**Karakteristik Sifat Fisik dan Kimia Edible Film Pati Sagu Rumbia
(*Metroxylon sagu* Rottb) untuk Bahan Baku Cangkang Kapsul
*Characteristics of Physical and Chemical Properties of Edible Film
of Rumbia Sago Starch (Metroxylon sagu Rottb) for Capsule Shell Materials***

Hamlan Ihsan^{a*}, Nadra Khairiah^a, Rufida^a

^aBalai Riset dan Standardisasi Industri Banjarbaru
Jl. Panglima Batur Barat No. 2, Banjarbaru, Kalimantan Selatan, 70711 Indonesia

*Email : hamlan.ihsan@gmail.com

Diterima 10 Juni 2018 Disetujui 08 November 2018 Diterbitkan 29 Desember 2018

ABSTRAK

Tujuan penelitian ini adalah untuk mempelajari sifat fisik dan kimia pati sagu rumbia (*Metroxylon sagu* Rottb) untuk bahan baku cangkang kapsul. Penelitian diawali dengan pembuatan pati, dilanjutkan dengan pembuatan *edible film* dengan modifikasi karagenan (20% dan 30% b/b) terhadap bahan utama. Hasil uji organoleptik berupa warna dan bau adalah normal. Pengujian kadar air diperoleh hasil untuk sagu basah 12,55% dan sagu kering 5,38%. Penambahan karagenan meningkatkan kadar air tetapi tidak melebihi baku mutu SNI gelatin yaitu maksimal 16%. Kadar abu dari sagu segar 0,36% dan 1,09% untuk sagu kering dan mengalami peningkatan yang signifikan terhadap penambahan karagenan. Hasil pH dari semua variasi perlakuan sesuai dengan SNI yaitu 5,5-7,0 serta kandungan logam berat yang negatif pada pengukuran menggunakan AAS. Berdasarkan hasil pengujian viskositas dengan metode *Brookfield*, semakin tinggi kadar karagenan, viskositas semakin rendah, sedangkan hasil uji kuat tarik berdasarkan metode ASTM D 882-2002 memberikan hasil positif untuk sagu kering 21,05 kg/cm²; sedangkan sagu segar dengan konsentrasi karagenan 20% dan 30% mempunyai kuat tarik sebesar 5,33 kg/cm²; dan 18,18 kg/cm². Hasil penelitian menunjukkan, pati sagu memiliki potensi untuk dijadikan bahan baku pembuatan *soft capsule* dengan melakukan modifikasi untuk memperbaiki dan meningkatkan sifat fisik guna memenuhi syarat mutu.

Kata Kunci : gelatinisasi, kapsul, karagenan, sagu, substitusi

ABSTRACT

The purpose of this research was to analyze the physical and chemical properties of sago starch edible film (Metroxylon sagu Rottb) as capsule shells material. The research was started with the extraction of the rumbia starch, and was followed with the production of edible film added with modified carrageenan concentrations (20% and 30% w/w) to the main compound. Organoleptic test showed that the color and odor of the films were normal. Water content of wet sago and dry sago was 12.55%, and 5.38%, respectively. Although the addition of carrageenan increased the water content but still corresponded with SNI gelatin quality standard with a maximum of water content of 16%. The ash content of fresh sago and dry sago was 0.36% and 1.09%, respectively, and the content increased significantly with the addition of carrageenan. The pH of all varied samples was 5.5 – 7.0, and the pH was in accordance with SNI. Meanwhile, the heavy metal content of the samples measured by means of AAS was negative. Based on viscosity testing with Brookfield method, high carrageenan concentration led to low viscosit. tensile strength test based on ASTM D 882-2002 gave positive results for dry sago (21.05 kg/cm²) whereas fresh sago with modified 20% and 30% carrageenan had tensile strength of 5.33 kg/cm² and 18.18 kg/cm², respectively. The results showed that sago starch had the potential as a raw material for producing soft capsules by modified composition to

enhance physical and mechanical properties in order to meet the quality standard of edible film.

