

APLIKASI DAN EVALUASI KARAGENAN DARI RUMPUT LAUT ASLI INDONESIA SEBAGAI BAHAN BAKU CANGKANG KAPSUL KERAS

Wahyu Priyo Legowo*, Rival Ferdiansyah, Deby Tristiyanti

Departemen Farmasetika, Sekolah Tinggi Farmasi Indonesia

*Email: wahyupriyo@stfi.ac.id

Received: 21/08/2023, Revised: 11/09/2023, Accepted: 03/01/2024, Published: 24/01/2024

ABSTRAK

Karagenan merupakan polimer yang dihasilkan dari proses ekstraksi rumput laut spesies *Rhodophyta* dengan larutan basa natrium hidroksida pH 13 dapat digunakan sebagai bahan baku cangkang kapsul keras karena mempunyai karakteristik fisik elastis dan halus. Tujuan penelitian ini adalah untuk pengaplikasian karagenan hasil ekstraksi natrium hidroksida pH 13 sebagai bahan baku pembuatan film cangkang kapsul keras yang memenuhi karakteristik mutu fisik. Formulasi larutan yang digunakan pada penelitian ini terdiri atas empat pelakuan yaitu konsentrasi karagenan 3%, 4%, 5% dan 6%. Hasil dari penelitian ini didapatkan konsentrasi terbaik karagenan yang digunakan untuk pembuatan film cangkang kapsul yaitu konsentrasi 5%. Karakteristik fisik film cangkang kapsul yaitu lapisan tipis elastis yang tidak mudah patah, viskositas 220 cP, susut pengeringan 18,92%, waktu hancur 15,34 menit, uji tarik 53.48 mPa, elongasi 23%, modulus elastisitas 2,32 mPa dan uji higroskopisitas 33,67%. Simpulan dari penelitian ini adalah karagenan hasil ekstraksi natrium hidroksida pH 13 dapat digunakan sebagai bahan baku untuk pembuatan cangkang kapsul keras karena secara umum karakteristik fisik film telah memenuhi persyaratan.

Kata kunci: Film cangkang kapsul, Karagenan, Waktu hancur, Uji tarik.

ABSTRACT

Carrageenan is a polymer that is produced from the extraction of seaweed species Rhodophyta with sodium hydroxide solution pH 13. It can be used as a raw material for hard capsule shells because it has elastic and smooth physical characteristics. The aim of this research was to apply carrageenan extracted with sodium hydroxide pH 13 as a raw material for making hard capsule shell films that meet the physical quality characteristics. The formulation of the solution used in this research consisted of four treatments, namely carrageenan concentrations of 3%, 4%, 5%, and 6%. The result of this research showed that the best concentration of carrageenan for making hard capsule shell films was 5%. The physical characteristics of the hard capsule shell films were thin elastic layers that were not easily broken, viscosity of 220 cP, drying shrinkage of 18.92%, disintegration time of 15.34 minutes, tensile test of 53.48 mPa, elongation of 23%, elastic modulus of 2.32 mPa, and hygroscopicity test of 33.67%. The conclusion of this research was that carrageenan extracted with sodium hydroxide pH 13 could be used as a raw material for making hard capsule shells because in general the physical characteristics of the films met the requirements.

Keywords: Hard capsule shell film, Carrageenan, Disintegration time, Tensile test.

PENDAHULUAN

Indonesia memiliki luas lautan sebesar 6.400.000 kilometer persegi (km²) dan garis pantai sepanjang 110.000 kilometer (km), serta didukung iklim tropis, menjadikan Indonesia sesuai untuk pertumbuhan berbagai jenis rumput laut. Terdapat 555 jenis rumput laut dari sekitar 8000 jenis yang ada di dunia, dapat tumbuh dengan baik di Indonesia (Anggadiredja, 2010). Menurut data Kementerian Kelautan dan Perikanan diketahui bahwa produksi rumput laut di Indonesia mengalami peningkatan setiap tahunnya (Basmal, J, dkk, 2003). Produksi tersebut sebagian besar untuk jenis *Eucheuma* spp. dan *Gracilaria* spp (Thakur, et al, 2015). Rumput laut memiliki produk olahan karagenan yang memiliki potensi dalam bidang farmasi karena memiliki kemampuan yang khas (Rakhman, dkk, 2017), namun sebagian besar berupa bahan baku atau bahan mentah dan belum dimanfaatkan secara luas (Rahayu, dkk, 2020).

Berdasarkan morfologinya rumput laut dibagi menjadi tiga jenis yaitu Chlorophytae (alga hijau), Rhodophytae (alga merah), dan Phaeophytae (alga cokelat). Pada ketiga jenis rumput laut tersebut yang banyak dimanfaatkan adalah Rhodophyta (alga merah) dan sekaligus sebagai kelompok rumput laut yang banyak dibudidayakan di Indonesia seperti *Eucheuma* (Aprilia, dkk, 2006). *Eucheuma* merupakan rumput laut

makroskopik, terdapat 2 dua jenis *Eucheuma* yang cukup banyak dikenal yaitu *Eucheuma spinosum* (*Eucheuma denticulatum*), merupakan rumput laut penghasil iota karagenan dan *Eucheuma cottonii* (*Kapaphycus alvarezii*) sebagai penghasil kappa karagenan. *Eucheuma cottonii* merupakan salah satu jenis rumput laut merah, mengandung karagenan cukup tinggi, berkisar 50% atas dasar berat kering (Ariska, dkk, 2015). Rumput laut memungkinkan untuk dikonsumsi karena mempunyai fungsi dan peran penting untuk menjaga serta mengatur metabolisme tubuh manusia (Campo, 2009).

Pada umumnya karagenan dapat diperoleh dengan metode ekstraksi, baik dengan air maupun pelarut alkali. Beberapa penelitian telah dilakukan terkait ekstraksi karagenan dengan tiga pelarut basa yaitu kalium hidroksida (KOH), natrium hidroksida (NaOH) atau kalsium hidroksida (Ca(OH)₂) dengan variasi pH pada masing-masing basa yaitu pH 9, 11 dan 13. Jenis serta konsentrasi alkali dalam proses ekstraksi merupakan salah satu yang menentukan karakteristik dari karagenan. Karakteristik mutu yang dihasilkan karagenan ekstraksi menggunakan pelarut natrium hidroksida (NaOH) pH 13 yaitu serbuk halus berwarna putih kekuningan yang tidak berbau, kadar abu 27,56%, kadar sulfat 14,21%, bobot molekul 1621,87 kDa, kekuatan gel 52,37±2,95 g/cm², viskositas

