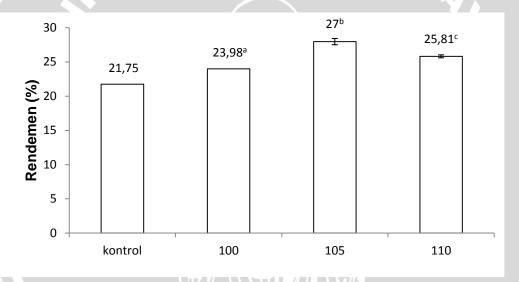
4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Rendemen

Rendemen merupakan salah satu parameter penting dalam menilai efektif tidaknya proses pembuatan tepung agar-agar. Efektif dan efisiennya proses ekstraksi bahan baku untuk pembuatan tepung agar-agar dapat dilihat dari nilai rendemen yang dihasilkan. Data dan analisis rendemen agar-agar dapat dilihat pada lampiran 7. Hasil analisis data menunjukkan bahwa suhu ekstraksi memberikan pengaruh yang nyata (p < 0,05) terhadap rendemen agar. Rendemen agar dalam berbagai suhu ekstraksi dapat dilihat pada gambar 5.



Gambar 5. Rendemen Agar-agar Pada Berbagai Suhu Ekstraksi

Gambar 5. memperlihatkan bahwa rendemen kontrol lebih rendah bila dibandingkan dengan rendemen agar-agar berbagai suhu ekstraksi yang berbeda. Hal ini dimungkinkan karena pada suhu kontrol belum terjadi kelarutan yang akan meningkatkan rendemen. Hal ini sesuai dengan penelitian Murdinah et al., (2012) bahwa suhu ekstraksi 60 °C menghasilkan rendemen sebesar 20,25% dan juga melaporkan bahwa jumlah air juga menyebabkan kelarutan

BRAWIJAYA

agar-agar dalam air pengekstrak lebih sedikit, sehingga menyebabkan rendemen agar-agar menurun.

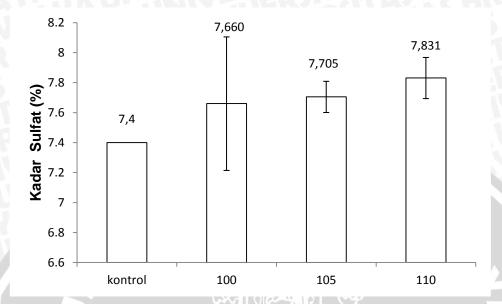
Gambar 5. menunjukkan adanya peningkatan rendemen antar perlakuan. Yang disertai dengan terjadi titik optimal rendemen yaitu pada perlakuan suhu 105 °C, hal ini dimungkinkan karena dengan adanya peningkatan suhu ekstraksi akan terjadi kelarutan yang tinggi pula, sehingga akan meningkatkan rendemen dari agar-agar *G. verrucosa* tersebut. Kumar dan Fotedar (2009) melaporkan bahwa suhu ekstraksi berkolerasi positif dengan rendemen agar-agar. Wakhid (2013) menambahkan bahwa semakin tingginya rendemen diduga akibat penambahan pemberian konsentrasi NaOH yang menyebabkan dinding sel rusak dan agar yang terakumulasi pada dinding sel dapat ditarik keluar dengan mudah saat diekstraksi menggunakan asam asetat.

Gambar 5. Memperlihatkan bahwa terjadi penurunan rendemen agaragar pada suhu 110 °C, hal ini disebabkan karena terjadinya degradasi polisakarida selama proses alkali. Freile-Pelegrin (2005) menambahkan penurunan yield agar semua spesies *Gracilaria* setelah perlakuan alkali tampaknya berkaitan dengan degradasi dari polisakarida selama pengobatan dan kerugian agar dengan difusi selama pemrosesan.

