

4 HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Faktor Lingkungan

Faktor lingkungan yang dimaksud adalah kondisi oseanografi dan meteorologi perairan. Faktor oseanografi adalah kondisi perairan yang berpengaruh langsung terhadap makhluk hidup di perairan, misalnya suhu dan salinitas. Faktor meteorologi adalah keadaan iklim atau cuaca yang mempengaruhi interaksi terhadap lautan secara langsung dan akan mempengaruhi kehidupan di laut termasuk rumput laut, misalnya jumlah curah hujan yang mempengaruhi tinggi rendahnya salinitas di laut.

Berdasarkan hal tersebut di atas, maka parameter oseanografi dan meteorologi yang diamati adalah suhu permukaan, salinitas, pH dan kecepatan arus.

4.1.1 Suhu permukaan laut

Kabupaten Jeneponto terletak di bagian selatan Provinsi Sulawesi Selatan yang perairannya merupakan pertemuan dua massa air yaitu yang berasal dari Selat Makassar dan Laut Flores. Pengaruh angin muson terhadap dua perairan tersebut akan berpengaruh terhadap sebaran suhu permukaan laut di perairan tersebut, walaupun secara umum suhu permukaan di perairan laut daerah tropis relatif mempunyai variasi tahunan kecil.

Pengaruh suhu terhadap sifat fisiologi organisme perairan merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi fotosintesis disamping cahaya dan konsentrasi fosfat (Odum 1971). Perbedaan suhu terjadi karena adanya perbedaan energi matahari yang diterima oleh perairan. Suhu akan naik dengan meningkatnya energi matahari yang masuk ke dalam perairan. Hal ini dapat meningkatkan kecepatan fotosintesis sampai pada radiasi tertentu. Kecepatan fotosintesis akan konstan dan produksi maksimum tidak tergantung pada energi matahari lagi sampai pada reaksi mengenzim (Nontji 1981).

Hasil pengukuran suhu permukaan laut di daerah penelitian berkisar antara 28,8 – 29,6 °C. Soegiarto *et al.* (1978) menyatakan bahwa laju fotosintesis maksimal bagi *Eucheuma* adalah pada suhu 30 °C, sedangkan pada suhu di atas 32 °C aktivitas fotosintesis terhambat. Menurut Fritsch (1986), kisaran temperatur untuk pertumbuhan alga yang baik adalah 21 – 31,2 °C. Berdasarkan

hasil penelitian di atas, maka dapat disimpulkan bahwa kondisi suhu perairan di Kabupaten Jeneponto sesuai untuk pertumbuhan rumput laut *Eucheuma cottonii*.

4.1.2 Salinitas

Salinitas di perairan dipengaruhi oleh penguapan dan jumlah curah hujan. Salinitas tinggi terjadi jika curah hujan yang turun di suatu perairan kurang yang menyebabkan penguapan tinggi. Sebaliknya, jika curah hujan tinggi maka penguapan berkurang dan salinitas menjadi rendah. Perairan Kabupaten Jeneponto dipengaruhi oleh massa air dari Laut Flores. Birowo (1982) mengemukakan bahwa di Laut Flores, musim kering dengan hujan kurang dari 50 mm berlangsung dari Bulan Juli dan berakhir Bulan Oktober, sedangkan musim hujan terjadi mulai Bulan Desember dan berakhir Bulan Januari. Salinitas perairan selama penelitian berkisar antara 32 – 35 ppt.

Salinitas perairan berperan penting bagi organisme laut terutama dalam mengatur tekanan *osmose* yang ada dalam tubuh organisme dengan cairan lingkungannya. Mekanisme *osmoregulasi* pada alga dapat terjadi dengan menggunakan asam amino atau jenis-jenis karbohidrat (Dawes 1981). Doty (1987) menyatakan bahwa salinitas yang dikehendaki *Eucheuma alvarezii* berkisar 29 - 34 ppt, sedangkan menurut Kadi dan Atmaja (1988) salinitas yang dikehendaki oleh *Eucheuma alvarezii* berkisar antara 30 – 37 ppt. Berdasarkan hal ini, maka perairan Kabupaten Jeneponto sesuai untuk lokasi pembudidayaan rumput laut *Eucheuma cottonii*.

4.1.3 Kecepatan arus

Gerakan air selain berfungsi untuk mensuplai zat hara juga membantu memudahkan rumput laut menyerap zat hara, membersihkan kotoran yang ada, dan melangsungkan pertukaran CO₂ dan O₂ sehingga kebutuhan oksigen tidak menjadi masalah. Penyerapan zat hara dilakukan melalui seluruh bagian tanaman, selama ini ketersediaan zat hara tidak menjadi faktor penghambat pertumbuhan tanaman. Hal ini berarti zat hara yang ada di laut masih cukup, bahkan berlebihan untuk kebutuhan rumput laut karena adanya sirkulasi yang baik, *run-off* dari darat dan gerakan air (Indriani dan Sumiarsih 1991).

Arus dan ombak yang berkekuatan besar dapat menyebabkan kerusakan pada tanaman seperti patah, atau terlepas dari substratnya. Selain itu penyerapan

zat hara dapat terhambat karena belum sempat diserap telah dibawa kembali oleh arus. Arus dan ombak yang besar di perairan pantai juga menyebabkan perairan menjadi keruh sehingga mengganggu proses fotosintesis tanaman.

Kecepatan arus selama penelitian berkisar 32 – 45 cm/detik. Pergerakan air mempengaruhi bobot, bentuk thallus dan produksi bahan-bahan hidrokoloid *Eucheuma* (Doty 1987). Gerakan air (arus) yang baik untuk pertumbuhan rumput laut antara 20 – 40 cm/detik (Indriani dan Sumiarsih 1991). Kadi dan Atmadja (1988) menyatakan bahwa kecepatan arus yang baik untuk budidaya *Eucheuma* adalah 33 – 67 cm/detik. Dengan demikian maka kecepatan arus selama penelitian cukup baik untuk budidaya rumput laut *Eucheuma cottonii*.

4.1.4 pH air

Kisaran pH perairan selama penelitian adalah 7 – 8. Selama pengamatan pH perairan relatif stabil dan berada pada kisaran adaptasi bagi rumput laut. Aslan (1998) menyatakan bahwa hampir seluruh alga mempunyai kisaran daya penyesuaian terhadap pH antara 6,8 – 9,6.

Perubahan pH selama penelitian relatif kecil karena perairan mempunyai sistem penyangga terhadap perubahan ion yang drastis. Dengan demikian maka pH air selama penelitian cukup baik dengan nilai relatif stabil dan sesuai untuk budidaya rumput laut *Eucheuma cottonii*.

4.2 Bahan Baku

Rumput laut jenis *Eucheuma cottonii* yang digunakan pada penelitian ini dibudidayakan di perairan Kabupaten Jeneponto dengan tiga perlakuan umur panen, yaitu 40, 45 dan 50 hari. Umur panen rumput laut mempengaruhi produktivitas dan mutu rumput laut kering. Untuk mendapatkan rumput laut kering maka dilakukan pengeringan terhadap rumput laut basah dengan cara penjemuran selama 2-3 hari. Penjemuran dilakukan dengan pengeringan matahari seperti yang dilakukan oleh nelayan setempat, yang bertujuan mengurangi kadar air dalam rumput laut basah. Rumput laut *Eucheuma cottonii* yang dibudidayakan di Kabupaten Jeneponto dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8 Rumput laut *Eucheuma cottonii* yang dibudidayakan di Kabupaten Jeneponto Provinsi Sulawesi Selatan.

Hasil pengujian proksimat rumput laut kering dapat dilihat pada Tabel 8.

Tabel 8 Hasil analisis proksimat rumput laut kering *Eucheuma cottonii*

Umur Panen	Kadar Air (%)	Kadar Abu (%)	Kadar Protein (%)	Kadar lemak (%)	Karbohidrat/ by difference (%)
40	29,25±1,36 ^b	24,59±2,04 ^a	0,59±0,03 ^a	1,97±0,65 ^a	43,94±3,42 ^a
45	27,76±2,38 ^b	22,85±1,08 ^a	1,61±0,57 ^b	1,05±0,14 ^a	46,51±3,42 ^a
50	23,55±0,82 ^a	25,26±1,61 ^a	2,17±0,72 ^b	1,29±0,30 ^a	48,03±2,46 ^a

Keterangan: Angka-angka pada kolom yang sama diikuti huruf superscript berbeda (a,b) menunjukkan berbeda nyata ($p < 0,05$)

Berdasarkan Tabel 6 terlihat bahwa komponen rumput laut kering terbesar adalah karbohidrat kemudian air dan abu, sedangkan protein dan lemak merupakan komponen terkecil.

