

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Rumput laut merupakan salah satu sumberdaya hayati laut Indonesia yang mempunyai potensi cukup baik untuk kebutuhan dalam negeri maupun ekspor. Rumput laut merupakan *makro algae* yang termasuk dalam divisi *Thallophyta*, yaitu tumbuhan yang mempunyai struktur kerangka tubuh yang terdiri dari batang (*thalus*) dan tidak memiliki daun serta akar (Marlena, 2013). Salah satu jenis rumput laut yang banyak dimanfaatkan di Indonesia adalah jenis *Eucheuma cottonii*.

Eucheuma cottonii merupakan rumput laut kelompok *Rhodopyceae* yang diketahui sebagai penghasil karaginan. Karaginan yang dihasilkan adalah jenis kappa karaginan (Djaeni *et al.*, 2013). Karaginan terdiri dari polisakarida yang linier dan merupakan molekul besar yang terdiri atas 1000 lebih residu galaktosa (Distantina *et al.*, 2010). Produksi karaginan dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain metode ekstraksi, jenis pelarut, lokasi tanam, umur panen dan pascapanen.

Pascapanen merupakan kegiatan penanganan yang dilakukan setelah rumput laut dipanen. Pascapanen yang dilakukan meliputi teknik pemurutan bahan baku sampai pada penyimpanan. Pascapanen *E. cottonii* yang dilakukan masih sederhana yaitu hanya dibersihkan dari kerang dan kotoran yang menempel, dicuci dan dijemur (Wulandari *et al.*, 2003). Winarno (1996) mengatakan rumput laut hasil pemanenan dibersihkan dari pasir dan batu karang dan disortasi dari rumput lain sehingga terjamin kemurniannya, selanjutnya dijemur selama 2-3 hari. Salah satu tahapan pascapanen yang berpengaruh pada kualitas karaginan adalah kondisi bahan baku.

Kondisi bahan baku merupakan keadaan dimana bahan baku *E. cottonii* mengalami perlakuan setelah pemanenan. Kondisi bahan baku yang banyak dijumpai adalah dalam kondisi patah dan sedikit yang dalam kondisi utuh. Patah merupakan kondisi dimana rumput laut kehilangan baginannya. Ada yang hilang batang, thallus dan cabangnya. Kondisi ini disebabkan oleh proses pemisahan rumput laut dari tali pengikatnya dengan cara pemurutan. Cara pemurutan yang diterapkan oleh petani rumput laut adalah dengan menggunakan alat pemurut yaitu berupa alat yang terdapat lubang di bagian tengah yang berfungsi untuk memasukkan tali utama pengikat rumput laut dan ditarik dengan kuat sehingga rumput laut terlepas dalam keadaan patah. Kondisi patah memungkinkan keluarnya getah rumput laut saat pengeringan yang dapat mempengaruhi kualitas karaginan. Kondisi utuh adalah keadaan dimana rumput laut memiliki bagian yang lengkap baik batang, cabang dan thallus. Oviantari dan Parwata (2007) melaporkan adanya getah berwarna coklat kemerahan saat pengeringan rumput laut yang diletakkan di dalam plastik transparan yang menyebabkan rumput laut kehilangan komponennya. Fahrul (2006) mengatakan teknik pemanenan yang baik adalah pada pagi hari agar rumput laut sempat dijemur terlebih dahulu sebelum disimpan. Namun belum banyak yang melaporkan pengaruh perbedaan kondisi bahan baku *E. cottonii* umur 45 hari terhadap kualitas karaginan.

Karaginan merupakan senyawa hidrokoloid yang terdiri atas ester kalium, natrium, magnesium dan kalium sulfat dengan galaktosa 3,6 anhidrogallaktosa kopolimer. Karaginan terdapat dalam dinding sel rumput laut dan merupakan bagian penyusun yang besar pada rumput laut dibandingkan dengan komponen yang lain. Karaginan adalah getah rumput laut yang dihasilkan dari proses ekstraksi rumput laut yang sebelumnya dilakukan proses alkali pada temperatur yang tinggi (Prasetyowati *et al.*, 2008). Selain itu karaginan juga termasuk dalam

jenis film polisakarida. Jenis film polisakarida seperti karaginan memiliki kelebihan dalam stabilitas struktural dan kemampuan untuk memperlambat perpindahan oksigen sehingga dapat terhindar dari terjadinya oksidasi (Embuscado dan Huber, 2009).

Penelitian ini bertujuan untuk menjawab permasalahan apakah pada umur panen 45 hari dengan perbedaan kondisi bahan baku *E. cottonii* dapat mempengaruhi kualitas karaginan yang dihasilkan sehingga dapat diketahui kondisi optimal dari berbagai perlakuan (variasi) tersebut. Hasil penelitian ini dapat dimanfaatkan oleh masyarakat petani rumput laut sebagai usaha pengembangan teknologi pascapanen rumput laut untuk menghasilkan bahan baku karaginan yang berkualitas, bernilai ekonomi tinggi serta disukai oleh produsen pengolah rumput laut.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dalam penelitian ini adalah apakah perbedaan kondisi bahan baku *E. cottonii* umur 45 hari dapat mempengaruhi kualitas karaginan ?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh perbedaan kondisi bahan baku *E. cottonii* pada umur panen 45 hari terhadap kualitas karaginan.

1.4 Hipotesis

Hipotesis yang mendasari penelitian ini adalah:

H_0 : diduga perbedaan kondisi bahan baku *E. cottonii* pada umur panen 45 hari tidak berpengaruh terhadap kualitas karaginan

H₁ : diduga perbedaan kondisi bahan baku *E. cottonii* pada umur panen 45 hari berpengaruh terhadap kualitas karaginan

1.5 Kegunaan Penelitian

Kegunaan dari penelitian ini adalah untuk memberikan informasi kepada masyarakat petani rumput laut guna meningkatkan kualitas karaginan *E. cottonii* sebagai salah satu komoditi perikanan, meningkatkan nilai ekonomi dan disukai produsen rumput laut serta dapat digunakan sebagai acuan penelitian lebih lanjut mengenai karakteristik karaginan *E. cottonii*.

1.6 Waktu dan Tempat

Penelitian ini akan dilaksanakan pada bulan Januari – Maret 2015 di Laboratorium Perekayasa Hasil Perikanan dan Laboratorium Pengolahan hasil Perikanan dan Makanan Ikan Universitas Brawijaya Malang. Pengujian spektrofotometer FT-IR di Laboratorium Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Jurusan Kimia Universitas Negeri Malang. Pengujian viskositas di Laboratorium Fisika Kimia Fakultas Peternakan Universitas Brawijaya Malang dan Pengujian kekuatan gel serta derajat keputihan di Laboratorium Pengujian Mutu dan Keamanan Pangan Jurusan Teknologi Hasil Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Barawijaya Malang.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Deskripsi *Eucheuma cottonii*

Indonesia penghasil hidrokoloid jenis *Eucheuma* sp terbesar no 2 setelah Filipina. *Eucheuma* sp mempunyai 2 jenis, yaitu *Eucheuma cottonii* dan *Eucheuma spinosum*. *Eucheuma cottonii* dapat diekstrak untuk menghasilkan karaginan, dengan perlakuan alkali dan metoda proses yang berbeda. *E. cottonii* akan menghasilkan tipe kappa-karaginan, dengan sifat gel yang keras dan kokoh. Salah satu metoda proses yang umum digunakan untuk mengekstrak adalah metoda pemanasan dengan alkali (Setijawati *et al.*, 2011). Berdasarkan klasifikasi taksonomi (Anggadiredja *et al.*, 2009), *E. cottonii* digolongkan ke dalam :

Kingdom	: <i>Plantae</i>
Divisio	: <i>Rhodophyta</i>
Kelas	: <i>Rhodophyceae</i>
Bangsa	: <i>Gigartinales</i>
Suku	: <i>Solierisceae</i>
Marga	: <i>Eucheuma</i>
Jenis	: <i>Eucheuma cottonii</i>

E. cottonii merupakan jenis rumput laut merah yang tumbuh melekat pada substrat. Hal ini disebabkan *E. cottonii* memiliki alat perekat berupa cakram (Chaidir, 2006). Umumnya rumput laut golongan *Eucheuma* sp dibudidayakan dengan cara mengikatkan batangnya pada tali yang dibentangkan dengan cara diikatkan pada dua pancang yang berjarak 100 m dari pantai dengan penetrasi cahaya matahari yang tinggi.

E. cottonii termasuk dalam kelompok *Rhodophyceae*. Ciri fisik *E. cottonii* adalah mempunyai thallus silindris, permukaan licin, cartilagenous. Keadaan warna tidak selalu tetap, kadang-kadang berwarna hijau, hijau kuning, dan merah (Aslan, 1991). Perubahan warna sering terjadi hanya karena faktor lingkungan. Kejadian ini merupakan suatu proses adaptasi kromatik yaitu penyesuaian antara

proporsi pigmen dengan berbagai kualitas pencahayaan. Morfologi *E. cottonii* dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. *E. cottonii*

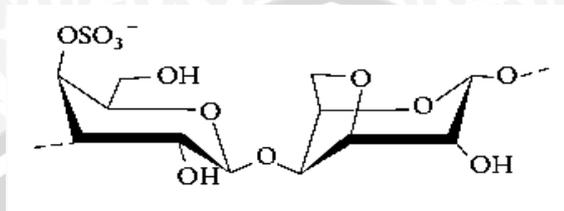
Gambar 1 menunjukkan morfologi *E. cottonii* yang memiliki ciri bentuk thallus silindris dengan percabangan mulai dari yang sederhana sampai pada yang bercabang-cabang, di atas percabangan umumnya bentuk thallus semakin mengecil. Substansi thallus menyerupai gel atau lunak seperti tulang rawan.

2.2 Karaginan

Beberapa spesies rumput laut dari jenis *Euchemma sp.* yang dapat dimanfaatkan adalah *Euchemma cottonii* dan *Euchemma spinosum*. Jenis ini mempunyai nilai ekonomis penting karena sebagai penghasil karaginan. Dalam dunia industri dan perdagangan, karaginan dapat digunakan sebagai bahan baku untuk industri makanan, farmasi, kosmetik, bioteknologi dan non pangan. Hudha *et al.*, (2012) mengatakan bahwa karaginan dapat digunakan sebagai stabilisator, pengental, pembentuk gel, pengemulsi, pengikat dan pencegah kristalisasi dalam industri makanan ataupun minuman dan lain-lain.

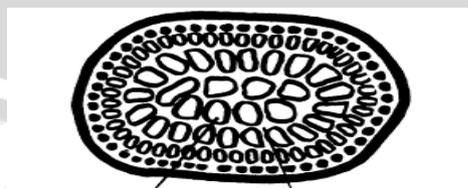
Karaginan adalah galaktan tersulfatasi linear hidrofilik. Polimer ini merupakan pengulangan unit disakarida. Galaktan tersulfatasi ini diklasifikasi menurut adanya unit 3,6-anhydro galactose (DA) dan posisi gugus sulfat (Distantina *et al.*, 2010). Karaginan yang dihasilkan dari kelompok *E. cottonii*

adalah jenis kappa karaginan. Kappa karaginan memiliki ciri pada R₁ terikat gugus sulfat (SO₃⁻) sedangkan pada R₂ dan R₃ mengikat atom H. Struktur kappa karaginan dapat dilihat pada gambar 2.



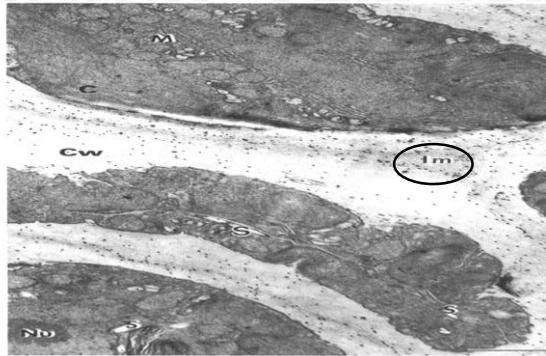
Gambar 2. Struktur kappa karaginan.

Kappa karaginan tersusun dari unit D-galaktosa-4-sulfat dengan ikatan α -1,3 dan unit 3,6-anhidro-D-galaktosa dengan ikatan 1,4. Disamping itu karaginan sering mengandung D-galaktosa-6-sulfat ester dan 3,6-anhidro-D-galaktosa-2-sulfat ester. Kappa karaginan terbentuk sebagai hasil aktivitas enzim dekinkase yang mengkatalis μ (mu)-karaginan menjadi kappa karaginan dengan cara menghilangkan atom C₆ pada ikatan 1,4 galaktosa-6-sulfat (Glicksman 1983). Widyastuti (2010) menyebutkan karaginan merupakan getah rumput laut yang diekstrak dengan air atau larutan alkali dari spesies tertentu dari kelas *Rhodophyceae* (alga merah). Karaginan pada rumput laut jenis *E. cottonii* terletak di ruang antar sel (Imeson, 1992) tepatnya dalam matrik interseluler (Gretz *et al.*, 1997). Penampang melintang sel alga merah dapat dilihat pada Gambar 3 dan bagian sel *E. cottonii* dapat dilihat pada Gambar 4.



Selulosa Karaginan mengisi ruang antar sel

Gambar 3. Penampang melintang sel alga merah



Gambar 4. Bagian sel *E. cottonii*

Gambar 4 menunjukkan bagian-bagian sel *E. cottonii* yang diamati menggunakan electron micrograph dengan skala 1µm. Bagian tersebut diamati untuk mengetahui letak karaginan dengan sistem pewarnaan yang mana akan menghasilkan warna yang menggambarkan letak dari dinding sel (cw), intisel (Nu), matrik interseluler (Im), pati (S), mitokondria (M) dan kloroplas (C). Hasil pewarnaan menunjukkan bahwa karaginan tidak berada di dalam dinding sel, melainkan terdapat pada matrik interseluler.

Karaginan memiliki kemampuan untuk membentuk gel secara thermo-reversible atau larutan kental jika ditambahkan ke dalam larutan garam sehingga banyak dimanfaatkan sebagai pembentuk gel, pengental, dan bahan penstabil di berbagai industri seperti pangan, farmasi, kosmetik, percetakan, dan tekstil (Campo *et al.*, 2009). Karaginan merupakan senyawa hidrokolloid yang terdiri dari ester kalium, natrium, magnesium dan kalsium sulfat (Banadib dan Khoiruman, 2011). Karaginan merupakan molekul besar yang terdiri dari lebih 1.000 residu galaktosa. Karaginan dibagi atas tiga kelompok utama yaitu : kappa, iota, dan lambda karaginan yang memiliki struktur yang jelas.

E. cottonii merupakan bahan yang digunakan dalam ekstraksi karaginan. Karaginan yang dihasilkan adalah jenis kappa karaginan yang dapat membentuk gel dengan garam potassium (Anisuzzaman *et al.*, 2014). Karaginan merupakan kelompok biopolimer yang larut air, linear, gaaktan tersulfatasi yang diekstrak

dari alga merah. Karaginan yang baik dapat diketahui berdasarkan kemampuan membentuk gel dan kekentalannya (Aldalbahri *et al.*, 2012). Biopolimer ini merupakan polisakarida anionik yang strukturnya terdiri dari unit 3,6 anhidrogalaktosa, karboksil dan hidroksil serta ester sulfat.

2.3 Pembuatan Karaginan

Pembuatan karaginan murni ada dua macam berdasarkan jenis presipitasinya. Menurut McHugh (2003) pembuatan karaginan murni dapat menggunakan presipitat berupa alkohol dan potassium klorida (KCl). Tahapannya meliputi pembersihan dan pencucian, ekstraksi, filtrasi, presipitasi, pengeringan dan penghalusan. Penggunaan alkali dapat menyebabkan perubahan kimia pada kenaikan kekuatan gel karaginan, selain itu juga dapat menghilangkan sulfat sehingga dapat meningkatkan kadar 3,6 anhidro-D-galaktosa. Pada tahap presipitasi alkohol, isopropanol ditambahkan ke dalam filtrat sampai terbentuk serat karaginan kemudian di pres untuk menghilangkan pelarutnya. Pada presipitasi KCl (gel press), filtrat dituang ke dalam larutan potassium kloride sampai terbentuk serat yang kemudian membentuk gel.

Distantina *et al.* (2010) melakukan ekstraksi karaginan dengan cara rumput Laut *Eucheuma cottoni* kering dengan berat 2,5 g direndam dalam akuades selama 15 menit. Setelah itu disaring dengan kain kemudian rumput laut diekstraksi. Ekstraksi dilakukan dalam erlenmeyer yang dipanaskan dalam *shacker water bath*. Mula-mula pelarut dipanaskan terlebih dahulu, setelah mencapai suhu 90°C rumput laut dimasukkan dan waktu ekstraksi mulai dihitung. Rasio rumput laut kering – pelarut adalah 1:30 (g/mL). Volume pelarut dijaga konstan dengan cara menambahkan akuades panas setiap saat. Setelah waktu tertentu, ekstraksi dihentikan dengan cara filtrat dipisahkan dari ampas rumput

laut. Filtrat ini ditampung ke dalam gelas beker yang berisi etanol teknis 90% dengan 3 kali volum filtrat, sambil diaduk sehingga terbentuk serat-serat hidrokoloid (serat karaginan). Setelah didiamkan sekitar 30 menit, serat ini disaring dan dicuci dengan akuades sampai air cucian ber-pH netral. Karaginan basah dikeringkan dalam oven 60°C sampai beratnya konstan sehingga diperoleh karaginan kering (kertas karaginan).

