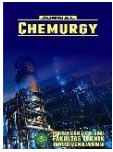
	JURNAL CHEMURGY E-ISSN 2620-7435 Available online at http://e-journals.unmul.ac.id/index.php/TK	 SINTA Accreditation No. 152/E/KPT/2023
---	---	--

POLIMERISASI HIDROGEL AGAR *JELLY ICE CUBE* DARI EKSTRAK RUMPUT LAUT *GRACILARIA SP.* MELALUI GELASI FISIK SEBAGAI MEDIA PENDINGIN ALTERNATIF PANGAN

POLYMERIZATION OF AGAR JELLY ICE CUBE HYDROGEL FROM GRACILARIA SP. SEAWEED EXTRACT THROUGH PHYSICAL GELATION AS AN ALTERNATIVE FOOD COOLING MEDIA

Febriyati Puspasari*, Mustafa, Muhammad Zada Al Athaya

¹Chemical Engineering Department, Industrial Chemical Technology Study Program, Samarinda State Polytechnic
Jl. Dr. Cipto Mangunkusumo, Kota Samarinda, Kalimantan Timur, Indonesia

*email : corresponding zadaathaya@gmail.com

(Received: 2026 03, 09; Reviewed: 2026 06, 05; Accepted: 2026 06, 23)


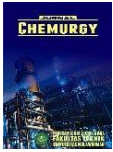
Abstrak

Pemanfaatan rumput laut yang belum optimal berpotensi menimbulkan dampak lingkungan serta rendahnya nilai tambah bagi masyarakat pesisir, sementara industri pangan masih bergantung pada media pendingin konvensional yang kurang berkelanjutan. Salah satu alternatif material ramah lingkungan adalah agar dari rumput laut *Gracilaria sp.* yang mampu membentuk gel stabil pada suhu ruang. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan kondisi optimum polimerisasi hidrogel "*Jelly Ice Cube*" berbasis ekstrak agar *Gracilaria sp.* guna memperoleh sifat mekanik terbaik sebagai media pendingin alternatif. Metode penelitian diawali dengan preparasi bahan baku menggunakan perlakuan alkali NaOH 5%, dilanjutkan dengan ekstraksi agar pada variasi suhu (60, 70, 80, 90, dan 100°C) dengan waktu ekstraksi 30 dan 60 menit. Polimerisasi hidrogel dilakukan pada suhu ruang dengan variasi konsentrasi agar (2, 4, 6, 8, dan 10%). Karakterisasi hidrogel meliputi pengujian kuat tarik dan *swelling ratio*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kombinasi suhu ekstraksi 90°C, waktu 60 menit, dan konsentrasi agar 6% menghasilkan hidrogel dengan kuat tarik tertinggi sebesar 90,23 kPa dan *swelling ratio* 913,59%. Sementara itu, *swelling ratio* tertinggi sebesar 1062,87% diperoleh pada suhu ekstraksi 100°C, waktu 60 menit, dan konsentrasi agar 2%, namun dengan karakteristik mekanik yang lebih rendah.

Kata Kunci: agar, ekstraksi, *gracilaria sp.*, hidrogel, polimerisasi hidrogel

Abstract

The suboptimal utilization of seaweed has the potential to cause environmental impacts and low added value for coastal communities, while the food industry still relies on conventional cooling media that are less sustainable. One alternative environmentally friendly material is agar from the seaweed Gracilaria sp. which is able to form a stable gel at room temperature. This study aims to determine the optimum conditions for the polymerization of the hydrogel "Jelly Ice Cube" based on Gracilaria sp. agar extract to obtain the best mechanical properties as an alternative cooling medium. The research method begins with the preparation of raw materials using 5% NaOH alkali treatment, followed by agar extraction at various temperatures (60, 70,

	<h1>JURNAL CHEMURGY</h1> <p>E-ISSN 2620-7435</p> <p>Available online at http://e-journals.unmul.ac.id/index.php/TK</p>	 <p>SINTA Accreditation No. 152/E/KPT/2023</p>
---	---	---

80, 90, and 100°C) with extraction times of 30 and 60 minutes. Hydrogel polymerization was carried out at room temperature with varying agar concentrations (2, 4, 6, 8, and 10%). Hydrogel characterization includes tensile strength and swelling ratio testing. The results showed that the combination of an extraction temperature of 90°C, a time of 60 minutes, and a concentration of 6% agar produced a hydrogel with the highest tensile strength of 90.23 kPa and a swelling ratio of 913.59%. Meanwhile, the highest swelling ratio of 1062.87% was obtained at an extraction temperature of 100°C, a time of 60 minutes, and a concentration of 2% agar, but with lower mechanical characteristics.

Keywords: agar, extraction, *gracilaria sp.*, hydrogel, hydrogel polymerization

1. PENDAHULUAN

Rumput laut merupakan salah satu komoditas budidaya laut yang memiliki nilai ekonomi besar dan berperan penting dalam meningkatkan kesejahteraan masyarakat pesisir. Pengembangan budidaya rumput laut perlu terus ditingkatkan karena selain memiliki nilai ekonomis, rumput laut juga berpotensi dikembangkan menjadi berbagai produk bernilai tambah. Salah satu daerah penghasil rumput laut di Kalimantan Timur adalah Kota Bontang dengan produksi mencapai 4.185 ton pada tahun 2022 (Badan Pusat Statistik, 2024). Berdasarkan data Kementerian Kelautan dan Perikanan Republik Indonesia (2021), sekitar 21% dari total produksi rumput laut nasional merupakan jenis *Gracilaria sp.*, sehingga rumput laut ini memiliki potensi besar untuk dikembangkan sebagai bahan baku industri.