91,808 cP dan rendemen 24,43%. Hasil analisis permukaan karagenan dengan menggunakan Scanning Electron Microscope (SEM) dengan perbesaran 100 kali memperlihatkan permukaan karagenan yang lebih rata dan halus (Rahayu, dkk, 2020). Hal tersebut selaras dengan hasil analisis permukaan yang dilakukan dengan membandingkan karagenan ekstraksi NaOH dan KOH menggunakan SEM perbesaran 2000 kali, ekstraksi alkali NaOH 0,1 N menghasilkan permukaan karagenan yang lebih halus dari pada KOH 0,1 N (Bhayu Gita Bhernama, 2019). Proses produksi karagenan terdiri atas proses penyiapan bahan baku, ekstraksi, pemurnian, pengeringan dan penepungan. Penyiapan bahan baku meliputi proses pencucian rumput laut untuk menghilangkan pasir, garam mineral, dan benda asing yang masih melekat pada rumput laut (Desiana, 2015). Proses ekstraksi terdiri dari tiga langkah besar, yaitu proses pencampuran, proses pembentukan fasa setimbang, dan proses pemisahan fasa setimbang (Ega, et al. 2016). Ekstraksi karagenan dilakukan dengan menggunakan air panas atau larutan alkali panas. Suasana alkali dapat diperoleh dengan menambahkan larutan basa NaOH pH 13 sehingga pH larutan mencapai 8-10, volume air yang digunakan dalam ekstraksi sebanyak 30-40 kali dari berat rumput laut. Ekstraksi biasanya pada suhu didih yaitu sekitar 80°C–95°C (Salam, dkk, 2013).

Ekstraksi karagenan menggunakan NaOH berpengaruh terhadap kenaikan rendemen dan mutu karagenan yang dihasilkan (Ulumiah, dkk, 2020). Karagenan pada rumput laut memiliki fungsi sebagai struktur hidrofilik dan agar-agar yang fleksibel untuk mengakomodasi berbagai tekanan arus dan gerakan gelombang di dalam air. Karena sifatnya yang dapat terbiodegradasi, karagenan banyak digunakan sebagai pengatur viskositas, zat penstabil dan zat pengental (Peranginangin, dkk, 2013).

Terdapat penelitian tentang karagenan yang membahas karakteristik secara umum seperti kemampuan pembentukan jel, peningkatan viskositas dan aplikasi langsung sebagai matriks dari suatu sediaan padatan, namun belum terdapat penelitian yang berfokus kepada pengaplikasian bahan baku karagenan sebagai bahan baku pembuatan cangkang kapsul (Yasita, dkk, 2009). Kapsul adalah sediaan padat yang terdiri dari obat dalam cangkang keras atau lunak yang dapat larut. Cangkang pada umumnya terbuat dari gelatin, bisa juga dari pati atau bahan lain yang sesuai (Nurfita, dkk, 2020). Diperkirakan sekitar 60 miliar cangkang kapsul digunakan setiap tahun untuk produk farmasi (Armstrong, 2012). Bahan yang umumnya digunakan dalam pembuatan kapsul cangkang keras pada industri farmasi yaitu gelatin (Kementerian Kesehatan Republik Indonesia, 2014), yang dihasilkan dari hidrolisis sebagian dari

kolagen yang diperoleh dari kulit, jaringan ikat putih dan tulang binatang-binatang (Ansel, 2008). Pengujian karakteristik fisik cangkang kapsul keras antara lain pengujian sifat fisik yaitu viskositas, kadar air, waktu hancur, uji higroskopisitas, kadar abu dan juga harus ditunjang dengan pengujian sifat mekanik antara lain tensile strength, elongation break dan modulus young. Pengujian karakteristik ini harus dilakukan guna mendapatkan karakteristik fisika cangkang kapsul keras karagenan yang stabil.

Dari beberapa hal yang telah diuraikan diatas, penelitian ini diharapkan dapat membuka peluang baru untuk pemanfaatan rumput laut Indonesia sebagai bahan baku pembuatan film cangkang kapsul keras dalam industri farmasi dan menunjukkan potensi karagenan sebagai bahan baku alternatif yang dapat menghasilkan cangkang kapsul keras dengan karakteristik fisik yang memenuhi standar mutu yang diperlukan.

METODE PENELITIAN

Alat Penelitian

Computer servo hydraulic universal testing machine (HT-9501), *disintegrator tester* (Flight BJ-2), tanur (Thermolyne), oven (Mettler UN-55), *moisturizer analyzer* (Precissa XM-60), *viscometer* (Brookfield LVT), pH meter (Mettler Tolendo Seven Compact S220), *magnetic*

strirer (Thermo Scientific Cimarec), timbangan analitik (Ohaus®), blender (Miyako), waterbath, beaker glass 5L (Iwaki), tang penjepit, cawan krus, thermometer raksa, akrilik pencetak film, kertas saring (Whatman No.41), batang pengaduk, alat pres hidrolik, kain flanel dan alat gelas kimia (Iwaki).

Bahan Penelitian

Rumput laut pantai Banggai (Sulawesi Selatan) dengan jenis *Eucheuma cottonii*, natrium hidroksida (NaOH) (brataco), hidrogen peroksida (H₂O₂) (brataco), asam asetat (CH₃COOH) (brataco), kalium sulfat (K₂SO₄) (brataco), barium klorida (BaCl₂) (brataco), asam klorida (HCl) (brataco), karagenan ekstraksi natrium hidroksida (NaOH) pH 13, Gelatin (EMSURE®), Gliserin (P&G), Titanium dioksida (EMSURE®) dan akuades (Kimia Mart).

Jalannya Penelitian

1. Karakterisasi Karagenan hasil Ekstraksi

- 1). Pengumpulan Rumput Laut *Eucheuma cottonii*, dari perairan kabupaten banggai Sulawesi tengah.
- 2). Ekstraksi karagenan dengan larutan natrium hidroksida dengan pH 13.
- 3). Pengujian Loss On Drying (LOD) dengan menggunakan 1 gram film cangkang kapsul dan dimasukkan kedalam wadah yang telah ditara pada alat *moisture analyzer* dan diuji pada suhu 105°C.