Proses ekstraksi karaginan yang dilakukan oleh Hakim *et al.*, (2011) berdasarkan perlakuan terbaiknya yaitu dengan waktu ekstraksi 2 jam, suhu presipitasi 30°C dengan konsentrasi KCl 1%. Rumput laut kering dicuci hingga bersih dari pasir dan kotoran lain, serta disortasi dari pengotor rumput laut jenis lain. Rumput laut direbus dalam larutan KOH 8% selama 2 jam pada suhu 70 – 80°C dengan perbandingan rumput laut dan air 1:6 (b/v). Setelah itu rumput laut dicuci hingga pH netral. Kemudian rumput laut tersebut diekstraksi kembali dalam air dengan volume 20 kali dari bobot rumput laut kering selama 2 jam dengan suhu $90 \pm 5^\circ\text{C}$ dan ditambahkan celite 2%, 15 menit sebelum diangkat. Bubur rumput laut kemudian disaring menggunakan filter press. Filtrat dipresipitasi dengan memasukkannya dalam larutan KCl 1% (b/v) yang bersuhu 30°C dengan volume 2 kali volume filtrat. Filtrat yang telah dipresipitasi tersebut kemudian dipres menggunakan pres hidraulik. Hasil pengepresan di potong-potong kemudian dilakukan penjemuran. Setelah kering potongan karaginan dihaluskan dengan ukuran 80 mesh untuk menghasilkan tepung karaginan

2.4 Faktor yang mempengaruhi kualitas karaginan

2.4.1 Bahan Baku

Bahan baku dalam pembuatan karaginan adalah *E. cottonii*. Faktor yang mempengaruhi kualitas bahan baku meliputi umur panen, teknik pemanenan, teknik pemurutan, pencucian, penjemuran dan penyimpanan. Anggadireja *et al.*

(2006) mengatakan kadar dan kualitas karaginan dipengaruhi oleh waktu panen rumput laut. Hal ini dapat dipahami, mengingat karaginan merupakan produk fotosintesis yang kuantitas dan kualitasnya sangat tergantung pada lama proses tersebut berlangsung dan lama penimbunan karaginan di sel thalus rumput laut (Hurtado *et al.*, 2008).

Panen yang baik dilakukan pada pagi atau sore hari. Menurut Fahrul (2006), panen sebaiknya dilakukan pada pagi hari supaya rumput laut yang dipanen sempat dijemur terlebih dahulu sebelum disimpan. Hal ini bertujuan untuk mengurangi kerusakan sebelum dijemur kembali pada keesokan harinya. Panen *Eucheuma cottonii* baik yang ditanam dengan metode rakit apung, lepas dasar, maupun rawai dilakukan dengan cara sebagai berikut:

1. Bersihkan rumput laut dari kotoran atau tanaman lain yang melekat sebelum dilakukan panen.
2. Lepaskan tali ris yang penuh dengan ikatan rumput laut dari tali utamanya.
3. Letakkan gulungan tali ris yang berisi rumput laut tersebut ke dalam sampan atau perahu.
4. Bawa rumput laut ke daratan. Lepaskan rumput-rumput laut dari tali ris (panen keseluruhan) dan petik *thallus* muda untuk dijadikan bibit pada tanaman berikutnya.

Penanganan pascapanen merupakan kegiatan atau proses yang dimulai setelah tanaman dipanen. Pascapanen yang dilakukan meliputi pencucian, pemurutan, pengeringan, pembersihan kotoran atau garam (sortasi), pengepakan, pengangkutan dan penyimpanan. Umumnya pelepasan rumput laut dari talinya dilakukan dengan teknik pemurutan. Caranya adalah dengan menarik tali ris pada sebuah lubang yang dimodifikasi untuk menarik tali ris sehingga rumput lautnya tertinggal disisi yang berlawanan. Alat pemurut ini dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Alat pemurut rumput laut

Gambar 5 menunjukkan alat pemurut rumput laut. Terdapat lubang yang berfungsi untuk memasukkan tali ris yang pada saat ditarik ke arah yang berlawanan maka thallus rumput laut akan patah dan tertinggal di sisi yang berlawanan. Keadaan thallus yang patah menyebabkan luka pada dinding sel rumput laut dan menyebabkan keluarnya getah berwarna putih pada saat pengeringan di bawah sinar matahari. Oviantari dan Parwata (2007) melaporkan adanya getah berwarna coklat kemerahan saat pengeringan rumput laut yang diletakkan di dalam plastik transparan yang menyebabkan rumput laut kehilangan komponennya. Keluarnya getah ini dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Getah karaginan saat pengeringan

Gambar 6 menunjukkan rumput laut dalam kondisi patah mengeluarkan getah berwarna putih saat pengeringan. kondisi ini tidak dikehendaki karena dapat berpengaruh terhadap kualitas karaginan yang dihasilkan. Menurut Winarno (1996), rumput laut hasil pemanenan dibersihkan dari pasir dan batu

karang, kemudian disortasi dari rumput laut yang lain sehingga terjamin kemurniannya. Kemudian dijemur selama 2-3 hari sehingga tidak bercampur pasir. Pada waktu penjemuran harus diusahakan agar tidak terkena air hujan atau embun.

Rumput laut sebagai bahan baku karaginan harus dicuci dengan air laut hingga bebas dari pasir, batu karang lalu disortir dari jenis-jenis lain sehingga terjamin kemurniannya. Pencucian dengan air tawar harus dihindari karena dapat menurunkan kadar karaginan yang dikandungnya. Selanjutnya dijemur selama 1 – 2 hari atau hingga sampai kering. Pada waktu penjemuran harus diusahakan agar tidak terkena air hujan atau embun agar kandungan karaginnannya dapat terjaga (Itung dan Marthen, 2003). Syarat mutu komoditi rumput laut kering yaitu kadar air maksimal pascapanen (penjemuran) sebesar 32%, benda asing (jenis rumput laut lain, garam, pasir, karang dan kayu) maksimal sebesar 5%, dan berbau khas rumput laut (Winarno, 1996).

2.4.2 Ekstraksi

Proses ekstraksi dapat berjalan dengan baik bila pelarut ideal harus memenuhi syarat-syarat yaitu selektivitasnya tinggi, memiliki perbedaan titik didih dengan solute cukup besar, bersifat inert, perbedaan density cukup besar, tidak beracun, tidak bereaksi secara kimia dengan solute maupun diluen, viskositasnya kecil, tidak bersifat korosif, tidak mudah terbakar, murah dan mudah didapat. Beberapa faktor yang berpengaruh dalam proses ekstraksi adalah temperatur, waktu kontak, perbandingan solute, faktor ukuran partikel, pengadukan dan waktu dekantasi (Yasita dan Rachmawati, 2009).

Karaginan murni (Refine carrageenan) diperoleh melalui tahapan ekstraksi menggunakan air atau larutan alkali dalam kondisi panas. Suasana alkali dapat diperoleh dengan menambahkan larutan basa misalnya larutan

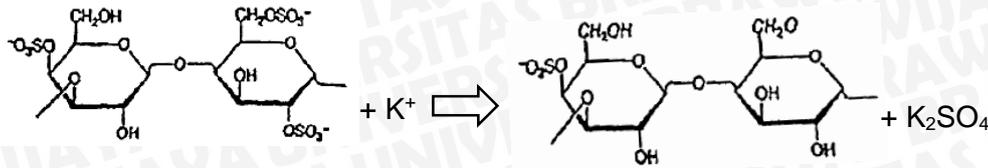
NaOH, $\text{Ca}(\text{OH})_2$ atau KOH (Fatimah, 2012). Keadaan basa sangat diperlukan dalam proses ekstraksi karaginan. Fungsi suasana basa adalah untuk meningkatkan daya larut karaginan dalam air dan mencegah terjadinya reaksi hidrolisis ikatan glikosidik pada molekul karaginan yang menyebabkan karaginan kehilangan sifat-sifat fisiknya, seperti kelarutannya dalam air, dan keadaan basa yang diijinkan dalam proses ekstraksi adalah pH 8 – 10 (Hudha et al, 2012).

Dalam tahap ekstraksi, alkali mempunyai dua fungsi yaitu membantu ekstraksi polisakarida menjadi sempurna dan mempercepat eliminasi 6-sulfat dari unit monomer menjadi 3,6-anhydro-D-galaktosa sehingga dapat meningkatkan kekuatan gel. Disamping itu berfungsi untuk mencegah terjadinya hidrolisis karaginan (Hidayati, 2002). Menurut Asnawi (2008), proses pengolahan karaginan dimulai dengan ekstraksi dengan pelarut basa yang kemudian dilanjutkan dengan penyaringan, pengendapan dan penggilingan hingga menjadi tepung. Pelarut basa yang digunakan adalah kalium hidroksida karena dapat menghasilkan karaginan dengan sifat kekuatan gel yang lebih baik dibandingkan NaOH. Winarno (1990) menyatakan pelarut kalium hidroksida dan natrium hidroksida berpengaruh pada ekstraksi karaginan, dimana ion K^+ dan Na^+ memiliki peran yang berbeda pada sifat gel karaginan. Ion K^+ menghasilkan struktur yang baik dibandingkan ion Na^+ .

2.4.3 Perlakuan Alkali

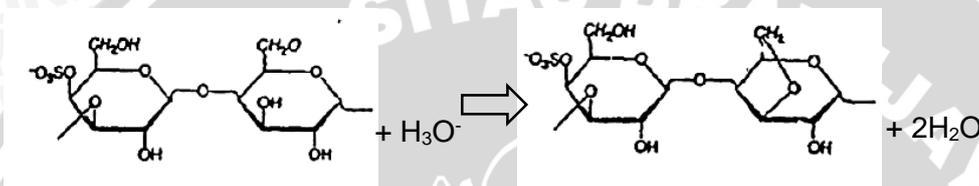
Distantina *et al.* (2010), penambahan alkali akan meningkatkan kekuatan gel. Reaksi yang terjadi pada ekstraksi dengan alkali ini dijelaskan sebagai berikut :

1. Transformasi gugus sulfat yang terikat dalam gugus galaktosa oleh ion Na^+ atau K^+ dengan membentuk garam Na_2SO_4 atau K_2SO_4 di larutan. Proses ini dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Reaksi transformasi gugus sulfat

- Dehidrasi dengan membentuk polimer anhidro galaktosa, dimana ion H^+ dari larutan alkali bereaksi dengan ikatan bergugus H membentuk kappa karaginan dan air. Proses ini dapat dilihat pada Gambar 8..



Gambar 8. Reaksi dehidrasi

Dalam ekstraksi dengan alkali, alkali mempunyai dua fungsi yaitu membantu ekstraksi polisakarida menjadi sempurna dan mempercepat eliminasi 6-sulfat dari unit monomer menjadi 3,6-anhidro-D-galaktosa sehingga dapat meningkatkan kekuatan gel. Disamping itu berfungsi untuk mencegah terjadinya hidrolisis karaginan (Hidayati, 2002).

2.5 Karakteristik Karaginan

Karakteristik karaginan memiliki sifat larut dalam air, berantai linier dan sulfat galaktan. Senyawa ini terdiri atas sejumlah unit-unit galaktosa dan 3,6-anhidrogalaktosa yang berikatan dengan gugus sulfat atau tidak dengan ikatan α 1,3-D-galaktosa dan β 1,4-3,6-anhidrogalaktosa. Berdasarkan substituen sulfatnya pada setiap monomer maka karaginan dibedakan dalam beberapa tipe yaitu kappa, iota, lamda, mu, nu dan xi- karaginan (Diharmi *et al.*, 2011).

Sifat-sifat khusus dari kappa karaginan adalah dalam air dingin hanya garam natriumnya saja yang larut, kappa karaginan larut air pada temperatur

70°C ke atas, larut dalam susu panas tetapi tidak larut dalam susu dingin, kappa karaginan dapat membentuk gel dan ion kalium, stabil pada pH netral dan alkali tetapi pada pH asam akan terhidrolisa (Heruwati *et al.*, 2011). Gel yang terbentuk dari kappa karaginan berwarna agak gelap dan mempunyai tekstur mudah retak.

Syahrul (2005) menyatakan karaginan hampir sama dengan agar-agar berfungsi sebagai pengatur keseimbangan, pengental, pembentuk gel, dan pengemulsi. Karaginan banyak digunakan dalam industri makanan, industri farmasi dan dapat juga dimanfaatkan dalam industri tekstil, kosmetik dan cat. Kappa karaginan memiliki sifat gel yang keras, kuat dan mudah retak. Spesifikasi mutu karaginan dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Spesifikasi mutu karaginan

Spesifikasi	FAO	FCC	EEC
Sulfat (%)	15-40	18-40	15-40
Viskositas (cps)	Min 5	Min 5	Min 5
Kadar abu (%)	15-40	Maks 35	15-40

Sumber: Peranginangin *et al.* (2011)

Kappa karaginan yang merupakan galaktan tersulfatasi yang diekstrak dari spesies alga merah banyak digunakan dalam industri makanan sebagai pengental (Funami *et al.*, 2007). Karaginan mempunyai kemampuan membentuk gel di dalam ion potassium dan kalsium (Popa *et al.*, 2011). Karaginan memiliki berat molekul yang tinggi berbentuk linear dengan pengulangan unit galakosa dan 3,6 anhidrogalaktosa (3,6 AG), sulfat dan selain sulfat yang tergabung dalam ikatan α -(1,3) dan β -(1,4) glikosidik (Bajpai dan Pradeep, 2013).

2.5.1 Kekuatan Gel

Kekuatan gel merupakan sifat fisik yang utama, karena kekuatan gel menunjukkan kemampuan karaginan dalam pembentukan gel (Diharmi *et al.*, 2011). Kekuatan gel selain ditentukan oleh konsentrasi karaginan, panjang

polimer karaginan, jumlah dan posisi sulfat dalam polimer juga ditentukan oleh jumlah unit 3,6-anhidro-D-galaktosa (Haryadi, 2010). Semakin tinggi kekuatan gel maka kadar sulfat akan semakin sedikit.

Banyaknya fraksi sulfat dan keseimbangan kation dalam air menentukan kekentalan atau kekuatan gel yang dibentuk karaginan. Pembentukan gel merupakan hasil *crosslinking* antara rantai heliks yang berdekatan, dengan grup sulfat menghadap ke bagian luar. Kelarutan dalam air sangat dipengaruhi kadar grup sulfat (bersifat hidrofilik) dan kation dalam karaginan. Kation yang terionisasi yang dijumpai dalam karaginan adalah sodium (Na), potassium (K), kalsium (Ca), dan magnesium (Mg) (Campo *et al.*, 2009)

2.5.2 Kadar Abu

Abu adalah zat aorganik sisa hasil pembakaran suatu bahan organik. Kandungan abu dan komposisinya tergantung pada macam bahan dan cara pengabuannya. Penentuan abu total (Sudarmadji *et al.*, 2010) dapat digunakan untuk menentukan baik tidaknya suatu proses pengolahan, mengetahui jenis bahan yang digunakan dan mengetahui parameter gizi suatu bahan makanan.

Analisis kadar abu dilakukan untuk mengetahui secara umum kandungan mineral yang terdapat dalam karaginan. Nilai kadar abu suatu bahan pangan menunjukkan besarnya jumlah mineral yang terkandung dalam bahan pangan tersebut. Nilai kadar abu tertinggi dan terendah berturut-turut diperoleh pada umur panen 55 hari dan 40 hari dengan nilai masing-masing sebesar 16,60 dan 25,30% (Wenno *et al.*, 2012)

2.5.3 Viskositas

Viskositas adalah daya aliran molekul dalam sistem larutan. Viskositas suatu hidrokoloid dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu konsentrasi karaginan,

temperatur, jenis karaginan, berat molekul, dan adanya molekul-molekul lain (Towle, 1973). Larutan karaginan akan menurun viskositasnya jika pHnya diturunkan dibawah 4,3. Kappa dan iota karaginan dapat digunakan sebagai pembentuk gel pada pH rendah, tetapi tidak mudah terhidrolisis sehingga tidak dapat digunakan dalam pengolahan pangan. Penurunan pH menyebabkan terjadinya hidrolisis dari ikatan glikosidik yang mengakibatkan kehilangan viskositas. Viskositas suatu hidrokoloid dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu konsentrasi karaginan, temperatur, jenis karaginan, berat molekul dan adanya molekulmolekul lain. Jika konsentrasi karaginan meningkat maka viskositasnya akan meningkat (Prasetyowati *et al.*, 2008).

Suspensi koloid dalam larutan dapat meningkat dengan cara mengentalkan cairan sehingga terjadi absorpsi dan pengembangan koloid. Pada prinsipnya pengukuran viskositas adalah mengukur ketahanan gesekan lapisan molekul cairan yang berdekatan. Viskositas yang tinggi dari suatu materi disebabkan karena gesekan internal yang besar sehingga cairannya mengalir (Glicksman 1983). Viskositas meningkat secara eksponensial dengan konsentrasi. Sifat ini berlaku pada polimer linear yang mempunyai beberapa gugus dan sebagai akibat meningkatnya konsentrasi interaksi antara rantai-rantai polimer.

Viskositas karaginan akan meningkat secara eksponensial seiring peningkatan konsentrasi. Adanya garam akan menurunkan viskositas karaginan dengan mengurangi daya tolakan elektrostatis antar kelompok sulfat. Pengukuran viskositas dapat dilakukan pada suhu tinggi (misalnya 75°C) untuk menghindari efek gelas, biasanya dengan konsentrasi 1,5% (b/v). Karaginan komersil umumnya memiliki viskositas mulai 5 – 800 cPs (Venugopal, 2011).

2.5.4 Derajat Putih

Derajat putih merupakan gambaran warna dilihat dari tingkat keputihan suatu karaginan. Kebanyakan warna karaginan adalah kecoklatan yang disebabkan masih adanya selulosa, pigmen fikoeritin, dan fikosianin. Selain sebagai komponen yang tidak larut air, selulosa juga menyebabkan warna karaginan menjadi keruh (Wenno, 2012).

Pertambahan umur panen cenderung menyebabkan nilai derajat putih karaginan mengalami penurunan. Hal ini diduga, dengan pertambahan umur panen akan meningkatkan komponen yang dapat mempengaruhi warna karaginan (Bixler dan Jhondro, 2000). Adanya selulosa dalam karaginan dalam jumlah yang tinggi tidak diharapkan karena dapat menyebabkan warna karaginan menjadi keruh (Imeson, 2000).

2.5.5 Kadar Sulfat

Kadar sulfat adalah parameter yang digunakan untuk berbagai polisakarida yang terdapat dalam alga merah (Winarno, 1996). Hasil ekstraksi rumput laut biasanya dibedakan menurut kandungan sulfatnya. Diharmi *et al.* (2011) menyebutkan bahwa agar mengandung sulfat 3-4% sedangkan karaginan minimal kandungan sulfatnya 18%.