Namun demikian, pemanfaatan rumput laut *Gracilaria sp.* di Indonesia masih belum optimal dan umumnya hanya dimanfaatkan sebagai bahan pangan sederhana. Populasi rumput laut yang berlebihan dapat menimbulkan permasalahan ekologi dan sosial ekonomi. Secara ekologis, keberadaan rumput laut dalam jumlah besar berpotensi merusak ekosistem terumbu karang melalui proses penaungan, perendaman, dan abrasi. Sementara dari sisi sosial ekonomi, penumpukan rumput laut di kawasan pesisir dapat mengurangi kenyamanan wisatawan dalam melakukan aktivitas pantai seperti berenang, menyelam, dan *snorkeling* (Handayani dkk., 2019).

Secara kimia, rumput laut *Gracilaria sp.* tersusun atas kandungan air, protein, karbohidrat, lemak, dan abu dengan dominasi komponen karbohidrat yang berpotensi dikembangkan menjadi produk turunan bernilai tinggi (Ghazali dkk., 2025). Untuk meningkatkan nilai ekonomisnya, rumput laut dapat diolah menjadi produk setengah jadi seperti agar, alginat, dan karagenan (Rhein-knudsen, Ale and Meyer, 2015). Agar merupakan polisakarida yang diekstraksi dari rumput laut merah, seperti *Gracilaria sp.* dan *Gelidium sp.*, serta memiliki kemampuan membentuk gel yang kuat dan stabil (Yuliani dkk., 2012).

Agar memiliki berbagai aplikasi dalam industri pangan dan non-pangan karena kemampuannya membentuk gel, berfungsi sebagai penstabil, pembentuk tekstur, serta pelapis (Suparmi and Sahri, 2009). Selain aplikasinya dalam bidang pangan, agar juga banyak dikembangkan dalam bentuk film berbasis nanopartikel dan nanokomposit (Pandya *et al.*, 2022). Agar juga dapat dikembangkan menjadi hidrogel melalui pembentukan jaringan polimer tiga dimensi yang stabil (Cebrián-Lloret *et al.*, 2024). Hidrogel berbasis agar berpotensi diaplikasikan sebagai media pendingin alternatif pada industri pangan karena mampu mempertahankan suhu rendah dan dapat digunakan kembali. Berbeda dengan es batu konvensional yang bersifat sekali pakai dan menghasilkan air lelehan yang berpotensi menyebabkan pemborosan air dan kontaminasi pangan (Zheng *et al.*, 2024).

Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa hidrogel berbasis rumput laut memiliki potensi besar, namun masih terdapat keterbatasan dari segi kualitas bahan baku, efisiensi proses, serta karakteristik

mekanik produk yang dihasilkan (Fransiska dan Reynaldi, 2020). Oleh karena itu, diperlukan penelitian lanjutan yang berfokus pada polimerisasi hidrogel berbasis ekstrak agar yang diperoleh melalui proses ekstraksi rumput laut *Gracilaria sp.* dengan proses yang lebih sederhana dan efisien (Santika dkk., 2014). Pemilihan *Gracilaria sp.* didasarkan pada ketersediaannya yang melimpah serta kemampuannya menghasilkan agar dengan karakteristik gel yang baik. Menurut Food and Agriculture Organization (1987), agar mampu membentuk struktur gel stabil pada suhu ruang setelah pemanasan dan pendinginan, sehingga tidak memerlukan kondisi khusus untuk mempertahankan fase gelnya.

Berdasarkan hal tersebut, penelitian ini dilakukan untuk menentukan kondisi optimum polimerisasi hidrogel “*Jelly Ice Cube*” berbasis ekstrak agar *Gracilaria sp.* melalui variasi suhu dan waktu ekstraksi serta konsentrasi agar, sehingga diperoleh hidrogel dengan sifat mekanik dan kemampuan *swelling* yang optimal dan berpotensi diaplikasikan sebagai media pendingin alternatif pangan.

2. METODOLOGI

1. Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada bulan Agustus sampai dengan November 2025. Tempat penelitian dilakukan di Laboratorium Riset Jurusan Teknik Kimia Politeknik Negeri Samarinda. Bahan baku rumput laut *Gracilaria sp.* diperoleh dari Industri pengolahan rumput laut di Kota Bontang. Tempat analisis karakterisasi kuat tarik hidrogel dilakukan di Laboratorium Teknik Mesin Politeknik Negeri Malang dan *swelling ratio* di Laboratorium Material Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

2. Preparasi Bahan Baku

Penelitian ini diawali dengan tahap preparasi bahan baku rumput laut *Gracilaria sp.* Rumput laut kering terlebih dahulu dibersihkan dari kotoran, pasir, dan sisa garam, kemudian dicuci menggunakan akuades hingga bersih. Selanjutnya, rumput laut direndam dalam air tawar selama 24 jam untuk menghilangkan sisa garam yang masih tersisa. Setelah perendaman, rumput laut dikeringkan kembali hingga kering, kemudian dicekik ukurannya menggunakan blender. Serbuk rumput laut yang dihasilkan kemudian diayak hingga diperoleh ukuran partikel seragam pada rentang -40 +50 *mesh*.

Serbuk rumput laut selanjutnya mengalami perlakuan alkali dengan menggunakan larutan NaOH 5% (b/v) pada rasio bahan terhadap larutan sebesar 1:20 (b/v). Proses ini dilakukan pada suhu 85°C selama 1 jam sambil diaduk secara konstan. Perlakuan alkali bertujuan untuk meningkatkan mutu agar yang dihasilkan dengan menurunkan kandungan sulfat serta memperbaiki sifat gel. Setelah perlakuan alkali selesai, larutan dibuang dan serbuk rumput laut dicuci menggunakan air hingga mencapai pH netral. Untuk menetralkan sisa alkali, serbuk kemudian direndam dalam larutan HCl 0,01% selama 10 menit dan kembali dicuci hingga pH netral.