4). Pengujian Kadar Abu dengan prosedur analisis kadar abu yaitu cawan krus yang akan digunakan dipanaskan terlebih dahulu didalam oven pada suhu 100-105°C selama ± 30 menit. Cawan krus didinginkan dalam desikator selama 15 menit untuk menghilangkan uap air dan ditimbang (A). Sampel karagenan ditimbang sebanyak 2 gram (B) dalam cawan yang sudah dikeringkan, lalu dibakar di atas nyala pembakaran samapai tidak berasap dan dilanjutkan dengan pengabuan di dalam tanur dengan suhu 550-500°C selama 2 jam. Sampel yang sudah diabukan didinginkan selama 15 menit dalam desikator dan ditimbang (C). Tahap pembakaran dalam tanur diulangi kembali sampai bobot yang konstan. Penentuan kadar abu digitung dengan persamaan berikut :

$$Kadar\ Abu\ (\%) = \frac{Berat\ Abu\ (g)}{Berat\ Sampel\ (g)} \times 100\%$$

Keterangan :

A : berat cawan kosong

B : berat sampel awal (g)

C : berat cawan + sampel kering (g)

5). Pengujian Kadar Sulfat Karagenan dengan melarutkan sampel karagenan (W1) dengan HCl 1N sebanyak 50 mL, dipanaskan hingga mendidih dan dihitung selama 15 menit setelah mendidih, ditambahkan BaCl₂ (0,25 M) 10 mL da didiamkan selama 5 jam dan disaring dengan kertas saring

(Whatman no. 42). Hasil penyaringan dimasukkan ke dalam tanur 700°C selama 2 jam. Hasil berbentuk abu putih ditimbang (W2) untuk dihitung presentase kadar sulfatnya dengan persamaan berikut :

$$Kadar\ Sulfat\ (\%) = \frac{W2}{W1} \times 100\% \times 0,4116$$

2. Formula Film Cangkang Kapsul

Formulasi pembuatan film cangkang kapsul keras dapat dilihat pada tabel 1 berikut :

Tabel 1. Formula Film Cangkang Kapsul Karagenan Hasil Ekstraksi NaOH pH 13

Bahan	Formula (%)				
	FA	FB	FC	FD	FG
Karagenan	3	4	5	6	-
Gelatin	-	-	-	-	50
Titanium Dioksida	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Gliserin	1	1	1	1	1
Akuades	100 mL	100 mL	100 mL	100 mL	10 ml

Keterangan :

FA = karagenan konsentrasi 3%

FB = karagenan konsentrasi 4%

FC = karagenan konsentrasi 5%

FD = karagenan konsentrasi 6%

FG = gelatin konsentrasi 50%

3. Pembuatan Cangkang Kapsul Keras

Dilarutkan karagenan atau gelatin sesuai konsentrasi dengan 50 mL aquadest (±90°C), sampai mengembang kemudian aduk hingga homogen (larutan A). ditambahkan titanium dioksida (TiO₂) yang sudah dilarutkan 20 mL aquadest yang telah dipanaskan (±90°C) (larutan B). Diaduk sampai homogen, lalu ditambahkan gliserin dan sisa aquadest (± 90°C).

Kemudian, larutan pada suhu (60°C) dicetak pada lembar aklirik (16,3 x 16,3 x 5 cm), lalu dikeringkan. Lapisan film dikeringkan di suhu ruang dengan bantuan angin selama ± 24 jam. Setelah kering, film disimpan dalam klip plastik sebelum dilakukan pengujian (Nurfita, dkk, 2020).

4. Karakterisasi Film Kapsul Cangkang Keras

Karakterisasi sifat fisik film cangkang kapsul yang pertama dilakukan yaitu uji organoleptis dengan meninjau parameter bentuk, warna, dan bau. Selanjutnya dilakukan analisis sifat fisik dan mekanik film cangkang kapsul sebagai berikut :

4.1. Pengukuran Viskositas

Larutan film karagenan pembentuk cangkang kapsul diukur menggunakan viskometer Brookfield LVT. Larutan film dipanaskan pada suhu 60-70°C, kemudian digunakan spindel nomor 2 (LV-62) dengan kecepatan 30 rpm.. Pengukuran dilakukan sebanyak tiga kali dan diambil rata-ratanya dalam satuan cP (Food Agriculture Organization, 2007).

4.2. Waktu Hancur

Waktu hancur kapsul dianalisis dengan disintegration tester (Erweka). Sebanyak satu film berbentuk kapsul dimasukkan pada masing-masing tabung dari keranjang, kemudian satu cakram dimasukkan pada setiap tabung, lalu semua tabung ditutup, kemudian alat dijalankan. Rangkaian keranjang bergerak secara

vertikal sepanjang sumbunya tanpa gerakan horizontal. Media yang digunakan pada penelitian ini berupa akuades dengan suhu 37°C±2%. Kemudian film diamati dalam batas waktu 15-30 menit (Kementerian Kesehatan Republik Indonesia, 2014).

4.3. Uji Loss On Drying (LOD)

Disiapkan ±3 gram film cangkang kapsul dan dimasukkan kedalam wadah yang telah ditara pada alat moisture analyzer. Pengeringan dilakukan pada suhu 105°C selama 10 menit. Setelah 10 menit, hasil LOD akan ditampilkan pada alat dengan satuan persen (*Association of Official Analytical Chemyst*, 2005).

4.4. Kadar Abu

Cawan krus dipanaskan didalam oven pada suhu 100-105°C selama ± 30 menit. Kemudian didinginkan dalam desikator selama 15 menit untuk menghilangkan uap air dan ditimbang (A). Sampel film cangkang kapsul ditimbang 1 gram (B) dalam cawan yang sudah dikeringkan, lalu dibakar di atas nyala pembakaran sampai tidak berasap dan dilanjutkan dengan pengabuan di dalam tanur dengan suhu 550-600°C selama 3 jam. Sampel yang sudah diabukan didinginkan selama 15 menit dalam desikator dan ditimbang (C). Tahap pembakaran dalam tanur diulangi sampai bobot yang konstan. Kadar abu dihitung terhadap bahan yang telah dikeringkan di udara (*Association of Official Analytical Chemyst*, 2005).

4.5. Uji Tarik

Disiapkan lapisan film yang akan diuji dipotong dengan ukuran 20×1 cm dan dikaitkan pada alat Autograph. Ujung-ujung film dikaitkan dengan alat uji dan penarik dipasang pada satuan beban kilogram-Force. Kemudian film akan ditarik dengan kecepatan 15 mm/menit hingga putus. Besar beban penarik dan perubahan panjang film pada saat putus dicatat. Selanjutnya stress, strain, dan Modulus Young ditentukan dengan rumus yang ditunjukkan oleh persamaan berikut : (Sukandi, A, dkk, 2013).

$$\text{Stress } (\sigma) = \frac{F}{A} \dots\dots\dots(1)$$

$$\text{Strain } (\epsilon) = \frac{\Delta l}{l} \dots\dots\dots(2)$$

$$\text{Modulus Young} = \frac{\sigma}{\epsilon} \dots\dots\dots(3)$$

Keterangan :

F = gaya (kN)

l = panjang awal (cm)

A = luas permukaan (cm²)

Δl = hasil selisih dari panjang awal dengan panjang akhir sebelum membran terputus.