Kappa karaginan tersusun dari (1→3) D galaktosa-4 sulfat dan β (1→4) 3,6 anhydro D Galaktosa. Disamping itu karaginan sering mengandung D Galaktosa-6 sulfat ester dan 3,6 anhydro-D galaktosa 2-sulfat ester. Adanya gugusan 6-sulfat, dapat menurunkan daya gelasi dari karaginan, tetapi dengan pemberian alkali mampu menyebabkan terjadinya trans-eliminasi gugusan 6-sulfat, yang menghasilkan terbentuknya 3,6 anhydro-D galaktosa (Winarno, 1996).

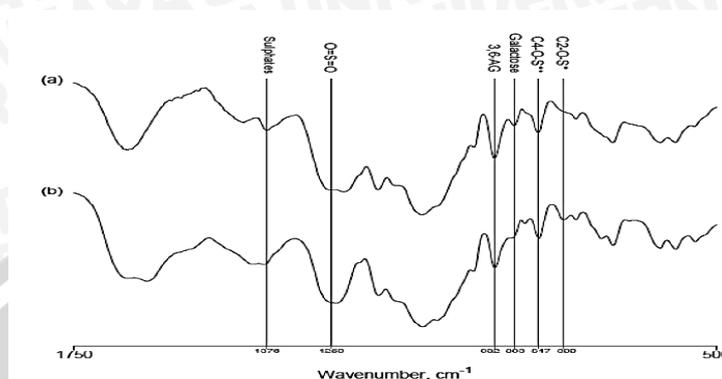
Tingginya gugus sulfat dapat menyebabkan rendahnya kekuatan gel pada karaginan. Distantina *et al.* (2009) melaporkan bahwa semakin kecil kandungan sulfat suatu karaginan, maka nilai viskositasnya akan semakin kecil tetapi kekuatan gelnya meningkat. Kasim (2013) mengatakan viskositas akan menurun seiring dengan peningkatan suhu sehingga terjadi depolimerisasi yang dilanjutkan dengan degradasi karaginan.

2.5.6 Spektra Inframerah Karaginan

Analisa spektra infra merah karaginan digunakan untuk mengetahui keberadaan gugus fungsi yang terkandung dalam karaginan. Molekul yang terdapat dalam isolat karaginan dimana kesamaan gugus-gugus fungsi yang terdapat antara standar dan sampel menyatakan sampel yang dianalisa identik dengan standar (Rando *et al.*, 2005). Marseno *et al.* (2010) menyatakan bahwa bilangan gelombang pada angka $1220-1260\text{ cm}^{-1}$ pada semua polisakarida menunjukkan adanya gugus ester sulfat, puncak gelombang $1010-1080\text{ cm}^{-1}$ menunjukkan adanya ikatan glikosidik, puncak gelombang $925-933$ menunjukkan adanya gugus 3,6 anhidro-D-galaktosa,. Sedangkan untuk karaginan jenis kappa mengandung gugus D-galaktosa-4-sulfat dan 3,6 anhidro-D-galaktosa.

Spektrofotometer FTIR dapat digunakan untuk analisa sampel yang berupa padatan, cairan dan gas. Spektroskopi FTIR (*Fourier Transform Infrared*) merupakan spektroskopi inframerah yang dilengkapi dengan transformasi Fourier untuk deteksi dan analisis hasil spektrumnya. Intispektroskopi FTIR adalah interferometer Michelson yaitu alat untuk menganalisis frekuensi dalam sinyal gabungan. Spektrum inframerah tersebut dihasilkan dari pentransmisi cahaya yang melewati sampel, pengukuran intensitas cahaya dengan detector dan dibandingkan dengan intensitas tanpa sampel sebagai fungsi panjang gelombang. Spektrum inframerah yang diperoleh kemudian diplot sebagai

intensitas fungsi energi, panjang gelombang (μm) atau bilangan gelombang (cm^{-1}) (Anam *et al.*, 2007). Spektra FTIR karaginan standar dan sampel yang dihasilkan dapat dilihat pada Gambar 9.



Gambar 9. Spektra infra merah karaginan standar (a) dan sampel (b)
(Sumber: Tuvikene, 2005)

Gambar 9 menunjukkan hasil Spektra infra merah karaginan standar dan sampel. Hasil ini dapat digunakan untuk menentukan identik tidaknya karaginan hasil isolasi dengan karaginan standar berdasarkan bilangan gelombang yang dihasilkan. Untuk mengetahui hal tersebut bisa digunakan tabel bilangan gelombang antara karaginan standar dengan sampel yang tertera pada Tabel 2.

Tabel 2. Spektra infra merah karaginan komersial dengan sampel

Gugus Kimia	Panjang gelombang absorbansi	
	komersial (cm^{-1})	hasil isolasi (cm^{-1})
Ester sulfat	1257,59	1257,59
3,6 AG	925	925,83
Galaktosa 4 sulfat	848,68	848,68

Sumber: Tuvikene (2005).

Tabel 2 menunjukkan hasil FTIR karaginan standar dengan hasil isolasi. Ditinjau dari gugus kimianya, karaginan standar dan hasil isolasi memiliki bilangan yang mirip sehingga dapat dikatakan bahwa sampel hasil isolasi tersebut identik dengan bilangan gelombang yang dimiliki oleh karaginan komersial.

3. MATERI DAN METODE PENELITIAN

3.1 Materi Penelitian

3.1.1 Bahan

Bahan yang digunakan dalam ekstraksi karaginan adalah *E. cottonii* umur 45 hari yang diperoleh dari desa Sumber Kencono kecamatan Wongsorejo kabupaten Banyuwangi dengan pascapanen yang berbeda. Pascapanen yang dimaksud meliputi teknik pemurutan dalam kondisi patah, utuh dan campuran. Hal ini bertujuan untuk mengetahui kandungan karaginan dari umur panen tersebut dan menentukan efektifitas kondisi bahan baku yang baik guna meningkatkan kualitas bahan baku karaginan. Bahan kimia yang digunakan adalah potassium hidroksida (KOH), aquades, kalium klorida (KCl), kertas saring whatman (no. 42 ashless) dan barium klorida ($BaCl_2$).

3.1.2 Alat

Alat yang digunakan untuk ekstraksi karaginan adalah timbangan digital, beakerglass 500 mL dan 1000 mL, waterbath, blender, oven, loyang, kain saring, ayakan 100 mesh dan kamera. Sedangkan peralatan untuk analisis meliputi *Fourier Transform Infrared Spectrometer* (FT-IR) Shimadzu 8400 S, *muffle*, botol timbang, desikator, kurs porselin, viskometer Ostwald, *texture analyzer* jenis TA-XT2i dan *Color Reader CR-10* merek *Konica Minolta Sensing Inc.*

3.2 Metode Penelitian

3.2.1 Metode

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimen. Metode ini bertujuan untuk mendapatkan suatu hasil yang menegaskan kedudukan hubungan kausal antara variabel yang diselidiki (Surachmad, 1975).

Eksperimen dalam penelitian ini adalah penggunaan kondisi bahan baku yang berbeda terhadap kualitas karaginan.

Arikunto (2006) mendefinisikan eksperimen adalah suatu cara untuk mencari hubungan sebab akibat (hubungan kausal) antara dua faktor yang sengaja ditimbulkan oleh peneliti dengan mengeliminasi atau mengurangi atau menyisihkan faktor-faktor lain yang mengganggu. Percobaan eksperimen bertujuan untuk menyelidiki ada tidaknya hubungan sebab akibat serta berapa besar hubungan tersebut dengan cara memberikan perlakuan tertentu pada beberapa kelompok eksperimen dan menyelidiki kontrol untuk perbandingan.

3.2.2 Variabel

Variabel yang digunakan dalam penelitian ini adalah variabel bebas dan variabel terikat. Surachmad (1994) mengatakan ada dua macam variabel dalam penelitian, yaitu variabel bebas dan variabel terikat. Variabel bebas adalah variabel yang diselidiki pengaruhnya, sedangkan variabel terikat adalah variabel yang diperkirakan akan timbul sebagai pengaruh dari variabel bebas.

Variabel bebas dalam penelitian ini adalah perlakuan yang digunakan. Perlakuaannya yaitu kondisi bahan baku *E. cottonii* umur 45 hari dalam keadaan utuh, patah dan campuran. Variabel terikat penelitian ini adalah parameter yang diamati, yaitu kadar air, kekuatan gel, kadar abu, viskositas, warna meliputi kecerahan, kemerahan dan kekuningan, kadar sulfat dan spektra infra merah.

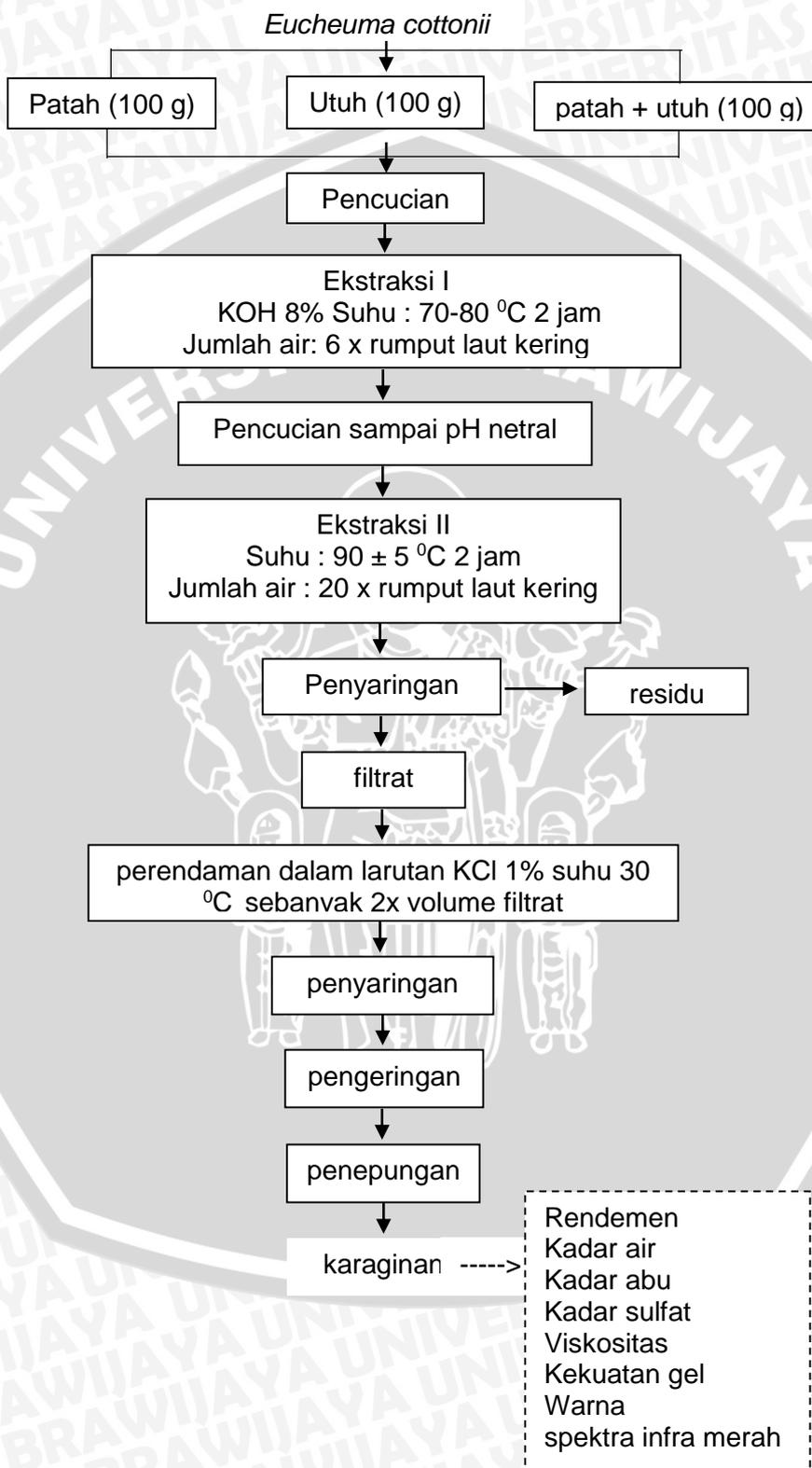
3.3 Prosedur Penelitian

3.3.1 Persiapan Sampel

Sampel *E. cottonii* yang diperoleh dari desa Sumber Kencono Kecamatan wongsorejo kabupaten Banyuwangi dikeringkan dengan sinar matahari selama 2-3 hari sampai kering dan disimpan dalam kantong plastik tertutup.

3.3.2 Ekstraksi Karaginan

Diagram alir ekstraksi karaginan *E. cottonii* dapat dilihat pada Gambar 10.



Gambar 10. Diagram alir Ekstraksi Karaginan *E. cottonii*.

3.4 Analisis Parameter Uji

Parameter uji yang dilakukan pada penelitian ini meliputi rendemen, kadar air, kekuatan gel, kadar abu, viskositas, warna yang meliputi kecerahan, kemerahan dan kekuningan, kadar sulfat dan spektra infra merah karaginan.

3.4.1 Rendemen (FMC Corp. 1977)

Rendemen dihitung berdasarkan rasio antara berat karaginan kering yang dihasilkan dengan berat rumput laut kering. Prinsipnya adalah perbandingan berat bahan baku dan berat ahir.

$$\% \text{ Rendemen} = \frac{W_2}{W_1} \times 100\%$$

Keterangan:

W_1 : berat rumput laut kering (g)

W_2 : berat karaginan (g)

3.4.2 kadar air (Sudarmadji et al., 2003)

Uji kadar air yang dilakukan berdasarkan metode *thermogravimetri*. Prinsip metode *thermogravimetri* yakni mengeringkan bahan dalam oven bersuhu 105 °C selama 3 jam. Selisih berat sebelum dan sesudah pengeringan adalah banyaknya air yang diuapkan. Prosedurnya yaitu sampel ditimbang 2 g dimasukkan dalam botol timbang yang juga telah diukur beratnya lalu dimasukkan ke dalam oven dengan suhu 105 °C selama 3 jam. Ditimbang berat akhir sampel lalu dihitung persen kadar air. Prosedur pengujian kadar air sampel menggunakan rumus sebagai berikut.

$$\text{Kadar air (\%)} = \frac{(A + B) - (C)}{B} \times 100\%$$

Keterangan:

A = berat botol timbang (g)

B = berat sampel (g)

C = berat akhir (botol timbang + sampel) (g)

3.4.3 Kekuatan gel (Distantina *et al.*, 2010)

Kekuatan gel (*gel strength*) sangat penting untuk menentukan perlakuan yang terbaik dalam proses ekstraksi karaginan. Kekuatan gel karaginan diukur dengan alat *tensile strength*. Prinsip dasar pengujian adalah memberikan beban pada sampel per satuan luas. Nilai kekuatan gel yang dihasilkan dinyatakan dalam satuan N/cm². Tepung karaginan sebanyak 1 g dilarutkan ke dalam 10 mL akuades yang kemudian dipanaskan sampai suhunya mencapai 80°C sambil terus diaduk. Setelah itu, larutan dimasukkan ke dalam cetakan yang berdiameter 6 cm dan didiamkan selama semalam pada suhu kamar. Prosedur pengujiannya adalah sebagai berikut:

- Letakkan sampel pada tumpuan
- Tepatkan batang penekan pada permukaan sampel dengan cara memutar roda penekan
- Putar roda penekan perlahan-lahan sambil diamati jarum penunjuk beban sampai sampel mulai tertembus
- Bacaan maksimum merupakan gaya untuk menembus sampel

$$\text{Kekuatan gel} = \frac{\text{gaya untuk menembus sampel}}{\text{luas permukaan sampel yang tertembus}} \left(\frac{\text{N}}{\text{cm}^2} \right)$$

3.4.4 Kadar abu (Sudarmadji *et al.*, 2003)

Penentuan kadar abu didasarkan menimbang sisa mineral sebagai sisa pembakaran bahan organik pada suhu sekitar 650 °C. Prinsip kerja penentuan kadar abu adalah membakar bahan tanur atau tungku (*furnace*) dengan suhu 600 °C selama waktu tertentu (6 – 8 jam) sehingga seluruh unsur utama pembentuk senyawa organik (C, H, O, N) habis terbakar dan berubah menjadi gas dan sisanya adalah abu yang merupakan kumpulan dari mineral-mineral. Cawan porselin dikeringkan di dalam oven selama 1 jam pada suhu 105 °C lalu

didinginkan selama 30 menit di dalam desikator dan ditimbang hingga didapatkan berat tetap (A). Sampel ditimbang sebanyak 1 g (B) dimasukkan ke dalam cawan porselin dan dimasukkan ke dalam furnace bersuhu 600 °C selama 4 jam. Selanjutnya cawan didinginkan pada desikator dan ditimbang sehingga diperoleh berat tetap (C). Kadar abu dihitung menggunakan rumus:

$$\text{Kadar abu (\%)} : \frac{(C - A)}{B} \times 100\%$$

Keterangan:

A = berat cawan (g)

B = berat sampel (g)

C = berat cawan + sampel setelah pengabuan (g)

3.4.5 Kadar Abu Tak Larut Asam

Prinsip penentuan kadar abu tidak larut asam yaitu dengan melarutkan abu total kedalam larutan asam (Arifin *et al.*, 2006). Abu yang diperoleh dari penentuan kadar abu total dididihkan dalam 25 ml asam klorida (HCL 10%) selama 5 menit. Bagian yang tidak larut asam disaring dengan kertas saring bebas abu yang sudah diketahui beratnya. Dicuci dengan air panas dan disaring, kemudian dikeringkan dan ditimbang.

$$\text{Kadar abu tidak larut asam (\%)} = \frac{(C - A)}{B} \times 100\%$$

Keterangan:

A = berat kertas saring awal (g)

B = berat sampel (g)

C = berat akhir (g)

3.4.6 Viskositas (FMC Corp. 1977)

Prinsip uji viskositas adalah kelarutan karaginan di dalam air pada suhu 76-77 °C. Prosedur uji viskositas yaitu larutan karaginan dengan konsentrasi 1,5% dipanaskan dalam bak air mendidih sambil diaduk secara teratur sampai

suhu mencapai 76-77 °C. Larutan karaginan tersebut diukur dengan *spindle viscometer Brookfield* yang berputar pada kecepatan 60 rpm dengan jarum spindle no.2. Spindel terlebih dahulu dipanaskan pada suhu 75 °C kemudian dipasangkan ke alat ukur *viscometer Brookfield*. Posisi *spindle* dalam larutan panas diatur sampai tepat, *viscometer* diputar dan suhu larutan diukur. Ketika suhu larutan mencapai 75 °C termometer dikeluarkan dan nilai viskositas diketahui dengan pembacaan viscometer pada skala 1 sampai 100. Pembacaan dilakukan setelah satu menit putaran penuh. Hasil pembacaan digandakan 5 kali untuk *spindle* no.2 bila dijadikan *centipoises*.