Kadar air pada rumput laut merupakan komponen yang penting karena berhubungan dengan mutu rumput laut. Kadar air rumput laut pada penelitian ini berkisar antara 23,55 – 29,25 %. Kadar air tertinggi diperoleh pada umur panen 40 hari dan terendah pada umur panen 50 hari. Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa umur panen berpengaruh nyata terhadap kandungan air rumput laut. Pada rumput laut dengan umur panen 50 hari, kandungan air bebasnya lebih banyak sehingga penguapan pada saat penjemuran lebih besar terjadi pada umur panen 50 hari tersebut. Penguapan ini menyebabkan kadar air pada rumput laut umur panen 50 hari menjadi lebih sedikit dibandingkan umur panen 40 dan 45 hari.

Rumput laut kering yang memiliki kadar air yang tinggi akan lebih mudah rusak jika dibandingkan dengan rumput laut berkadar air rendah. Selain itu rumput laut bersifat *higroskopis* sehingga penyimpanan di tempat yang lembab akan menyebabkan kerusakan terjadi lebih cepat. SNI 01-02690. 1992 menetapkan kadar air rumput laut kering untuk *Euclima cottonii* maksimum 35 %, sehingga kadar air yang diperoleh dari penelitian ini masih memenuhi standar mutu rumput laut kering.

Hasil analisis kadar abu berkisar antara 22,85 - 25,71 %. Kadar abu tertinggi diperoleh dari umur panen 50 hari dan terendah dari umur panen 45 hari. Pertambahan umur panen tidak memberikan pengaruh yang nyata terhadap kadar abu rumput laut. Kandungan abu menunjukkan besarnya kandungan mineral pada rumput laut yang tidak terbakar selama pengabuan. Kandungan mineral yang cukup besar diperlukan untuk keseimbangan osmosis dalam mempertahankan sistem biologinya (Bidwel 1974). Kadar abu rumput laut terutama terdiri dari garam natrium berasal dari air laut yang menempel pada thallus rumput laut. Menurut Hirao (1971), kandungan abu pada rumput laut berkisar antara 15 – 40 %.

Hasil analisis kadar protein pada penelitian ini berkisar antara 0,96 – 2,17 %. Kadar protein tertinggi diperoleh pada umur panen 50 hari dan terendah pada umur panen 40 hari. Analisis ragam menunjukkan bahwa umur panen memberikan pengaruh yang nyata terhadap kadar protein rumput laut. Hal ini disebabkan karena peningkatan protein menurut Wilson dan Reuvenny (1983), disebabkan oleh peningkatan kandungan metionin dan sistein yang disintesis dari sulfat. Kandungan sulfat meningkat karena semakin tinggi pula kandungan karbohidrat pada rumput laut tersebut. Eidman (1991) menyatakan bahwa pada periode pertumbuhan eksponensial alga lebih banyak mensintesis protein sehingga pembentukan dinding sel dan cadangan makanan lebih sedikit, pada kondisi tersebut pasokan nitrogen sedikit dan sebagian proses sintesis protein dari kegiatan fotosintesis akan diubah menjadi sintesis karbohidrat.

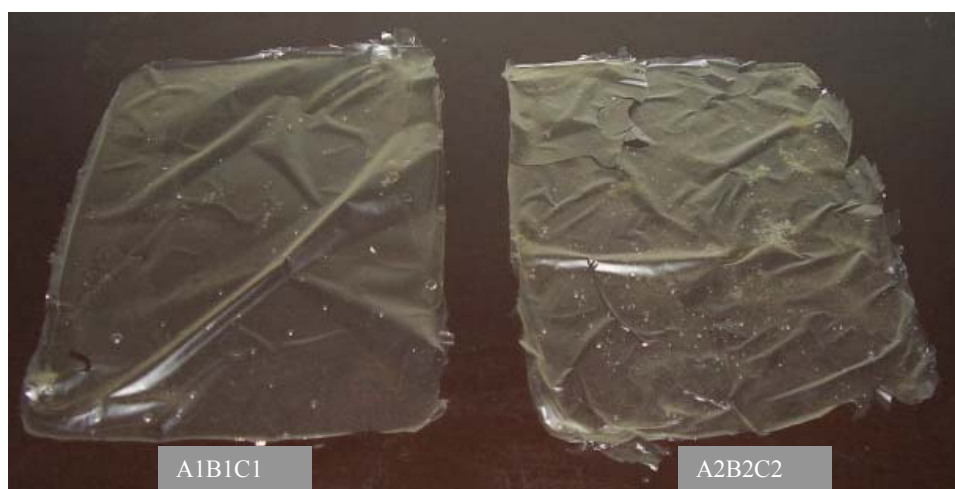
Hasil analisis kadar karbohidrat pada penelitian ini berkisar antara 43,94 – 48,03 %. Kadar karbohidrat tertinggi diperoleh dari umur panen 50 hari dan terendah pada umur panen 40 hari. Peningkatan karbohidrat disebabkan

meningkatnya "floridean starch" sebagai hasil fotosintesis. *Floridean starch* merupakan senyawa galaktosa dan gliserol yang berikatan melalui ikatan glikosidik (Bidwel 1974). Karbohidrat pada *Eucheuma cottonii* merupakan senyawa polisakarida linear terdiri dari unit D-galaktosa dan L-galaktosa 3,6 anhidrogalaktosa baik dengan sulfat atau tanpa sulfat yang berhubungan dengan α (1,3) dan β (1,4) ikatan glikosidik. Chapman dan Chapman (1980) menambahkan bahwa komposisi kimia rumput laut sangat dipengaruhi oleh musim, habitat dan jenis rumput laut.

4.3 Ekstraksi Karaginan

Karaginan merupakan getah rumput laut dari jenis *Eucheuma cottonii* yang diekstraksi dengan air atau larutan alkali panas. Rumput laut jenis *Eucheuma cottonii* yang digunakan sebagai bahan baku pembuatan karaginan berasal dari perairan Kabupaten Jeneponto dengan umur panen 40, 45 dan 50 hari. Larutan pengeksrak yang digunakan pada penelitian ini adalah KOH dengan konsentrasi 5, 7 dan 9 %, dan lama ekstraksi 2 dan 4 jam.

Penelitian pada tahap ini bertujuan menentukan kondisi terbaik dari hasil ekstraksi karaginan. Penentuan kondisi terbaik dipilih berdasarkan parameter rendemen, kekuatan gel, viskositas, kadar air dan kadar abu yang sesuai dengan standar mutu karaginan. Contoh lembaran karaginan yang dihasilkan pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 9.



Gambar 9 Contoh lembaran karaginan rumput laut *Eucheuma cottonii*.

4.3.1 Rendemen karaginan

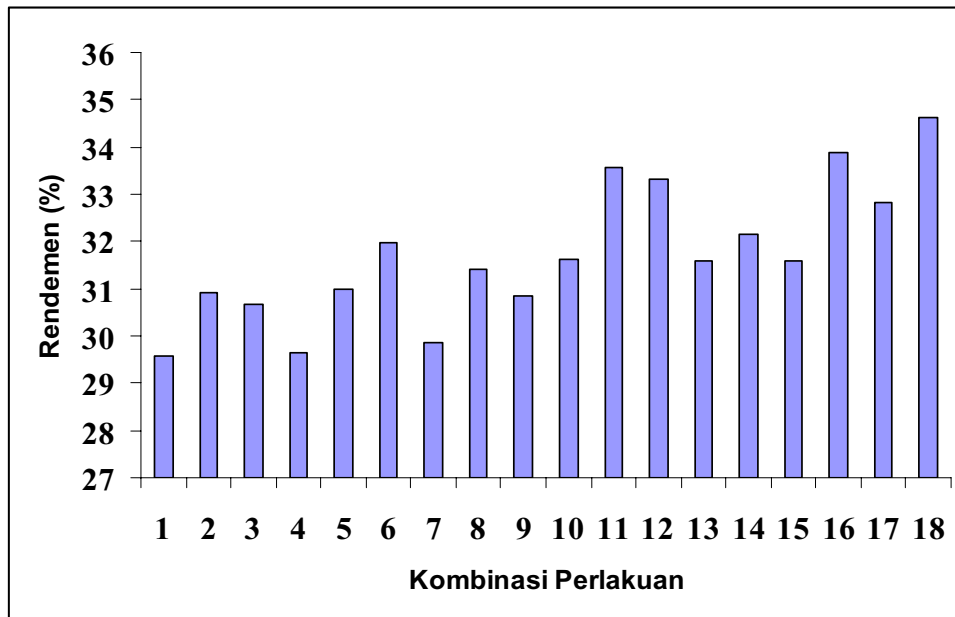
Rendemen merupakan salah satu parameter penting dalam menilai efektif tidaknya proses pembuatan tepung karaginan. Efektif dan efisiennya proses ekstraksi bahan baku untuk pembuatan tepung karaginan dapat dilihat dari nilai rendemen yang dihasilkan. Perhitungan rendemen dilakukan untuk mengetahui persentase karaginan yang dihasilkan dari rumput laut kering yang digunakan berdasarkan umur panen, konsentrasi KOH dan lama ekstraksi.