4.6. Uji Higroskopisitas

Sebanyak 1 gram film cangkang kapsul dari tiap formula dimasukkan ke dalam cawan kering kemudian ditimbang. Selanjutnya cawan disimpan dalam desikator pada suhu 25°C dengan RH 80±8%. Setelah 24 jam, penambahan berat pada film cangkang kapsul dihitung dengan rumus yang ditunjukkan oleh persamaan dan dikategorikan berdasarkan klasifikasi higroskopisitas (Baloğlu, E., & Şenyiğit, T. 2010).

$$\text{Penambahan bobot } (\%) = \frac{[M_3 - M_2]}{[M_2 - M_1]} \times 100\%$$

Keterangan :

M1= bobot kosong cawan

M2= bobot awal cawan dan cangkang kapsul

M3= bobot cawan dan ca.ngkang kapsul setelah 24 jam

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Karakteristik Mutu Bahan Baku Karagenan NaOH pH 13

Karakteristik standar mutu digunakan sebagai persyaratan minimum yang diperlukan bagi industri pengolahan baik dari segi teknologi maupun dari segi ekonomi yang meliputi kualitas hasil dari suatu bahan yang akan digunakan (Rahayu, 2020). Standar mutu karagenan telah di publikasikan secara internasional oleh FAO (*Food Agriculture Organization*) dan *Handbook of Pharmaceutical Excipients* sebagai standar pembandingan pada penelitian ini. Karakteristik mutu karagenan yang diuji yaitu rendemen, kadar air, kadar abu, kadar sulfat dan uji pH.

2. Rendemen

Pada penelitian sebelumnya rendemen ini dipengaruhi oleh konsentrasi pelarut alkali yang ditambahkan pada proses ekstraksi rumput laut. Semakin besar konsentrasi pelarut alkali maka semakin besar pH larutan dan rendemen yang dihasilkan semakin banyak (Yasita dan Rachmawati, 2009 ; Rahayu, 2020). Pada penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Rifdah rahayu (2020) rendemen karagenan paling besar dihasilkan oleh karagenan

dengan larutan ekstraksi pH 13 yaitu sebesar 24 - 29%. Data bahan baku rendemen yang digunakan disajikan pada tabel 2.

Tabel 2. Rendemen Karagenan NaOH pH 13

Pelarut Alkali	Batch	Rendemen (%)
NaOH pH 13	1	33,36
	2	34,10
	3	29,64
	4	34,82
	5	33,20
	6	34,86
	7	38,78
	8	40,08
	9	32,20
Rata-rata		34.56
Standar Deviasi (SD)		3.20

Nilai rendemen dari suatu hasil olahan bahan pangan merupakan parameter yang penting diketahui untuk digunakan sebagai dasar perhitungan analisis finansial, memperkirakan jumlah bahan baku untuk memproduksi bahan tersebut dalam volume tertentu, dan mengetahui tingkat efisiensi dari suatu proses pengolahan (Firnanti dkk, 2008).

3. Uji Loss On Drying (LOD)

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui kandungan lembab dari serbuk karagenan. Nilai LOD bahan baku karagenan yang digunakan pada penelitian ini disajikan pada tabel 3.

Dari nilai LOD bahan baku karagenan yang didapatkan sudah memenuhi standar yang diharapkan menurut *United States Pharmaceuticals* (USP) (2007) yaitu tidak lebih dari 12,5%. Nilai kelembaban suatu bahan sangat dipengaruhi oleh proses dan

lamanya waktu pengeringan yang dilakukan.

Tabel 3. Nilai LOD Karagenan NaOH pH 13

Pelarut Alkali	Batch	LOD (%)
NaOH pH 13	1	5,67
	2	4,38
	3	5,96
	4	7,98
	5	10,05
	6	10,88
	7	9,58
	8	8,86
	9	7,98
Rata-rata		7.93
Standar Deviasi (SD)		2.19

4. Kadar Abu

Abu merupakan zat anorganik hasil pembakaran suatu bahan organik. Hasil analisis kadar abu karagenan sebesar 37,15±3,8%. Hasil data kadar abu ini telah memenuhi standar yang telah ditetapkan standar FAO (2007) yaitu sebesar 15-40%. Rumput laut termasuk bahan pangan yang mengandung zat anorganik yaitu Na, K, Cl, Mg, Fe, dan S. Rumput laut tumbuh di atas karang-karang batu, hal ini diduga menyebabkan rumput laut mengandung kadar abu yang tinggi (Lewerissa 2006). Basmal *et al.* (2003) menyatakan bahwa kadar abu dalam karagenan selain diperoleh dari bawaan rumput laut juga merupakan akibat perlakuan yang digunakan yaitu penggunaan larutan basa NaOH untuk memisahkan kappa-karagenan dari bahan lain. Penelitian Basmal *et al* (2003) menunjukkan peningkatan kadar abu sebanding dengan pemakaian konsentrasi basa yang ditambahkan pada proses

ekstraksi. Dimana penggunaan basa dalam proses pembuatan karagenan pada penelitian ini cukup banyak yang menyebabkan kadar abu menjadi tinggi.

5. Kadar Sulfat

Kadar sulfat adalah salah satu parameter yang digunakan untuk berbagai polisakarida yang terdapat dalam alga merah. Hasil ekstraksi rumput laut biasanya dibedakan menurut kandungan sulfatnya. Hasil kadar sulfat yang didapatkan yaitu sebesar $13,36 \pm 3,8\%$. Kadar sulfat pada penelitian ini telah memenuhi standar FAO yang memiliki kisaran kadar sulfat sebesar 15-40%. Rumput laut termasuk bahan pangan yang mengandung zat anorganik yaitu Na, K, Cl, Mg, Fe, dan S. Rumput laut tumbuh di atas karang-karang batu, hal ini diduga menyebabkan rumput laut mengandung kadar abu yang tinggi (Lewerissa 2006). Basmal et al. (2003) menyatakan bahwa kadar abu dalam karagenan selain diperoleh dari bawaan rumput laut juga merupakan akibat perlakuan yang digunakan yaitu penggunaan larutan basa NaOH untuk memisahkan kappa-karagenan dari bahan lain. Penelitian Basmal et al (2003) menunjukkan peningkatan kadar abu sebanding dengan pemakaian konsentrasi basa yang ditambahkan pada proses ekstraksi. Dimana penggunaan basa dalam proses pembuatan karagenan pada penelitian ini cukup banyak

yang menyebabkan kadar abu menjadi tinggi.