3.4.7 Derajat keputihan (Siah *et al.*, 2014)

Prinsip pengujian derajat warna adalah penggunaan sinar infra merah untuk menembak sampel. Pengukuran derajat putih dengan cara sampel di letakkan pada cawan dengan lebar 1 cm. Warna dibaca menggunakan chroma meter CR10 (Minolta Camera Co.) yang terdiri dari CIE 1976 L*a*b* sistem warna. Warna-warna tersebut dibaca berdasarkan rata-rata.

3.4.8 Kadar sulfat (Distantina *et al.*, 2010)

Analisis kadar sulfat dalam karaginan digunakan untuk mengetahui kandungan sulfat yang ada dalam karaginan. Prinsipnya adalah dengan cara hidrolisis yang dilanjutkan pengendapan sulfat sebagai barium sulfat. Sampel 0,5 g (W_1) dihidrolisis dengan 50 mL 0,1N HCl selama 30 menit pada suhu didih. Sejumlah 10 mL $BaCl_2$ 0,25M ditambahkan sedikit demi sedikit sambil dididihkan selama 5 menit. Setelah didinginkan selama 5 jam, endapan disaring menggunakan kertas saring Whatman (no. 42 ashless) dan selanjutnya dibakar dalam furnace pada suhu 700 °C selama 1 jam. Berat abu putih merupakan berat barium sulfat (W_2). Kadar sulfat dihitung dengan :

$$\% \text{ Sulfat} = \frac{W_1}{W_2} \times 100 \times 0,4116$$

Keterangan :

W_1 : berat karaginan (g)

W_2 : berat endapan BaSO_4 (g)

0,4116 : massa moleku relatif SO_4 dibagi dengan massa atom relatif BaSO_2

3.4.9 Spektra Infra Merah Karaginan

Spektra infra merah digunakan untuk mengetahui gugus fungsi kappa karaginan. Spektra infra merah dapat digunakan untuk analisa sampel yang berupa padatan, cairan dan gas. Prinsip uji spektra infra merah adalah merefleksikan sinar infra merah yang melalui tempat kristal sehingga terjadi kontak dengan permukaan cuplikan. Degradasi atau induksi oleh oksidasi, panas, maupun cahaya, dapat diikuti dengan cepat melalui infra merah. Sensitivitas FTIR adalah 80-200 kali lebih tinggi dari instrumentasi dispersi standar karena resolusinya lebih tinggi (Kroschwitz, 1990). Interferogram juga memberikan informasi yang berdasarkan pada intensitas spektrum dari setiap frekuensi. Informasi yang keluar dari detektor diubah secara digital dalam komputer dan ditransformasikan sebagai domain, tiap-tiap satuan frekuensi dipilih dari interferogram yang lengkap (fourier transform). Kemudian sinyal itu diubah menjadi spektrum IR sederhana (Gunawan dan Azhari, 2010).

Spektra infra merah (*Fourier Transform Infrared*) dilengkapi dengan transformasi fourier untuk deteksi dan analisis hasil spektrumnya. Inti spektra infra merah adalah interferometer Michelson yaitu alat untuk menganalisis frekuensi dalam sinyal gabungan. Spektrum inframerah tersebut dihasilkan dari pentransmisian cahaya yang melewati sampel, pengukuran intensitas cahaya dengan detektor dan dibandingkan dengan intensitas tanpa sampel sebagai fungsi panjang gelombang. Spektrum inframerah yang diperoleh kemudian diplot sebagai intensitas fungsi energi, bilangan gelombang (cm^{-1}).

Analisis gugus fungsi suatu sampel dilakukan dengan membandingkan pita absorpsi yang terbentuk pada spektrum inframerah menggunakan tabel korelasi dan menggunakan spektrum senyawa pembanding (yang sudah diketahui) (Anam, *et al.*, 2007). Menurut Sastrohamidjojo (1991), daerah pada spektrum infra merah diatas 1500 cm^{-1} menunjukkan pita spektrum atau gugus-gugus fungsi dalam molekul kimia, sedangkan daerah dibawah 1500 cm^{-1} menunjukkan daerah sidik jari.

3.5 Rancangan Percobaan

Rancangan penelitian yang digunakan dalam penelitian ini yaitu rancangan acak lengkap sederhana dengan 3 perbedaan kondisi bahan baku dengan 3 kali ulangan. Menurut Sastrosupadi (2000), bentuk umum rancangan acak lengkap tersebut adalah sebagai berikut:

$$Y_{ij} = \mu + T_j + \sum_i J$$

Keterangan :

- Y_{ij} = respon atau nilai pengamatan dari perlakuan ke-l pada ulangan ke-j
- μ = nilai tengah umum
- T_j = pengaruh perlakuan ke-i
- $\sum_i J$ = pengaruh galat percobaan dari perlakuan ke-l pada ulangan ke-j

Desain rancangan percobaan yang akan dilakukan dalam penelitian ini dapat dilihat pada tabel 3.

Tabel 3. Model rancangan percobaan

Perlakuan	Ulangan			Total	Rerata
	1	2	3		
P1	$(P1)_1$	$(P1)_2$	$(P1)_3$	TP1	RP1
P2	$(P2)_1$	$(P2)_2$	$(P2)_3$	TP2	RP2
P3	$(P3)_1$	$(P3)_2$	$(P3)_3$	TP3	RP3

Keterangan:

- P1 = Perlakuan utuh
- P2 = Perlakuan patah
- P3 = Perlakuan campuran

3.6 Analisis Data

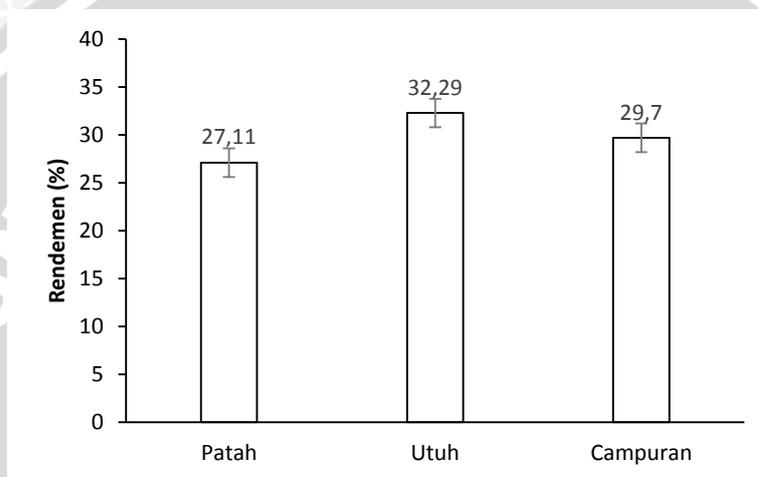
Data yang diperoleh kemudian dianalisis dengan menggunakan ANOVA (*Analysis Of Variance*) dan dianalisis lebih lanjut dengan uji BNT yang bertujuan untuk mengetahui ada tidaknya perbedaan yang terjadi diantara faktor perlakuan yang digunakan beserta interaksinya.



4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Rendemen

Hasil analisis data menunjukkan bahwa perbedaan kondisi bahan baku memberikan pengaruh yang nyata ($p < 0,05$) terhadap rendemen karaginan. Rendemen karaginan dalam berbagai kondisi bahan baku dapat dilihat pada Gambar 11.



Gambar 11. Rendemen karaginan pada berbagai kondisi bahan baku

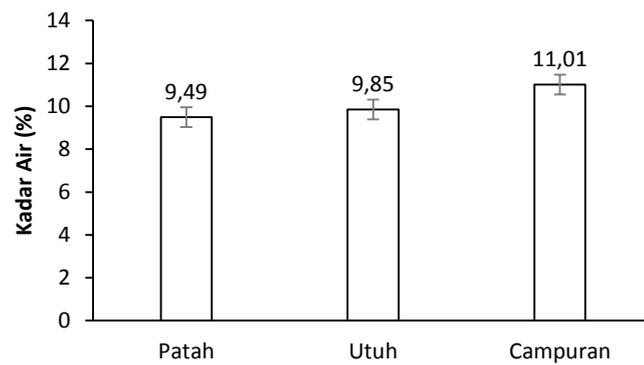
Gambar 11 menunjukkan rendemen karaginan pada berbagai kondisi bahan baku. Terlihat bahwa rendemen karaginan tertinggi diperoleh dari kondisi utuh yaitu sebesar 32,29%. Distantina *et al.* (2009) melaporkan rendemen yang diperoleh dari rumput laut segar berkisar antara 14-30%, Whenno dan Thenu (2009) melaporkan bahwa karaginan memiliki rendemen antara 25,02-31,16%. Rendemen pada penelitian ini lebih tinggi dibandingkan penelitian Hakim *et al.* (2011) dengan metode ekstraksi yang sama menghasilkan rendemen karaginan sebesar 21,76-31,77%. Hal ini dimungkinkan kondisi bahan baku utuh dapat meminimalisir kehilangan getah karaginan yang ditandai tidak adanya getah berwarna putih saat pengeringan dan kandungan karaginan di dalam sel medula (Arisandi *et al.*, 2011) yang ada di thalus pada kondisi utuh lebih banyak dari

pada kondisi patah. Berdasarkan penelitian Falshaw (2001) rendemen dan sifat karaginan dipengaruhi oleh beberapa hal, antara lain jenis rumput laut, musim dan letak panen, metode ekstraksi, metode presipitasi, metode pengeringan. Hal ini menunjukkan komposisi karaginan akan berbeda di setiap waktu panen dan metode pengolahannya (Distantina *et al.*, 2009). Rendemen yang dihasilkan pada penelitian ini memenuhi persyaratan minimum rendemen karaginan yang ditetapkan oleh Departemen Perdagangan (1989) yaitu sebesar 25 %.

Rendemen karaginan yang tinggi dapat diperoleh berdasarkan teknik pengolahannya. Menurut Distantina *et al.* (2008) pemisahan karaginan dari rumput laut dilakukan dengan menggunakan metode presipitasi kalium klorida sehingga menghasilkan rendemen dan sifat gel karaginan lebih kuat dibandingkan dengan menggunakan pelarut etanol. Menurut Asnawi *et al.* (2009), rendemen terbesar akan diperoleh jika ekstraksi menggunakan pelarut kalium hidroksida dan pada tahap presipitasi menggunakan presipitan kalium klorida.

4.2 Kadar Air

Hasil analisis data menunjukkan bahwa perbedaan kondisi bahan baku tidak memberikan pengaruh yang nyata ($p > 0,05$) terhadap kadar air karaginan. Kadar air karaginan dalam berbagai kondisi bahan baku dapat dilihat pada Gambar 12.



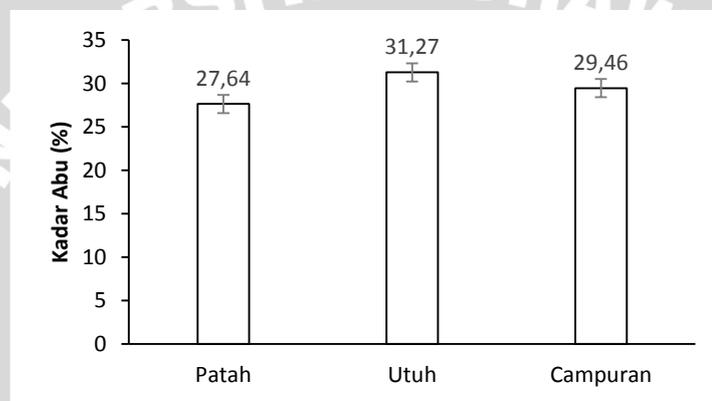
Gambar 12. Kadar air karaginan pada berbagai kondisi bahan baku

Gambar 12 menunjukkan kadar air pada tiap kondisi bahan baku. Kadar air tertinggi terdapat pada perlakuan campuran yaitu sebesar 11,01%. Kadar air pada penelitian ini lebih tinggi dibandingkan penelitian Hakim *et al.* (2011) yaitu berkisar antara 6,76-9,73%. Hal ini dimungkinkan kadar air yang tinggi disebabkan oleh faktor penjemuran karaginan yang dilakukan tidak sempurna (menggunakan sinar matahari). Pengeringan menggunakan sinar matahari sangat tergantung pada intensitas cahaya matahari, tingkat kelembaban udara dan kecepatan angin. Kemungkinan faktor lain yang menyebabkan kadar air lebih tinggi disebabkan garam KCl yang tersisa di dalam karaginan dapat menyerap air selama proses penyimpanan (Basmal, 2009). Penelitian Wenno *et al.* (2012) menyatakan rata-rata kadar air karaginan yang dihasilkan berkisar antara 10,19-11,28% yang berturut-turut diperoleh pada umur panen 45 hari dan 55 hari. Pertambahan umur panen cenderung menyebabkan kadar air karaginan mengalami peningkatan. Hal ini diduga karena sifat hidrofiliknya sehingga rumput laut dapat menyerap air yang cukup banyak ketika semakin lama dalam perairan. Dengan tingginya kadar air pada rumput laut, diduga kandungan air karaginan dalam rumput laut juga meningkat. Semakin tua umur panen, air yang diserap oleh rumput laut untuk proses sintesis polisakarida semakin banyak. Kadar air

yang dihasilkan pada penelitian ini masih memenuhi standar mutu karaginan yang ditetapkan oleh FAO yaitu maksimum 12%.

4.3 Kadar Abu

Hasil analisis data menunjukkan bahwa kondisi bahan baku dalam kondisi patah, utuh dan campuran tidak berbeda nyata ($p > 0,05$) terhadap kadar abu karaginan. Kadar abu karaginan dalam berbagai kondisi bahan baku dapat dilihat pada Gambar 13.



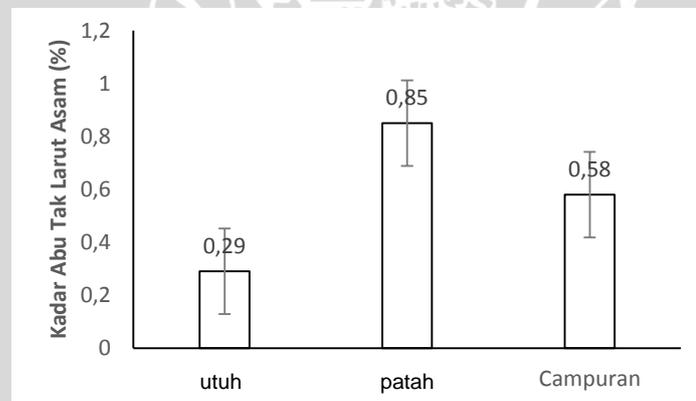
Gambar 13. Kadar abu karaginan pada berbagai kondisi bahan baku

Gambar 13 menunjukkan kadar abu karaginan pada berbagai kondisi bahan baku. Terlihat bahwa kadar abu tertinggi pada perlakuan utuh yaitu sebesar 31,27%. Kadar abu pada penelitian ini sesuai dengan hasil penelitian Hakim *et al.* (2011) yang memiliki kadar abu antara 27,88-38,89% tetapi lebih tinggi dari kadar abu yang diperoleh pada penelitian Wenno *et al.* (2012) yaitu 20,44%. Hal ini dimungkinkan pada kondisi bahan baku utuh tidak ada mineral yang keluar bersama dengan getah saat pengeringan sehingga mineral yang terkandung masih banyak dan menyebabkan tingginya kadar abu pada karaginan. Semakin lama rumput laut dipanen maka akan semakin tinggi kadar abu karena mineral yang diserap juga akan semakin banyak. Perairan dengan salinitas yang tinggi menyebabkan rumput laut banyak mengandung garam-

garam mineral. Mineral makro seperti Na, Ca, K, Cl, Mg, P, S, dan *trace element* seperti I, Mn, Cu, Fe banyak dijumpai pada rumput laut. Menurut Basmal *et al.* (2008) kandungan abu dalam karaginan sangat dipengaruhi oleh teknik pengolahan dan tingkat kebersihan dalam proses pencucian rumput laut yang sudah diekstrak menggunakan larutan garam alkali. Proses pencucian yang kurang bersih dapat mengakibatkan kelebihan ion K⁺ pada karaginan, sehingga akan menyumbang peningkatan kadar abu. Pemberian garam KCl selama proses ekstraksi karaginan cenderung meningkatkan kadar abu.

4.4 Kadar Abu Tak Larut Asam

Hasil analisis data menunjukkan bahwa perbedaan kondisi bahan baku memberikan pengaruh yang nyata ($p < 0,05$) terhadap kadar abu tak larut asam karaginan. Kadar abu tak larut asam karaginan dalam berbagai kondisi bahan baku dapat dilihat pada Gambar 14.



