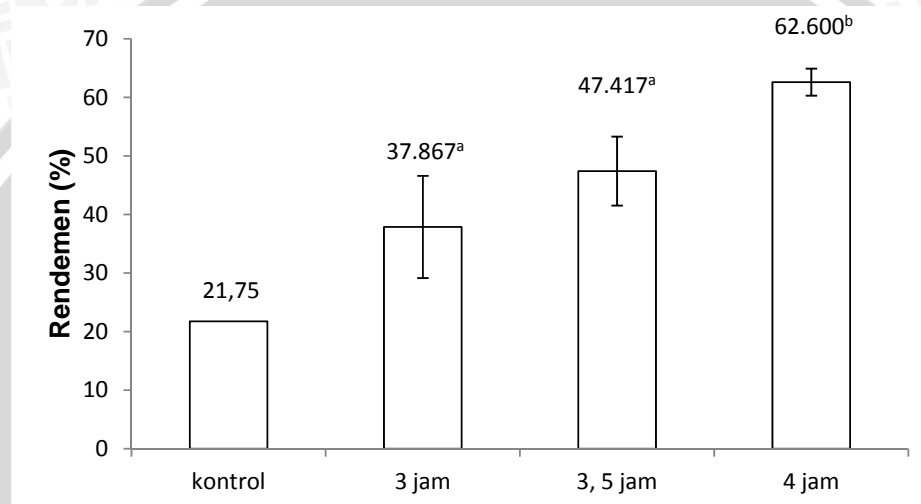


4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Rendemen

Hasil analisis data menunjukkan bahwa rendemen agar-agar antar perlakuan berbeda nyata ($P > 0,05$). Rendemen agar-agar pada berbagai waktu ekstraksi dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Rendemen Agar-agar Pada Waktu Ekstraksi Yang Berbeda

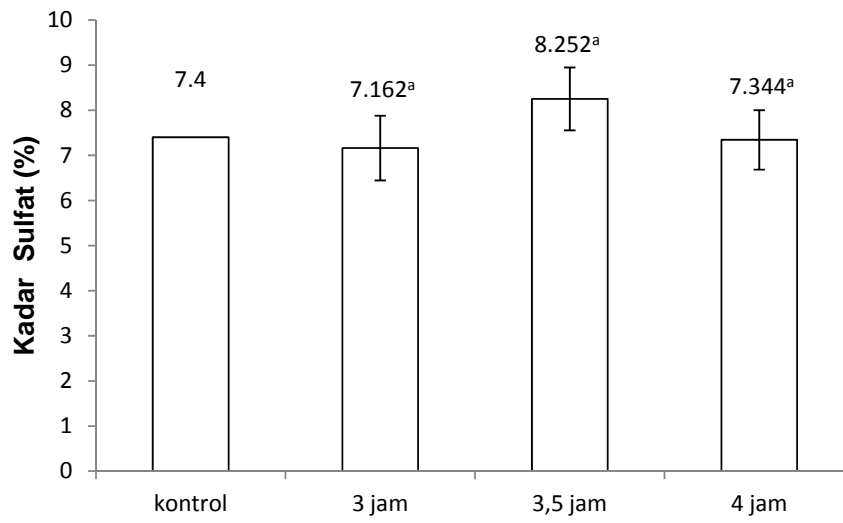
Waktu ekstraksi perlakuan selama 3 dan 3,5 jam menghasilkan rendemen agar-agar yang berbeda nyata dengan waktu ekstraksi 4 jam. Semakin lama waktu ekstraksi sampai batas waktu 4 jam, semakin tinggi pula rendemen agar-agar yang dihasilkan.

Rendemen agar-agar dengan berbagai perlakuan waktu ekstraksi lebih tinggi dibanding rendemen agar-agar kontrol. Hal ini diduga karena waktu ekstraksi dilakukan pada kondisi optimum sehingga didapatkan rendemen yang tinggi daripada kontrol. Hal ini didukung oleh penelitian Arvizu-Higuera et al. (2008) yang melaporkan bahwa hasil rendemen maksimum diperoleh dengan waktu ekstraksi selama 2-4 jam.