6. Hasil Pembuatan Film Cangkang Kapsul

Pembuatan film cangkang kapsul keras dibuat dari bahan dasar karagenan hasil ekstraksi pelarut natrium hidroksida (NaOH) pH 13 yang telah dikarakterisasi, air, gliserin dan titanium dioksida (TiO_2). Penambahan gliserin pada formula yaitu sebagai *plasticizer*. Gliserin memiliki volatilitas yang rendah, apabila ditambahkan akan memberikan sifat fleksibilitas rantai polimer dan dapat mempengaruhi sifat fisik dari *edible film* yang dihasilkan (McHugh dan Krochta, 1994). Secara organoleptis karagenan hasil ekstraksi dengan pelarut natrium hidroksida (NaOH) pH 13 yaitu serbuk kekuningan. Tujuan penambahan titanium dioksida (TiO_2) pada formula yaitu sebagai *opacifier agent*. titanium dioksida (TiO_2) mempunyai indeks bias yang tinggi sehingga mempunyai sifat dapat menghamburkan cahaya dalam penggunaannya sebagai *opacifier agent* (Rowe et al., 2003). Dengan demikian lembaran film cangkang kapsul keras yang dihasilkan berupa lapisan tipis yang berwarna putih kekuningan. Dasar pemilihan karagenan ekstraksi pelarut natrium hidroksida (NaOH) pH 13 tersebut berdasarkan data penelitian yang sebelumnya, dimana karagenan ini memiliki karakteristik fisik yang elastis dan

permukaan film yang halus. Pemilihan konsentrasi karagenan yang digunakan pada formula berdasarkan penelitian sebelumnya dimana menggunakan karagenan komersil dengan konsentrasi 1; 1,5; 2 dan 3% (b/v), film cangkang kapsul yang paling baik yaitu pada konsentrasi karagenan 3%. Maka dari

itu, konsentrasi baku karagenan hasil ekstraksi pelarut natrium hidroksida (NaOH) pH 13 yang digunakan pada penelitian ini dimulai dari 3%, 4%, 5% dan 6%. Berikut formulasi film karagenan karagenan hasil ekstraksi NaOH pH 13 dalam 100 mL.

Tabel 4. Formula Film Karagenan Hasil Ekstraksi NaOH pH 13

Bahan	Formula (%)				
	FA	FB	FC	FD	FG
Karagenan	3	4	5	6	-
Gelatin	-	-	-	-	50
Titanium Dioksida	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Gliserin	1	1	1	1	1
Akuades	100 mL	100 mL	100 mL	100 mL	10 ml

(Suptijah dkk, 2012; Syafiqoh, 2014)

Keterangan :

- FA = menggunakan karagenan konsentrasi 3%
- FB = menggunakan karagenan konsentrasi 4%
- FC = menggunakan karagenan konsentrasi 5%
- FD = menggunakan karagenan konsentrasi 6%
- FG = menggunakan konsentrasi gelatin sebesar 50%

Tujuan dari penggunaan variasi karagenan adalah untuk mengetahui karagenan pada konsentrasi berapa yang baik terhadap karakteristik fisik cangkang kapsul secara komersil. Metode pembuatan film cangkang kapsul ini dilakukan pada suhu 60-70°C dicetak dan dilanjutkan pada proses pengeringan. Proses pengeringan film pada suhu ruang (25°C) dengan bantuan angin selama 4-5 jam tidak cukup untuk mengeringkan film cangkang kapsul. Waktu terbaik pengeringan untuk film karagenan adalah ± 24 jam, sedangkan untuk gelatin ± 20 jam dengan bantuan angin. Proses pengeringan film ini akan berpengaruh terhadap kadar air. Jika kadar air dari suatu bahan lebih dari 20%,

memungkinkan bahan akan mudah ditumbuhi oleh jamur dan kapang (Junianto dkk, 2013). Oleh karena itu, dilakukan pengeringan film cangkang kapsul dengan menggunakan oven pada suhu 40±0,8°C. Pengeringan dengan menggunakan oven dapat mengefisiensikan waktu pengeringan. Dibutuhkan waktu selama 3 jam untuk mengeringkan film cangkang kapsul karagenan, tetapi cara ini tidak dapat digunakan pada gelatin, mengingat gelatin yang memiliki titik leleh sebesar 27°C (GMIA, 2012). Kekurangan dari pengeringan dengan oven yaitu setiap sudut dari lapisan film melekok dan keras. Hal tersebut dapat terjadi disebabkan oleh terlalu cepatnya proses penguapan air pada

lapisan film, sehingga beberapa bagian film sebagian belum membentuk ikatan antar polimer dan sudah kehilangan air yang mengakibatkan film menjadi melekek dan keras. Disamping itu pengeringan dengan oven membuat film cangkang kapsul menjadi kaku dan mudah patah, sehingga keelastisan dari film cangkang kapsul berkurang. Dilihat dari kedua cara pengeringan, pengeringan yang paling efektif dilakukan yaitu pada suhu ruang (25°C) dengan bantuan angin selama ± 24

jam karena dihasilkan film cangkang kapsul yang masih memenuhi karakteristik fisik cangkang kapsul keras.

7. Karakteristik Sifat Fisik Film Cangkang Kapsul

7.1. Uji Organoleptis

Film cangkang kapsul karagenan ini diharapkan mempunyai sifat elastis dan berwarna putih kuning pucat dan tidak berbau. Data hasil film cangkang kapsul disajikan dalam tabel 5.

Tabel 5 Uji Organoleptis Film Cangkang Kapsul

Film Cangkang Kapsul	Bentuk	Warna	Bau
FA	Lapisan tipis, elastis, tidak mudah patah	Putih, kuning pucat	Tidak berbau
FB	Lapisan tipis, elastis, Tidak mudah patah	Putih, kuning pucat	Tidak berbau
FC	Lapisan tipis, elastis, tidak mudah patah	Putih, kuning muda	Tidak berbau
FD	Lapisan, tipis, agak kaku, mudah patah	Putih, kuning muda	Tidak berbau
FG	Lapisan tipis, sangat elastis, tidak mudah patah	Putih, kuning tua	Tidak berbau

Keterangan :

FA = menggunakan karagenan konsentrasi 3%

FB = menggunakan karagenan konsentrasi 4%

FC = menggunakan karagenan konsentrasi 5%

FD = menggunakan karagenan konsentrasi 6%

FG = menggunakan konsentrasi gelatin sebesar 50%

Dari data diatas, kekerasan dari tekstur film cangkang kapsul sebanding dengan kenaikan konsentrasi karagenan yang ditambahkan pada formula. Sedangkan perbedaan warna cangkang kapsul formula C dan formula D terlihat paling tua karena memiliki ketebalan yang meningkat. Hal tersebut sebanding dengan nilai viskositas

yang meningkat. Jika dibandingkan dengan standar film gelatin warnanya jauh berbeda dan tekstur dari gelatin tetap elastis meskipun konsentrasinya meningkat.