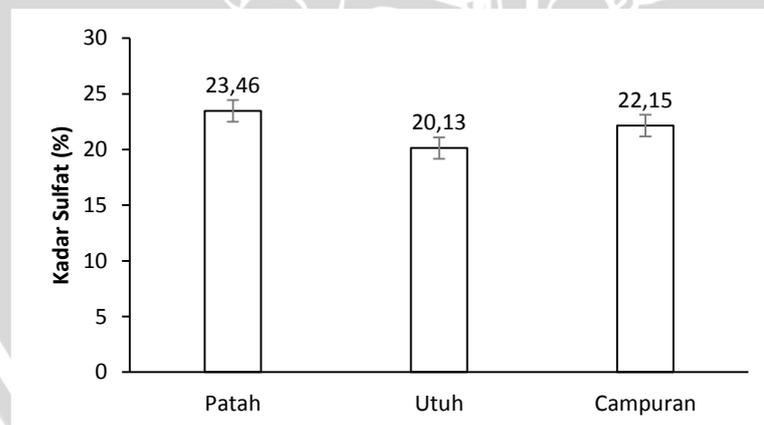
Gambar 14. Kadar abu tak larut asam karaginan pada berbagai kondisi bahan baku

Gambar 14 menunjukkan kadar abu tak larut asam karaginan pada berbagai kondisi bahan baku. Kadar abu tak larut asam tertinggi terdapat pada perlakuan patah sebesar 0,85%. Kadar abu tak larut asam pada penelitian ini lebih rendah dari yang dilaporkan peranganing *ea al.* (2011) yaitu 0,4-1% tetapi

lebih tinggi dari penelitian Hakim *et al.* (2011) yaitu 0,83%. Tingginya kadar abu tak larut asam karaginan dimungkinkan oleh kondisi patah menyebabkan terikutnya komponen dari tali pengikat rumput laut sehingga menyebabkan tingginya kadar abu tak larut asam. Abu tak larut asam adalah garam-garam klorida yang tidak larut asam yang sebagian adalah garam logam berat dan silika. Kadar abu tak larut asam merupakan salah satu kriteria yang menentukan tingkat kebersihan dalam proses pengolahan (Basma *et al.*, 2003). Kadar abu tak larut asam pada penelitian ini sesuai persyaratan abu tak larut asam yang ditetapkan oleh FCC (*Food Chemical Codec*) yaitu maksimal 1% dan FAO maksimal 2%.

4.5 Kadar Sulfat

Hasil analisis data menunjukkan bahwa perbedaan kondisi bahan baku memberikan pengaruh yang nyata ($p < 0,05$) terhadap kadar sulfat karaginan. Kadar sulfat karaginan dalam berbagai kondisi bahan baku dapat dilihat pada Gambar 15.



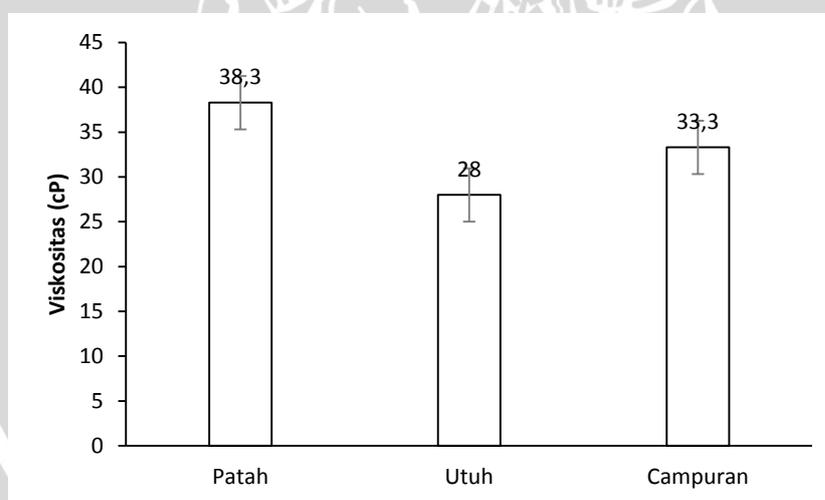
Gambar 15. Kadar sulfat karaginan pada berbagai kondisi bahan baku

Gambar 15 menunjukkan kadar sulfat karaginan pada berbagai kondisi bahan baku. Kadar sulfat tertinggi terdapat pada kondisi patah sebesar 23,46%. Kadar sulfat pada penelitian ini lebih tinggi dari penelitian Hakim *et al.* (2011)

yaitu 18,36%. Tingginya kadar sulfat karaginan dimungkinkan oleh lingkungan budidaya yang tinggi akan unsur-unsur mineral dan kondisi patah menyebabkan keluarnya getah yang menurunkan kekuatan gel yang mana berbanding terbalik dengan kadar sulfat. Hayashi *et al.* (2007) melaporkan karaginan memiliki kadar sulfat 23,08-33,48%. Penelitian Wenno *et al.* (2012) menghasilkan kadar sulfat karaginan umur panen 45 hari sebesar 29,36%. Rendahnya kadar sulfat pada karaginan dapat menyebabkan viskositas karaginan menurun. Kadar sulfat pada penelitian ini memenuhi standar kadar sulfat yang ditetapkan FAO yaitu 15-40%.

4.5 Viskositas

Hasil analisis data menunjukkan bahwa kondisi bahan baku memberikan pengaruh yang nyata ($p < 0,05$) terhadap viskositas karaginan. Viskositas karaginan dalam berbagai kondisi bahan baku dapat dilihat pada Gambar 16.



Gambar 16. Viskositas karaginan pada berbagai kondisi bahan baku

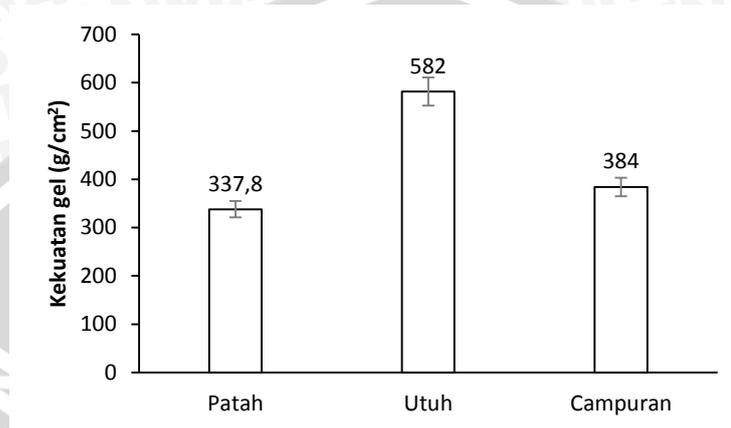
Gambar 16 menunjukkan bahwa viskositas tertinggi terdapat pada perlakuan patah. Terlihat bahwa nilai viskositas karaginan pada penelitian ini berkisar antara 28-38,3 cP. Hakim *et al.* (2011) melaporkan karaginan memiliki viskositas 24,16 cP. Webber *et al.* (2012) karaginan memiliki viskositas 3,03-

45,91 cP. Wenno *et al.* (2012) melaporkan karaginan memiliki viskositas berkisar antara 30,13-44 cP untuk umur panen 40 dan 55 hari. Hal ini disebabkan adanya getah yang keluar saat pengeringan dimungkinkan mengandung gugus fungsional karaginan sehingga semakin banyak getah yang keluar maka akan semakin banyak gugus fungsi yang terbuang dan menyebabkan tingginya viskositas karaginan yang mana hal tersebut tidak dikehendaki karena viskositas semakin tinggi akan menyebabkan rendahnya kekuatan gel karaginan. Hal ini sesuai dengan penelitian Distantina *et al.* (2010) peningkatan viskositas akan menyebabkan rendahnya kekuatan gel karaginan karena kelarutan karaginan dalam air sangat dipengaruhi oleh kadar sulfat yang memiliki sifat hidrofilik dan kation. Banyaknya fraksi sulfat dan keseimbangan kation dalam air menentukan kekentalan yang dibentuk. Nilai viskositas karaginan pada penelitian ini sesuai dengan nilai viskositas yang ditetapkan oleh FAO yang berkisar antara 5-800 cP.

Menurut Anon (2008), nilai viskositas sangat dipengaruhi oleh jumlah garam yang bereaksi dengan karaginan dan akan mencapai nilai tertinggi pada konsentrasi tertentu. Jika konsentrasi karaginan meningkat maka viskositasnya akan meningkat secara logaritmik. Viskositas larutan karaginan terutama disebabkan oleh sifat karaginan sebagai polielektrolit. Gaya tolakan (*repulsion*) antar muatan-muatan negatif sepanjang rantai polimer yaitu gugus sulfat, mengakibatkan rantai molekul menegang. Moirano (1977) mengemukakan bahwa semakin kecil kandungan sulfat, maka nilai viskositasnya juga semakin kecil, tetapi konsistensi gelnya semakin meningkat. Adanya garam-garam yang terlarut dalam karaginan akan menurunkan muatan bersih sepanjang rantai polimer. Penurunan muatan ini menyebabkan penurunan gaya tolakan (*repulsion*) antar gugus-gugus sulfat, sehingga sifat hidrofilik polimer semakin lemah.

4.6 Kekuatan Gel

Hasil analisis data menunjukkan bahwa kondisi bahan baku memberikan pengaruh yang nyata ($p < 0,05$) terhadap kekuatan gel karaginan. Kekuatan gel karaginan dalam berbagai kondisi bahan baku dapat dilihat pada Gambar 17.



Gambar 17. Kekuatan Gel pada berbagai kondisi bahan baku

Gambar 17 menunjukkan kekuatan gel karaginan pada berbagai kondisi bahan baku. Terlihat bahwa kekuatan gel karaginan berkisar antara 337,8-582 g/cm². Kekuatan gel karaginan dari kondisi utuh lebih tinggi dari yang dilaporkan Distantina *et al.* (2010) yaitu sebesar 108,67 g/cm² dan Wenno *et al.* (2012) yaitu sebesar 196,66-330 g/cm². Hal ini dimungkinkan saat pengeringan kondisi utuh tidak ada getah karaginan yang keluar sehingga kandungan karaginnannya tinggi yang juga berpengaruh terhadap tingginya kekuatan gel dari karaginan. Namun, kekuatan gel karaginan pada penelitian ini lebih rendah dari yang dilaporkan Hakim *et al.* (2011) yaitu sebesar 1897,36 g/cm². Hal ini dimungkinkan penambahan celite dan penggunaan suhu presipitasi yang berbeda yang menyebabkan tingginya kekuatan gel karaginan tersebut.

Kekuatan gel merupakan parameter utama karaginan. Salah satu sifat penting karaginan adalah mampu mengubah cairan menjadi padatan atau mengubah bentuk sol menjadi gel yang bersifat irreversible. Kemampuan inilah

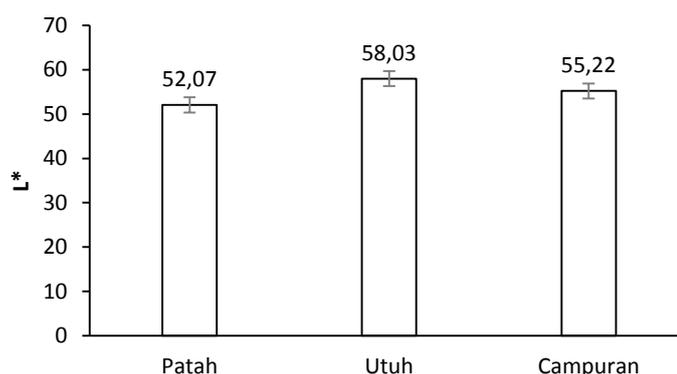
yang menyebabkan karaginan sangat luas penggunaannya, baik dalam bidang pangan maupun non pangan (Wenno *et al.*, 2012). Moirano (1977) menjelaskan bahwa 3,6-anhidrogalaktosa menyebabkan sifat beraturan dalam polimer dan sebagai akibatnya akan mempertinggi potensi pembentukan heliks rangkapnya. Konsentrasi 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.

4.7 Warna

Kebanyakan warna karaginan adalah kecoklatan. Hal ini disebabkan oleh adanya selulosa, pigmen fikoeritin, dan fikosianin. Selain sebagai komponen yang tidak larut air, selulosa juga menyebabkan warna karaginan menjadi keruh (Wenno, 2012).

4.7.1 Kecerahan (L*)

Hasil analisis data menunjukkan bahwa perbedaan kondisi bahan baku memberikan pengaruh yang nyata ($p < 0,05$) terhadap kecerahan karaginan. Kecerahan karaginan dalam berbagai kondisi bahan baku dapat dilihat pada Gambar 18.

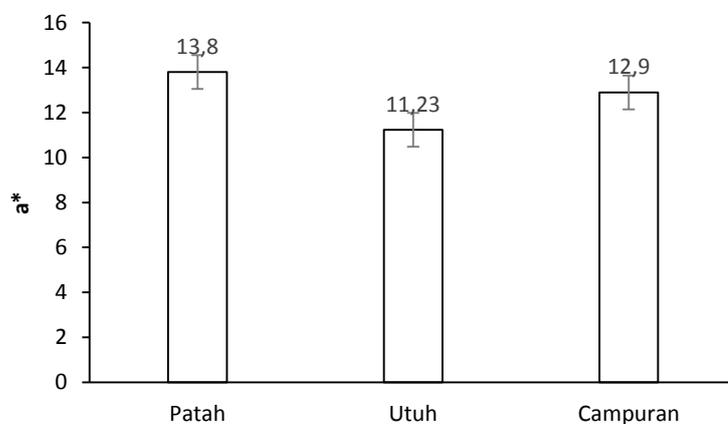


Gambar 18. Kecerahan Karaginan pada berbagai kondisi bahan baku

Gambar 18 menunjukkan kecerahan karaginan pada berbagai kondisi bahan baku. Terlihat bahwa pada perlakuan utuh memiliki tingkat kecerahan yang lebih tinggi dibandingkan perlakuan patah dan campuran. Hal ini dimungkinkan kondisi utuh dapat mencegah pecahnya dinding sel rumput laut sehingga getah karaginan tidak terpengaruh oleh lingkungan yang menyebabkan menurunnya tingkat kecerahan dari karaginan.

4.7.2 Kemerahan (a^*)

Hasil analisis data menunjukkan bahwa perbedaan kondisi bahan baku memberikan pengaruh yang nyata ($p < 0,05$) terhadap warna kemerahan karaginan. Warna kemerahan karaginan dalam berbagai kondisi bahan baku dapat dilihat pada Gambar 19.

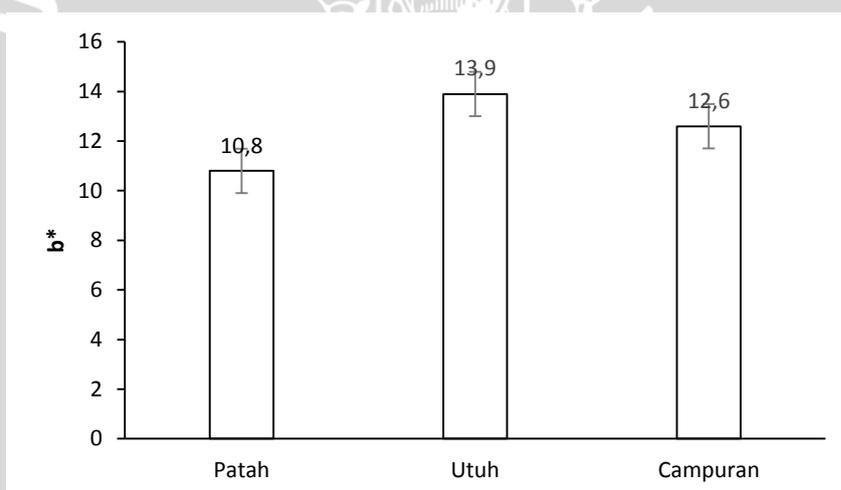


Gambar 19. Warna kemerahan karaginan pada berbagai kondisi bahan baku

Gambar 19 menunjukkan warna kemerahan pada perlakuan patah memiliki nilai yang lebih tinggi dibandingkan perlakuan utuh dan campuran. Hal ini dimungkinkan pengaruh lingkungan terhadap bahan baku memiliki proporsi yang berbeda-beda sehingga warna kemerahan yang dihasilkanpun juga berbeda.

4.7.3 Kekuningan (b*)

Hasil analisis data menunjukkan bahwa perbedaan kondisi bahan baku memberikan pengaruh yang nyata ($p < 0,05$) terhadap warna kekuningan karaginan. Warna kekuningan karaginan dalam berbagai kondisi bahan baku dapat dilihat pada Gambar 20.



Gambar 20. Warna kekuningan karaginan pada berbagai kondisi bahan baku

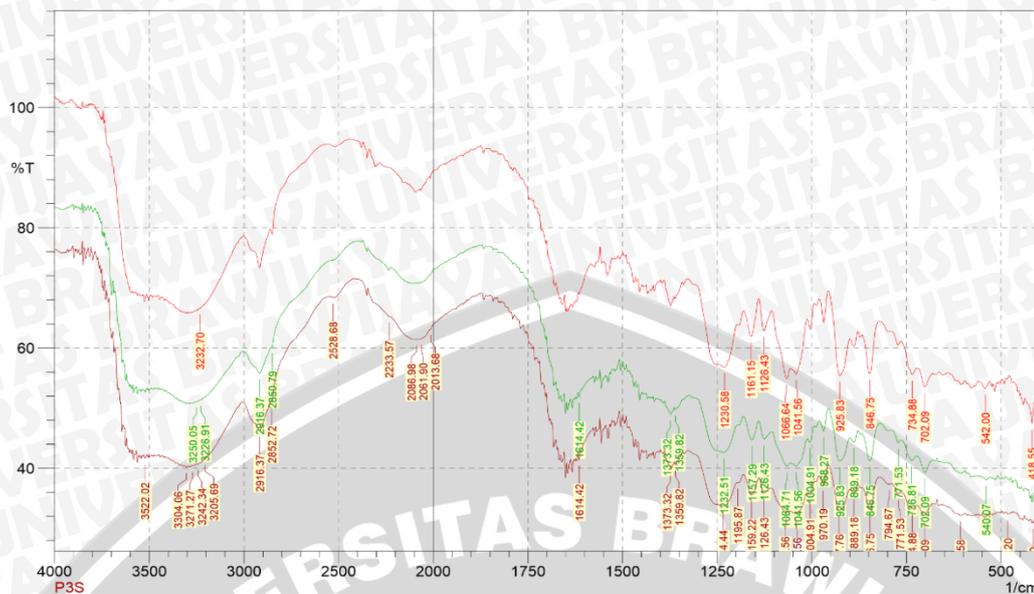
Gambar 20 menunjukkan warna kekuningan karaginan pada berbagai kondisi bahan baku. Terlihat bahwa perlakuan utuh memiliki tingkat warna kekuningan yang lebih tinggi dibandingkan perlakuan patah dan campuran. Hal ini dimungkinkan oleh kandungan pigmen yang terkandung berbeda.