4.2 Kadar Sulfat

Kadar sulfat merupakan parameter yang digunakan untuk berbagai jenis tepung yang terdapat dalam alga merah. Sulfat dalam agar-agar akan mempengaruhi kualitas agar yaitu akan mengurangi kekuatan gel dan kandungan 3,6-anhidro-L-galaktosa. Sehingga semakin rendah kadar sulfat yang dihasilkan maka semakin baik kualitas agar-agar yang dihasilkan. Data dan analisis kadar sulfat agar-agar dapat dilihat pada Lampiran 8. Hasil analisis data menunjukkan bahwa kadar sulfat agar-agar antar perlakuan tidak berbeda nyata

(p > 0,05). Kadar sulfat agar-agar berbagai macam perlakuan suhu ekstraksi dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Kadar Sulfat Agar-agar pada Berbagai Suhu Ekstraksi

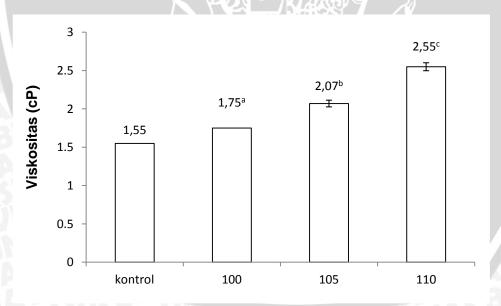
Gambar 6. menunjukkan bahwa kadar sulfat kontrol lebih rendah bila dibandingkan dengan kadar sulfat agar-agar pada berbagai suhu ekstraksi yang berbeda. Hal ini dimungkinkan karena pada suhu kontrol belum terjadi perubahan dalam struktur 3,6-anhidro-L-galaktosa yang akan meningkatkan kandungan sulfat pada agar-agar. Kumar dan Fotedar (2009) menyatakan peningkatan konten sulfat dengan suhu ekstraksi dapat berhubungan dengan panas yang menyebabkan perubahan dalam struktur molekul agar. Zanitka dan istini (2008) menambahkan sulfat dalam agar-agar akan mempengaruhi kualitas agar yaitu mengurangi kandungan 3,6-anhidro-L-galaktosa. Sehingga semakin rendah kadar sulfat yang dihasilkan maka semakn baik kualitas agar-agar yang dihasilkan.

Gambar 6 menunjukkan adanya peningkatan kadar sulfat pada setiap perlakuan. Hal ini dimungkinkan adanya kerusakan struktur 3,6-anhidro-L-galaktosa yang disebabkan peningkatan suhu ekstraksi. Indriawati (2008) melaporakan bahwa penurunan konsentrasi 3,6-anhidro-L-galaktosa selalu

disertai dengan peningkatan residu sulfat. Pada penelitianya dijelaskan pada suhu 80 °C diperoleh kadar sulfat 6,12%. Ditambahkan oleh Kumar dan Ravi (2009), ada korelasi negatif antara rendemen agar dan kandungan sulfat yaitu bahwa semakin tinggi suhu ekstraksi menunjukkan perubahan dalam struktur agar menjadi bentuk sulfat yang merupakan bagian penting dari rantai molekul agar.

4.3 Viskositas

Viskositas didefinisikan sebagai perbandingan antara tekanan geser suatu cairan. Viskositas agar-agar pada suhu dan konsentrasi konstan adalah fungsi langsung dari berat molekul rata-rata. Data dan analisis viskositas agar-agar dapat dilihat pada Lampiran 9. Hasil analisis data menunjukkan bahwa viskositas agar-agar antar perlakuan berbeda nyata (p < 0,05). Viskositas agar-agar dalam berbagai suhu ekstraksi dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Viskositas Agar-agar Pada Berbagai Suhu Ekstraksi

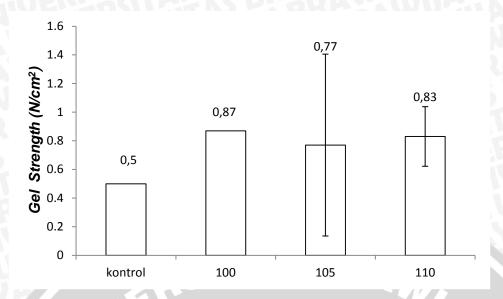
Gambar 7. menunjukkan bahwa viskositas agar-agar dengan berbagai suhu ekstraksi lebih tinggi dibandingkan dengan viskositas agar-agar kontrol. Hal ini dimungkinkan semakin tinggi suhu ekstraksi membantu pembentukan gel

yang relatif konstan. Menurut Murdinah dkk (2012), viskositas larutan agar sangat bervariasi tergantung sumber bahan bakunya. Viskositas pada suhu di atas titik terbentuknya gel, relatif konstan pada pH 4,5 sampai 9,0 dan tidak terlalu dipengaruhi oleh waktu atau kekuatan ion pada kisaran pH 6 sampai 8.