7.2. Viskositas

Viskositas merupakan salah satu fisik larutan film cangkang kapsul yang perlu dilakukan. Pengujian viskositas ini dilakukan untuk mengetahui tingkat kekentalan film cangkang kapsul sebagai larutan pada konsentrasi dan suhu tertentu. Berikut data hasil pengujian viskositas larutan film cangkang kapsul disajikan pada tabel 4.5

Tabel 6. Viskositas Larutan Film Cangkang Kapsul

Formula	Rata-rata viskositas (Cp)
FA	55 ± 7,9
FB	90 ± 5
FC	200 ± 20
FD	400 ± 40
FG	90±10

Keterangan :

FA = menggunakan karagenan konsentrasi 3%

FB = menggunakan karagenan konsentrasi 4%

FC = menggunakan karagenan konsentrasi 5%

FD = menggunakan karagenan konsentrasi 6%

FG = menggunakan konsentrasi gelatin sebesar 50%

Pada pengujian viskositas kali ini digunakan suhu pengujian 60°C dan suhu dari larutan harus dipertahankan mengingat larutan film cangkang kapsul yang mudah untuk mengering. Dari data diatas, dapat dilihat bahwa semakin tinggi konsentrasi karagenan di dalam larutan film, semakin tinggi nilai viskositas larutan film yang dihasilkan. Hal tersebut selaras dengan penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh sutpijah (2012) menyatakan bahwa suhu dan konsentrasi karagenan memberikan pengaruh nyata terhadap viskositas larutan

pembentuk kapsul. Konsentrasi karagenan yang ditambahkan juga mempengaruhi nilai viskositas. Tingginya nilai viskositas larutan dapat mempengaruhi ketebalan cangkang kapsul yang diperoleh (Junianto dkk, 2013). Hal tersebut selaras dengan data yang dihasilkan pada setiap formula yang diujikan.

7.3. Uji *Loss On Drying* (LOD) Cangkang Kapsul

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui seberapa besar kelembapan dalam suatu sampel yang berpengaruh kepada daya simpan. Hasil data kadar air film cangkang kapsul disajikan pada tabel 7.

Tabel 7. Nilai LOD Film Cangkang Kapsul

Formula	LOD (%)
FA	17,50
FB	14,66
FC	18,92
FD	9,46
FG	5,96

Keterangan :

FA = menggunakan karagenan konsentrasi 3%

FB = menggunakan karagenan konsentrasi 4%

FC = menggunakan karagenan konsentrasi 5%

FD = menggunakan karagenan konsentrasi 6%

FG = menggunakan konsentrasi gelatin sebesar 50%

Nilai susut pengeringan (*Loss On Drying*) yang didapatkan sebagian besar dipengaruhi oleh proses pengeringan yang dilakukan. Pada proses pengeringan di suhu ruang, gugus hidrofilik tersebut mampu mengikat air, namun setelah dilakukan pengujian kadar air, keberadaan air tersebut tidak dapat dipertahankan (Amalina dkk, 2020). Dari hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa nilai LOD dari cangkang

kapsul pada formula A, B, C, D dan G telah memenuhi standar kadar air dari cangkang kapsul komersial. Tingginya kadar air dalam suatu sampel dapat berpotensi ditumbuhi jamur dan kapang, terutama jika kadarnya lebih dari 20-60% (Junianto dkk, 2013).

7.4. Kadar Abu Cangkang Kapsul

Pengujian kadar abu ini bertujuan untuk menentukan baik atau tidaknya suatu pengolahan dan untuk mengetahui zat organik atau mineral yang terdapat dalam kandungan film cangkang kapsul sebagai parameter nilai gizi suatu bahan. Hasil data kadar abu film cangkang kapsul disajikan pada tabel 8

Tabel 8. Kadar Abu Film Cangkang Kapsul

Formula	Kadar Abu (%)
FA	24,47
FB	33,78
FC	36,79
FD	32,56
FG	4,36

Keterangan :

- FA = menggunakan karagenan konsentrasi 3%
- FB = menggunakan karagenan konsentrasi 4%
- FC = menggunakan karagenan konsentrasi 5%
- FD = menggunakan karagenan konsentrasi 6%
- FG = menggunakan konsentrasi gelatin sebesar 50%

Dari data yang didapatkan nilai kadar abu yang dihasilkan film karagenan masih tinggi dibandingkan dengan formula gelatin. Menurut Departemen Kesehatan Indonesia (2014) menetapkan bahwa keberadaan mineral pada cangkang kapsul kadarnya tidak boleh melebihi 5%. Tingginya kadar abu film karagenan ini dapat dipengaruhi oleh nilai kadar abu bahan baku serbuk

karagenan NaOH pH 13 yang dipakai dimana nilainya yaitu sebesar $39 \pm 0,1\%$. Hal tersebut disebabkan semakin tinggi konsentrasi basa yang digunakan akan meningkatkan kadar abu karena basa yang digunakan mengandung unsur mineral.

7.5. Waktu Hancur Cangkang Kapsul

Pengujian waktu hancur ini bertujuan untuk mengetahui waktu yang diperlukan oleh kapsul yang bersangkutan untuk hancur menjadi butiran-butiran bebas yang tidak terikat oleh satu bentuk (Ditjen POM, 1979). Berikut hasil data waktu hancur film cangkang kapsul empat formula yang berbeda konsentrasinya disajikan pada tabel 9.

Tabel 9. Waktu Hancur Film Cangkang Kapsul

Sampel	Waktu Hancur (Menit)
FA	9,18
FB	11,19
FC	13,49
FD	15,34
FG	12,84

Keterangan :

- FA = menggunakan karagenan konsentrasi 3%
- FB = menggunakan karagenan konsentrasi 4%
- FC = menggunakan karagenan konsentrasi 5%
- FD = menggunakan karagenan konsentrasi 6%
- FG = menggunakan konsentrasi gelatin sebesar 50%

Berdasarkan data hasil waktu hancur yang didapat, film cangkang kapsul pada penelitian ini masih memenuhi persyaratan standar waktu hancur cangkang kapsul dari USP (2010) yaitu <30 menit (USP, 2010; Depkes RI, 2014). Dari data yang didapatkan dapat disimpulkan bahwa semakin besar konsentrasi karagenan, waktu

yang dibutuhkan kapsul untuk hancur juga semakin lama.

7.6. Uji Tarik Cangkang Kapsul

Untuk mengetahui sifat fisik dari film cangkang kapsul karagenan NaOH pH 13 maka diuji sifat mekaniknya. Sifat mekanik dapat diketahui dari respon terhadap uji tarik

(Hartatik, 2014). Hasil uji tarik yang dilakukan yaitu meliputi kuat tarik (tensile strength), persen elongasi (perpanjangan) dan modulus elongasi. Berikut hasil data ketiga pengujian sifat mekanik film cangkang kapsul NaOH pH 13 disajikan pada tabel 10.