Rendemen agar-agar berbagai perlakuan waktu ekstraksi semakin meningkat dari waktu ekstraksi 3 jam ke 3,5 jam meningkat sebesar 9,55 %, kemudian dari waktu ekstraksi 3,5 jam ke 4 jam meningkat sebesar 15,183%. Semakin lama waktu ekstraksi akan meningkatkan rendemen agar-agar. Hal ini disebabkan karena semakin lama rumput laut kontak dengan panas maupun dengan larutan pengestrak, maka semakin banyak pektin yang terlepas dari dinding sel dan menyebabkan pektin meningkat sehingga rendemen agar-agar yang dihasilkan semakin tinggi. Semakin lama waktu ekstraksi akan meningkatkan rendemen agar-agar, karena protopektin berubah menjadi pektin yang bersifat larut dalam jaringan tanaman meningkatkan selulosa sehingga rendemen pada waktu ekstraksi 4 jam memiliki rendemen paling tinggi. Waktu ekstraksi untuk setiap bahan tidak sama tergantung pada jumlah selulosa yang berikatan dengan protopektin. (Kertesz, 1951)

4.2 Kadar Sulfat

Hasil analisis data menunjukkan bahwa kadar sulfat agar-agar antar perlakuan tidak berbeda nyata ($p > 0,05$). Kadar sulfat agar-agar dalam berbagai waktu ekstraksi dan kontrol dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Kadar Sulfat Agar-agar Pada Waktu Ekstraksi Yang Berbeda

Waktu ekstraksi perlakuan selama 3 jam menghasilkan kadar sulfat agar-agar yang tidak berbeda nyata dengan waktu ekstraksi perlakuan 3,5 jam dan 4 jam. Semakin lama waktu ekstraksi sampai batas waktu 4 jam, semakin rendah pula kadar sulfat agar-agar yang dihasilkan.

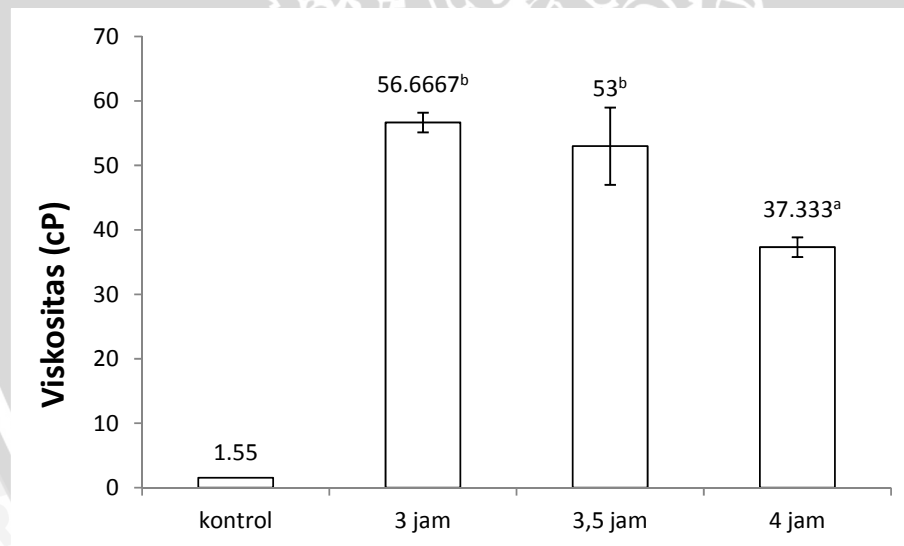
Kadar sulfat agar-agar dengan waktu ekstraksi 3,5 jam lebih tinggi dibanding kadar sulfat agar-agar kontrol. Sedangkan pada kadar sulfat agar-agar dengan waktu ekstraksi 3 jam dan 4 jam lebih rendah daripada agar-agar kontrol. Hal ini diduga karena perbedaan jenis dan asal rumput laut. Hal ini sesuai menurut pernyataan Suryaningrum, (1988) yaitu kandungan sulfat dapat dipengaruhi oleh jenis dan asal rumput laut, metode ekstraksi, serta umur panen. Peningkatan umur panen dapat memberi respon terhadap penurunan kandungan sulfat. Kandungan agarosa dan agaropektin pada agar-agar bervariasi tergantung dari jenis dan asal rumput laut yang digunakan sebagai bahan baku (Guiseley, 1968).