Gambar 7. Menjelaskan viskositas agar-agar meningkat seiring dengan peningkatan suhu ekstraksi. Hal ini di mungkinkan ekstraksi dengan suhu yang semakin tinggi dapat menyebabkan partikel yang terdapat dalam larutan semakin banyak, sehingga menyebabkan semakin banyak pula gesekan partikel yang terjadi di dalam larutan sehingga nilai viskositasnya (kekentalanya) meningkat. Sears dan Zemansky (1991) mengatakan viskositas dapat dianggap sebagai gesekan di bagian dalam suatu fluida. Yunizal (2002) menambahkan jika gel sudah terbentuk, viskositas pada suhu konstan akan meningkat dengan peningkatan umur gel. Rata-rata viskositas agar-agar yang dihasilkan dalam penelitian ini berkisar antara 1,55 – 2,55 cP dan kadar viskositas tertinggi terjadi pada perlakuan suhu 110 °C.

4.4 Kekuatan Gel (Gel Strength)

Salah satu sifat penting dari tepung agar-agar adalah mampu mengubah cairan menjadi padatan atau mengubah bentuk sol menjadi gel yang bersifat *reversible*. Kemampuan inilah yang menyebabkan tepung agar-agar banyak sekali penggunaanya. Data dan analisis kekuatan gel agar-agar dapat dilihat pada lampiran 10. Hasil analisis data menunjukkan bahwa suhu ekstraksi memberikan pengaruh yang tidak berbeda nyata terhadap kekuatan gel agar-agar (p > 0,05). Kekuatan gel agar-agar dalam berbagai suhu ekstraksi dapat dilihat pada Gambar 8.



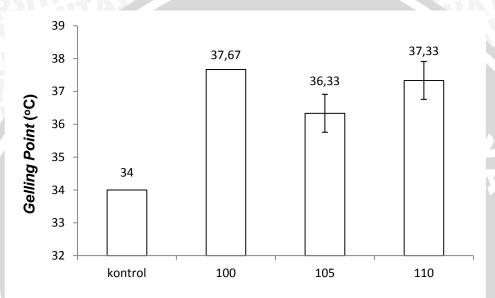
Gambar 8. Kekuatan Gel Agar-agar pada Berbagai Suhu Ekstraksi

Gambar 8. menunjukkan bahwa kekuatan gel agar-agar kontrol lebih rendah bila dibandingkian dengan kekuatan gel agar-agar berbagai suhu ekstraksi. Hal ini dimungkinkan pada agar kontrol jumlah kadar 3,6-anhidro-L-galaktosadalam agar-agar sedikit, sehingga strukur heliks yang terbentuk juga sedikit, dengan demikian akan menghambat pembentukkan gel. Hal ini sesuai Yao *et al.*, (1984) mengatakan kekuatan gel yang lebih tinggi dimiliki agar-agar yang mengandung kadar 3,6-anhidro-L-galaktosa yang tinggi dan kadar sulfat yang rendah.

Gambar 8. Juga memperlihatkan adanya penurunan kekuatan gel antar perlakuan pada suhu 105 °C. hal ini dimungkinkan karena meningkatnya jumlah air pada proses ekstraksi. Menurut Sukamulyo (1989), hal ini disebabkan karena semakin banyak air yang digunakan maka konsentrasi larutan agar-agar yang terlarut semakin rendah, sehingga penjendalan agar-agar yang dihasilkan cenderung lebih rendah. Irawati (1994) menambahkan kekuatan gel menurun dengan semakin meningkatnya jumlah air ekstraksi yang digunakan.

4.5 Gelling Point

Gelling point merupakan aspek yang perlu diteliti dalam menentukan kualitas agar-agar. Data dan analisis gelling point agar-agar dapat dilihat pada Lampiran 11. Hasil analisis data menunjukkan bahwa gelling point antar perlakuan tidak berbeda nyata (p > 0,05). Gelling point agar-agar dalam berbagai suhu ekstraksi dapat dilihat pada Gambar 9.