Tabel 10 Uji Tarik Film Cangkang Kapsul

Kelompok Sampel	Spesimen No.	Elongation (%)	Tensile Strength (mPa)	Modulus Of Elasticity (mPa)
FA (3%)	1	8	38,75	4,84
	2	7	66,85	9,55
FB (4%)	1	10	32,94	3,29
	2	11	14,79	1,34
FC (5%)	1	23	53,48	2,32
	2	22	51,86	2,36
FD (6%)	1	10	17,55	1,75
	2	12	59,95	4,99

Keterangan :

FA = menggunakan karagenan konsentrasi 3%

FB = menggunakan karagenan konsentrasi 4%

FC = menggunakan karagenan konsentrasi 5%

FD = menggunakan karagenan konsentrasi 6%

Berdasarkan data uji kuat tarik terbaik didapatkan pada formula A dengan nilai kuat tarik sebesar 66,85 mPa, sedangkan yang terendah didapatkan pada formula B dengan kuat tarik sebesar 14,79 mPa. Nilai uji tarik ini telah memenuhi standar yang ditetapkan oleh *Japanese Industrial Standart* (1975) menyebutkan bahwa nilai standart minimal nilai kuat tarik *edible* film 3,92266 Mpa (Ariska dan Suyatno, 2015). Nilai tarik ini merupakan kekuatan menahan suatu sampel saat diuji sampai akhirnya putus. Semakin tinggi nilai

kuat tariknya, semakin sulit suatu bahan untuk putus (Setiani *et al.*, 2013).

Dari data persen perpanjangan (% *elongation*) yang terbesar didapatkan pada Formula D, dengan nilainya sebesar 23%. Perpanjangan yang terjadi pada formula D cukup besar sebelum akhirnya putus. Menurut *Japanese Industrial Standart* (1975) persen pemanjangan dikategorikan jelek apabila kurang dari 10% dan dikategorikan sangat baik apabila lebih dari 50% (Ariska dan Suyatno, 2015). Semakin besar nilai perpanjangan yang

terjadi, maka akan semakin sulit untuk putus. Persen pemanjangan ini dapat dihitung dengan membagi pemanjangan pada saat meregang dengan panjang awal dikalikan 100 (ASTM D638-14, 2014). Nilai persen perpanjangan ini berbanding terbalik dengan kuat tarik dan modulus elastisitas (Setiani *et al.*, 2013).

Dari data modulus elastisitas nilai tertinggi didapatkan oleh formula A yaitu sebesar 9,55 mPa, dimana sampel ini memiliki kekakuan yang lebih tinggi dibandingkan sampel yang lainnya. Menurut *Japanese Industrial Standart* (1975) menyebutkan bahwa nilai standar minimal nilai *modulus young edible film* 0,35 Mpa (Ariska dan Suyatno, 2015). Modulus elastisitas ini sering juga diartikan sebagai ukuran kekakuan suatu bahan (Setiani *et al.*, 2013). Berdasarkan ketiga data (kuat tarik, persen perpanjangan dan modulus elastisitas) yang dilakukan bertujuan untuk mengetahui ketahanan sediaan kapsul pada pembuatan pabrik akan bersentuhan dari cangkang kapsul satu dengan yang lainnya ataupun pada saat pengisian isi sediaan agar mudah masuk ke dalam cangkang kapsul. Dari hasil uji tarik untuk spesifikasi fisik cangkang kapsul, maka dipilihlah formula C sebagai untuk dijadikan cangkang kapsul yang optimal karena mempunyai nilai kuat tarik dan perpanjangan yang sama-sama tinggi dengan nilai modulus elastisitas yang kecil sehingga tidak terlalu kaku.

7.7. Uji Higroskopisitas Cangkang Kapsul

Pengujian higroskopisitas ini bertujuan untuk mengamati kestabilan fisik dari suatu sampel uji terhadap kemampuannya dalam menyerap uap air dari udara setelah dibiarkan dalam kondisi dan satuan waktu tertentu. Berikut data hasil pengujian higroskopisitas cangkang kapsul empat formula yang berbeda konsentrasinya disajikan pada tabel 11.

Tabel 11. Higroskopisitas Film Cangkang Kapsul

Sampel	Higroskopisitas (%)
FA	48,04
FB	59,18
FC	33,00
FD	34,37
FG	9,57

Keterangan :

FA = menggunakan karagenan konsentrasi 3%

FB = menggunakan karagenan konsentrasi 4%

FC = menggunakan karagenan konsentrasi 5%

FD = menggunakan karagenan konsentrasi 6%

FG = menggunakan konsentrasi gelatin sebesar 50%

Berdasarkan data uji higroskopisitas yang telah dihasilkan, adanya penambahan bobot dari film cangkang kapsul yaitu 33,34- 58,52%. Hasil uji ini lebih dari 15% dimana tergolong kriteria sangat higroskopis, sedangkan film gelatin mempunyai nilai higroskopisitas sebesar 9,23 yang tergolong ke dalam kriteria higroskopis. Menurut penelitian amalina (2020) penurunan bobot dari cangkang kapsul dipengaruhi dengan perbandingan karagenan jenis iota yang menurun pada formula sedangkan konsentrasi karagenan kappa karagenan yang meningkat

mengakibatkan sampel menyerap uap air semakin kecil. Hal tersebut sebanding dengan hasil data yang didapatkan adanya penurunan nilai uji, hal ini dapat diakibatkan dari konsentrasi penambahan bahan baku karagenan yang ditambahkan pada setiap formula. Dari hasil evaluasi ini dapat meninjau kondisi penyimpanan dari cangkang kapsul karagenan yang sesuai untuk upaya melindungi dari perubahan secara fisik. Maka dari itu diupayakan penyimpanan film cangkang kapsul karagenan NaOH pH 13 yaitu dalam wadah tertutup rapat atau pembungkus yang terbuat dari *aluminium foil* dalam strip, dengan pemberian bahan pengering seperti silica gel dan disimpan pada kondisi penyimpanan yang tidak terlalu lembab atau kering.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa, bahan baku karagenan hasil ekstraksi NaOH pH 13 dapat digunakan sebagai bahan baku untuk pembuatan cangkang kapsul keras karena secara umum karakteristik fisik film telah memenuhi persyaratan. Konsentrasi karagenan NaOH pH 13 terbaik yang digunakan untuk pembuatan film cangkang kapsul yaitu formula C dengan konsentrasi 5%. Karakteristik fisik film cangkang kapsul yaitu lapisan tipis elastis yang tidak mudah patah, viskositas 220 cP, nilai susut pengeringan 18,92%, waktu hancur 15,34

menit, uji tarik 53.48 mPa, elongasi 23%, modulus elastisitas 2,32 mPa dan uji higroskopisitas 33,67%.