Keywords : *gelatinisation, capsule, carrageenan, sago, substitution*

I. PENDAHULUAN

Sagu merupakan komoditas yang potensial untuk digunakan sebagai substitusi pangan dan sumber karbohidrat dilihat dari bahan baku yang berlimpah dan potensi yang belum dimanfaatkan secara maksimal (Polyana & Puturuhi, 2016). Menurut Fatriani (2010) pohon sagu/rumbia merupakan salah satu jenis tumbuhan yang memiliki kandungan pati yang tinggi. Batang sagu mempunyai panjang sekitar 10 – 15 m dengan garis tengah 15 – 30 cm. Tanaman ini tumbuh baik pada ketinggian tanah antara 0 – 700 mdpl, dengan curah hujan antara 2.000 – 4.000 mm/th dan merata sepanjang tahun. Suhu optimal untuk pertumbuhan sagu berkisar antara 24,5 – 29°C dan suhu minimal 15°C, dengan kelembaban nisbi 90%. Pohon sagu dapat ditanam di daerah yang mempunyai kelembaban nisbi udara 40%. Kelembaban yang optimal untuk pertumbuhannya adalah 60%.

Gelatin merupakan salah satu biopolimer yang penggunaannya sangat luas dalam bidang pangan dan farmasi. Berdasarkan data, produksi gelatin mencapai 326.000 ton/tahun, urutan pertama adalah yang berasal dari kulit babi (46%), kulit sapi (29,4%), kemudian dari tulang sapi dan diikuti bahan lain masing-masing sebesar (23,1%) dan (1,5%) (Suptijah, Suseno, & Anwar, 2013). Penggunaan gelatin hewani sebagai bahan baku kapsul memiliki resiko seperti rentan kontaminasi virus dan isu halal. Pemanfaatan pati sagu termodifikasi sebagai bahan cangkang kapsul akan meningkatkan pemanfaatannya yang selama ini masih terbatas sebagai sumber pangan. Eksploitasi pohon sagu masih terbatas pada pemanfaatan daun sebagai bahan atap (Fatriani, 2010), pelepah sebagai lem, dan tepung sagu sebagai pengganti karbohidrat. Pada penelitian Suptijah et al., (2013) dilakukan penambahan k-karagenan yang merupakan polisakarida sulfat yang

diekstrak dari beberapa spesies rumput laut merah (*Rhodophyceae*) yang berfungsi untuk memodifikasi tekstur bahan utama, sehingga menghasilkan produk yang memiliki elastisitas yang bagus. Karagenan dibagi berdasarkan kandungan sulfatnya terdiri dari kappa (κ), ioda (ι), dan lamda (λ) untuk kandungan sulfatnya adalah 20%, 33%, dan 42% (Herliany, Santoso, & Salamah, 2013).

Alternatif penggunaan sagu sebagai bahan baku pengganti gelatin merupakan hal yang positif. Berdasarkan kemampuannya pati sagu dapat mengalami proses gelatinasi, sehingga dengan kemampuannya tersebut pada penelitian ini juga akan dilihat sifat-sifat yang terjadi dari pencampuran dengan karagenan yang memiliki sifat sebagai bahan pengental serta pembentuk gel. Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari sifat fisik dan kimia *edible film* dari pati sagu dengan penambahan karagenan sesuai dengan baku mutu SNI dan Farmakope Indonesia edisi IV untuk dapat diaplikasikan sebagai bahan baku pembuatan cangkang kapsul.

II. BAHAN DAN METODE

2.1 Bahan dan Peralatan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi, 1 kg tepung sagu (merk kuda laut), 20 kg batang rumbia (*Metroxylon sagu* Rottb) yang di ambil dari Desa Margasari Kab. Tapin, dan 100 g k-karagenan (komersial), 100 g gelatin (komersial), *aquades*, plastik tahan panas dan kertas saring *Whatman* No.41. Peralatan yang digunakan antara lain adalah *hot plate stirrer*, *magnetic stirrer*, *beaker glass*, pH meter, oven, tanur, AAS *GBC Avanta*, gelas ukur, dan peralatan gelas laboratorium lainnya.