Gambar 9. Gelling Point Agar-agar pada Berbagai Suhu Ekstraksi

Gambar 9. Menunjukkan bahwa *gelling point* agar-agar dengan berbagai suhu ekstraksi lebih tinggi dibandingkan *gelling point* agar-agar kontrol. Hal ini dimungkinkan suhu tinggi mempengaruhi kandungan metoksil agar-agar menjadi meningkat. Menurut Amnidar (1989), Titik pembentukan gel berhubungan dengan kadar metoksil yang terkandung dalam agar-agar. Peningkatan kadar metoksil pada agarosa akan meningkatkan titik pembentukan gel. *Gelling point* agar-agar meningkat dengan peningkatan kadar metoksil (Andriamananatonio *et al.*, 2007; Duckworth dan Yaphe, 1971; Guiseley, 1970). Tensiska (1992) menambahkan temperatur pembentukan gel agar-agar berkisar 32-39 °C. Temperatur pembentukan gel berkorelasi positif dengan kandungan metoksil agar-agar

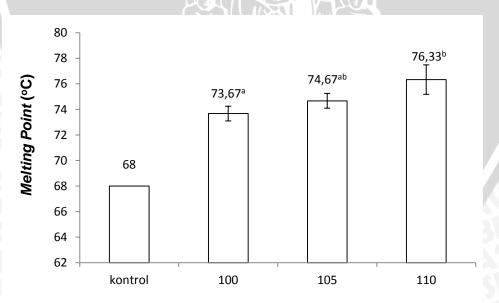
BRAWIJAYA

Gambar 9. Juga menunjukkan *gelling point* agar-agar dengan berbagai suhu ekstraksi terjadi penurunan antar perlakuan pada suhu 105 °C. Hal ini dimungkinkan terjadi pemecahan ikatan metoksil agar. Menurut Kumar dan Ravi (2009), suhu yang tinggi dapat memecah ikatan metoksil agar sehingga suhu pembentuk gel lebih rendah. Disamping itu kandungan sulfat yang lebih tinggi dan suhu ekstraksi yang tinggi dapat mempengaruhi suhu pembentuk gel yang menyebabkan perubahan dalam struktur molekul agar.

Walaupun suhu ekstraksi tidak berpengaruh terhadap *gelling point* agaragar, akan tetapi agar-agar dalam penelitian ini masih memiliki *gelling point* yang sesuai dengan pernyataan Gliksman (1983) dimana larutan agar memiliki *gelling point* pada kisaran suhu 32 °C sampai 39 °C.

4.6 *Melting Point*

Hasil analisis menunjukkan bahwa suhu ekstraksi memberikan pengaruh yang nyata (p < 0,05) terhadap *melting point* agar-agar. *Gelling point* agar-agar dalam berbagai suhu ekstraksi dapat dilihat pada Gambar 10.



Gambar 10. Melting Point Agar-agar pada Berbagai Suhu Ekstraksi

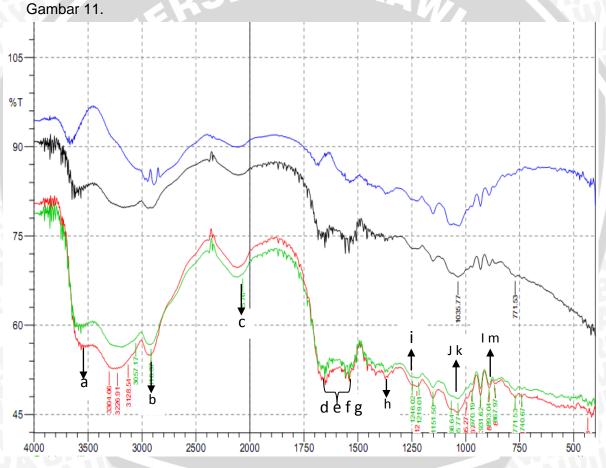
Gambar 10. menunjukkan bahwa *melting point* agar-agar kontrol rendah bila dibandingkan dengan melting point agar-agar berbagai suhu ekstraksi. Hal ini dimungkinkan pada agar kontrol belum terjadi peningkatan kandungan asam piruvat, yang berkorelasi positif dengan titik leleh agar. Young et al., (1971) mengatakan melting point berkolerasi positif dengan kandungan asam piruvat dan mengubah struktur agar-agar.

Gambar 10. juga menunjukkan bahwa melting point meningkat pada setiap perlakuan. Hal ini dimungkinkan semakin tinggi suhu ekstraksi menyebabkan konsentrasi dan berat molekul agar-agar berkorelasi positif. Menurut Murdinah dkk (2012), titik cair agar jauh lebih tinggi daripada suhu pembentukan gel, misalnya 1,5% larutan agar akan membentuk gel dengan pendinginan 32°C sampai 39°C dan tidak mencair dibawah suhu 85°C. Fenomena tersebut dinamakan histeresis. Fenomena histeresis merupakan karakteristik alami dari agar yang dapat dimanfaatkan dalam aplikasi pangan, khususnya yang menggunkan proses panas.