Rata-rata nilai rendemen tepung karaginan yang dihasilkan pada penelitian ini berkisar antara 29,59 – 34,63 %. Nilai rendemen tertinggi diperoleh dari perlakuan umur panen 50 hari, konsentrasi KOH 9 % dan lama ekstraksi 4 jam (A3B3C2), sedangkan nilai rendemen terendah pada perlakuan umur panen 40 hari, konsentrasi KOH 5 % dan lama ekstraksi 2 jam (A1B1C1). Rendemen yang dihasilkan pada penelitian ini masih memenuhi standar persyaratan minimum rendemen karaginan yang ditetapkan oleh Departemen Perdagangan (1989), yaitu sebesar 25 %.

Hasil analisis ragam (Lampiran 4b) menunjukkan bahwa umur panen, konsentrasi KOH dan lama ekstraksi memberikan pengaruh nyata terhadap rendemen tepung karaginan yang dihasilkan. Interaksi antar perlakuan umur panen dengan konsentrasi KOH dan interaksi antara umur panen dengan lama ekstraksi serta interaksi antara konsentrasi KOH dengan lama ekstraksi tidak berpengaruh nyata terhadap rendemen tepung karaginan yang dihasilkan.

Berdasarkan uji lanjut Duncan (Lampiran 4c) dengan menggunakan uji beda jarak berganda Duncan (BJBD), menunjukkan bahwa rata-rata umur panen 50 hari memberikan nilai rendemen tertinggi dan berbeda nyata dengan umur panen 40 dan 45 hari. Perlakuan konsentrasi KOH 9 % dan lama ekstraksi 4 jam juga memberikan pengaruh yang berbeda terhadap rendemen karaginan yang dihasilkan.

Pengaruh umur panen, konsentrasi KOH dan lama ekstraksi terhadap rendemen tepung karaginan *Eucheuma cottonii* yang dihasilkan dapat dilihat pada Gambar 10.



Keterangan:

1 = 40 hari, KOH 5 %, 2 jam	7 = 45 hari, KOH 5 %, 2 jam	13 = 50 hari, KOH 5 %, 2 jam
2 = 40 hari, KOH 5 %, 4 jam	8 = 45 hari, KOH 5 %, 4 jam	14 = 50 hari, KOH 5 %, 4 jam
3 = 40 hari, KOH 7 %, 2 jam	9 = 45 hari, KOH 7 %, 2 jam	15 = 50 hari, KOH 7 %, 2 jam
4 = 40 hari, KOH 7 %, 4 jam	10 = 45 hari, KOH 7 %, 4 jam	16 = 50 hari, KOH 7 %, 4 jam
5 = 40 hari, KOH 9 %, 2 jam	11 = 45 hari, KOH 9 %, 2 jam	17 = 50 hari, KOH 9 %, 2 jam
6 = 40 hari, KOH 9 %, 4 jam	12 = 45 hari, KOH 9 %, 4 jam	18 = 50 hari, KOH 9 %, 4 jam

Gambar 10 Pengaruh umur panen, konsentrasi KOH dan lama ekstraksi terhadap rendemen (%) karaginan rumput laut *Eucheuma cottonii*.

Pada Gambar 10 terlihat bahwa rendemen karaginan mengalami peningkatan dengan bertambahnya umur panen, konsentrasi KOH dan lama ekstraksi. Hasil rata-rata rendemen berdasarkan umur panen, menunjukkan bahwa umur panen 50 hari mengandung rendemen lebih tinggi dibandingkan umur panen 40 dan 45 hari. Hal ini disebabkan karena semakin tua umur panen maka kandungan polisakarida yang dihasilkan semakin banyak sehingga karaginnanya juga semakin tinggi

Konsentrasi KOH juga mempengaruhi rendemen yang dihasilkan. Hal ini diduga karena semakin tinggi konsentrasi KOH selama ekstraksi berlangsung, menyebabkan pHnya semakin tinggi sehingga kemampuan KOH dalam mengekstrak semakin besar. Perlakuan alkali membantu ekstraksi polisakarida menjadi sempurna, juga mempercepat terbentuknya 3,6 anhidrogalaktosa selama

proses ekstraksi berlangsung. Hal ini sesuai dengan pernyataan Glicksman (1983) yang menyatakan kappa karaginan mempunyai jenis yang sensitif terhadap ion kalium dan ion kalsium.

Rendemen karaginan juga dipengaruhi lama dan suhu ekstraksi. Semakin lama proses ekstraksi dan semakin tinggi suhu ekstraksi akan meningkatkan rendemen karaginan. Hal ini disebabkan karena semakin lama rumput laut kontak dengan panas maupun dengan larutan pengestrak, maka semakin banyak karaginan yang terlepas dari dinding sel dan menyebabkan rendemen karaginan semakin tinggi.

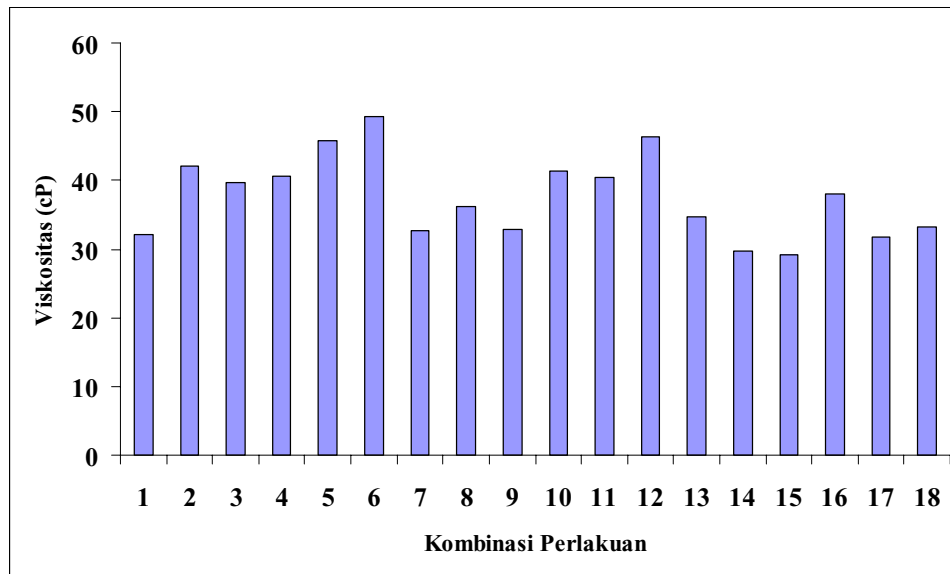
Rendemen dipengaruhi oleh jenis, iklim, metode ekstraksi, waktu pemanenan dan lokasi budidaya (Chapman dan Chapman 1980). Selain itu rendemen juga dipengaruhi oleh skala produksi, dimana skala produksi yang besar akan menghasilkan rendemen yang besar pula.

4.3.2 Viskositas karaginan

Viskositas merupakan salah satu sifat fisik karaginan yang cukup penting. Pengujian viskositas dilakukan untuk mengetahui tingkat kekentalan karaginan sebagai larutan pada konsentrasi dan suhu tertentu. Viskositas karaginan biasanya diukur pada suhu 75 °C dengan konsentrasi 1,5 % (FAO 1990).

Nilai viskositas karaginan yang dihasilkan pada penelitian ini adalah rata-rata berkisar 29,17 – 49,24 cP. Nilai viskositas tertinggi diperoleh dari perlakuan umur 40 hari, konsentrasi KOH 9 %, lama ekstraksi 4 jam (A1B3C2), sedangkan nilai viskositas terendah diperoleh dari perlakuan yaitu umur 50 hari, konsentrasi KOH 7 %, lama ekstraksi 2 jam (A3B2C1). Nilai viskositas karaginan yang diperoleh pada penelitian ini masih memenuhi standar yang ditetapkan oleh FAO minimal 15 cP.