2.2 Metode Penelitian

2.2.1 Proses Pembuatan Pati Sagu

Penelitian ini diawali dengan pengupasan batang pohon rumbia dari kulit batangnya, kemudian dilakukan pencucian dengan air mengalir untuk membersihkan sisa kotoran. Potongan rumbia dihancurkan dengan cara diparut sehingga membentuk bubur, kemudian disaring dengan menggunakan kain saringan sehingga menghasilkan ampas dan filtrat. Ampas disaring lagi dengan perbandingan 1:2 (ampas dan air) sehingga didapatkan filtrat. Hasil filtrat kemudian diendapkan selama 3-5 jam dengan 4 kali pencucian. Endapan yang dihasilkan dipisahkan dari air dan dikeringkan pada suhu 60°C selama 5 jam. Pati kering lalu dihaluskan sehingga dapat digunakan sebagai sampel penelitian (Saputro, Dovan, Kurniawan, & Nata, 2016)

2.2.2 Pembuatan *Edible Film* Pati Sagu dan Karagenan

Tahapan selanjutnya yaitu dilakukan karakterisasi dan pembuatan lembaran *edible film* menggunakan sampel uji pati sagu segar, tepung sagu (komersial), gelatin (komersial), dan dengan modifikasi karagenan (20% dan 30% b/b) terhadap pati sagu segar, dan tepung sagu. Proses pembuatan lembaran *edible film* mengikuti metode Wattimena, Ega, & Polnaya (2016) dengan beberapa modifikasi pada tahapannya, sampel uji sebanyak 10 g dilarutkan dalam aquadest 100 mL, dilakukan pada suhu 90°C untuk proses gelatinasinya. Selanjutnya larutan diaduk selama 1 menit sampai proses gelatinasi terbentuk. Setelah selesai larutan dipindahkan pada plat cetakan untuk pembentukan *edible film* dari sampel uji, pengeringan dilakukan pada suhu 40°C selama 14 jam untuk menghilangkan kadar airnya. Sebelum dilakukan analisis *edible film* disimpan dalam wadah dengan kelembaban relatif 50% dan pada suhu kamar (Ozdemir & Floros, 2008).

2.2.3 Karakterisasi dan Pengujian Sifat Fisik dan Kimia *Edible Film* Pati Sagu dan Karagenan

Sampel uji penelitian untuk uji kadar air dan kadar abu menggunakan metode gravimetri, dengan melakukan penimbangan sampel uji sebanyak 2 g

kemudian dimasukkan dalam cawan porselin yang diketahui berat awalnya. Kemudian dipanaskan dalam oven pada suhu 105°C selama 1,5 jam dilanjutkan dengan pendinginan dalam desikator selama 15 menit, dilakukan pencatatan berat konstan dari sampel (berat akhir diketahui, yaitu sebelum dipanaskan). Pengujian kadar abu dilakukan dengan diabukan menggunakan tanur selama 20 menit pada suhu 545°C dan didinginkan dalam desikator selama 1 jam dan dilakukan penimbangan hingga berat konstan.

Pengujian nilai rendemen menggunakan kalkulasi dari data yang didapat berdasarkan berat timbangan. Pengukuran viskositas menggunakan *Brookfield viscometer*. Sampel uji dibuat dengan perbandingan (b/v) 1:10 sebanyak 250 mL. Pengujian pH dari sampel uji dilakukan menggunakan pH meter, sedangkan pengujian warna dan bau dilakukan secara organoleptik. Kandungan logam berat dianalisis menggunakan *Atomic Absorption Spectroscopy* (AAS) merk GBC Avanta.

Pengujian sifat fisik dan kandungan kimia dari *edible film* pati sagu dan dengan modifikasinya, mengacu pada SNI 06-3735-1995 tentang syarat dari gelatin. Pengujian kuat tarik berdasarkan ASTM D 882-2002 diukur dengan menggunakan alat *tensile strength*, sesuai dengan yang dilakukan Wattimena et al., (2016). Sampel *film* dipotong persegi panjang dengan ukuran 5x5 cm, kemudian ketebalan ditentukan berdasarkan rerata dari pengukuran tiga posisi yang berbeda.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil Proses Pembuatan Pati Sagu dan *Edible film*

Proses pembuatan *edible film* yang diawali dengan proses penyaringan dari batang rumbia yang telah dihaluskan, kemudian dilakukan pengeringan sehingga diperoleh lembaran *film*. Hasil uji nilai rendemen dari pati sagu pohon rumbia yang dibuat sebagai *edible film* disajikan pada Gambar 1.