3. Ekstraksi Agar

Serbuk rumput laut yang telah dipreparasi dimasukkan ke dalam akuades dengan rasio 1:20 (b/v), kemudian dipanaskan menggunakan *water bath* sesuai variasi suhu ekstraksi yaitu 60, 70, 80, 90, dan 100°C. Proses ekstraksi dilakukan dengan kecepatan pengadukan 100 rpm selama variasi waktu 30 dan 60 menit. Setelah ekstraksi selesai, campuran disaring menggunakan metode filtrasi vakum dalam kondisi panas untuk memisahkan residu padat dan filtrat. Filtrat yang diperoleh berupa ekstrak agar digunakan sebagai bahan utama dalam proses polimerisasi hidrogel.

4. Polimerisasi Hidrogel “*Jelly Ice Cube*”

Proses polimerisasi hidrogel “*Jelly Ice Cube*” dilakukan melalui metode gelas fisik. Ekstrak agar dipanaskan kembali hingga suhu 90°C sambil diaduk hingga larut sempurna. Selanjutnya, konsentrasi ekstrak agar disesuaikan dengan variasi yang ditetapkan yaitu 2, 4, 6, 8, dan 10% (b/v) dengan penambahan akuades hingga volume akhir tercapai. Larutan agar panas kemudian dituangkan ke dalam cetakan silikon berukuran 10 × 10 × 10 mm. Pembentukan gel dilakukan pada suhu ruang ($\pm 32^\circ\text{C}$), kemudian hidrogel yang terbentuk disimpan pada suhu 4°C selama 12 jam untuk proses stabilisasi struktur gel sebelum dilakukan karakterisasi lebih lanjut.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hidrogel berbasis ekstrak agar dari rumput laut *Gracilaria* sp. yang dihasilkan dalam penelitian ini menunjukkan bahwa variasi konsentrasi agar, suhu ekstraksi, dan waktu ekstraksi memberikan pengaruh nyata terhadap karakteristik hidrogel, khususnya kuat tarik dan *swelling ratio*. Parameter tersebut digunakan untuk mengevaluasi keseimbangan antara kekuatan mekanik dan kemampuan hidrogel dalam menyerap air sebagai media pendingin alternatif pangan.

Tabel 1. Hasil Analisis Kuat Tarik

Waktu Ekstraksi (Menit)	Suhu Ekstraksi (°C)	Konsentrasi Agar (%)				
		2	4	6	8	10
30	60	65.91	71.85	76.7	80.1	79.73
	70	68.44	79.74	80.61	79.65	72.11
	80	74.31	86.32	84.49	83.18	81.55
	90	67.61	76.27	79.31	84.46	78.26
	100	72.64	81.61	85.99	79.16	78.78
60	60	72.94	79.83	81.42	82.01	77.3
	70	76.14	82.93	86.48	88.88	85.98
	80	77.42	86.9	86.82	87.39	86.34
	90	75.23	80.82	90.23	88.37	88.45
	100	79.52	78.5	89.13	86.93	79.76

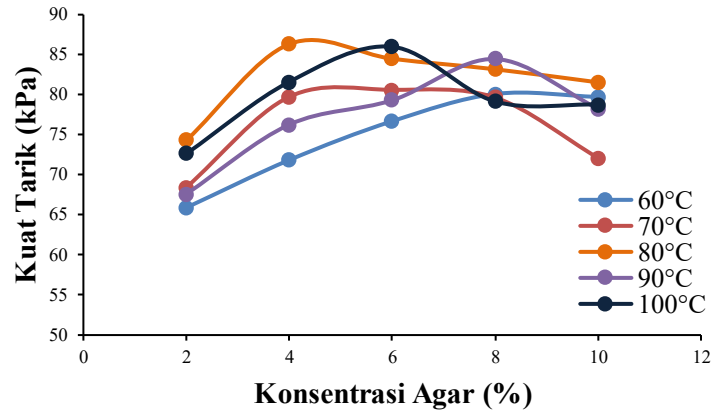
Tabel 2. Hasil Analisis *Swelling Ratio*

Waktu Ekstraksi (Menit)	Suhu Ekstraksi (°C)	Konsentrasi Agar (%)				
		2	4	6	8	10
30	60	929.75	889.99	818.16	748.83	662.49
	70	972.33	894.73	815.21	768.78	750.22
	80	992.8	904.96	882.55	809.94	711.25
	90	1018.44	953.28	871.8	822.92	795.34
	100	1021.69	974.25	907.51	874.97	773.3
60	60	926.11	890.19	854.35	758.89	705.91
	70	963.15	921.92	860.09	802.8	724.44
	80	1023.59	932.56	896.15	788.5	745.2
	90	1058.25	1008.4	913.59	855.5	787.37
	100	1062.87	1012.55	969.63	877.93	821.63

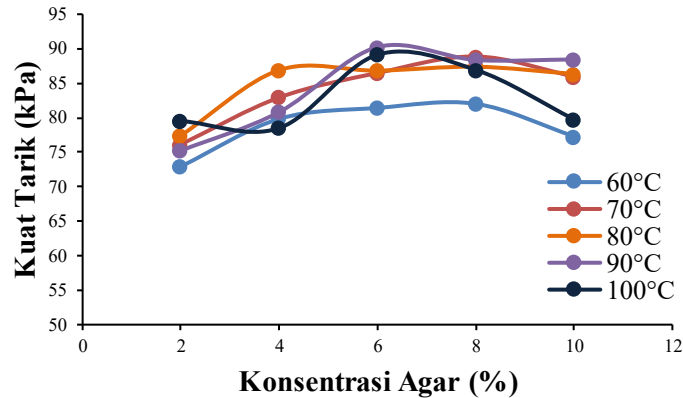
1. Pengaruh Konsentrasi Agar terhadap Kuat Tarik