Pengaruh perlakuan yang diterapkan terhadap viskositas karaginan yang dihasilkan disajikan pada Gambar 11.



Keterangan:

1 = 40 hari, KOH 5 %, 2 jam	7 = 45 hari, KOH 5 %, 2 jam	13 = 50 hari, KOH 5 %, 2 jam
2 = 40 hari, KOH 5 %, 4 jam	8 = 45 hari, KOH 5 %, 4 jam	14 = 50 hari, KOH 5 %, 4 jam
3 = 40 hari, KOH 7 %, 2 jam	9 = 45 hari, KOH 7 %, 2 jam	15 = 50 hari, KOH 7 %, 2 jam
4 = 40 hari, KOH 7 %, 4 jam	10 = 45 hari, KOH 7 %, 4 jam	16 = 50 hari, KOH 7 %, 4 jam
5 = 40 hari, KOH 9 %, 2 jam	11 = 45 hari, KOH 9 %, 2 jam	17 = 50 hari, KOH 9 %, 2 jam
6 = 40 hari, KOH 9 %, 4 jam	12 = 45 hari, KOH 9 %, 4 jam	18 = 50 hari, KOH 9 %, 4 jam

Gambar 11 Pengaruh Umur panen, konsentrasi ekstraksi dan lama ekstraksi terhadap viskositas (cP) karaginan rumput laut *Eucheuma cottonii*.

Hasil analisis ragam viskositas karaginan (Lampiran 5b) menunjukkan bahwa umur panen, konsentrasi KOH, lama ekstraksi memberikan pengaruh nyata terhadap viskositas karaginan yang dihasilkan. Demikian pula interaksi antara umur panen dan konsentrasi KOH dan interaksi antara perlakuan yang diterapkan. Interaksi antara umur panen dengan lama ekstraksi serta interaksi antara konsentrasi KOH dan lama ekstraksi memberikan pengaruh yang tidak nyata terhadap viskositas tepung karaginan yang dihasilkan.

Berdasarkan uji lanjut Duncan (Lampiran 5c) dengan menggunakan uji beda jarak berganda Duncan (BJBD), menunjukkan bahwa umur panen 40 hari mempunyai nilai viskositas tertinggi dan berbeda nyata dengan umur panen 45 dan 50 hari. Demikian pula perlakuan konsentrasi KOH 9 % dan lama ekstraksi 4 jam memberikan pengaruh yang berbeda terhadap viskositas yang dihasilkan.

Gambar 11 memperlihatkan bahwa secara umum nilai viskositas karaginan menurun sejalan dengan umur panen. Nilai rata-rata viskositas karaginan yang tertinggi diperoleh pada umur 40 hari dan terendah diperoleh dari umur 50 hari. Hal ini berarti bahwa viskositas dari larutan karaginan yang dihasilkan dengan umur 40 hari lebih baik dibandingkan pada umur 45 dan 50 hari atau bertambahnya umur panen dapat menurunkan viskositas larutan karaginan. Penurunan viskositas disebabkan karena penurunan kandungan sulfat.

Menurut Guiseley *et al.* (1980), viskositas pada karaginan disebabkan oleh adanya daya tolak menolak antar grup sulfat yang bermuatan negatif disepanjang rantai polimernya, sehingga menyebabkan rantai polimer kaku dan tertarik kencang. Karena sifat hidrofilik menyebabkan molekul tersebut dikelilingi oleh air yang tidak bergerak, dan hal inilah yang menyebabkan nilai viskositas karaginan meningkat.

Berdasarkan konsentrasi KOH, terlihat bahwa rata-rata nilai viskositas meningkat dengan semakin bertambahnya konsentrasi bahan pengestrak (KOH). Hal ini menunjukkan bahwa kekentalan karaginan yang dihasilkan semakin tinggi dengan bertambahnya konsentrasi KOH. Towle (1973; FAO 1990) menyatakan bahwa viskositas karaginan dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu konsentrasi karaginan, temperatur, tingkat dispersi, kandungan sulfat, dan berat molekul karaginan. Suryaningrum *et al.* (1991), melaporkan bahwa peningkatan konsistensi gel menyebabkan nilai viskositas karaginan semakin kecil.

Lama ekstraksi juga berpengaruh terhadap nilai viskositas yang dihasilkan. Hal ini diduga karena pada waktu ekstraksi yang pendek, menghasilkan larutan karaginan yang tidak terlalu kental, sehingga proses eliminasi sulfat dapat lebih sempurna. Larutan yang kental menyebabkan penutupan cincin untuk membentuk 3,6-anhidrogalaktosa, menyebabkan cincin polimer tidak berlangsung optimal sehingga nilai viskositasnya rendah. Hal lain yang juga mempengaruhi nilai viskositas adalah karena adanya ion divalent Ca^{2+} , Mg^{2+} yang terdapat pada karaginan. Ion-ion ini diduga terakumulasi oleh rumput laut dari lingkungan perairan, akumulasi ion-ion ini melalui absorpsi atau pertukaran ion yang terjadi pada dinding sel rumput yang kemudian bersenyawa dengan polisakarida dan protein (Bryan 1973 *diacu dalam* Suryaningrum 1991).

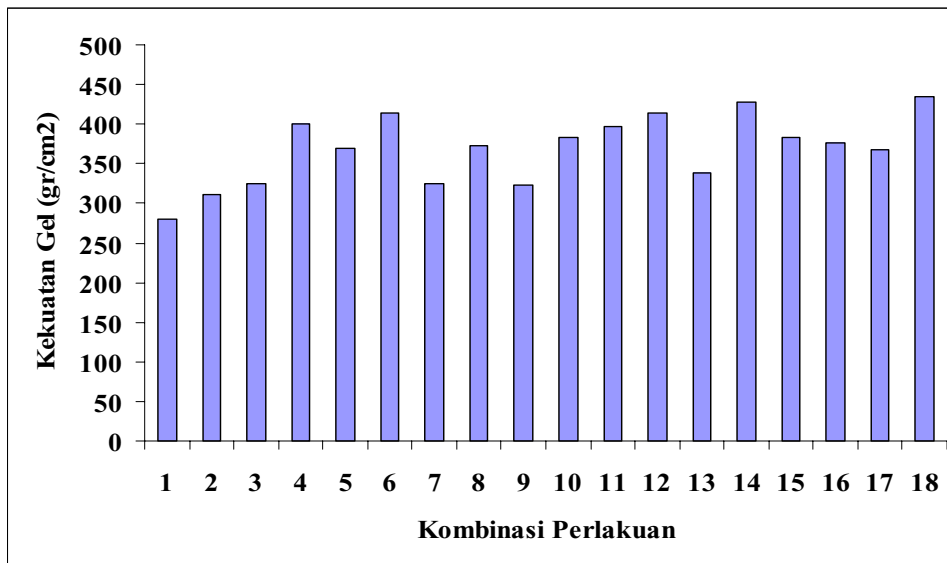
4.3.3 Kekuatan gel tepung karaginan

Kekuatan gel sangat penting untuk menentukan perlakuan yang terbaik dalam proses ekstraksi tepung karaginan. Salah satu sifat penting tepung karaginan adalah mampu mengubah cairan menjadi padatan atau mengubah bentuk sol menjadi gel yang bersifat *reversible*. Kemampuan inilah yang menyebabkan tepung karaginan sangat luas penggunaannya, baik dalam bidang pangan maupun farmasi.

Kekuatan gel tepung karaginan yang diperoleh dari hasil penelitian ini rata-rata berkisar 280,35 – 435,54 g/cm². Nilai kekuatan gel tertinggi diperoleh dari perlakuan umur panen 50 hari, konsentrasi KOH 9 %, lama ekstraksi 4 jam (A3B3C2), sedangkan nilai kekuatan gel terendah dari perlakuan umur panen 40 hari, konsentrasi KOH 5 %, lama ekstraksi 2 jam (A1B1C1).

Hasil analisis ragam kekuatan gel (Lampiran 6b) menunjukkan bahwa perlakuan umur panen, konsentrasi KOH dan lama ekstraksi memberikan pengaruh nyata terhadap kekuatan gel tepung karaginan yang dihasilkan, demikian pula interaksi antar perlakuan yang diterapkan dan interaksi antara umur panen dengan konsentrasi KOH. Namun interaksi antara umur panen dengan lama ekstraksi dan interaksi antara konsentrasi KOH dan lama ekstraksi tidak memberikan pengaruh nyata terhadap kekuatan gel tepung karaginan yang dihasilkan.