Gambar 1. Grafik Nilai Rendemen (%) *Edible Film* (ss: sagu segar; sk: sagu kering)

Nilai rendemen tertinggi ada pada formulasi sagu kering dengan 30% karagenan, sedangkan untuk rendemen terendah ada pada formulasi sagu segar (Gambar 1). Rendemen pati sagu dipengaruhi secara nyata oleh jenis bahan baku yang digunakan. Pada data terlihat kisaran rendemen yang didapat yaitu antara 16,9% sampai dengan yang paling tinggi adalah 71,1%, pada penelitian Hakim, Wibowo, Arfini, & Peranginangin (2011) rendemen yang diperoleh antara 21,76% - 31,77%. Hal ini menunjukkan bahwa penambahan agen modifikasi menggunakan karagenan mampu meningkatkan nilai rendemen.

Rendemen dari sagu segar dapat bervariasi tergantung beberapa faktor seperti teknik penyaringan dan perbandingan air yang digunakan untuk memperoleh pati sagu (Pumama, 2003). Selain itu juga rendemen juga dapat dipengaruhi oleh waktu dan suhu filtrasi serta konsentrasi dari bahan baku (Basmal, Syarifudin, & Ma'ruf, 2003).

3.2 Hasil Pembuatan *Edible Film* Pati Sagu dan Karagenan

Edible film yang dihasilkan pada penelitian ini memberikan hasil yang cukup berbeda, baik dari segi warna ataupun waktu yang diperlukan pada proses gelatinasi. Penambahan karagenan memberikan perbedaan hasil yang cukup signifikan di beberapa parameter pengujian. Berikut data hasil penelitian disajikan pada Tabel 1.

Pengujian organoleptik warna dan bau dilakukan berdasarkan panel perseorangan yang memiliki kepekaan spesifik terhadap sampel uji di bidang pangan. Hasil uji pada *edible film* dari variasi penelitian secara keseluruhan menunjukkan nilai normal (dapat diterima). Sedangkan untuk nilai kadar air dan kadar abu yang dalam analisisnya menggunakan metode gravimetri, penambahan karagenan sebagai agen modifikasi memberikan kenaikan terhadap nilai kadar air dan kadar abu.

Tabel 1. Data Hasil Karakterisasi *Edible Film* Berdasarkan SNI 06-3735-1995 (Gelatin) dan Farmakope Indonesia Ed.IV

No.	Parameter	Gelatin komersial	Sagu segar	Sagu kering	Sagu segar + 20% karagenan	Sagu segar + 30% karagenan	Sagu kering + 20% karagenan	Sagu kering + 30% karagenan	SNI Gelatin	FI. Ed IV
1	Warna	Tidak berwarna	Tidak berwarna	Keabu-abuan	Tidak berwarna	Tidak berwarna	Keabu-abuan	Keabu-abuan	Tidak berwarna	-
2	Bau	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	-
3	Kadar air (%)	14,06	12,55	5,38	13,67	13,25	13,31	13,67	Maks. 16	14
4	Kadar abu (%)	1,18	0,36	1,09	5,68	6,97	5,38	7,61	Maks. 3,25	1 - 2
5	Suhu (°C)	29,0	27,8	27,8	27,7	28,0	27,7	28,2	-	-
6	pH	4,974	5,927	4,559	7,045	7,345	6,196	7,097	-	5,5 - 7,0

Penelitian yang dilakukan oleh Suptijah, Suseno, & Kurniawati (2012) menggunakan ikan cucut (*C. punctatum*) memberikan hasil untuk kadar air dan kadar abu adalah 9,33% dan 2,55%. Sedangkan untuk penelitian yang dilakukan kadar air dan kadar abu dapat dilihat pada Tabel 1. Kadar air terendah 5,38% untuk sagu kering dan kadar air tertinggi adalah 14,06% untuk gelatin komersial. Kadar abu terendah 0,36% untuk sagu segar dan kadar abu tertinggi 7,61% untuk sagu kering dengan 30% karagenan. Hasil uji kadar air masih dalam rentang standar yang dipersyaratkan baik berdasarkan SNI 06-3735-1995 dan FI. Ed IV, sedangkan untuk kadar abu dengan penambahan karagenan menyebabkan kenaikan yang signifikan.