Hasil analisis kuat tarik ditunjukkan pada Gambar 1 dan Gambar 2. Kuat tarik merupakan kemampuan material dalam menahan gaya yang berusaha merobeknya. Pada hidrogel berbasis agar, nilai kuat tarik dipengaruhi oleh kondisi polimerisasi yang menentukan kerapatan dan homogenitas jaringan polimer. Hidrogel dengan kuat tarik optimal terbentuk ketika interaksi antarrantai polimer agar, terutama melalui ikatan hidrogen, mampu membangun jaringan tiga dimensi yang rapat dan stabil. Struktur ini memungkinkan hidrogel menahan gaya tarik secara efektif tanpa mengalami

kerusakan, sekaligus mempertahankan sifat elastis meskipun mengandung air dalam jumlah besar. Peningkatan kondisi polimerisasi hingga titik optimum akan meningkatkan kuat tarik, namun kondisi yang terlalu ekstrem dapat merusak jaringan polimer sehingga menurunkan sifat mekaniknya (Nie *et al.*, 2023).



Gambar 1. Pengaruh Konsentrasi Agar (%) terhadap Kuat Tarik (kPa) pada Waktu Ekstraksi 30 menit



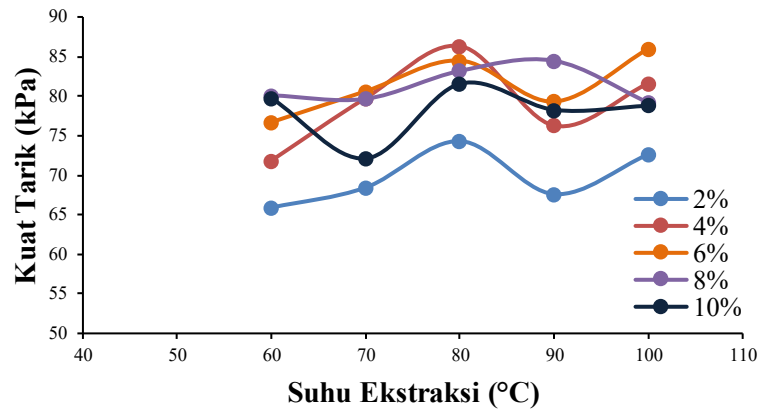
Gambar 2. Pengaruh Konsentrasi Agar (%) terhadap Kuat Tarik (kPa) pada Waktu Ekstraksi 60 menit

Berdasarkan data hasil penelitian, variasi konsentrasi agar menunjukkan pengaruh yang nyata terhadap nilai kuat tarik hidrogel yang dihasilkan. Pada seluruh variasi suhu dan waktu ekstraksi, peningkatan konsentrasi agar dari 2% hingga konsentrasi tertentu umumnya diikuti dengan peningkatan kuat tarik hidrogel. Hal ini disebabkan oleh meningkatnya jumlah rantai polimer agar yang berinteraksi sehingga membentuk jaringan hidrogel yang lebih rapat dan homogen. Peningkatan nilai kuat tarik hidrogel seiring bertambahnya konsentrasi agar hingga kisaran 4-8% berkaitan dengan terbentuknya jaringan polimer yang semakin padat dan terorganisasi. Pada penelitian ini, kuat tarik optimum hidrogel agar sebesar 90,23 kPa diperoleh pada konsentrasi agar 6%, suhu ekstraksi 90°C, dan waktu ekstraksi 60 menit. Peningkatan konsentrasi agar menyebabkan bertambahnya kerapatan jaringan serta interaksi antarrantai polimer, sehingga meningkatkan kekakuan material dan kemampuannya menahan beban tarik (Yang *et al.*, 2022).

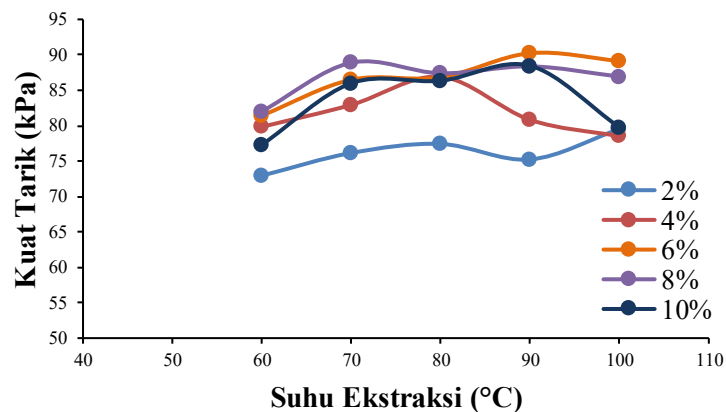
Namun, pada konsentrasi agar yang lebih tinggi ($\geq 10\%$), nilai kuat tarik tidak lagi meningkat dan cenderung menurun. Kondisi ini disebabkan oleh struktur jaringan hidrogel yang terlalu rapat dan kaku, sehingga menurunkan kemampuan deformasi material (Yang *et al.*, 2022). Selain itu, peningkatan konsentrasi agar menyebabkan penurunan ukuran pori dan peningkatan densitas mikrostruktur, yang menjadikan hidrogel lebih getas dan kurang efektif dalam meredam tegangan tarik (Trudicova *et al.*, 2020). Akibatnya, meskipun kekakuan meningkat, performa mekanik hidrogel justru menurun pada konsentrasi agar yang terlalu tinggi.

