produk Perikanan dalam Industri Farmasi.*

Anonimous, (1981) *Food Chemical Codex, Volume III.* National Academic of Science. Washington DC.

Belitz, HD. and Grosch W. (1982) *Food Chemistry.* Springer Verlag Berlin Heidelberg New York, London, Paris, Tokyo.

Chapman, V.J. and D.J. Chapman. (1980) *Seaweed and Their Uses.* Third Edition. Chapman and Hall.

- Dix, H. M. (1980) *Environmental Pollution*. John Wiley and Sons. New York.
- Glicksman M. (1969) *Gum Technology in the Food Industry*. Academic Press, New York.
- Johson, R.C., Muller, T.S., Romans, J.R., Costello, W.J., and Jones, K.W. (1990) Effects of Algin/Calcium and Adipic Acid Concentration on Muscle-Juncture Formation. *Journal of Food Science* 55, No. 4 : 906 - 910.
- Junizal, Murtini, J.T. dan Jamal, B. (1999)a Teknologi Ekstraksi Alginat dari Rumput Laut Coklat (*Phaeophyceae*). Dalam *Laporan Teknis 1998-1999*. Balai Penelitian Perikanan Laut, Pusat Penelitian dan Pengembangan Perikanan, Jakarta.
- Moirano, A.L. (1977) *Sulfated Seaweed Polysaccharide Food Colloid* AVI, Westport, Connecticut.
- Reen, D.W. (1986) Uses of Marine Algae in Biotechnology and Industry. *Lokakarya Bioteknologi Rumput Laut*. Sekretariat Dewan Riset Nasional, Jakarta.
- Stephen, M. (1995) *Food Polysaccharide and Their Applications*. Departement of Chemistry, University of Cape Town Rondebosch, South Africa.
- Taylor, W.R. (1979) *Marine Algae of The Eastern Tropical and Subtropical Coasts of the Americas*. The University of Michigan Press.
- Tseng, OK, (1974) Phycocolloids Useful of Sea Weeds Polisacharides. Dalam *Colloid Chemistry Theoretical and Applied*. Volume 6. Reinhold, New York.
- Winarno, FG. (1986) *Kimia Pangan dan Gizi*. Gramedia, Jakarta.
- (1990) *Teknologi Pengolahan Rumput Laut*. Penerbit Pustaka Sinar Harapan, Jakarta.
- Yani, M. (1998) Modifikasi dan Optimasi Proses Ekstraksi dalam Rancang Bangun Proses Tepung Algin dari jenis *Turbinaria sp.* *Skripsi* Fakultas Teknologi Pertanian. IPB. Bogor.