Tepung karaginan kebanyakan berwarna kecoklatan. Warna kecoklatan pada karaginan bisa disebabkan masih adanya selulosa, pigmen fikoeritin, dan

fikosianin Wenno *et al.* (2012). Selain sebagai komponen yang tidak larut air, selulosa juga menyebabkan warna karaginan menjadi keruh (Imeson, 2000). Rata-rata nilai derajat putih karaginan pada penelitian ini berkisar antara 16,33-21,76%. Rendahnya derajat putih karaginan disebabkan oleh tidak adanya proses pemucatan rumput laut sebelum melakukan ekstraksi. Derajat putih tertinggi diperoleh dari pengeringan bahan baku secara patah. Hasil ini lebih rendah dari yang dilaporkan oleh Wenno *et al.* (2012) yang berkisar antara 35,54–41,36%. Hal ini dimungkinkan getah yang keluar saat pengeringan patah membawa sebagian selulosa yang ikut keluar sehingga menyebabkan kandungan selulosa berkurang dan mengakibatkan derajat putih karaginan lebih tinggi dari yang utuh dan campuran. Selain itu, penambahan umur panen cenderung menyebabkan nilai derajat putih karaginan mengalami penurunan. Hal ini diduga, dengan penambahan umur panen akan meningkatkan kandungan selulosa, yang merupakan komponen yang dapat mempengaruhi warna karaginan. Adanya selulosa dalam karaginan dalam jumlah yang tinggi tidak diharapkan karena dapat menyebabkan warna karaginan menjadi keruh (Bixler & Jhondro, 2000).

4.8 Spektra Infra Merah Karaginan

Analisa spektra infra merah digunakan untuk mengetahui keberadaan gugus-gugus fungsi molekul yang terdapat dalam isolat karaginan, dimana kesamaan gugus-gugus fungsi yang terdapat antara standar dan sampel menyatakan sampel yang dianalisa identik dengan standar (Rando *et al.*, 2005). Hasil spektra infra merah karaginan perlakuan patah, utuh dan campuran dapat dilihat pada Gambar 21.



Gambar 21. Spektra infra merah karaginan

Gambar 21 menunjukkan hasil spektra infra merah karaginan pada berbagai kondisi bahan baku. Muncul beberapa bilangan gelombang pada gambar yang menunjukkan gugus yang terkandung di dalam karaginan. Bilangan gelombang beserta intensitasnya dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Bilangan gelombang pada karaginan hasil penelitian

Gugus kimia	Bilangan gelombang (cm ⁻¹)			Intensitas		
	Utuh	Campuran	Patah	Utuh	Campuran	Patah
Ester sulfat	846.75	846.75	846.75	55.767	41.217	33.158
3,6 AG	925.83	925.83	925.83	55.37	41.136	33.003
G4S	1230.58	1232.51	1234.44	56.822	42.597	33.712

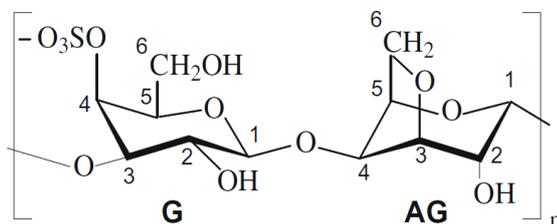
Table 4 menunjukkan bilangan gelombang hasil serapan IR karaginan dalam berbagai kondisi bahan baku. Bilangan gelombang ester sulfat dan galaktosa 4 sulfat lebih rendah dari yang dilaporkan Hidayah *et al.* (2013) untuk ester sulfat memiliki bilangan gelombang sebesar 1257,59 cm⁻¹ dan galaktosa 4 sulfat sebesar 848,68 cm⁻¹ tapi memiliki bilangan gelombang yang sama pada gugus 3,6 anhidrogalaktosa yaitu 925,83 cm⁻¹. Berdasarkan gugus fungsionalnya, pemisahan rumput laut dalam kondisi utuh memiliki bilangan

gelombang yang lebih tinggi dibandingkan karaginan dari bahan baku patah dan campuran. Hal ini dimungkinkan kondisi utuh dapat menghalangi keluarnya getah karaginan yang dapat menurunkan kandungan gugus fungsional dari karaginan. Marseno *et al.* (2010) melaporkan semakin besar nilai transmitansi maka nilai absorbansi akan semakin kecil, sehingga dari data yang dihasilkan dapat diperkirakan jumlah gugus teridentifikasi pada karaginan dengan umur panen 30 hari dan 60 hari lebih kecil dibandingkan karaginan hasil ekstraksi pada umur panen 45 hari. Hal ini menunjukkan bahwa karaginan dengan gugus fungsi terbanyak dijumpai pada karaginan yang diperoleh dari rumput laut dengan masa tanam 45 hari. Berdasar hasil identifikasi gugus fungsional tersebut juga dapat disimpulkan bahwa jenis karaginan yang dihasilkan adalah jenis kappa karaginan karena mengandung gugus D-galaktosa-4-sulfat dan 3,6 anhidro-Dgalaktosa serta tidak mengandung gugus D-galaktosa-2-sulfat dan gugus 3,6-anhidro-D-galaktosa-2-sulfat.

Menurut Uy *et al.* (2005) spektra infra merah menunjukkan adanya berkas absorpsi yang sangat kuat pada daerah $1210-1260\text{ cm}^{-1}$ karena ikatan ester sulfat dan daerah $1010-1080\text{ cm}^{-1}$ dianggap ikatan glikosidik pada semua jenis karaginan. Karaginan yang menunjukkan lebar spektrum $840-850\text{ cm}^{-1}$ adalah galaktosa-4-sulfat yang dimiliki karaginan jenis kappa. Hal ini menunjukkan spektrum karaginan hasil isolasi telah memenuhi spesifikasi dengan karaginan komersial karena gugus-gugus fungsi yang terdapat pada spektrum karaginan sampel yang dihasilkan identik dengan spektrum standar karaginan.

Hasil spektra infra merah menunjukkan bahwa karaginan hasil penelitian memiliki gugus 3,6 anhidro D galaktosa pada bilangan gelombang $925-933\text{ cm}^{-1}$, ester sulfat pada bilangan $1210-1260\text{ cm}^{-1}$ dan galaktosa 4 sulfat pada bilangan gelombang $840-845\text{ cm}^{-1}$ dan tidak mengandung gugus 3,6 anhidro D galaktosa 2 sulfat pada serapan gelombang 805 cm^{-1} yang keberadaannya menandakan

ketidakmurnian dari kappa karaginan (Sen dan Erboz, 2010). Struktur kappa karaginan dapat dilihat pada gambar 22.



Gambar 22. Struktur kappa karaginan

Gambar 22 menunjukkan bahwa karaginan memiliki gugus SO_3^- yang terikat pada R1 dan gugus H pada R3 yang hanya dimiliki oleh karaginan jenis kappa karaginan.



5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian tentang Pengaruh Perbedaan kondisi bahan baku *E. cottonii* Terhadap Kualitas Karaginan dapat diambil kesimpulan bahwa kondisi utuh menghasilkan kualitas karaginan yang lebih baik dibandingkan perlakuan patah dan campuran. Kondisi bahan baku terbaik adalah dalam kondisi utuh dengan hasil uji kadar air 9,85%, kadar abu 31,27%, kadar abu tak larut asam 0,29%, kadar sulfat 20,13%, viskositas 28 cP, kekuatan gel 582 g/cm², derajat putih 21,76%, spektra infra merah dengan bilangan gelombang (cm⁻¹) 925,83 untuk 3,6 AG, 846,75 untuk ester sulfat dan 1230,58 untuk galaktosa 4 sulfat dengan intensitas masing-masing 55,37, 55,767 dan 56,822.

5.2 Saran

Kondisi bahan baku *E. cottonii* dalam kondisi utuh menghasilkan kualitas karaginan yang lebih baik dibandingkan perlakuan patah dan campuran. Namun, perlu dilakukan penelitian lebih lanjut guna mencari faktor lain yang dapat meningkatkan kualitas karaginan *E. cottonii* seperti pengaruh pH dan lama waktu ekstraksi serta perbandingan air pengekstrak dan penambahan celite pada saat ekstraksi karaginan.

DAFTAR PUSTAKA

- Aldabahi, A., Chu, J., Feng dan Panhius, M. 2012. **Conducting composite materials from the biopolymer kappa-carrageenan and carbon nanotubes**. Beilstein Journal of Nanotechnology. Puerto Rico. USA.
- Anam, C., Sirojudin dan Firdausi, K.S. 2007. **Analisis Gugus Fungsi pada sampel uji menggunakan metode spektroskopi FTIR**. Jurnal Berkala Fisika. Fakultas MIPA. UNDIP. Semarang.
- Anggadiredja, J.T., Zalnika, A., Purwoto, H. dan Istini, S. 2006. **Rumput Laut**. Penebar Swadaya. Jakarta
- Anisuzzaman, S.M., Bono, A., Krisnaiah, D. dan Hussin, N.A. 2014. **Decolorization of Low Molecular Compounds of Seaweed by Using Activated Carbon**. International Journal of Chemical Engineering and Applications, Vol. 5. No. 2
- AOAC. 1995. **Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemist**. Washington, D.C.
- Arikunto, S. 1996. **Prosedur Penelitian**. Suatu Pendekatan Praktek. Rineka Cipta. Jakarta. 246 Hlm.
- Aslan, L.M. 1991. **Budidaya Rmput Laut**. Penerbit Kanisius. Yogyakarta. 97 Hlm.
- Asnawi, F. dan Susilaningtyas, L. 2009. **Pengaruh Kondisi Presipitasi Terhadap Rendemen Dan Sifat Karaginan Dari Rumput Laut *Kappaphycus alvarezii***. Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret. Surakarta.
- Bajpai, S. K. dan Pradeep, T. 2013. **Studies on equilibrium moisture absorption of kappa carrageenan**. International Food Research Journal. Jabalpur. India. 20(5): 2183-2191
- Banadib, A. dan Khoiruman. 2011. **Optimasi Pengeringan Pada Pembuatan Karaginan Dengan Proses Ekstraksi Dari Rumput Laut Jenis *Eucheuma cottonii***. Jurnal Teknik Kimia. Universitas Diponegoro. Semarang.
- Basmal, J., Sedayu, B.B and Utomo, B.S. 2003. **Effect of KCl Presipitation of Carrageenan from *Eucheuma cottonii* Extract**. Journal of Marine and Fisheries Postharvest and Biotechnologi. Special Edition. 4: 73-80.
- Bixler, H.J. dan Jhondro, K.D. 2000. **Philippine natural grade or semi refined carrageenan**. In Philips, G.O. and Williams, P.A. (eds). Handbook of Hydrocolloids. Wood Head Publishing, England.
- Chaidir, A. 2006. **Kajian Rumput Laut sebagai Sumber Serat Alternatif untuk Minuman Berserat**. Tesis. Unpublished. IPB. Bogor

Departemen Perdagangan Republik Indonesia. 1989. **Ekspor Rumput Laut Indonesia**. Jakarta. Hlm 57.

Diharmi, A., Fardiaz, D., Andarwulan, N., dan Heruwati, E.S. 2011. **Karakteristik Komposisi kimia rumput laut merah yang dibudidayakan dari pulau nusa penida, takalar dan sumenep**. Jurnal berkala perikanan terubuk. IPB. Bogor.

Distantina, S., Fadilah., Danarto, Y.C., Wiratni dan Fahrurrozi, M. 2009. Pengaruh Kondisi Proses Pada Pengolahan *Eucheuma Cottonii* Terhadap Rendemen Dan Sifat Gel Karaginan

_____, Fadilah., Rochmadi., Fahrurrozi, M. dan Wiratni. 2010. **Proses Ekstraksi Karaginan dari *Eucheuma cottonii***. Jurnal Ekuilibrium. Surakarta.

Djaeni, M., Kristanti, B. dan Amelia, V. 2013. **Pengaruh Kondisi Operasi Pada Proses Pengeringan Karaginan Dengan Foam**. Jurnal Teknologi Kimia dan Industri. Semarang.

Embuscado, M. E. dan K. C. Huber. 2009. **Edible Films and Coatings for Food Applications**. Springer. New York.

Falshaw, R., Bixler, H.J. and Johndro, K. 2001. **Structure and Performance of Commercial kappa-2 Carrageenan Extracts**. Food Hydrocolloids. New York.

FMC Corp. 1977. **Carrageenan**. Marine colloid monograph number one. Marine colloid division FMC corporation Springfield. New Jersey. USA p 23-29

Funami, T., Hiroe, M., Noda, S., Asai, L., Ikeda, S. dan Nishimari, K. 2007. **Influence of Molecular Structure Imaged With Atomic Force Microscopy on The Rheological Behavior of Carrageenan Aqueous Systems In The Presence Or Absence Of Cations**. Food Hydrocolloids 21: 617-629.

Glicksman, M. 1983. **Food Hydrocolloid 2**. Boca Raton, FL, CRC Press, Inc. USA.

Gretz, M.R., J.C. Mollet and R. Falshaw. 1997. **Analysis of Red Algal Extracellular Matrix Polysaccharides**. Michigan Technological University. Houghton. Michigan.

Gunawan, B. dan C.D. Azhari. 2010. **Karakterisasi Spektrofotometri I R dan Scanning Electron Microscopy (S E M) Sensor Gas dari Bahan Polimer Poly Ethelyn Glycol (P E G)**. Jurnal Berkala FMIPA. Universitas Muria. Kudus.

Hakim, A. R., Wibowo, S., dan Arfini, F. 2011. **Pengaruh perbandingan air pengestrak, suhu presipitasi dan Konsentrasi kalium klorida (KCl) terhadap mutu karaginan**. Jurnal Pascapanen dan Bioteknologi Kelautan dan Perikanan. IPB. Bogor.

- Haryadi., Medho, M.S. dan Marseno, D.W. 2010. **Pengaruh Umur Panen Rumput Laut *Eucheuma cottonii* Terhadap Sifat Fisik, Kimia Dan Fungsional Karaginan.** Jurnal Agritech. Kupang.
- Hudha, I.M., R. Sepdwiyantri dan S. D. Sari. 2012. **Ekstraksi Karaginandari Rumput Laut (*Eucheuma spinosum*) dengan Variasi Suhu Pelarut dan Waktu Operasi.** Berkala Ilmiah Teknik Kimia. 1(1): 17-20.
- Imeson, A.P. 2012. **Thickening and Gelling Agents for Food.** A John Wiley & Sons, Ltd Publication. United Kingdom.
- McHugh, D.J. 2003. **A Guide to the Seaweed Industry.** FAO Fisheries Paper. No. 441. Rome.
- Lewerissa, S. (2005). **Pengaruh Umur Panen *Eucheuma cottonii* Terhadap Karakteristik Karaginan dan Edible Film yang Dihasilkan.** Tesis. Unpublished. Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.
- Marlena, R. A. 2013. **Rumput laut Indonesia.** Warta ekspor. Ditjen PEN/MJL/70/IX/2013.
- Medina-Torres, L., Brito-De La Fuente, E., Torrestiana- Sanchez, B., dan Alonso, S. 2003. **Mechanical properties of gels formed by mixtures of mucilage gum (*Opuntia ficus indica*) and carrageenans.** Carbohydrate Polymer. 52. 143-150.
- Moirano, A.L, 1977, **Sulphated Seaweed Polysaccharides In Food Colloids.** Graham MD (editor). The AVI Publishing Company Inc, Westpoint Connecticut. USA
- Oviantari, V dan Parwata, P. 2007. **Optimalisasi Produksi Semi-refined Carrageenan (SRC) dari Rumput Laut *Eucheuma cottonii* dengan Variasi Konsentrasi Larutan Alkali dan Waktu Pemasakan.** Jurnal Penelitian dan Pengembangan sains dan Humanoria. Laporan Penelitian. Lembaga Penelitian Universitas Pendidikan Ganesha. Surakarta
- Peranginangin, R., Rahman, A. dan Irianto, E. 2011. **Pengaruh Perbandingan Air Pengekstrak dan Penambahan Celite Terhadap Mutu Kappa Karaginan.** Prosiding Forum Inovasi Teknologi Akuakultur. Balai Besar Riset Pengolahan Produk dan Bioteknologi Kelautan dan Perikanan. Jakarta.
- Perelra, L., Gheda, S.F. dan Claro, P. J. 2013. **Analysis by Vibrational Spectroscopy of Seaweed Polysaccharides with Potential Use in Food, Pharmaceutical, and Cosmetic Industries.** International Journal of Carbohydrate Chemistry. University of Coimbra. Portugal.
- Popa, E.G., Caridade, S.G., Mano, J.F., Reis R.L. dan Gomes, M. E. 2013. **Chondrogenic potential of injectable κ-carrageenan hydrogel with encapsulated adipose stem cells for cartilage tissue-engineering applications.** Journal of Tissue Engineering Regenerative Medicines Jan 9. doi: 10.1002/term.1683. [Epub ahead of print].