2. Pengaruh Suhu Ekstraksi terhadap Kuat Tarik

Berdasarkan data Tabel 1 pada waktu ekstraksi 30 dan 60 menit, nilai kuat tarik hidrogel agar meningkat seiring kenaikan suhu ekstraksi dari 60°C hingga 80°C, kemudian cenderung menurun pada suhu yang lebih tinggi untuk sebagian konsentrasi agar.



Gambar 3. Pengaruh Suhu Ekstraksi (°C) terhadap Kuat Tarik (kPa) pada Waktu Ekstraksi 30 menit



Gambar 4. Pengaruh Suhu Ekstraksi (°C) terhadap Kuat Tarik (kPa) pada Waktu Ekstraksi 60 menit

Peningkatan ini menunjukkan bahwa pada rentang suhu tersebut proses ekstraksi berlangsung lebih efektif, sehingga fraksi agarosa yang terlarut semakin banyak dan mampu membentuk jaringan hidrogel yang lebih kuat. Peningkatan suhu ekstraksi dalam batas tertentu dapat memperbaiki keteraturan struktur polisakarida dan mendukung pembentukan jaringan polimer yang lebih baik pada tahap gelasi (Wang *et al.*, 2016).

Namun, pada suhu ekstraksi 90-100°C, nilai kuat tarik tidak lagi meningkat secara konsisten dan pada beberapa kondisi justru menurun akibat terjadinya degradasi termal rantai polisakarida agar. Suhu yang terlalu tinggi menyebabkan rantai panjang polisakarida terurai menjadi rantai yang lebih pendek sehingga kemampuan pembentukan jaringan gel menurun (Uju dkk., 2018). Pada waktu ekstraksi 60 menit, pola yang sama masih terlihat, dengan nilai kuat tarik tertinggi dicapai pada suhu 90°C, yang menunjukkan adanya batas optimum suhu ekstraksi sebelum efek degradasi termal mendominasi.

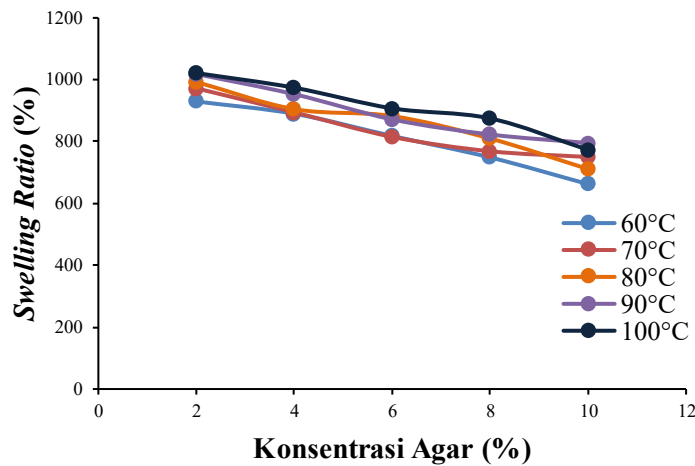
3. Pengaruh Waktu Ekstraksi terhadap Kuat Tarik

Pengaruh waktu ekstraksi terhadap kuat tarik hidrogel dianalisis dengan membandingkan ekstraksi selama 30 dan 60 menit pada suhu dan konsentrasi agar yang sama. Hasil penelitian menunjukkan bahwa waktu ekstraksi yang lebih lama menghasilkan kuat tarik yang lebih tinggi. Pada suhu ekstraksi 90°C dan konsentrasi agar 6%, kuat tarik meningkat dari 76,7 kPa menjadi 79,31 kPa pada

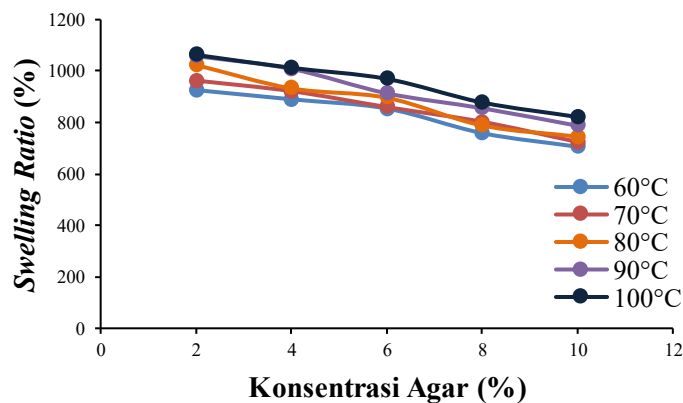
waktu ekstraksi 30 menit, dan meningkat lebih besar dari 81,42 kPa menjadi 90,23 kPa pada waktu ekstraksi 60 menit. Hasil menunjukkan bahwa hidrogel dengan waktu ekstraksi 60 menit secara konsisten memiliki kuat tarik lebih tinggi dibandingkan 30 menit. Pada suhu ekstraksi 90°C dan konsentrasi agar 6%, nilai kuat tarik meningkat ketika waktu ekstraksi diperpanjang menjadi 60 menit. Peningkatan ini mengindikasikan bahwa waktu ekstraksi yang lebih lama memungkinkan pelarutan polisakarida agar berlangsung lebih optimal, sehingga terbentuk jaringan gel yang lebih homogen dan stabil, sesuai dengan laporan *Mayhoob et al.* (2017). Selain itu, perpanjangan waktu ekstraksi dapat menurunkan kandungan sulfat pada agar yang berkontribusi pada peningkatan stabilitas struktur hidrogel selama proses gelasi, sejalan dengan temuan *Berliana dkk.* (2020).