Hasil uji lanjut Duncan dengan menggunakan BJBD (Lampiran 6c) menunjukkan perlakuan umur panen 50 hari memberikan nilai kekuatan gel tertinggi dan berbeda nyata dengan umur panen 40 dan 45 hari. Demikian pula konsentrasi KOH 9 % serta lama ekstraksi 4 jam memberikan pengaruh yang berbeda terhadap kekuatan tepung gel yang dihasilkan. Pengaruh umur panen, konsentrasi KOH dan lama ekstraksi terhadap kekuatan gel karaginan rumput laut *Eucheuma cottonii* dapat dilihat pada Gambar 12.



Keterangan:

1 = 40 hari, KOH 5 %, 2 jam	7 = 45 hari, KOH 5 %, 2 jam	13 = 50 hari, KOH 5 %, 2 jam
2 = 40 hari, KOH 5 %, 4 jam	8 = 45 hari, KOH 5 %, 4 jam	14 = 50 hari, KOH 5 %, 4 jam
3 = 40 hari, KOH 7 %, 2 jam	9 = 45 hari, KOH 7 %, 2 jam	15 = 50 hari, KOH 7 %, 2 jam
4 = 40 hari, KOH 7 %, 4 jam	10 = 45 hari, KOH 7 %, 4 jam	16 = 50 hari, KOH 7 %, 4 jam
5 = 40 hari, KOH 9 %, 2 jam	11 = 45 hari, KOH 9 %, 2 jam	17 = 50 hari, KOH 9 %, 2 jam
6 = 40 hari, KOH 9 %, 4 jam	12 = 45 hari, KOH 9 %, 4 jam	18 = 50 hari, KOH 9 %, 4 jam

Gambar 12 Pengaruh umur panen, konsentrasi KOH dan lama ekstraksi terhadap kekuatan gel karaginan rumput laut *Eucheuma cottonii*.

Berdasarkan Gambar 12, terlihat bahwa secara umum pola kekuatan gel tepung karaginan yang dihasilkan dari beberapa kombinasi perlakuan yang diterapkan adalah tetap dan polanya berlawanan dengan viskositas tepung karaginan. Hal ini menunjukkan bahwa nilai viskositas berbanding terbalik dengan nilai kekuatan gel, yaitu jika viskositas tinggi maka kekuatan gel cenderung rendah, demikian pula sebaliknya jika nilai viskositas yang diperoleh rendah maka kekuatan gel akan tinggi.

Gambar 12 juga memperlihatkan bahwa semakin tua umur panen semakin tinggi kekuatan gel karaginan yang dihasilkan. Hal ini sejalan dengan pernyataan Friedlander dan Zelokovitch (1984), bahwa peningkatan kekuatan gel berbanding lurus dengan banyaknya kandungan 3,6-anhidrogalaktosa dan berbanding terbalik dengan kandungan sulfatnya. Selanjutnya menurut Moirano (1977), bahwa 3,6 anhidrogalaktosa menyebabkan sifat beraturan dalam polimer yang akan

menyebabkan meningkatnya potensi pembentukan heliks rangkapnya sehingga pembentukan gel lebih cepat dicapai.

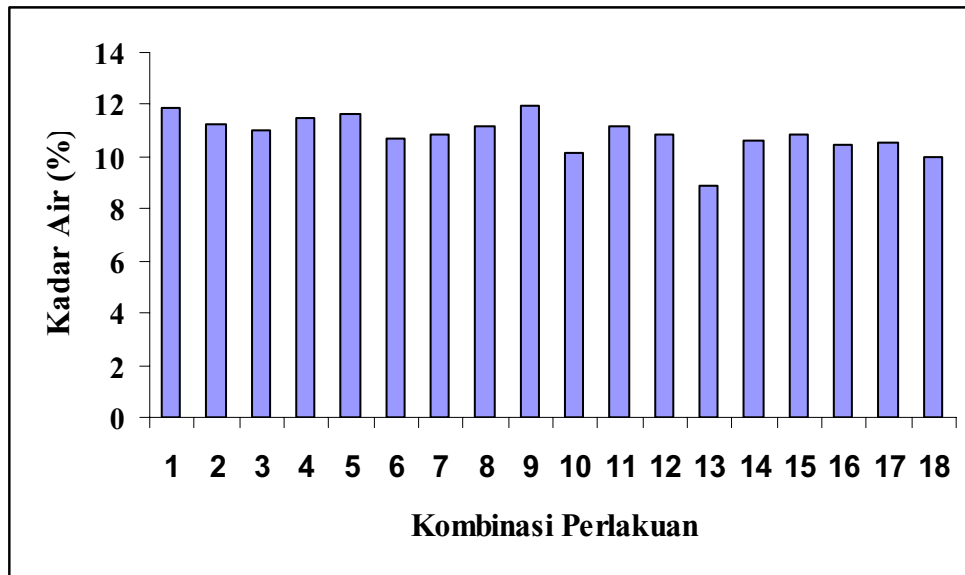
Konsentrasi KOH yang digunakan juga mempengaruhi kekuatan gel yang dihasilkan, semakin tinggi konsentrasi KOH yang digunakan akan menaikkan kekuatan gel tepung karaginan. Hal ini disebabkan karena kemampuan alkali melepaskan sulfat pada C6 dan bersamaan dengan itu terjadi pembentukan 3,6-anhidrogalaktosa dan merupakan suatu senyawa yang bertanggung jawab terhadap pembentukan gel. Adanya 3,6-anhidrogalaktosa menyebabkan sifat anhidrofilik dan meningkatkan pembentukan heliks rangkap sehingga terbentuk gel yang tinggi (Suryaningrum 1988). Waktu ekstraksi juga mempengaruhi nilai kekuatan gel. Semakin lama waktu ekstraksi, maka kekuatan gel semakin tinggi karena ikatan 3,6-anhidrogalaktosa yang terbentuk semakin banyak.

4.3.4 Kadar Air

Pengujian kadar air dimaksudkan untuk mengetahui kandungan air dalam karaginan. Kadar air karaginan sangat berpengaruh terhadap daya simpannya, karena erat kaitannya dengan aktivitas mikrobiologi yang terjadi selama karaginan tersebut disimpan. Syarief dan Halid (1993) menyatakan bahwa peranan air dalam bahan pangan merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi aktivitas metabolisme seperti aktivitas enzim, aktivitas mikroba, dan aktivitas kimiawi yaitu terjadinya ketengikan dan reaksi-reaksi non-enzimatis, sehingga menimbulkan perubahan sifat-sifat organoleptik dan nilai gizinya.

Hasil pengukuran kadar air karaginan pada penelitian ini berkisar antara 8,87 – 11,92 %. Kadar air tepung karaginan yang tertinggi diperoleh dari perlakuan umur panen 45 hari, konsentrasi KOH 7%, lama ekstraksi 2 jam (A2B2C1) sedangkan terendah dari perlakuan umur panen 50 hari, konsentrasi KOH 5 %, lama ekstraksi 2 jam (A3B1C1). Kadar air yang dihasilkan pada penelitian ini masih memenuhi kisaran standar mutu karaginan yang ditetapkan oleh FAO yaitu maksimum 12 %.

Pengaruh umur panen, konsentrasi KOH dan lama ekstraksi terhadap kadar air dapat dilihat pada Gambar 13.



Keterangan:

1 = 40 hari, KOH 5 %, 2 jam	7 = 45 hari, KOH 5 %, 2 jam	13 = 50 hari, KOH 5 %, 2 jam
2 = 40 hari, KOH 5 %, 4 jam	8 = 45 hari, KOH 5 %, 4 jam	14 = 50 hari, KOH 5 %, 4 jam
3 = 40 hari, KOH 7 %, 2 jam	9 = 45 hari, KOH 7 %, 2 jam	15 = 50 hari, KOH 7 %, 2 jam
4 = 40 hari, KOH 7 %, 4 jam	10 = 45 hari, KOH 7 %, 4 jam	16 = 50 hari, KOH 7 %, 4 jam
5 = 40 hari, KOH 9 %, 2 jam	11 = 45 hari, KOH 9 %, 2 jam	17 = 50 hari, KOH 9 %, 2 jam
6 = 40 hari, KOH 9 %, 4 jam	12 = 45 hari, KOH 9 %, 4 jam	18 = 50 hari, KOH 9 %, 4 jam

Gambar 13 Pengaruh umur panen, konsentrasi KOH dan lama ekstraksi terhadap kadar air karaginan rumput laut *Eucheuma cottonii*.