Titik pelelehan adalah suhu pada saat penguraian daerah simpulan (junction zones) menjadi struktur pilinan ganda (double helix) dan selanjutnya berubah menjadi konformasi gulungan acak (random coil) (Rees et al, 1969). Agar-agar dalam penelitian ini masih memiliki melting point yang sesuai dengan pernyataan Glicksman (1983) dimana larutan agar memiliki melting point dibawah suhu 85 °C.

4.7 Spektra Inframerah

Prinsip FTIR (*Spektrofotometer Fourier Transform Infra Red*) yaitu penyerapan sejumlah frekuensi sinar merah yang melalui cuplikan senyawa organik, sinar yang diserap akan menaikkan amplitude gerakan vibrasi dalam molekul. Sampel yang dianalisa menggunakan FTIR ini yaitu hasil perlakuan disalah satu ulangan. Tujuan analisa menggunakan FTIR yaitu untuk mengetahui gugus fungsi yang terdapat pada agar-agar. Hasil spektrofotometri untuk agar-agar kontrol dan agar-agar pada berbagai suhu ekstraksi dapat dilihat pada



: Kontrol : Suhu 100 °C : Suhu 105 °C : Suhu 110 °C

Gambar 11. Spektra Agar-agar Pada Berbagai Suhu Ekstraksi

Gambar 11. menunjukkan bahwa terdapat beberapa puncak yang menunjukkan gugus yang terkandung dalam agar-agar. Puncak gelombang beserta gugusnya dapat dilihat pada Tabel 8.

Tabel 8. Angka Gelombang dan Gugus Fungsional yang Terkandung Pada Agar Kontrol dan Agar Berbagai Suhu Ekstraksi

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

Tabel 8. menunjukkan bahwa agar-agar kontrol dan agar-agar dengan berbagai suhu ekstraksi mengandung gugus-gugus yang memang dimiliki oleh agar-agar pada umumnya. Terdapat banyak kemiripan gugus antar agar-agar dengan berbagai suhu ekstraksi, sehingga perbedaan suhu ekstraksi tidak

berpengaruh terhadap gugus fungsional agar-agar.

Spektrum IR memiliki peran dalam pembedaan polisakarida pada alga. Pita absorpsi IR dari kelompok sulfat dari polisakarida alga akan ditampilkan pada 1240-1250 cm⁻¹. Umumnya untuk ester sulfat dan gelombang 805 cm⁻¹ dikaitkan dengan sulfat pada C₂ dari 3,6-anhidro-galaktosa (Anderson *et al.*, 1968). Gelombang di 705 cm⁻¹ dimungkinkan karena adanya sulfat pada C₄ galaktosa (Rohas *et al.*, 1986). Puncak absorbansi yang lemah pada 1,3 galaktosa (Zablackis dan Santos, 1986).

Absorbansi pada gelombang 2960, 2845, 1640, dan 895-900 cm⁻¹ juga diamati dalam spektrum IR agar. Absorbansi pada 2960 cm⁻¹ dikaitkan dengan CH₂, absorbansi pada gelombang 2845 cm⁻¹ menunjukkan adanya O-CH₃

sebagai bahu dari gelombang dan gelombang 2920 cm⁻¹ dispektrum yang menunjukkan *higly methylated* agar (Ji *et al.*, 1985). Puncak pada 2830 cm⁻¹ dan 2815 cm⁻¹ yang dikaitkan dengan O-CH₃ (Araki *et al.*, 1967) dan puncaknya pada 1780 cm⁻¹ adalah 6 mono kelompok metal agar (Christiaen dan Bodard, 1983). Gelombang di 1640 cm⁻¹ ini disebabkan oleh gugus air (Zundel, 1969). Gelombang di 930 cm⁻¹ (Rohas *et al.*, 1986) dan juga pada 1070 cm⁻¹ biasanya dikaitkan dengan 3,6-anidro-galaktosa (Christiaen dan Bodard, 1983). Gelombang tajam di 930-940 cm⁻¹ menunjukkan O eter obligat 3,6-anhidro-galaktosa. Gelombang di 897 cm⁻¹ disebabkan adanya 1,3 ikatan β- D-galaktosa unit pirasonil (Barker *et al.*, 1956)