- Popescu, C., M. Iordan dan B. Cristian. 2007. **Structure and Properties of Carrageenan**. Journal of Fascicle VIII. Valahia University of Targoviste. Romania
- Prasetyowati, Corrine, J. A., dan Agustiawan, D. 2008. **Pembuatan Tepung Karaginan Dari Rumput Laut (*Eucheuma Cottonii*) Berdasarkan Perbedaan Metode Pengendapan**. Jurnal Teknik kimia. Fakultas Teknik. Universitas sriwijaya. Inderalaya.
- Prajapati, V.D., Maheriya, P.M., Jani., G.K. dan Solanki.H.K. 2014. **Carrageenan: A natural seaweed polysaccharide and its applications**. Carbohydrate Polymer. Department of pharmaceutics. India.
- Rando, T., Truus, K., Vaheer, M., dan Toomik, P. 2005. **Structural and compositional characteristic of gelling galactan from the red alga**. Carbohydrate polymers. Tallinn University. Estonia.
- Sastrohamidjojo. 1991. **Spektroskopi**. Edisi kedua. Liberty. Yogyakarta.
- Sastrosupardi. 2000. **Rancangan percobaan praktis bidang pertanian**. Kanisius. Yogyakarta.
- Sen, M. Dan E. N. Erboz. 2010. **Determination of critical gelation conditions of j-carrageenan by viscosimetric and FT-IR analyses**. Journal of Food Research International. Vol. 43 (1361–1364). Ankara. Turkey.
- Setijawati, D., S. Wijana., Aulaniami dan I. Santosa. 2011. **Viabilitas Dan Struktur Mikrokapsul *Lactobacillus Acidophilus* dengan Bahan Penyalut Karaginan Semi Murni Jenis *Eucheuma cottonii***. Fakultas Teknologi Pertanian. Universitas Brawijaya. Jurnal Teknologi Pangan. Vol 2 No. 1. 18 Hlm
- Siah, W.M., Aminah, A. dan Ishak, A. 2014. **Optimization of soaking conditions for the production of seaweed (*Kappaphycus alvarezii*) paste using response surface methodology**. International Food Research Journal. Kuala Lumpur. Malaysia.
- Sudarmadji, S., Haryono, B. dan Suhardi. 2010. **Analisa Bahan Makanan dan Pertanian**. Penerbit Liberty. Yogyakarta.
- Surakhmad, W. 1994. **Pengantar Penelitian Ilmiah Dasar**. Tarsito. Bandung.
- Suryadi, G., Stetiedharma, H., Hamdani. dan Iskandar. 1993. **Kecepatan pertumbuhan rumput laut *Eucheuma cottonii* pada 2 sistem budidaya yang berbeda**. UNPAD. Jatinangor.
- Syahrul. 2005. **Penggunaan Fikokoloid Hasil Ekstraksi Rumput Laut sebagai Substitusi Gelatin, pada Es Krim**. Tesis. Institut Pertanian Bogor. Jakarta. Hal. 30-43.
- Towle, G.A. 1973. **Carrageenan. Industrial gums**. Second edition. Academic Press. New York.

Uy, F.S., Easteal, A.J., dan Fard, M.M. 2005. **Seaweed Processing Using Industrial Single-mode Cavity microwave heating : a preliminary investigation**. Carbohydrate Research. 340 : 1357-1364.

Wenno, M.R., Thenu, J.L. dan Lopulalan, C.G. 2009. **Karakteristik kappa karaginan dari *Eucheuma cottonii* pada berbagai umur panen**. Jurnal JPB Perikanan. Unpat. Ambon.

_____. 2012. **Kajian Laju Pertumbuhan Harian, Produksi Berat Kering dan Kandungan Karaginan dari *Eucheuma cottonii* pada Berbagai Bagian Thalys, Berat Bibit dan Umur Panen**. Jurnal Ichtyos. Universitas Pattimura. Ambon. Vol. 9 No. 1

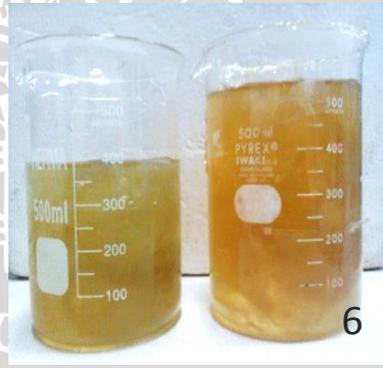
Widyastuti, S. 2010. **Sifat Fisik dan Kimiawi Karaginan yang Diekstrak dari Rumpun Laut *Eucheuma cottonii* Dan *E. spinosum* Pada Umur Panen Yang Berbeda**. Jurnal Agroteksos. Mataram

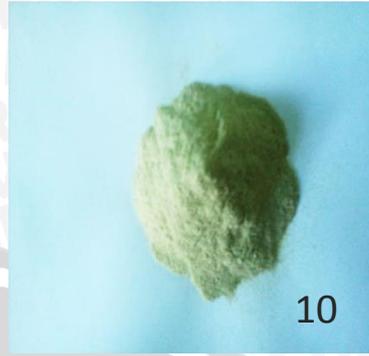
Winarno, F.G. 1996. **Teknologi Pengolahan Rumpun laut**. Pustaka Sinar Harapan. Jakarta.



LAMPIRAN

Lampiran 1. Dokumentasi ekstraksi karaginan





Keterangan:

1. Penimbangan Rumpuk laut
2. Pencucian dalam air mengalir
3. Pemanasan dalam KOH 8%
4. Residu
5. Ekstraksi dengan aquades
6. Perendaman filtrat dalam larutan KCl 1%
7. Penjemuran sinarmatahari
8. Penghalusan karaginan
9. Penyaringan ayakan 100 mesh
10. Tepung karaginan



Lampiran 2. Rendemen

Perlakuan	Ulangan			Jumlah	Rata-rata	sd
	I	II	III			
P	26,52	28,8	26,013	81,3	27,11	1,484
U	31,986	33,386	31,653	97,026	32,3422	0,919
C	29,2	30,906	29,22	89,33	29,77	0,977

ANOVA

Ragam	db	JK	KT	Uji F		
				F hitung	5%	1%
Perlakuan	2	41,052	24,531	15,374	5,14	10,92
Galat	6	8,01	1,335			
Total	8	49,062				

- FK = 7962,191
- JK Total = 49,062
- JK Perlakuan = 41,052
- JK Galat = 8,01
- KT Perlakuan = 24,531
- KT Galat = 1,335
- F Hitung = 15,374

$$\begin{aligned}
 BNT_{\alpha} &= t_{(\alpha, v)} \cdot \sqrt{\frac{2(KTG)}{r}} \\
 &= t_{(0,05, 6)} \cdot \sqrt{\frac{2(1,335)}{3}} \\
 &= 2,447 \cdot \sqrt{0,89} \\
 &= 2,447 \cdot 0,943 \\
 &= 2,307
 \end{aligned}$$

Perlakuan	Rata-rata
Patah	27,11a
Campuran	29,78a
Utuh	32,34b
BNT 5%	2,307



Lampiran 3. Kadar air

Perlakuan	Ulangan			Jumlah	Rata-rata	sd
	I	II	III			
P	10,189	8,4701	9,82	28,48	9,493	0,905
U	11,146	10,786	7,633	29,566	9,855	1,932
C	10,713	11,3701	10,957	33,041	11,013	0,331

ANOVA

Ragam	db	JK	KT	Uji F		
				F hitung	F tabel	
					5%	1%
Perlakuan	2	3,784	1,892	1,216	5,14	10,92
Galat	6	9,331	1,555			
Total	8	13,115				

- FK = 921,887
- JK Total = 13,115
- JK Perlakuan = 3,784
- JK Galat = 9,331
- KT Perlakuan = 1,892
- KT Galat = 1,555
- F Hitung = 1,216



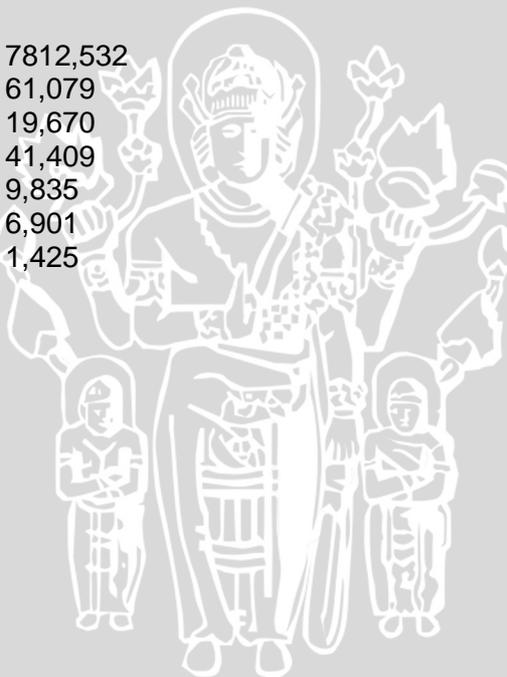
Lampiran 4. Kadar Abu

Perlakuan	Ulangan			Jumlah	Rata-rata	sd
	I	II	III			
P	27,344	25,366	30,236	82,947	27,649	2,449
U	33,631	31,523	28,655	93,811	31,27	2,497
C	29,541	32,341	26,523	88,407	29,469	2,909

ANOVA

Ragam	db	JK	KT	Uji F		
				F hitung	5%	1%
Perlakuan	2	19,670	9,835	1,425	5,14	10,92
Galat	6	41,409	6,901			
Total	8	61,079				

FK = 7812,532
 JK Total = 61,079
 JK Perlakuan = 19,670
 JK Galat = 41,409
 KT Perlakuan = 9,835
 KT Galat = 6,901
 F Hitung = 1,425



Lampiran 5. Analisis ragam kadar abu tidak larut asam

Perlakuan	Ulangan			Total	Rata-rata	sd
	I	II	III			
U	0,23	0,31	0,33	0,87	0,29	0,052
P	0,78	0,81	0,98	2,57	0,85	0,107
C	0,57	0,62	0,55	1,74	0,58	0,036

FK = 4,27
 JKT = 0,45
 JKP = 0,28
 JKG = 0,17

ANOVA

SK	db	JK	KT	F hitung	F5%	F1%
Perlakuan	2	0,21	0,19	9*	5,14	10,92
Galat	6	0,27	0,06			
Total	8	0,48				

*→berbeda nyata

Uji BNT

$$BNT_{\alpha} = t_{\alpha(db\ galat)} \times \sqrt{\frac{2(KTG)}{ulangan}}$$

$$\begin{aligned}
 BNT_{\alpha} &= t_{0,05(6)} \times \sqrt{\frac{2(0,06)}{3}} \\
 &= 2,447 \times \sqrt{2,53} \\
 &= 2,447 \times 0,143 \\
 &= 0,31
 \end{aligned}$$

Perlakuan	Rata-rata	Notasi
Patah	0,85	a
Campuran	0,58	a
Utuh	0,29	b
BNT 5%	0,31	

Lampiran 6. Kadar Sulfat

Perlakuan	Ulangan			Jumlah	Rata-rata	sd
	I	II	III			
P	21,51	23,63	21,32	66,47	22,15	1,281
U	24,457	22,59	23,35	70,4	23,46	0,935
C	19,69	20,72	19,97	60,39	20,13	0,535

ANOVA

Ragam	db	JK	KT	Uji F		
				F hitung	5%	1%
Perlakuan	2	16,954	8,477	9,067	5,14	10,92
Galat	6	5,609	0,934			
Total	8	22,564				

- FK = 4324,372
- JK Total = 22,564
- JK Perlakuan = 16,954
- JK Galat = 5,609
- KT Perlakuan = 8,477
- KT Galat = 0,934
- F Hitung = 9,067

$$\begin{aligned}
 BNT_{\alpha} &= t_{(\alpha, v)} \cdot \sqrt{\frac{2(KTG)}{r}} \\
 &= t_{(0,05, 6)} \cdot \sqrt{\frac{2(0,934)}{3}} \\
 &= 2,447 \cdot \sqrt{0,622} \\
 &= 2,447 \cdot 0,789 \\
 &= 1,93
 \end{aligned}$$

Perlakuan	Rata-rata
Patah	22,157a
Campuran	20,132a
Utuh	23,469b
BNT 5%	1,93



Lampiran 7. Viskositas

Perlakuan	Ulangan			Total	Rerata	sd
	I	II	III			
P	38	40	37	115	38.333333	1.527525
U	25	29	30	84	28	2.45751
C	35	31	34	100	33.333333	2.081666

ANOVA

Ragam	db	JK	KT	F hitung	Uji F	
					F tabel 5%	F tabel 1%
Perlakuan	2	160,22	80,11	17,58	5,14	10,92
Galat	6	27,33	2,72			
Total	8	187,5				

- FK = 9933,4
- JK Total = 187,5
- JK Perlakuan = 160,22
- JK Galat = 27,33
- KT Perlakuan = 80,11
- KT Galat = 2,72
- F Hitung = 17,58

$$\begin{aligned}
 BNT_{\alpha} &= t_{(\alpha, v)} \cdot \sqrt{\frac{2(KTG)}{r}} \\
 &= t_{(0,05, 6)} \cdot \sqrt{\frac{2(2,72)}{3}} \\
 &= 2,447 \cdot \sqrt{1,81} \\
 &= 2,447 \cdot 1,34 \\
 &= 3,29
 \end{aligned}$$

Perlakuan	Rata-rata
Patah	145,03a
Utuh	153,03a
Campuran	147,53b
BNT 5%	3,29



Lampiran 8. Kekuatan Gel

Perlakuan	Ulangan			Jumlah	Rerata	sd
	I	II	III			
P	5,9	4,7	6,3	16,9	5,63	0,83
U	9	10,9	9,2	29,1	9,7	1,04
C	6,2	5,4	7,6	19,2	6,4	1,11

ANOVA

Ragam	db	JK	KT	Uji F		
				F hitung	F tabel 5%	1%
Perlakuan	2	28,01	14,007	13,89	5,14	10,92
Galat	6	6,04	1,008			
Total	8	34,06				

- FK = 472,33
- JK Total = 34,06
- JK Perlakuan = 28,01
- JK Galat = 6,04
- KT Perlakuan = 14,007
- KT Galat = 1,008
- F Hitung = 13,89

$$\begin{aligned}
 BNT_{\alpha} &= t_{(\alpha, v)} \cdot \sqrt{\frac{2(KTG)}{r}} \\
 &= t_{(0,05, 6)} \cdot \sqrt{\frac{2(1,008)}{3}} \\
 &= 2,447 \cdot \sqrt{0,672} \\
 &= 2,447 \cdot 0,819 \\
 &= 2,004
 \end{aligned}$$

Perlakuan	Rata-rata
Patah	5,6a
Utuh	9,7b
Campuran	6,4c
BNT 5%	2,004



Lampiran 9. Kecerahan (L*)

Perlakuan	Ulangan			Total	Rerata	sd
	I	II	III			
P	50.5	52.3	53.4	156.2	52.06667	1.464013
U	57	58.9	58.2	174.1	58.03333	0.960902
C	53.8	55.67	56.2	165.67	55.22333	1.260807

ANOVA

Ragam	db	JK	KT	Uji F		
				F hitung	5%	1%
Perlakuan	2	53,461	26,73	17,22	5,14	10,92
Galat	6	9,31	1,232			
Total	8	62,774				

- FK = 27331,8
- JK Total = 62,774
- JK Perlakuan = 53,461
- JK Galat = 9,31
- KT Perlakuan = 26,73
- KT Galat = 1,232
- F Hitung = 17,22

$$\begin{aligned}
 BNT_{\alpha} &= t_{(\alpha, v)} \cdot \sqrt{\frac{2(KTG)}{r}} \\
 &= t_{(0,05, 6)} \cdot \sqrt{\frac{2(1,232)}{3}} \\
 &= 2,447 \cdot \sqrt{0,821} \\
 &= 2,447 \cdot 0,906 \\
 &= 2,216
 \end{aligned}$$

Perlakuan	Rata-rata
Patah	63,1a
Utuh	67,67b
Campuran	65,47b
BNT 5%	2,216



Lampiran 10. kemerahan (a*)

Perlakuan	Ulangan			Total	Rerata	sd
	I	II	III			
P	11.5	10.9	11.3	33.7	11.23333	0.305505
U	14.2	13.9	13.3	41.4	13.8	0.458258
C	12.3	13.8	12.7	38.8	12.93333	0.776745

ANOVA

Ragam	db	JK	KT	Uji F		
				F hitung	F tabel	1%
Perlakuan	2	10,22	5,11	6,922	5,14	10,92
Galat	6	1,813	0,045			
Total	8	12,042				

FK = 2143,69
 JK Total = 12,042
 JK Perlakuan = 10,22
 JK Galat = 1,813
 KT Perlakuan = 5,11
 KT Galat = 0,045
 F Hitung = 16,922

$$\begin{aligned}
 BNT_{\alpha} &= t_{(\alpha, v)} \cdot \sqrt{\frac{2(KTG)}{r}} \\
 &= t_{(0,05, 6)} \cdot \sqrt{\frac{2(0,045)}{3}} \\
 &= 2,447 \cdot \sqrt{0,03} \\
 &= 2,447 \cdot 0,173 \\
 &= 0,423
 \end{aligned}$$

Perlakuan	Rata-rata
Patah	15,23a
Utuh	15,27b
Campuran	15,8b
BNT 5%	0,423



Lampiran 11. Kekuningan (b*)

Perlakuan	Ulangan			Total	Rerata	sd
	I	II	III			
P	11.7	10.1	10.8	32.6	10.86667	0.802081
U	14.5	13.9	13.4	41.8	13.93333	0.550757
C	12.9	13.1	11.9	37.9	12.63333	0.64291

ANOVA

Ragam	db	JK	KT	Uji F		
				F hitung	5%	1%
Perlakuan	2	14,21	7,1	15,67	5,14	10,92
Galat	6	2,72	0,806			
Total	8	16,93				

FK = 1401,254
 JK Total = 16,93
 JK Perlakuan = 14,21
 JK Galat = 2,72
 KT Perlakuan = 7,1
 KT Galat = 0,806
 F Hitung = 15,67

$$\begin{aligned}
 BNT_{\alpha} &= t_{(\alpha, v)} \cdot \sqrt{\frac{2(KTG)}{r}} \\
 &= t_{(0,05, 6)} \cdot \sqrt{\frac{2(0,806)}{3}} \\
 &= 2,447 \cdot \sqrt{0,537} \\
 &= 2,447 \cdot 0,733 \\
 &= 1,79
 \end{aligned}$$

Perlakuan	Rata-rata
Patah	14,9a
Utuh	14,3b
Campuran	15,5b
BNT 5%	1,79



Lampiran 12. Keputusan (L-3b*)

Perlakuan	Ulangan			Total	Rerata	sd
	I	II	III			
P	22,3	22	21	65,3	21,76667	0,680686
U	14,7	17,2	18	49,9	16,63333	1,721434
C	16,3	16,37	18,7	51,37	17,12333	1,365882