Semakin lama waktu ekstraksi yang digunakan maka kadar sulfat yang diperoleh dari ekstraksi kadar sulfat agar-agar semakin menurun (Gambar 7). Hal

ini dikarenakan proses hidrolisis selulosa akan menyebabkan penguapan sehingga kadar sulfat menjadi sulfat bebas yang menyebabkan kadar sulfat dari bahan akan semakin menurun. Hal ini sesuai dengan pernyataan Haryati (2006) bahwa lamanya waktu ekstraksi mampu menghidrolisis polimer pektin sehingga rantai molekulnya menjadi lebih pendek. Semakin pendek rantai polimer pektin akan semakin memudahkan pengeringan karena kandungan sulfat yang terperangkap di dalamnya akan semakin sedikit.

4.3 Viskositas

Hasil analisis viskositas menunjukkan bahwa viskositas agar-agar antar perlakuan berbeda nyata ($P>0.05$). Viskositas agar-agar *G. verrucosa* dalam berbagai waktu ekstraksi dan kontrol dapat dilihat pada Gambar 8.



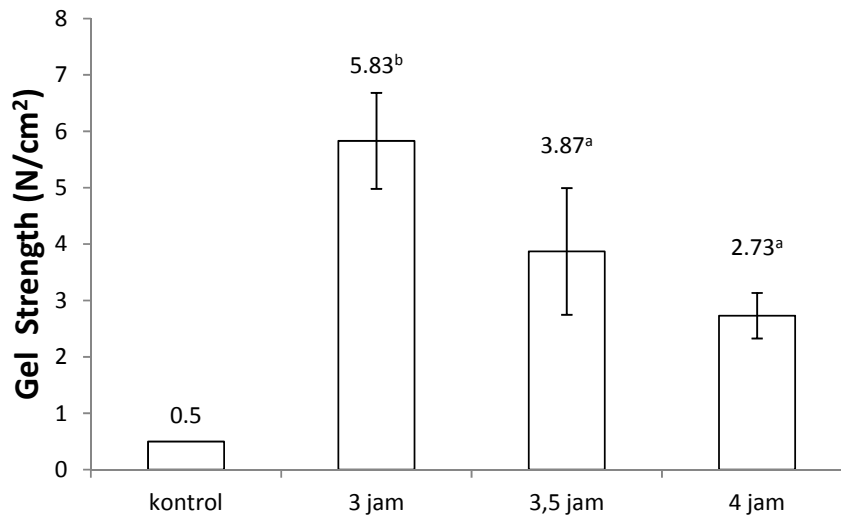
Gambar 8. Viskositas Agar-agar Pada Waktu Ekstraksi Yang Berbeda

Waktu ekstraksi perlakuan selama 3 dan 3,5 jam menghasilkan viskositas agar-agar yang berbeda nyata dengan waktu ekstraksi perlakuan 4 jam. Semakin lama waktu ekstraksi perlakuan sampai batas waktu 4 jam, semakin rendah pula rendemen agar-agar yang dihasilkan.

Gambar 8 terlihat semakin lama waktu ekstraksi viskositas agar-agar semakin menurun mengakibatkan banyak pektin yang hilang. Hal tersebut diduga karena semakin lama waktu ekstraksi semakin banyak kesempatan solven menyerang struktur protopektin menjadi pektin. Tetapi jika terlalu lama maka pektin yang terbentuk juga akan diserang, sehingga terjadi degradasi pektin yang terjadi. Viskositas dengan berbagai waktu ekstraksi lebih tinggi dibanding viskositas agar-agar kontrol. Hal ini diduga karena dengan lamanya waktu ekstraksi dalam pemanasan, maka konten sulfat meningkat dan menyebabkan peningkatan viskositas pada agar-agar. Hal ini tidak sesuai dengan pernyataan Glicksman (1983), yang menyatakan bahwa viskositas akan meningkat sesuai waktu ekstraksi yang konstan.