Besar kecilnya nilai kadar abu dipengaruhi oleh proses demineralisasi dan pencucian, semakin banyak mineral yang tereliminasi akibat pencucian maka nilai dari kadar abu akan semakin rendah. Paranginangin, Mulyasari, Sari, & Tazwir (2005) menyatakan bahwa masih adanya komponen mineral yang terikat pada kolagen kulit ikan sehingga terbawa pada saat analisis kadar abu. Menurut Sukri & Nanda (2006), karagenan atau ekstrak rumput laut dari jenis kappa merupakan sumber mineral alami yang kaya akan kandungan mineral (Sukri & Nanda, 2006). Suptijah et al. (2012) menyatakan nilai derajat keasaman (pH) merupakan salah satu parameter penting dalam standar mutu gelatin. Nilai pH yang dianalisis mempengaruhi sifat-sifat lainnya, misalnya viskositas, dan kekuatan gel, serta dapat berpengaruh pada aplikasinya.

Berdasarkan Tabel 1, hasil uji derajat keasaman pada suhu 20°C sesuai dengan standar FI. Ed IV yaitu 5,5 – 7,0. Data hasil uji pH adalah 5,927 untuk sagu segar; sagu segar dengan 20% karagenan adalah 7,045; sagu kering dengan 20% karagenan adalah 6,196, sedangkan untuk variasi penelitian yang lain masih di luar dari standar mutu. Berdasarkan penelitian yang dilakukan Bunga et al. (2013) menyatakan bahwa karagenan merupakan sumber mineral alam yang tinggi, sehingga dari kandungan mineral alam yang tinggi tersebut akan mempengaruhi derajat keasaman.

3.3 Sifat Fisik Kimia *Edible Film* Sagu dan Karagenan

Hasil dari pengujian ini adalah untuk melihat sifat-sifat *edible film* yang dibuat dari tujuh variasi percobaan. Berikut data hasil penelitian disajikan pada Tabel 2.

Kandungan logam menunjukkan hasil yang negatif (Tabel 2), artinya sampel memiliki nilai dibawah dari regulasi SNI gelatin. Beberapa penelitian yang dilakukan untuk pengamatan logam berat pada tanaman yang tumbuh di perairan atau rawa disebutkan bahwa penyerapan logam berat oleh akar pohon dipengaruhi sistem perakaran dan luasan permukaan akarnya, pohon rumbia yang merupakan tanaman dari *family Palmae* yang tumbuh dengan cara bertunas berbeda dengan tanaman mangrove yang memiliki sistem perakaran langsung menghujam ke dalam tanah, sehingga memiliki kemampuan menyerap logam berat yang tinggi (Heriyanto, 2011).

Tabel 2. Data Hasil Untuk Sifat Fisik dan Kimia *Edible Film*

No	Parameter	Gelatin komersial	Sagu segar	Sagu kering	Sagu segar + 20% karagenan	Sagu segar + 30% karagenan	Sagu kering + 20% karagenan	Sagu kering + 30% karagenan	SNI Gelatin	FI. Ed IV
1	Viskositas (cP)	7,5	76,5	86,5	86,5	28,5	35	28	-	3,2-4,7 (cPs)
2	Kuat tarik (Kg/cm ²)	-	-	21,05	5,33	18,18	-	-	-	-
3	Arsen (ppb)	< 0,0003	< 0,0003	< 0,0003	< 0,0003	< 0,0003	< 0,0003	< 0,0003	2 ppm	-
4	Cadmium (ppm)	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	-	-
5	Pb (µg/ml)	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	-	-
6	Cu (ppm)	< 0,007	< 0,007	< 0,007	< 0,007	< 0,007	< 0,007	< 0,007	30 ppm	-
7	Zn (ppm)	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	100 ppm	-

Gambar 2. Grafik Hubungan Viskositas (cp) dengan Kuat Tarik (kg/cm²) *Edible Film* (ss: sagu segar; sk: sagu kering)

Viskositas merupakan kemampuan menahan dari suatu cairan untuk mengalir. Berdasarkan Tabel 2 nilai viskositas yang didapat sangat tinggi, terutama pada variasi data tanpa agen modifikasi. Hal ini disebabkan sifat dari pati sagu yang mudah mengental akibat pengaruh turunnya suhu campuran. Salah satu faktor yang memiliki pengaruh besar terhadap tingginya nilai viskositas adalah suhu pada saat proses gelatinasi yang mengakibatkan ikatan yang terjadi semakin besar sehingga nilai viskositas naik, sedangkan pada campuran dengan karagenan konsentrasi 30% b/b mampu menurunkan nilai viskositas ini sesuai dengan Dwi, Basmal, & Nurochmawati (2005) yang menyatakan bahwa fragmentasi polimer karagenan dapat menurunkan berat molekul polimer karagenan sehingga nilai viskositas menurun. Gambar 2 menjelaskan mengenai hubungan antara viskositas dengan kuat tarik *edible film*.