4. Pengaruh Konsentrasi Agar terhadap Swelling Ratio

Hasil analisis *swelling ratio* ditunjukkan pada Gambar 5 dan Gambar 6. Saat hidrogel mengalami swelling, rantai polimer saling menjauh dan tingkat pemisahannya dipengaruhi oleh karakteristik pelarut. Pada kondisi tertentu, pemisahan rantai dapat mencapai maksimum sehingga memungkinkan terjadinya interaksi antar rantai polimer (*Chaerunisaa dkk.,* 2020). Nilai *swelling ratio* ditentukan oleh keseimbangan antara kemampuan gugus hidrofilik menyerap air dan kerapatan ikatan silang jaringan polimer. Semakin rapat struktur jaringan hidrogel, maka kemampuan pengembangan dan penahanan air akan semakin menurun (*Ahmed,* 2015).



Gambar 5. Pengaruh Konsentrasi Agar (%) terhadap *Swelling Ratio* (kPa) pada Waktu Ekstraksi 30 menit



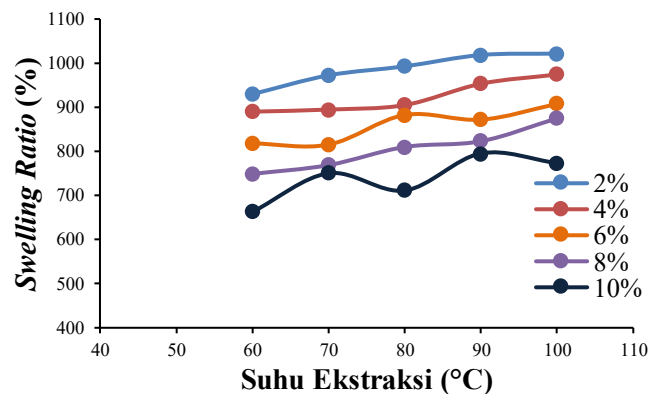
Gambar 6. Pengaruh Konsentrasi Agar (%) terhadap *Swelling Ratio* (kPa) pada Waktu Ekstraksi 60 menit

Hasil analisis menunjukkan bahwa *swelling ratio* hidrogel berbasis agar cenderung menurun seiring peningkatan konsentrasi agar pada seluruh variasi suhu dan waktu ekstraksi, akibat meningkatnya

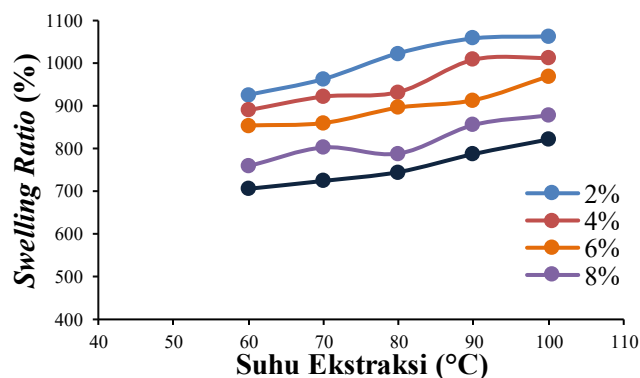
kerapatan jaringan polimer yang membatasi difusi dan penahanan air di dalam matriks hidrogel. Nilai *swelling ratio* tertinggi diperoleh pada konsentrasi agar 2%, dengan kondisi optimum pada suhu ekstraksi 100°C dan waktu ekstraksi 60 menit sebesar 1062,87%, sedangkan peningkatan konsentrasi hingga 10% menurunkan *swelling ratio* menjadi 821,63%. Waktu ekstraksi yang lebih lama (60 menit) secara umum menghasilkan *swelling ratio* yang lebih tinggi dibandingkan 30 menit karena pelarutan polisakarida agar yang lebih optimal dan pembentukan jaringan gel yang lebih homogen. Pola penurunan *swelling ratio* dengan bertambahnya konsentrasi agar ini sejalan dengan mekanisme keseimbangan antara gugus hidrofilik (-OH) dan kerapatan ikatan silang yang dilaporkan oleh Ahmed (2015) serta Muldiani & Widarti (2018) bahwa gugus hidrofilik (-OH) berperan sebagai pusat hidrofilik yang membentuk ikatan hidrogen dengan molekul air, sehingga secara langsung menentukan kapasitas penyerapan dan pengembangan hidrogel. Rentang *swelling ratio* yang dihasilkan (710-1062,87%) juga konsisten dengan hasil penelitian Soni *et al.* (2023) yang melaporkan bahwa hidrogel berbasis agar mampu mencapai *swelling ratio* sekitar 1000% dalam air murni. Namun, *swelling ratio* yang sangat tinggi tidak selalu diikuti oleh kestabilan mekanik, sehingga kondisi optimum ditentukan pada konsentrasi agar 6% yang masih memiliki *swelling ratio* tinggi (913,59%) disertai kuat tarik maksimum (90,23 kPa), sesuai dengan konsep keseimbangan sifat mekanik dan kemampuan serap air pada aplikasi hidrogel fungsional.

5. Pengaruh Suhu Ekstraksi terhadap *Swelling Ratio*

Hasil analisis menunjukkan bahwa *swelling ratio* hidrogel meningkat seiring kenaikan suhu ekstraksi agar pada kedua waktu ekstraksi (30 dan 60 menit) untuk seluruh variasi konsentrasi, dengan peningkatan yang lebih terlihat pada konsentrasi agar rendah.