4.4 Kekuatan Gel

Hasil analisis data menunjukkan bahwa kekuatan gel agar-agar antar perlakuan berbeda nyata ($P < 0,05$). *Gel Strength* dalam berbagai waktu ekstraksi dan kontrol dapat dilihat pada Gambar 9.



Gambar 9. Kekuatan Gel Agar-agar Pada Waktu Ekstraksi Yang Berbeda

Waktu ekstraksi perlakuan selama 3 jam menghasilkan kekuatan gel agar-agar yang berbeda nyata dengan waktu ekstraksi perlakuan 3,5 jam dan 4 jam. Semakin lama waktu ekstraksi sampai batas waktu 4 jam, semakin rendah pula kekuatan gel agar-agar yang dihasilkan.

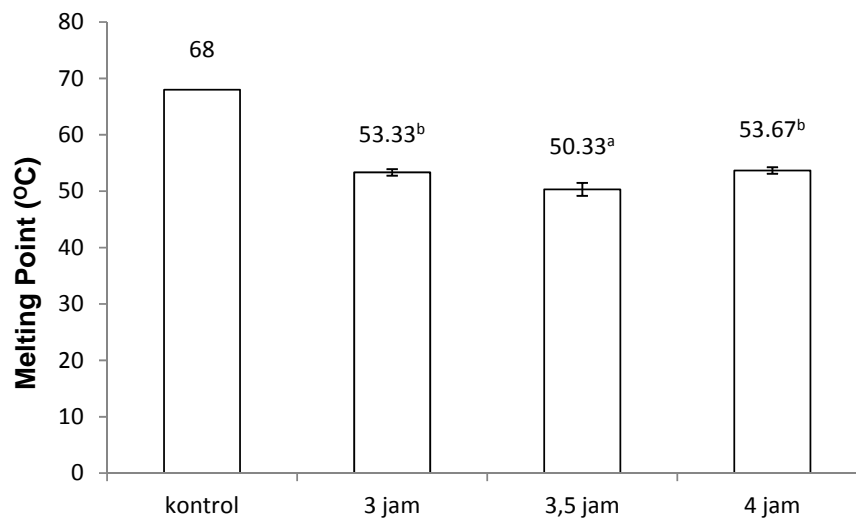
Kekuatan gel dengan berbagai waktu ekstraksi lebih tinggi dibanding agar-agar kontrol. Hal ini diduga karena adanya penambahan NaOH pada saat ekstraksi. Hasil penelitian ini tidak sesuai dengan pernyataan Winarno (1996), yang menyatakan bahwa pemberian alkali mampu menyebabkan terjadinya transeeliminasi gugus 6-sulfat, yang menghasilkan 3,6-anhidro-D-galaktosa. Dengan demikian derajat keseragaman molekul meningkat dan daya gelasinya juga bertambah. Waktu ekstraksi juga mempengaruhi nilai kekuatan gel. Semakin lama waktu ekstraksi, maka kekuatan gel semakin tinggi karena ikatan 3,6-anhidrogalaktosa yang terbentuk semakin banyak. Hasil penelitian ini juga tidak sesuai dengan pernyataan Distantina *et al.* (2008) yang melaporkan bahwa kekuatan gel agar-agar yang dihasilkan dari *G. verrucosa* akan memiliki

memiliki kekuatan gel lebih baik apabila menggunakan larutan alkali dalam proses perendaman dibandingkan dengan menggunakan larutan asam.

Penurunan kekuatan gel ini juga disebabkan karena menurunnya jumlah fungsi 3,6-anhidroglaktosa. Yao *et al.* (1984). Menyatakan bahwa penurunan kadar 3,6-anhidroglaktosa dengan semakin lamanya waktu ekstraksi dapat terjadi, hal ini disebabkan oleh terjadinya degradasi pada molekul-molekul penyusun agar-agar. Ditambahkan oleh Matsushashi (1997), yang menyatakan bahwa waktu pendidihan yang terlalu lama juga dapat mengakibatkan degradasi hidrolitik yang berlebihan, meskipun pada proses normal degradasi hidrolitik tidak dapat dihindari seluruhnya.