Hasil analisis ragam kadar air tepung karaginan (Lampiran 7b), menunjukkan bahwa umur panen berpengaruh nyata, tetapi konsentrasi KOH dan lama ekstraksi tidak memberikan pengaruh yang nyata terhadap kadar air tepung karaginan yang dihasilkan. Uji lanjut Duncan (Lampiran 7c) menunjukkan bahwa umur panen 40 hari memberikan nilai kadar air tertinggi dan berbeda nyata dengan 45 dan 50 hari.

Gambar 13 menunjukkan bahwa dengan pertambahan umur panen, maka kadar air tepung karaginan relatif menurun. Penurunan ini disebabkan karena polisakarida dalam karaginan akan melibatkan air pada proses ekstraksi karaginan, semakin tua umur panen jumlah air yang diserap sangat banyak. Hal ini disebabkan karena semakin tua umur panen air yang digunakan untuk proses sintesis polisakarida semakin banyak, sehingga jumlah air pada umur panen 50 hari relatif lebih sedikit dibandingkan dengan umur panen 45 dan 40 hari.

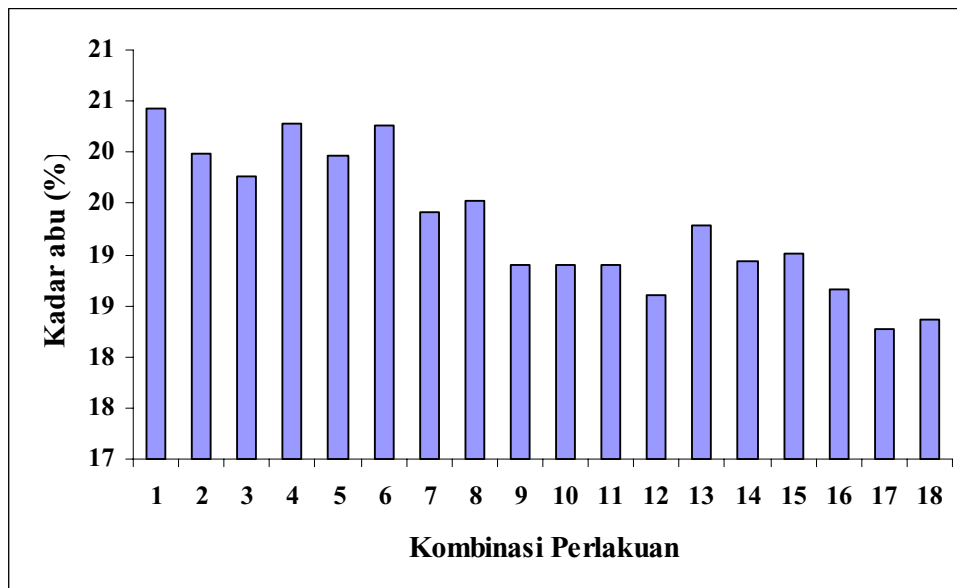
4.3.5 Kadar abu

Analisis kadar abu dilakukan untuk mengetahui secara umum kandungan mineral yang terdapat dalam karaginan. bahwa Nilai kadar abu suatu bahan pangan menunjukkan besarnya jumlah mineral yang terkandung dalam bahan pangan tersebut (Apriyantono *et al.* 1989). Sudarmadji *et al.* (1996) menyatakan bahwa mineral yang terdapat dalam suatu bahan dapat dibedakan menjadi dua macam garam yaitu garam organik dan garam anorganik. Selain kedua garam tersebut, kadang-kadang mineral berbentuk sebagai senyawa kompleks yang bersifat organik. Kadar abu berhubungan dengan mineral suatu bahan. Bahan-bahan yang menguap selama proses pembakaran berupa air dan bahan volatil lainnya akan mengalami oksidasi dengan menghasilkan CO₂. Rumput laut termasuk bahan pangan yang mengandung mineral cukup tinggi seperti Na, K, Cl, dan Mg.

Nilai kadar abu yang diperoleh dari perlakuan yang diterapkan selama penelitian rata-rata berkisar antara 18,28 – 20,42 %. Kadar abu terendah diperoleh dari perlakuan umur panen 50 hari, konsentrasi KOH 9 % lama ekstraksi 2 jam (A3B3C1), sedangkan tertinggi dari perlakuan umur panen 40 hari, konsentrasi KOH 5 %, lama ekstraksi 2 jam (A1B1C1). Hasil ini menunjukkan bahwa kadar abu yang diperoleh masih memenuhi standar mutu karaginan yang ditetapkan oleh FAO sebesar 15 – 40 % dan FCC menetapkan maksimum 35 %.

Hasil analisis ragam (Lampiran 8b), menunjukkan bahwa umur panen berpengaruh nyata terhadap kadar air tepung karaginan yang dihasilkan, sedangkan konsentrasi KOH dan lama ekstraksi tidak menunjukkan pengaruh yang nyata. Hasil analisis uji lanjut Duncan (Lampiran 8c), menunjukkan umur panen 50 hari menghasilkan kadar abu tertinggi dan berbeda nyata dengan umur panen 40 dan 45 hari.

Pengaruh umur panen, konsentrasi KOH dan lama ekstraksi terhadap kadar abu dapat dilihat pada Gambar 14.



Keterangan:

1 = 40 hari, KOH 5 %, 2 jam	7 = 45 hari, KOH 5 %, 2 jam	13 = 50 hari, KOH 5 %, 2 jam
2 = 40 hari, KOH 5 %, 4 jam	8 = 45 hari, KOH 5 %, 4 jam	14 = 50 hari, KOH 5 %, 4 jam
3 = 40 hari, KOH 7 %, 2 jam	9 = 45 hari, KOH 7 %, 2 jam	15 = 50 hari, KOH 7 %, 2 jam
4 = 40 hari, KOH 7 %, 4 jam	10 = 45 hari, KOH 7 %, 4 jam	16 = 50 hari, KOH 7 %, 4 jam
5 = 40 hari, KOH 9 %, 2 jam	11 = 45 hari, KOH 9 %, 2 jam	17 = 50 hari, KOH 9 %, 2 jam
6 = 40 hari, KOH 9 %, 4 jam	12 = 45 hari, KOH 9 %, 4 jam	18 = 50 hari, KOH 9 %, 4 jam

Gambar 14 Pengaruh umur panen, konsentrasi KOH dan lama ekstraksi terhadap kadar abu karaginan rumput laut *Eucheuma cottonii*.

Berdasarkan Gambar 14, terlihat bahwa semakin lama umur panen, maka kadar abu tepung karaginan yang dihasilkan akan menurun. Kadar abu tepung karaginan dipengaruhi oleh kandungan garam dan mineral di suatu perairan. Selama penelitian, salinitas perairan cenderung menurun dari 35 ppt menjadi 32 ppt pada akhir pengamatan (masa panen). Suryaningrum *et al.* (1991) menyatakan bahwa tingginya kadar abu tepung karaginan karena sebagian besar berasal dari garam dan mineral lainnya yang menempel pada rumput laut, seperti K, Mg, Ca, Na dan ammonium galaktosa serta kandungan 3,6-anhidrogalaktosa.

4.4 Karakteristik Karaginan Terbaik dengan Karaginan Komersial

Berdasarkan hasil penelitian sebelumnya, diperoleh kombinasi perlakuan yang terbaik untuk ekstraksi karaginan. Hasil terbaik dari penelitian ini diperoleh berdasarkan nilai kekuatan gel yang tertinggi dan didukung oleh nilai viskositas,

rendemen, kadar air dan kadar abu yang memenuhi standar mutu karaginan FAO, FCC, EEC maupun EU. Dari penelitian tahap pertama diperoleh perlakuan umur panen 50 hari, konsentrasi KOH 9 % dan lama ekstraksi 4 jam (A3B3C3) merupakan perlakuan yang terbaik dengan nilai kekuatan gel sebesar 435,54 g/cm², viskositas 33,28 cP, rendemen 34,63 %, kadar abu 17,02 % dan kadar air sebesar 9,98 %.

4.4.1 Sifat kimia karaginan

Sifat kimia karaginan *Eucheuma cottonii* dan komersial yang dianalisis adalah kadar air, kadar abu, kadar abu tidak larut asam dan kadar sulfat. Hasil analisis sifat kimia tepung karaginan pada penelitian tahap kedua dapat dilihat pada Tabel 9.