DAFTAR PUSTAKA

- Anggadiredja, J. T., A. Zalnika, H. Purwoto, and S. Istini. 2010. *Manfaat Dan Pengolahan Rumput Laut*. Jakarta: Penebar Swadaya.
- Ansel, H. C., .2008. *Pengantar Bentuk Sediaan Farmasi*. ed IV, Alih bahasa Ibrahim, F. Jakarta : UI Press.
- Aprilia, Indah. A. 2006. *Ekstraksi Karagenan Dari Rumput Laut Jenis Eucheuma Cottonii*. Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia Indonesia
- Ariska RE, Suyatno. 2015. "Pengaruh konsentrasi karagenan terhadap sifat fisik dan mekanik edible film dari pati bonggol pisang dan karagenan dengan plasticizer gliserol". Prosiding. Seminar Nasional Kimia Jurusan Kimia FMIPA Universitas Negeri Surabaya. Surabaya.
- Armstrong, A. N. (2012). *The Instrumentation of Capsule-Filling Machinery In Tablet and Capsule Machine Instrumentation : Vol. (Issue, pp. 207–222)*.
- Association of Official Analytical Chemyst, 2005. *Official Method of Analysis of The Association of Official Analytical*

- Chemist. Virginia, USA: Association of Official Analytical Chemist, Inc.
- Baloğlu, E., & Şenyiğit, T. 2010. "A design and evaluation of layered matrix tablet formulations of metoprolol tartrate". *AAPS PHARMSCITECH*, 11(2), 563–573.
- Basmal, J., Syarifuddin, dan Ma'ruf, W.F. 2003. "Pengaruh konsentrasi larutan potasium hidroksida terhadap mutu kappa-karagenan yang diekstraksi dari *Eucheuma cottonii*". *Jurnal Penelitian Perikanan Indonesia*. 9(5): 95–103.
- Bhayu Gita Bhernama. 2019. "Analisis Karakteristik Karagenan *Eucheuma Cottonii* Asal Aceh Jaya Menggunakan Pelarut Alkali (KOH DAN NaOH)". *AMINA*, 1(2), 59–66.
- Campo, V. L., Kawano, D. F., Silva, D. B. da, & Carvalho, I. 2009. "Carrageenans: Biological properties, chemical modifications and structural analysis - A review". *CARBOHYDRATE POLYMERS*, 77(2), 167–180.
- Desiana, E., and T. Y. Hendrawati. 2015. "Pembuatan Karagenan Dari *Eucheuma Cottonii* Dengan Ekstraksi KOH Menggunakan Variabel Waktu Ekstraksi." Seminar Nasional Sains Dan Teknologi Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Jakarta (November):1–7.
- Ega, La., Lopulalan, Cynthia Gracia Cristina, and Firat. Meiyasa. 2016. "Kajian Mutu Karagenan Rumput Laut *Eucheuma Cottonii* Berdasarkan Sifat Fisiko-Kimia Pada Tingkat Konsentrasi Kalium Hidroksida (KOH) Yang Berbeda." *Jurnal Aplikasi Teknologi Pangan* 5(2):38–44.
- Food Agriculture Organization. 2007. Carrageenan. *FAO JECFA Monographs* 16, 4(9000), pp. 1–6.
- Firnanti, Renol et al. 2018. "Rendemen dan Ph Gelatin Kulit Ikan Nila (*Oreochromis Niloticus*) Yang Direndam Pada Berbagai Kosentrasi HCl." *Jurnal Pengolahan Pangan* 3(1): 22–27
- Kementerian Kesehatan Republik Indonesia. 2014. "PERATURAN MENTERI KESEHATAN REPUBLIK INDONESIA NOMOR 75 TAHUN 2014." in *Farmakope Indonesia Edisi V*, Jakarta, 49.
- Lewerissa, S. (2006) "Isolasi dan Karakterisasi *Eucheuma cottonii* dari Tual Maluku Tenggara." *Ichthyos* 5(1):27-32.
- McHugh, T.H and Krochta, J.M. 1994. "Sorbitol vs glycerol plasticized whey protein edible film : integrated oxygen permeability and tensile property evaluation". *J Agric. Food Chem*, (42), 841-845.

- Nurfita Amalina, Yuni Anggraeni, Estu Mahanani Dhillasari. 2020. "Formulasi Cangkang Kapsul Dengan Kombinasi Kappa Karagenan dan Iota Karagenan". *Pharmaceutical and Biomedical Sciences Journal* 2(1): 1–10.
- Peranginangin, R., E. Sinurat, dan M. Darmawan. 2013. *Memproduksi Karagenan dari Rumput Laut*. Jakarta: Penebar Swadaya. Hal. 5-6.
- Rahayu, Rifdah Fidrilani. 2020. "Profil Gel Strength, Kapasitas Sweling, Dan Distribusi Bobot Molekul Karagenan Dari *Eucheuma Cottonii* Hasil Ekstraksi Dengan Variasi Pelarut Alkali." Sekolah Tinggi Farmasi Indonesia.
- Rakhman, F. A., & Darni, Y. 2017. "Edible Film Application Of Seaweeds *Eucheumma Cottoni* And Sorghum". *INOVASI PEMBANGUNAN – JURNAL KELITBANGAN*, 05(02), 172–183.
- Rowe, R.C. et al. (2009). *Handbook Of Pharmaceutical Excipients*. Ed 6th. The Pharmaceutical Press, London.
- Salam, Muhammad Risfan Badrus, and Dwinita Larasati. 2013. "Pemanfaatan Material Rumput Laut Melalui Ekstraksi Karagenan Untuk Desain Kemasan Edible." *Senirupa Dan Desain* (1):1–9.
- Sukandi, A., & Santoso, B. 2013. "Aplikasi Instrumentasi Ultrasonik Pada Pengujian Sifat Mekanik Logam". *POLITEKNOLOGI*, 12, 119–125.
- Thakur, Vijay Kumar, and Manju Kumari Thahur. 2015. *Handbook of Polymers for Pharmaceutical Technologies*.
- Ulumiah, Miftakhul, Mochammad Amin Alamsjah, and Kustiawan Tri Pursetyo. 2020. "The Effect of Different PH in Extraction Process Against Physicochemical Properties of Refined Iota Carrageenan from *Eucheuma Spinosum* Seaweed." *Journal of Marine and Coastal Science* 8(1):14.
- Yasita, D. dan Rachmawati, I. D. 2009. "Optimasi Proses Ekstraksi pada Pembuatan Karagenan dari Rumput Laut *Eucheuma cottoni* untuk Mencapai Foodgrade." Universitas Diponegoro : Semarang . Hal. 1-8