4.5 *Melting Point*

Data dan analisis *Melting Point* agar-agar dapat dilihat pada lampiran 3. Hasil analisis data menunjukkan bahwa *melting point* agar-agar antar perlakuan berbeda nyata ($P < 0,05$). *Melting Point* dalam berbagai waktu ekstraksi dapat dilihat pada Gambar 10.



Gambar 10. Melting Point Agar-agar Pada Berbagai Waktu Ekstraksi

Waktu ekstraksi perlakuan selama 3 jam dan 4 jam menghasilkan kekuatan gel agar-agar yang berbeda nyata dengan waktu ekstraksi perlakuan 3,5 jam. Semakin lama waktu ekstraksi sampai batas waktu 4 jam, semakin tinggi pula kekuatan gel agar-agar yang dihasilkan.

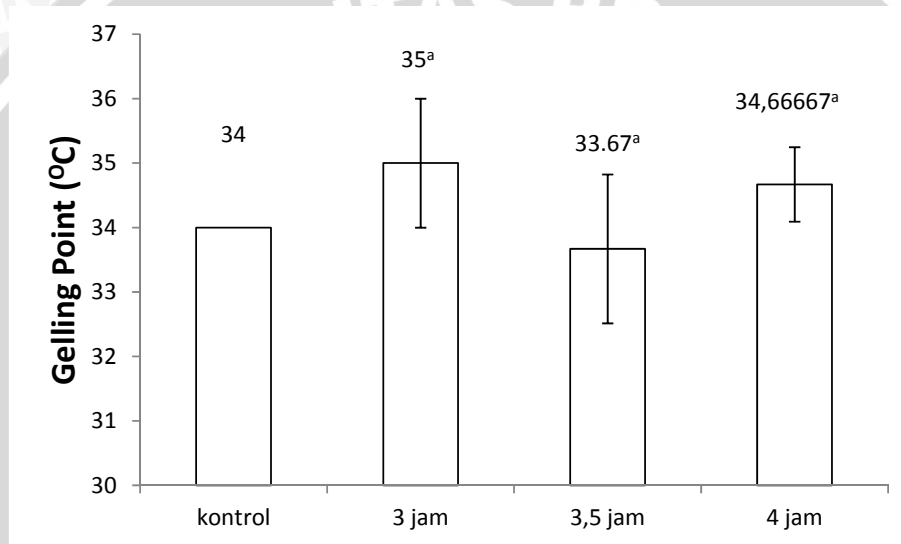
Melting point pada berbagai waktu ekstraksi lebih rendah daripada kontrol. Hal ini diduga karena ekstraksi menggunakan NaOH dapat menurunkan *melting point*. Hal ini sesuai dengan pernyataan Praiboon *et al.* (2006), yang menyatakan bahwa agar dari *Gracilaria* sp yang di ekstraksi selama 2 jam pada suhu 80°C dan NaOH 5% memiliki *melting point* sebesar 75°C. Penurunan *melting point* ini disebabkan karena agar yang diekstraksi dengan menggunakan NaOH 5% memiliki kandungan sulfat yang lebih rendah apabila dibandingkan dengan agar yang diekstraksi tanpa menggunakan NaOH.

Melting Point pada berbagai waktu ekstraksi dengan temperatur tinggi yang diterima oleh dinding sel menyebabkan terjadinya kerusakan pada dinding sel dan mengurangi kekuatan mekanis dinding sel tersebut. Akibatnya terjadi

perubahan maupun kerusakan struktur internal material tanaman (Gujar dkk., 2010).

4.6 Gelling Point

Hasil analisis data menunjukkan bahwa *gelling point* agar-agar antar perlakuan tidak berbeda nyata ($P>0,05$). *Gelling Point* dalam berbagai waktu ekstraksi dapat dilihat pada Gambar 11.