Pada Gambar 2 tersaji hubungan antara viskositas dan kuat tarik. Supeni (2012) pada penelitiannya menyatakan bahwa viskositas berpengaruh terhadap ketebalan *edible film* sehingga akan mempengaruhi kuat tarik. *Tensile strength* merupakan daya renggang maksimum yang dapat diterima *film* sebelum putus. Hasil analisa (Gambar 2) kuat tarik *edible film* yang dihasilkan dari campuran pati sagu dan karagenan mempunyai kecenderungan untuk naik kemudian turun, berkisar dari yang paling rendah 5,33 kg/cm² hingga 21,05 kg/cm² dari grafik

yang disajikan terlihat bahwa hubungan viskositas dengan kuat tarik tidak berpengaruh nyata ($p \geq 0,05$). Bahan dasar pati sagu untuk pembuatan *edible film* bersifat kurang elastis serta memiliki nilai kekuatan tarik yang rendah. Menurut Ban (2005) faktor penting yang dapat mempengaruhi sifat fisik adalah affinitas antara komponen penyusunnya. Affinitas sendiri merupakan suatu fenomena dimana suatu atom atau molekul tertentu memiliki kecenderungan untuk bersatu dan berikatan. Oleh sebab itu, selain dimodifikasi dengan karagenan pati sagu ini juga harus dimodifikasi untuk dapat meningkatkan kuat tarik, salah satunya adalah dengan metode hidrosipropilasi menggunakan propilen oksida (Rahaju Maulani, Fardiaz, Kusnandar, & Candra Sunarti, 2013), sehingga dalam tujuannya sebagai substituen gelatin untuk pembuatan cangkang kapsul dapat memenuhi standar mutu industri.

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

Pati sagu kering adalah bahan baku paling baik yang memenuhi kriteria standar mutu SNI 06-3735-1995 dari segi organoleptik warna, bau, kadar air, kadar abu dan kandungan logam berat. Penambahan karagenan sebagai bahan modifikasi *edible film* sagu mampu menurunkan viskositas larutan pati. Semakin tinggi konsentrasi karagenan yang ditambahkan semakin rendah viskositas yang dihasilkan. Penggunaan

pati sagu memiliki potensi untuk digunakan sebagai bahan baku cangkang kapsul, sehingga perlu dilakukan penelitian pati sagu termodifikasi agar memenuhi syarat mutu cangkang kapsul.

UCAPAN TERIMAKASIH

Terima kasih kami sampaikan kepada Balai Riset dan Standardisasi Industri Banjarbaru yang memberikan fasilitas dalam penelitian. Kami juga mengucapkan terimakasih atas dana penelitian yang telah diberikan untuk penelitian ini, sehingga penelitian ini dapat diselesaikan tepat waktu.