Gambar 7. Pengaruh Suhu Ekstraksi (°C) terhadap *Swelling Ratio* (kPa) pada Waktu Ekstraksi 30 menit



Gambar 8. Pengaruh Suhu Ekstraksi (°C) terhadap *Swelling Ratio* (kPa) pada Waktu Ekstraksi 60 menit

Pada waktu ekstraksi 30 menit, *swelling ratio* tertinggi diperoleh pada konsentrasi agar 2% yang meningkat dari 929,75% pada 60°C menjadi 1021,69% pada 100°C, sedangkan peningkatan pada

konsentrasi tinggi (10%) relatif lebih terbatas. Waktu ekstraksi 60 menit menghasilkan tren peningkatan yang lebih konsisten dan nilai *swelling ratio* yang lebih tinggi pada hampir seluruh suhu, dengan nilai maksimum sebesar 1062,87% pada suhu ekstraksi 100°C dan konsentrasi agar 2%. Peningkatan *swelling ratio* dengan bertambahnya suhu dan waktu ekstraksi menunjukkan bahwa suhu tinggi mempercepat pelarutan dan difusi agarosa serta meningkatkan interaksi ikatan hidrogen antara gugus hidroksil polimer dan molekul air. Pola ini sejalan dengan penelitian Hussain *et al.* (2023) dan Wang *et al.*, (2016) yang melaporkan bahwa peningkatan suhu ekstraksi hingga kondisi optimum meningkatkan pelepasan polisakarida dan kemampuan pengembangan hidrogel berbasis agar.

6. Pengaruh Waktu Ekstraksi terhadap *Swelling Ratio*

Berdasarkan data Tabel 2, perpanjangan waktu ekstraksi dari 30 menjadi 60 menit meningkatkan nilai *swelling ratio* hidrogel pada seluruh variasi suhu dan konsentrasi agar, dengan pengaruh yang terlihat pada suhu tinggi. Pada suhu 100°C dan konsentrasi agar 2%, *swelling ratio* meningkat dari 1021,69% menjadi 1062,87%, yang menunjukkan bahwa waktu ekstraksi yang lebih lama memungkinkan pelarutan dan difusi agarosa berlangsung lebih optimal serta meningkatkan interaksi gugus hidroksil polimer dengan molekul air. Sebaliknya, pada suhu rendah (60-70°C), peningkatan *swelling ratio* relatif kecil karena energi termal yang tersedia belum cukup untuk mengoptimalkan proses ekstraksi. Pola ini sejalan dengan temuan Legowo & Ferdiansyah (2023) yang menyatakan bahwa peningkatan waktu kontak meningkatkan pembengkakan matriks hingga mencapai kondisi optimum sebelum struktur polimer menjadi lebih kompak dan membatasi *swelling*.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa variasi suhu ekstraksi, waktu ekstraksi, dan konsentrasi agar berpengaruh terhadap karakteristik mekanik dan kemampuan *swelling* hidrogel yang dihasilkan. Kondisi optimum pembentukan hidrogel secara keseluruhan diperoleh pada konsentrasi agar 6%, suhu ekstraksi 90°C, dan waktu ekstraksi 60 menit. Pada kondisi ini dihasilkan nilai kuat tarik tertinggi sebesar 90,23 kPa dan nilai *swelling ratio* sebesar 913,59%, yang menunjukkan keseimbangan antara ketahanan mekanik dan kemampuan penyerapan air. Nilai *swelling ratio* tertinggi sebesar 1062,87% diperoleh pada konsentrasi agar 2%, suhu 100°C, dan waktu 60 menit, namun dengan karakteristik mekanik hidrogel yang lebih rendah. Hal ini menandakan bahwa kemampuan *swelling ratio* yang semakin besar, tidak selalu menunjukkan karakteristik hidrogel yang baik. Kondisi optimum pembentukan hidrogel dengan konsentrasi agar 6%, suhu ekstraksi 90°C, dan waktu ekstraksi 60 menit menunjukkan potensi hidrogel agar sebagai media pendingin alternatif pangan yang memerlukan kestabilan mekanik sekaligus kemampuan mempertahankan suhu rendah.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmed, E.M. (2015) 'Hydrogel: Preparation, characterization, and applications: A review', *Journal of Advanced Research*, 6(2), pp. 105–121. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.jare.2013.07.006>.
- Badan Pusat Statistik (2024) Produksi dan Nilai Produksi Perikanan Budidaya Menurut Kabupaten/Kota dan Jenis Budidaya di Provinsi Kalimantan Timur, 2022, kaltim.bps.go.id. Available at: <https://kaltim.bps.go.id/id/statistics-table/3/U20wMk16RmhIR1JLWkdrMWRyQkxUVzB2YXpSelp6MDkjMw==/produksi-dan-nilai-produksi-perikanan-budidaya-menurut-kabupaten-kota-dan-jenis-budidaya-di-provinsi-kalimantan-timur--2019.html>.
- Berliana, S., Harini, N. and Anggriani, R. (2020) 'Karakter Fisikokimia Agar-Agar dari Rumput Laut *Gracilaria* sp. dengan Variasi Air Kelapa dan Lama Ekstraksi', *Food Technology and Halal Science Journal*, 3, pp. 102–109.
- Cebrián-Lloret, V. *et al.* (2024) 'Exploring alternative red seaweed species for the production of agar-based hydrogels for food applications', *Food Hydrocolloids*, 146, p. 109177. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2023.109177>.
- Chaerunisaa, A.Y., Husni, P. and Murthadiah, F.A. (2020) 'Modifikasi Viskositas Kappa Karagenan sebagai Gelling Agent Menggunakan Metode Polymer Blend', *Journal of The Indonesian*