Gambar 11. Gelling Point Agar-agar Pada Berbagai Waktu Ekstraksi

Waktu ekstraksi perlakuan selama 3 jam menghasilkan kekuatan gel agar-agar yang tidak berbeda nyata dengan waktu ekstraksi perlakuan 3,5 dan 4 jam. Semakin lama waktu ekstraksi sampai batas waktu 4 jam, semakin tinggi pula kekuatan gel agar-agar yang dihasilkan.

Gelling point dengan berbagai waktu ekstraksi lebih tinggi dibandingkan *gelling point* agar-agar kontrol. Hal ini sesuai dengan pernyataan Praiboon *et al.* (2006) yang menyatakan bahwa agar dari *Graciararia* sp yang di ekstrasi selama 2 jam pada suhu 80°C dan NaOH 5% memiliki *gelling point* sebesar 53,6°C. Peningkatan *gelling point* ini disebabkan karena agar yang diekstraksi dengan menggunakan NaOH 5% memiliki kandungan sulfat yang lebih rendah apabila

dibandingkan dengan agar yang diekstraksi tanpa menggunakan NaOH karena 3,6-anhidrogalaktosa meningkat, sehingga meningkatkan *gelling point* pada agar.

Gelling point pada berbagai waktu ekstraksi dengan temperatur tinggi yang diterima oleh dinding sel menyebabkan terjadinya kerusakan pada dinding sel dan mengurangi kekuatan mekanis dinding sel tersebut. Akibatnya terjadi perubahan maupun kerusakan struktur internal material tanaman (Gujar dkk., 2010).