DAFTAR PUSTAKA

- Ban, W. (2005). Improving the Physical and Chemical Functionally of Starch-Derived Films with Biopolymers. *Journal of Applied Polymer Science*, 10, 118–129.
- Basmal, J., Syarifudin, & Ma'ruf, W. F. (2003). Pengaruh Konsentrasi dan Rasio Larutan Potasium Hidroksida dan Rumput Laut terhadap Mutu Karagenan Kertas. *Jurnal Penelitian Perikanan Indonesia*, 11(8), 95–103.
- Bunga, S. M., Montolalu, R. I., Hari, J. W., Kedua, Montolalu, L. A., Watung, A. H., & Taher, N. (2013). Karakteristik Sifat Fisika Kimia Karagenan Rumput Laut *Kappaphycus alvarezii* pada Berbagai Umur Panen yang Diambil dari Daerah Perairan Desa Arakan Kabupaten Minahasa Selatan. *Jurnal Media Teknologi Hasil Perikanan*, 1(2), 54–58.
- Dwi, T. H. S., Basmal, J., & Nurochmawati. (2005). Studi Pembuatan Edible Film dari Karagenan. *Jurnal Penelitian Perikanan Indonesia*, 11(4), 1–13.
- Fatriani. (2010). *Produktivitas Pembuatan Atap Rumbia (Metroxylon sagu Rottb) dan Kontribusinya terhadap Pendapatan Pengrajin di Desa Jambu Hulu Kecamatan Padang Batung Kabupaten Hulu Sungai Selatan Kalimantan Selatan*. Banjarbaru: Universitas Lambung Mangkurat.
- Hakim, A. R., Wibowo, S., Arfini, F., & Peranginangin, R. (2011). Pengaruh Perbandingan Air Pengekstrak, Suhu Presipitasi, dan Konsentrasi Kalium Klorida (KCl) terhadap Mutu Karagenan. *Jurnal Pascapanen dan Bioteknologi Kelautan dan Perikanan*, 6(1), 1–12.
- Heriyanto, N. M. (2011). Kandungan Logam Berat pada Tumbuhan, Tanah, Air, Ikan dan Udang Di Hutan Mangrove. *Jurnal Penelitian Hutan Tanaman*, 8(4), 197–205.
- Herliany, N. E., Santoso, J., & Salamah, E. (2013). Karakteristik Biofilm Berbahan Dasar Karagenan. *Jurnal Akuatika*, IV(1), 10–20.
- Ozdemir, M., & Floros, J. D. (2008). Optimization of Edible whey Protein Films Containing Preservatives for Mechanical and Optical Properties. *Journal of Food Engineerering*, (58), 475–481.
- Paranginangin, R., Mulyasari, Sari, A., & Tazwir. (2005). Karakterisasi Mutu Gelatin yang Diproduksi dari Tulang Patin (*Pangasio hypophthalmos*) secara Ekstraksi Asam. *Jurnal Penelitian Perikanan Indonesia*, 11(4).
- Polyana, F. J., & Puturuhu, B. R. I. (2016). Preparasi dan Karakterisasi Pati Sagu Asetil. *Buletin Penelitian BIAM*, VI(56), 10–13.
- Purnama, R. C. (2003). *Optimasi Proses Pembuatan Karagenan dari Rumput Laut Eucheuma cottonii*. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Rahaju Maulani, R., Fardiaz, D., Kusnandar, F., & Candra Sunarti, T. (2013). Sifat Fungsional Pati Garut Hasil Modifikasi Hidroksipropilasi dan Taut Silang. *Jurnal Teknologi dan Industri Pangan*, 24(3), 60–67. <https://doi.org/10.6066/jtip.2013.24.1.60>
- Saputro, Dovan, T., Kurniawan, R., & Nata, I. F. (2016). Konversi Pati Ubi Nagara (*Ipomoea batatas* L) Khas Kalimantan

Selatan sebagai Sumber Bahan Baku Gelatin. In *Pemanfaatan Sumber Daya Alam dengan Teknologi Terbarukan dan Ramah Lingkungan: Tantangan dan Peluang Di Masa Depan* (pp. 134–138). Banjarbaru.

Sukri, & Nanda. (2006). *Karakteristik Alkali Treated Cottonii (ATC) dan Karaginan dari Rumput Laut Eucheuma cottonii pada Umur Panen yang Berbeda*. Perikanan dan Ilmu Kelautan. Bogor: Institut Pertanian Bogor.

Supeni, G. (2012). Pengaruh Formulasi Edible Film dari Karagenan terhadap Sifat Mekanik dan Barrier. *Jurnal Kimia Kemasan*, 34(2), 281–285.

Suptijah, P., Suseno, S. H., & Anwar, C. (2013). Gel Strength Analysis of Jelly Candy Produced from Shark Skin Gelatin with Addition of Carrageenan and Seaweed. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*, 16(2), 183–191.

Suptijah, P., Suseno, S. H., & Kurniawati. (2012). Aplikasi Karagenan sebagai Cangkang Kapsul Keras Alternatif Pengganti Kapsul Gelatin. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*, 15(3), 223–231.

Wattimena, D., Ega, L., & Polnaya, F. J. (2016). Karakteristik Edible Film Pati Sagu Alami dan Pati Sagu Fosfat dengan Penambahan Gliserol. *Agritech*, 36(3), 247–252.