Tabel 9 Sifat kimia tepung karaginan *Eucheuma cottonii* dan karaginan komersial

Parameter	Karaginan <i>Eucheuma cottonii</i>	Karaginan Komersial	Karaginan Standar
Kadar Air (%)	11,78 ± 0,03 ^a	14,34 ± 0,25 ^b	FAO maks 12
Kadar Abu (%)	16,26 ± 0,09 ^a	18,60 ± 0,22 ^b	FAO 15 – 40
Kadar Abu tidak Larut Asam (%)	1,72 ± 0,13 ^a	0,66 ± 0,12 ^a	FAO maks 1
Kadar Sulfat (%)	19,52 ± 0,03 ^b	15,64 ± 0,16 ^a	FAO 15 – 40

Keterangan: Angka-angka pada baris yang sama diikuti huruf superscript berbeda (a,b) menunjukkan berbeda nyata ($p < 0,05$)

4.4.1.1 Kadar Air

Kadar air menyatakan jumlah air serta bahan-bahan volatil yang terkandung dalam karaginan. Kadar air suatu produk biasanya ditentukan oleh kondisi pengeringan, pengemasan dan cara penyimpanan. Kondisi penyimpanan dan pengeringan yang kurang baik menyebabkan tingginya kandungan air pada produk sehingga bahan lebih cepat mengalami kerusakan. Demikian pula kondisi pengemasan yang kurang rapat akan meningkatkan kandungan air pada produk sehingga mutu produk yang dihasilkan menjadi menurun.

Hasil pengukuran kadar air (Tabel 8), diperoleh nilai untuk karaginan komersial sebesar 14,34 % dan berbeda nyata dengan karaginan *Eucheuma cottonii* sebesar 11,98 %. Tingginya kadar air karaginan komersial diduga karena

bahan baku yang akan diolah disimpan relatif lebih lama dibandingkan dengan karaginan *Eucheuma cottonii*. Selain itu, karaginan bersifat hidrofilik sehingga pada kondisi penyimpanan yang lembab dan pengemasan yang kurang baik dapat menyerap air.

Kadar air yang dihasilkan karaginan *Eucheuma cottonii* masih memenuhi standar spesifikasi mutu kadar air karaginan yang ditetapkan oleh FAO dan FCC, yaitu maksimum 12 %.

4.4.1.2 Kadar abu

Proses pembakaran pada pengukuran kadar abu menyebabkan zat-zat organik pada bahan akan terbakar dan menyisakan abu. Abu yang tersisa merupakan zat-zat anorganik, yang berupa mineral. Alga laut merupakan bahan industri yang kaya akan mineral, seperti Na, K, Ca dan Mg.

Kadar abu karaginan komersial (Tabel 8) sebesar 18,60 % dan berbeda nyata dengan karaginan *Eucheuma cottonii* sebesar 16,26 %. Hal ini diduga karena pengaruh kondisi bahan baku, umur panen dan metode ekstraksi, yaitu pada proses pemisahan karaginan, dilakukan dengan menambahkan larutan mineral (KCl). Hal ini sesuai pendapat Winarno (1997), bahwa ion kalium merupakan unsur mineral yang tidak terbakar (abu).

Kadar abu tepung karaginan yang dihasilkan dari *Eucheuma cottonii* dan komersial berkisar antara 16,26 – 18,60 %, dan masih memenuhi standar spesifikasi mutu kadar abu karaginan yang ditetapkan oleh FAO sebesar 15 – 40 %, sedangkan FCC menetapkan maksimum 35 %.

4.4.1.3 Kadar abu tidak larut asam

Abu tidak larut asam adalah garam-garam klorida yang tidak larut asam yang sebagian adalah garam-garam logam berat dan silika. Kadar abu tidak larut asam tinggi menunjukkan adanya kontaminasi residu mineral atau logam yang tidak dapat larut dalam asam pada suatu produk, seperti silika (Si) yang ditemukan di alam sebagai kuarsa, batu dan pasir.

Kadar abu tidak larut asam tertinggi diperoleh dari karaginan *Eucheuma cottonii* sebesar 1,72 % dan terendah dari karaginan komersial sebesar 0,66 %. Tabel 8, menunjukkan bahwa karaginan *Eucheuma cottonii* tidak berbeda nyata dengan karaginan komersial. Tingginya kadar abu tidak larut asam pada tepung

karaginan *Eucheuma cottonii* diduga karena mineral atau logam tidak larut asam yang terdapat dalam larutan karaginan tidak dapat tereduksi secara optimal pada saat pengolahan. Selain itu, penjemuran bahan baku dan teknik penyaringan yang kurang sempurna, sehingga memungkinkan adanya “*filter aid*” yang lolos ke dalam filtrat yang akan teranalisis sebagai kadar abu tidak larut asam.

Kadar abu tidak larut asam yang diperoleh dalam penelitian ini masih memenuhi standar yang ditetapkan EEC sebesar maksimum 2 %, sedangkan FAO dan FCC menetapkan maksimum 1 %.

4.4.1.4 Kadar sulfat

Kadar sulfat merupakan parameter yang digunakan untuk berbagai jenis polisakarida yang terdapat dalam alga merah (Winarno 1996). Hasil ekstraksi rumput laut biasa dibedakan berdasarkan kandungan sulfatnya. Agar-agar mengandung sulfat tidak lebih dari 3 - 4 % dan karaginan minimal 18 % (Moirano 1977).

Nilai kadar sulfat (Tabel 8) karaginan *Eucheuma cottonii* sebesar 19,52 %, dan berbeda nyata dengan karaginan komersial sebesar 15,64 %. Tingginya kandungan sulfat pada karaginan *Eucheuma cottonii* disebabkan karena nilai viskositas *Eucheuma cottonii* lebih tinggi dibandingkan dengan karaginan komersial. Menurut Guiseley *et al.* (1980), Kandungan sulfat yang tinggi menyebabkan lebih banyak gaya tolak menolak antar gugus sulfat yang bermuatan negatif, sehingga rantai polimer kaku dan tertarik kencang, sehingga akan peningkatan viskositas. Hal lain yang dapat mempengaruhi tingginya kandungan sulfat pada karaginan *Eucheuma cottonii* adalah bahan baku, umur panen dan metode ekstraksi.

Kadar sulfat yang dihasilkan dari karaginan *Eucheuma cottonii* dan komersial masih memenuhi standar spesifikasi mutu kadar sulfat karaginan yang ditetapkan oleh EEC dan FAO yaitu berkisar antara 15 – 40 %, sedangkan FCC menetapkan 18 – 40 %.

4.4.2 Sifat fisik karaginan

Hasil ekstraksi karaginan dari perlakuan ini kemudian dibandingkan dengan karaginan komersial berdasarkan indikator mutu karaginan. Indikator mutu karaginan berdasarkan sifat fisik yang dianalisis adalah kekuatan gel,

viskositas, derajat putih, titik leleh dan titik gel. Hasil analisis sifat fisik tepung karaginan dapat dilihat pada Tabel 10.

Tabel 10 Sifat fisik tepung karaginan *Eucheuma cottonii* dan karaginan komersial

Parameter	Karaginan <i>Eucheuma cottonii</i>	Karaginan Komersial	Karaginan Standar
Kekuatan gel (g/cm ²)	464,50 ± 10,61 ^b	685,50 ± 13,43 ^a	-
Viskositas (cP)	54,67 ± 1,72 ^a	35,71 ± 0,61 ^b	FAO min 15
Derajat putih (%)	62,40 ± 2,89 ^a	65,14 ± 3,22 ^a	-
Titik leleh (°C)	49,29 ± 1,33 ^a	50,21 ± 1,05 ^a	-
Titik gel (°C)	33,06 ± 1,70 ^a	34,10 ± 1,86 ^a	-

Keterangan: Angka-angka pada baris yang sama diikuti huruf superscript berbeda (a,b) menunjukkan berbeda nyata (p<0,05)

4.4.2.1 Kekuatan gel

Kekuatan gel merupakan sifat fisik karaginan yang utama, karena kekuatan gel menunjukkan kemampuan karaginan dalam pembentukan gel. Glicksman (1969) menyatakan bahwa salah satu sifat fisik yang penting pada karaginan adalah kekuatan untuk membentuk gel yang disebut sebagai kekuatan gel.

Hasil pengukuran kekuatan gel (Tabel 7), dari karaginan komersial sebesar 685,50 g/cm² dan berbeda nyata dengan karaginan hasil penelitian *Eucheuma cottonii* sebesar 464,50 g/cm². Kekuatan gel dari karaginan sangat dipengaruhi oleh konsentrasi KOH, pH, suhu dan waktu ekstraksi (Winarno 1996).