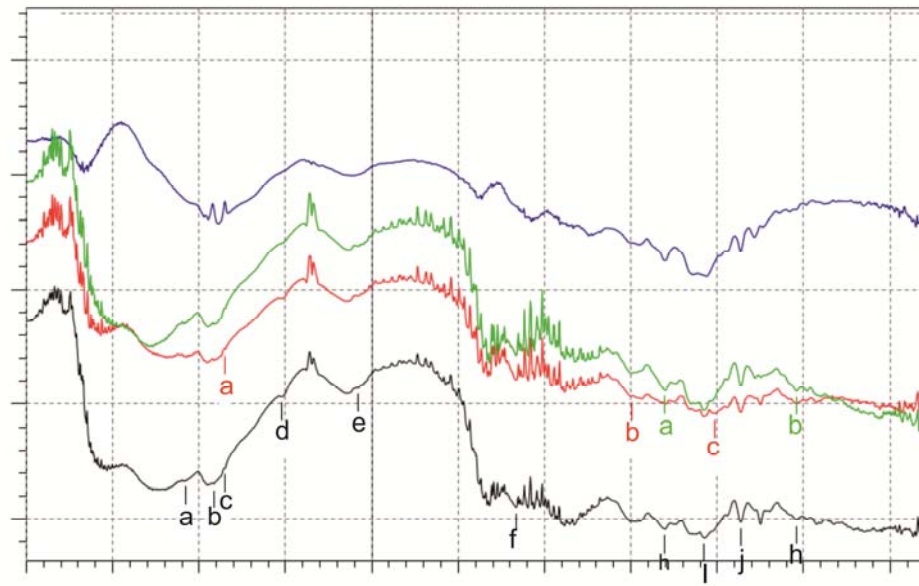
4.7 Spektra FT-IR Agar

Analisa FT-IR agar-agar *G. verrucosa* dilakukan untuk mengetahui gugus fungsional agar-agar *G. verrucosa*. Sampel agar-agar hasil proses ekstraksi 3 jam gugus fungsi asam karboksilat muncul pada panjang gelombang $3074,53 \text{ cm}^{-1}$, ikatan O-CH₃ muncul pada panjang gelombang $2850,79$ dan $2914,44 \text{ cm}^{-1}$, cincin C=C aromatik muncul pada panjang gelombang $1583,56 \text{ cm}^{-1}$, ikatan ester sulfat muncul pada panjang gelombang $1151,5 \text{ cm}^{-1}$, gugus 3,6-anhidrogalaktosa muncul pada panjang gelombang $931,65 \text{ cm}^{-1}$ dan $771,53 \text{ cm}^{-1}$. Sampel agar-agar hasil proses ekstraksi 3,5 jam ikatan ester sulfat muncul pada panjang gelombang $1247,94 \text{ cm}^{-1}$, ikatan O-CH₃ muncul pada panjang gelombang $2848,86 \text{ cm}^{-1}$. Agar-agar hasil dari proses ekstraksi selama 4 jam ikatan cincin aromatik muncul pada panjang gelombang $771,53 \text{ cm}^{-1}$ dan ikatan ester sulfat muncul pada panjang gelombang $1151,5 \text{ cm}^{-1}$.

Tabel 5. Angka Gelombang dan Gugus Fungsional pada Agar-agar Kontrol

Puncak Angka Gelombang (cm ⁻¹)	Gugus
3500-3650	Asam Karboksilat
2850-2970	Ikatan O-CH ₃
2100-2260	C≡C
1690-1760	Golongan Metil
1610-1680	Deformasi Ikatan Amin
1600-1680	Deformasi Ikatan Amin
1500-1600	C=C aromatic
1340-1470	C-H alkana
1300-1370	Ikatan Ester Sulfat
1180-1360	Ikatan Ester Sulfat
1050-1300	Ikatan Ester Sulfat
690 - 900	Ikatan Karbon-sulfur / Cincin aromatik
675 - 995	3,6-anhidro-galaktosa

Menurut FAO (1990), gugus asam karboksilat muncul pada panjang gelombang 3500-3650 cm⁻¹, ikatan O-CH₃ muncul pada panjang gelombang 2850-2970 cm⁻¹, gugus ikatan rangkap muncul pada panjang gelombang 2100-2260, gugus golongan metil muncul pada panjang gelombang 1690-1760, gugus deformasi ikatan amin muncul pada panjang gelombang 1610-1680, gugus deformasi ikatan amin muncul pada panjang gelombang 1600-1680, gugus ikatan rangkap aromatic muncul pada panjang gelombang 1500-1600, gugus C-H alkana muncul pada panjang gelombang 1340-1470, ikatan ester sulfat muncul pada panjang gelombang 1300-1370, ikatan ester sulfat muncul pada panjang gelombang 1180-1360, ikatan ester sulfat pada muncul panjang gelombang 1050-1300, ikatan karbon-sulfur /cincin aromatik muncul pada panjang gelombang 690-900, ikatan 3,6-anhidro-galaktosa muncul pada panjang gelombang 675-995.



- : kontrol
- : Ekstraksi 4 jam
- : Ekstraksi 3,5 jam
- : Ekstraksi 3 jam

Gambar 12. Spektra FT-IR Agar-agar Pada Berbagai Waktu Ekstraksi

Waktu ekstraksi yang terlalu lama akan mengakibatkan terjadinya hidrolisis pektin menjadi asam galakturonat. Pada kondisi asam, ikatan glikosidik gugus metil ester dari pektin cenderung terhidrolisis menghasilkan asam galakturonat (Smith dan Bryant, 1968).

Tabel 6. Angka Gelombang dan Gugus Fungsional pada Agar-agar Perlakuan

Puncak Angka Gelombang (cm ⁻¹)	Gugus
3500-3650 (a)	Asam Karboksilat
2850-2970 (b)	Ikatan O-CH ₃
2100-2260 (c)	C≡C
1690-1760 (d)	Golongan Metil
1610-1680 (e)	Deformasi Ikatan Amin
1600-1680 (f)	Deformasi Ikatan Amin
1500-1600 (g)	C=C aromatic
1340-1470 (h)	C-H alkana
1300-1370 (a)	Ikatan Ester Sulfat
1180-1360 (b)	Ikatan Ester Sulfat
1050-1300 (c)	Ikatan Ester Sulfat
690 - 900 (a)	Ikatan Karbon-sulfur / Cincin aromatik
675 - 995 (b)	3,6-anhidro-galaktosa