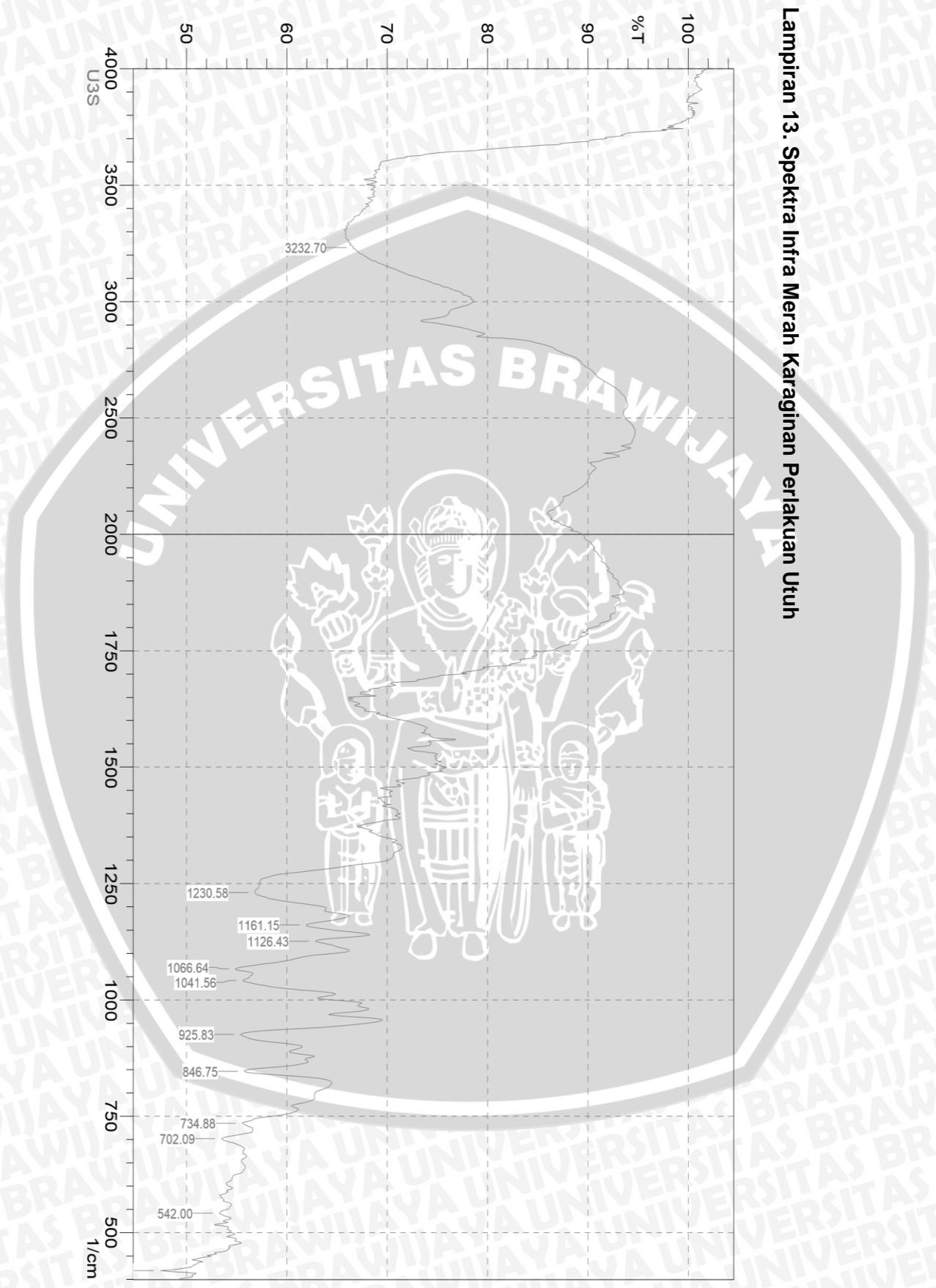
ANOVA

Ragam	db	JK	KT	F hitung	Uji F	
					F tabel	
					5%	1%
Perlakuan	2	48,151	24,07	13,64	5,14	10,92
Galat	6	10,58	1,764			
Total	8	58,736				

- FK = 3082,84
- JK Total = 58,73
- JK Perlakuan = 48,151
- JK Galat = 10,58
- KT Perlakuan = 24,07
- KT Galat = 1,76
- F Hitung = 13,64

$$\begin{aligned}
 BNT_{\alpha} &= t_{(\alpha, v)} \cdot \sqrt{\frac{2(KTG)}{r}} \\
 &= t_{(0,05, 6)} \cdot \sqrt{\frac{2(1,76)}{3}} \\
 &= 2,447 \cdot \sqrt{0,537} \\
 &= 2,447 \cdot 0,733 \\
 &= 1,79
 \end{aligned}$$





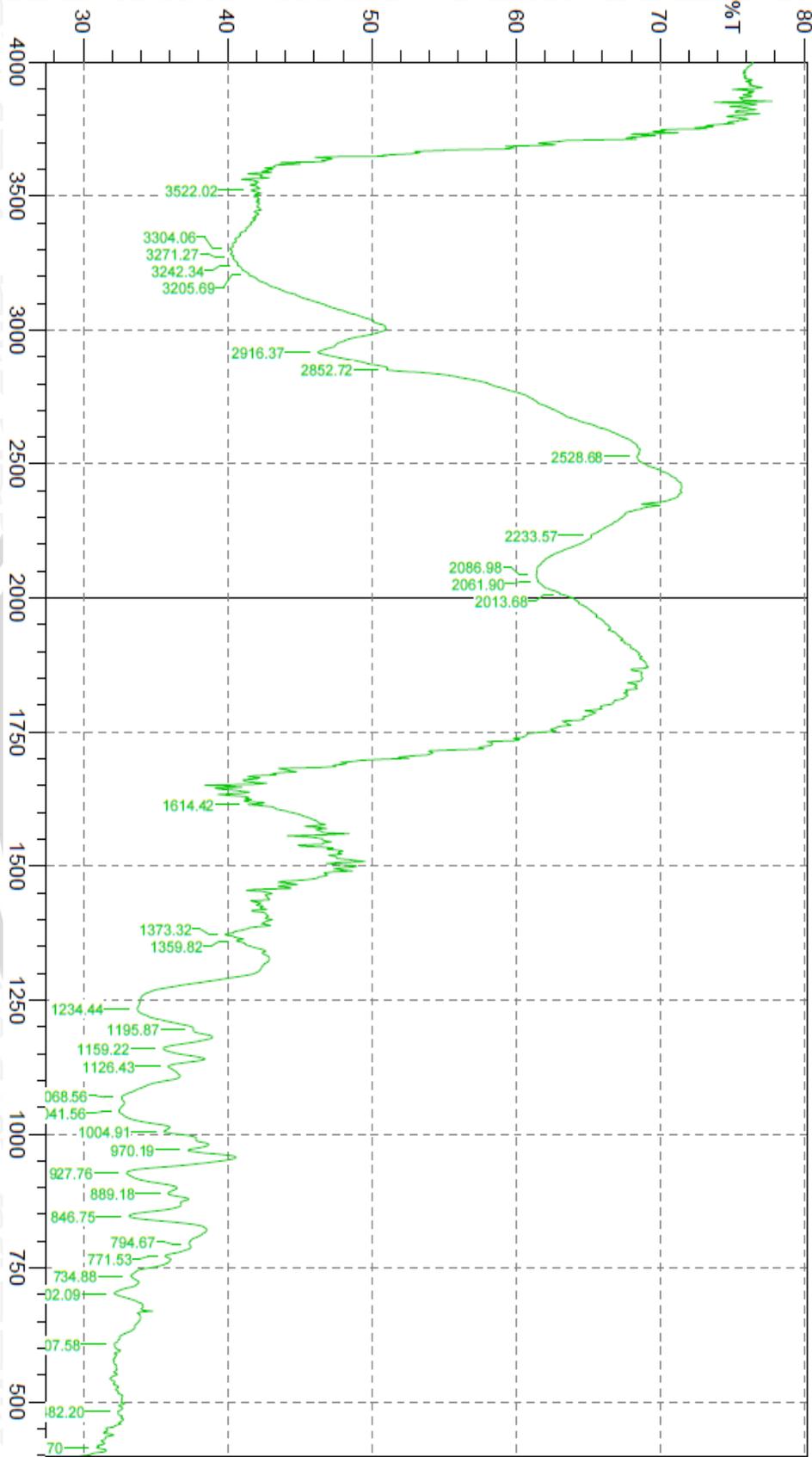
Lampiran 13. Spektira Infra Merah Karaginan Perlakuan Utuh

Lampiran 14. Tabel absorbansi Spektra Infra Merah Karaginan Perlakuan Utuh

	Peak	Intensity	Corr. Intensity	Base (H)	Base (L)	Area	Corr. Area
1	418,55	47,409	3,615	438,91	412,77	7,003	0,25
2	542	53,268	1,113	559,36	532,35	7,255	0,114
3	702,09	53,489	2,711	715,59	682,8	8,601	0,371
4	734,88	55,546	2,365	763,81	723,31	9,714	0,357
5	846,75	55,757	7,401	866,04	823,6	9,431	1,009
6	925,83	55,57	9,714	956,69	900,76	12,319	1,945
7	1041,56	55,62	3,631	1055,06	1014,56	9,485	0,689
8	1066,64	54,867	3,668	1105,21	1056,99	11,045	0,707
9	1126,43	62,85	4,559	1139,93	1107,14	6,171	0,503
10	1161,15	61,908	5,13	1178,51	1141,86	7,04	0,698
11	1230,58	56,822	2,775	1247,94	1197,79	11,532	0,642
12	3232,7	66,607	0,139	3234,62	3035,96	29,2	0,783



Lampiran 15. Spektre Infra Merah Karaginan Perlakuan Patah

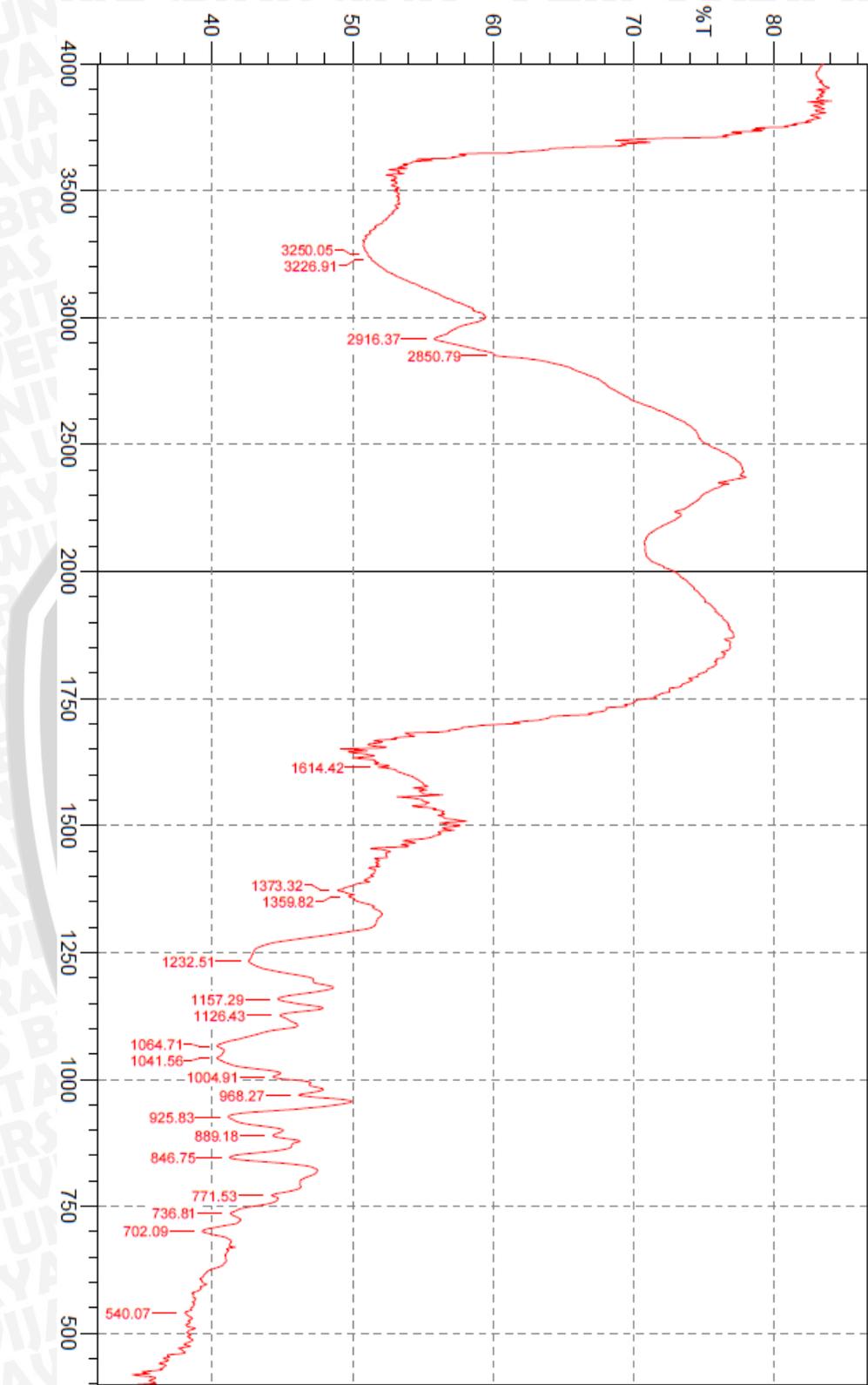


Lampiran 16. Tabel absorbansi Spektra Infra Merah Karaginan Perlakuan Patah

Peak	Intensity	Corr. Intensity	Base (H)	Base (L)	Area	Corr. Area	
1	414.7	30.913	0.612	422.41	410.84	5.86	0.057
2	482.2	32.388	0.307	487.99	474.49	6.59	0.032
3	607.58	32.13	0.397	617.22	596	10.418	0.071
4	702.09	32.135	1.84	723.31	682.8	19.458	0.468
5	734.88	33.288	1.061	765.74	725.23	18.818	0.296
6	771.53	35.672	0.591	788.89	767.67	9.312	0.069
7	794.67	37.334	0.258	819.75	790.81	12.237	0.065
8	846.75	33.158	4.438	867.97	821.68	20.683	1.07
9	889.18	35.859	1.029	898.83	879.54	8.481	0.135
10	927.76	33.003	5.493	964.76	900.76	24.392	1.925
11	970.19	37.271	2.205	979.84	956.69	9.56	0.275
12	1004.91	35.59	0.97	1010.7	993.34	7.603	0.102
13	1041.56	32.465	1.463	1056.99	1012.63	21.103	0.569
14	1068.56	32.631	0.988	1107.14	1058.92	22.625	0.429
15	1126.43	35.854	1.796	1138	1109.07	12.667	0.32
16	1159.22	35.529	3.161	1180.44	1139.93	17.491	0.786
17	1195.87	37.616	0.179	1197.79	1182.36	6.47	0.048
18	1234.44	33.712	1.341	1249.87	1197.79	23.826	0.607
19	1359.82	40.617	0.761	1363.67	1342.46	8.102	0.086
20	1373.32	39.834	1.639	1388.75	1365.6	9.027	0.244
21	1614.42	41.415	1.189	1616.35	1577.77	13.498	0.039
22	2013.68	63.017	0.107	2015.61	1969.32	8.852	0.002
23	2061.9	61.512	0.156	2065.76	2019.47	9.577	0.065
24	2086.98	61.397	0.085	2094.69	2065.76	6.119	0.011
25	2233.57	65.218	0.182	2312.65	2227.78	15.109	0.025
26	2528.68	68.384	0.456	2538.32	2445.74	14.64	0.222
27	2852.72	51.045	0.393	2858.51	2569.18	60.651	0.021
28	2916.37	46.263	4.775	3003.17	2860.43	44.906	3.201
29	3205.69	41.458	0.239	3209.55	3034.03	60.259	0.515
30	3242.34	40.687	0.085	3244.27	3211.48	12.678	0.023
31	3271.27	40.365	0.107	3275.13	3251.98	9.088	0.021
32	3304.06	40.136	0.236	3311.78	3292.49	7.624	0.024
33	3522.02	41.637	0.554	3527.8	3512.37	5.83	0.049



Lampiran 17. Spektira Infra Merah Karaginan Perlakuan Perlakuan Campuran



Lampiran 18. Tabel Absorbansi Spektro Infra Merah Karaginan Perlakuan Campuran

Peak	Intensity	Corr. Intensity	Base (H)	Base (L)	Area	Corr. Area	
1	540.07	38.046	0.481	545.85	530.42	6.439	0.047
2	702.09	39.297	2.369	721.38	682.8	15.132	0.458
3	736.81	41.285	1.636	763.81	723.31	15.053	0.326
4	771.53	44.207	0.928	786.96	765.74	7.354	0.083
5	846.75	41.217	5.278	867.97	821.68	16.395	1.044
6	889.18	44.326	1.286	898.83	879.54	6.702	0.136
7	925.83	41.136	6.117	954.76	900.76	19.315	1.744
8	968.27	46.163	2.768	979.84	956.69	7.428	0.259
9	1004.91	44.32	1.234	1010.7	993.34	5.951	0.104
10	1041.56	40.34	1.803	1055.06	1012.63	16.119	0.529
11	1064.71	40.337	1.374	1105.21	1056.99	18.027	0.501
12	1126.43	44.812	2.335	1139.93	1107.14	11.138	0.363
13	1157.29	44.677	3.471	1180.44	1141.86	12.898	0.673
14	1232.51	42.597	6.009	1307.74	1197.79	37.69	3.965
15	1359.82	49.701	0.659	1363.67	1342.46	6.311	0.075
16	1373.32	48.918	1.624	1388.75	1363.67	7.617	0.203
17	1614.42	51.82	0.852	1616.35	1577.77	10.315	0.022
18	2850.79	60.08	0.088	2852.72	2532.54	50.934	0
19	2916.37	55.807	4.021	3003.17	2856.58	34.941	2.183
20	3226.91	51.349	0.154	3230.77	3035.96	51.268	0.518
21	3250.05	51.077	0.032	3251.98	3230.77	6.169	0.007