Tingginya kekuatan gel pada karaginan komersial disebabkan kandungan sulfatnya lebih rendah dibandingkan karaginan *Eucheuma cottonii*. (Suryaningrum 1988) menyatakan bahwa peningkatan kekuatan gel berbanding lurus dengan 3,6 anhidrogalaktosa dan berbanding terbalik dengan kandungan sulfatnya. Semakin kecil kandungan sulfatnya semakin kecil pula viskositasnya tetapi konsistensi gelnya semakin meningkat. Hal lain yang menyebabkan tingginya kekuatan gel pada karaginan komersial diduga karena kondisi bahan baku, umur panen, metode ekstraksi dan bahan pengekstrak.

Berdasarkan nilai kekuatan gel karaginan yang mencapai 464,50 - 685,50 g/cm², menunjukkan bahwa karaginan dapat digunakan secara luas terutama untuk

produk-produk yang membutuhkan gel yang kuat seperti produk gummy, jelly, *soft* kapsul dan *hard* kapsul.

4.4.2.2 Viskositas

Viskositas merupakan faktor kualitas yang penting untuk zat cair dan semi cair (kental) atau produk murni, dimana hal ini merupakan ukuran dan kontrol untuk mengetahui kualitas dari produk akhir (Joslyn 1970). Viskositas karaginan berpengaruh terhadap sifat gel terutama titik pembentukan gel dan titik leleh, dimana viskositas karaginan yang tinggi menghasilkan laju pelelehan dan pembentukan gel yang lebih tinggi dibanding karaginan yang viskositasnya rendah.

Nilai viskositas (Tabel 7), dari karaginan *Eucheuma cottonii* sebesar 54,67 cP dan berbeda nyata dengan karaginan komersial sebesar 35,71 cP. Hal ini disebabkan karena kandungan sulfat pada karaginan *Eucheuma cottonii* lebih banyak dibandingkan dengan karaginan komersial. (Moirano 1977) mengemukakan bahwa viskositas larutan karaginan terutama disebabkan oleh sifat karaginan sebagai polielektrolit. Gaya tolakan (*repulsion*) antara muatan-muatan negatif di sepanjang rantai polimer yaitu ester sulfat, mengakibatkan rantai melokul air yang terimobilisasi.

Nilai viskositas yang dihasilkan pada penelitian masih memenuhi standar spesifikasi mutu viskositas karaginan yang ditetapkan oleh FAO minimal 5 cP.

4.4.2.3 Derajat putih

Derajat putih merupakan gambaran secara umum dari warna suatu bahan pada umumnya. Derajat putih karaginan diharapkan mendekati 100 % karena karaginan yang bermutu tinggi biasanya tidak berwarna, sehingga aplikasinya lebih luas.

Hasil pengukuran derajat putih dari karaginan komersial sebesar 65,14 %, sedangkan karaginan *Eucheuma cottonii* sebesar 62,40 %. Tabel 7, menunjukkan derajat putih antara karaginan komersial tidak berbeda nyata dengan karaginan *Eucheuma cottonii*. Hal ini disebabkan karena perbedaan rata-rata nilai derajat putih yang dihasilkan karaginan *Eucheuma cottonii* relatif sama dengan karaginan komersial.

Tingginya nilai derajat putih pada tepung karaginan komersial disebabkan karena bahan baku yang digunakan, penyaringan dan teknik penjendalan. Hal lain yang mempengaruhi nilai derajat putih yaitu konsentrasi bahan pengestrak karena selama proses berlangsung, suasana basa dari bahan pengestrak dapat mengoksidasi pigmen menjadi senyawa lain yang tidak berwarna sehingga produk yang dihasilkan berwarna lebih putih. Secara kimia proses pemutihan adalah oksidasi atau reduksi ikatan rangkap pada senyawa pembentuk warna. Proses penyaringan pada pengolahan tepung karaginan bertujuan memisahkan serat kasar dengan filtrat dari rumput laut, terpisahnya serat kasar berwarna coklat semakin cerah warna filtrat yang dihasilkan.

Hal lain yang mempengaruhi derajat putih adalah teknik pengeringan karaginan. Diduga bahwa dengan menggunakan pengering oven vakum, derajat putih yang dihasilkan lebih tinggi jika dibandingkan menggunakan pengering *drum dryer*.

4.4.2.4 Titik gel dan titik leleh

Titik gel adalah suhu dimana larutan karaginan dalam konsentrasi tertentu mulai membentuk gel, sedangkan titik leleh merupakan kebalikan dari titik gel yaitu suhu larutan karaginan ini mencair dengan konsentrasi tertentu. Karaginan dapat membentuk gel secara *reversible*, artinya membentuk gel pada saat pendinginan dan mencair kembali jika dipanaskan.

Hasil pengukuran titik gel tertinggi pada penelitian diperoleh dari karaginan komersial sebesar 33,06 °C, sedangkan terendah sebesar 34,10 °C dari karaginan *Eucheuma cottonii*. Nilai titik leleh tertinggi diperoleh dari karaginan komersial sebesar 50,21 °C, sedangkan terendah sebesar 49,29 °C dari karaginan *Eucheuma cottonii*. Berdasarkan Tabel 7, terlihat bahwa titik gel dan titik leleh karaginan *Eucheuma cottonii* tidak berbeda nyata dengan komersial. Hal ini diduga karena semakin tinggi suhu titik gelnya, semakin tinggi pula suhu titik lelehnya. Suhu titik leleh untuk karaginan komersial pada penelitian ini berkisar 15,53 – 15,96 °C, sedangkan titik leleh untuk karaginan *Eucheuma cottonii* berkisar 16,49 – 16,68 °C di atas suhu titik gelnya. Moirano (1977 *diacu dalam* Suryaningrum *et al* 1991) menyatakan bahwa suhu titik gel kappa karaginan 10 - 15 °C di atas suhu titik gelnya.

Suhu titik gel dan titik leleh karaginan *Eucheuma cottonii* pada penelitian ini lebih rendah dibandingkan dengan karaginan komersial. Hal ini disebabkan karena kandungan sulfat pada karaginan komersial lebih rendah dibandingkan karaginan *Eucheuma cottonii*. Friedlander dan Zelokovitch (1984) menyatakan bahwa suhu titik gel dan titik leleh berbanding lurus dengan kandungan 3,6-anhidrogalaktosa dan berbanding terbalik dengan kandungan sulfatnya. Selanjutnya Reen (1986) menyatakan bahwa adanya sulfat cenderung menyebabkan polimer terdapat dalam bentuk sol, sehingga suhu titik gel sulit terbentuk.

4.5 Logam Berat

Logam berat merupakan jenis logam seperti merkuri, krom, cadmium, arsen, dan timbal dengan berat molekul yang tinggi. Analisis logam berat bagi produk seperti karaginan rumput laut *Eucheuma cottonii* sangat penting, antara lain untuk menentukan apakah karaginan tersebut aman digunakan atau dikonsumsi untuk produk farmasi (obat-obatan) dan produk pangan. Kandungan logam berat karaginan *Eucheuma cottonii* dan karaginan komersial dapat dilihat pada Tabel 11.

Tabel 11 Kandungan logam berat pada karaginan *Eucheuma cottonii*

Jenis Logam	Karaginan <i>Eucheuma cottonii</i>
Timbal, Pb (ppm)	ttd
Tembaga, Cu (ppm)	0,003
Seng, Zn (ppm)	15,24

Keterangan: ttd = tidak terdeteksi

Tepung karaginan yang dihasilkan tidak mengandung Pb, tetapi mengandung Zn dan Cu masing-masing sebesar 15,24 ppm dan 0,003 ppm. Adanya kandungan Zn pada tepung karaginan disebabkan oleh akumulasi Zn oleh rumput laut melalui absorpsi atau proses pertukaran ion. Zn merupakan unsur atau mineral yang dibutuhkan oleh rumput laut. Proses ini terjadi melalui dinding sel rumput laut, yang kemudian bersenyawa dengan protein dan polisakarida.

Tepung karaginan *Eucheuma cottonii* pada penelitian ini mengandung Cu dalam jumlah yang relatif kecil. Adanya kandungan Cu menunjukkan adanya

pencemaran di perairan, karena rumput laut mampu menyerap logam berat dari perairan melalui proses absorpsi. Tepung karaginan pada penelitian ini mengandung Zn dan Pb, tetapi dalam jumlah yang relatif sedikit dan memenuhi standar yang ditetapkan oleh EEC untuk Zn sebesar 50 ppm dan Cu sebesar 25 ppm.