- Society of Integrated Chemistry*, 12(2), pp. 73–83.
- Fransiska, D. and Reynaldi, A. (2020) 'Karakteristik Hidrogel dari Iota Karaginan dan PVA (Poly-Vinyl Alcohol) dengan Metode Freezing-Thawing Cycle', *Jambura Fish Process*, 1(1), pp. 24–34.
- Ghazali, M. *et al.* (2025) 'Kandungan Proksimat dan Profil Metabolit Gracilaria sp Pantai Elak-elak, Pulau Lombok', *Samota Journal of Biological Sciences*, 4(1), pp. 16–22.
- Handayani, E. *et al.* (2019) 'Pengaruh Perbedaan Pelarut Pada Profil Metabolit Ekstrak Rumput Laut Halimeda sp. dan Turbinaria sp.', *Jurnal Kedokteran Unram*, 2, pp. 1–11.
- Hussain, M.A. *et al.* (2023) 'Polysaccharide-Based Hydrogel from Seeds of *Artemisia vulgaris*: Extraction Optimization by Box–Behnken Design, pH-Responsiveness, and Sustained Drug Release', *gels*, 9, p. 525.
- Kementerian Kelautan dan Perikanan Republik Indonesia (2021) Produksi Perikanan, portaldata.kkp.go.id. Available at: <https://portaldata.kkp.go.id/portals/data-statistik/produksi/tbl-statis/d/53>.
- Legowo, W.P. and Ferdiansyah, R. (2023) 'Analisis Karakteristik Fisika Padatan Karagenan dari *Eucheuma cottoni* Hasil Ekstraksi KOH pH 9 Asal Kabupaten Banggai Sulawesi Tengah', *Pharmacoscript*, 6(1), pp. 40–52.
- Mayhoob, H., Abbas, A. and Mahmud, A. (2017) 'Study the Effect of Agar Extraction Time on its Yield and Physical Properties of Syrian Alga *Pterocladia Capillacea*', *SSRG International Journal of Agriculture & Environmetant Science (SSRG-IJAES)*, 4(2), pp. 63–65.
- Mchugh, D.J. (1987) *Production and Utilization of Products from Commercial Seaweeds*. Rome: Food and Agriculture Organization (FAO) of the United Nations.
- Muldiani, R.F. and Widarti, S. (2018) 'Optimasi Sifat Fisik Kekuatan Tarik dan Swelling Ability Hidrogel Crosslinked Karaginan dari Rumput Laut', in *Industrial Research Workshop and National Seminar*, pp. 208–215.
- Nie, Z. *et al.* (2023) 'A conductive hydrogel based on nature polymer agar with self-healing ability and stretchability for flexible sensors', *Chemical Engineering Journal*, 454, pp. 1–13.
- Pandya, Y.H., Bakshi, M. and Sharma, A. (2022) 'Agar-agar extraction , structural properties and applications : A review', *The Pharma Innovation Journal*, 11(6), pp. 1151–1157.
- Rhein-knudsen, N., Ale, M.T. and Meyer, A.S. (2015) 'Seaweed Hydrocolloid Production: An Update on Enzyme Assisted Extraction and Modification Technologies', *Mar Drugs*, 13(6), pp. 3340–3359. Available at: <https://doi.org/10.3390/md13063340>.
- Santika, L.G., Ma'ruf, W.F. and Romadhon (2014) 'Karakteristik Agar Rumput Laut *Gracilaria verrucosa* Budidaya Tambak dengan Perlakuan Konsentrasi Alkali Pada Umur Panen yang Berbeda', *Jurnal Pengolahan dan Bioteknologi Hasil Perikanan*, 3(4), pp. 98–105.
- Soni, M., Gautam, D. and Shakya, P.R. (2023) 'Synthesis and characterization of superabsorbent hydrogels based on carboxymethyl cellulose and agar : Agar for smart swelling and controllable delivery', *Journal of Research in Chemistry*, 4(1), pp. 1–10.
- Suparmi and Sahri, A. (2009) 'Mengenali Potensi Rumput Laut : Kajian Pemanfaatan Sumber Daya Rumput Laut dari Aspek Industri dan Kesehatan', *Majalah Ilmiah Sultan Agung*, 44(118), pp. 95–116.
- Trudicova, M. *et al.* (2020) 'Multiscale Experimental Evaluation of Agarose-Based Semi-Interpenetrating Polymer Network Hydrogels as Materials with Tunable Rheological and Transport Performance', *polymers*, 12, p. 2561.
- Wang, L. *et al.* (2016) 'Impact of alkali pretreatment on yield, physico-chemical and gelling properties of high quality agar from *Gracilaria tenuistipitata*', *Food Hydrocolloids*, 70, pp. 356–367. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2016.11.042>.
- Yang, J. *et al.* (2022) 'Mechanical characterization of agarose hydrogels and their inherent dynamic instabilities at ballistic to ultra-high strain-rates via inertial microcavitation', *Extreme Mechanics Letters*, 51, p. 101572. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.eml.2021.101572>.
- Yuliani, N., Maulinda, N. and Sutamihardja, R. (2012) 'Analisis Proksimat dan Kekuatan Gel Agar-agar dari Rumput Laut Kering Pada Beberapa Pasar Tradisional', *Jurnal Sains Natural Universitas Nusa Bangsa*, 2(2), pp. 101–115.
- Zheng, Y. *et al.* (2024) 'Development of Novel Cornstarch Hydrogel-Based Food Coolant and its Characterization', *Polymers*, 16(5), pp. 1–11.