

## Pemanfaatan Rumput Laut *Kappaphycus Sp.* Di Kepulauan Yapen Papua Sebagai Bahan Bioplastik Dengan Penambahan Kitosan

May Tree Simamora<sup>1</sup>, Ervina Indriyani<sup>1</sup>, Dirk Y.P.Runtuboi<sup>2</sup>, Imam Mishbach<sup>1\*</sup>, Gabriela O.K<sup>1</sup>, Fabianus Batlery<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Program Studi Ilmu Perikanan, Jurusan Ilmu Kelautan dan Perikanan, FMIPA Universitas Cenderawasih. Jln. Kamp. Wolker. Waena. Papua

<sup>2</sup> Program Studi Biologi, Jurusan Biologi, FMIPA Universitas Cenderawasih. Jln. Kamp. Wolker. Waena. Papua

\*e-mail korespondensi: [imammishbach71@gmail.com](mailto:imammishbach71@gmail.com)

### INFORMASI ARTIKEL

Diterima : 04 Desember 2023  
Disetujui : 19 Desember 2023  
Terbit Online : 20 Desember 2023

### Key Words:

Bioplastic  
Carrageenan  
Chitosan  
Glycerol

### ABSTRACT

Indonesia produces 64 million tons of plastic waste every year and 3.2 million tons of it is thrown into the sea, so research needs to be done to create plastic that is environmentally friendly and easily decomposed (bioplastic). Alginate and carrageenan are polysaccharides produced from seaweed which have potential as materials for making bioplastics. This research aims to determine the effect of alginate and carrageenan on the quality, physical properties, mechanical properties and biodegradability of carrageenan-chitosan bioplastics with glycerol plasticizer. Carrageenan is obtained from extraction of *Kappaphycus sp.* who comes from the Yapen Islands, Papua Province. Making a carrageenan bioplastic solution by dissolving carrageenan flour (1; 1.5; 2; 2.5 grams) and 5 ml of glycerol in 100 ml volume of vingga distilled water then heating using a magnetic stirrer for 15 minutes at 90°C. The process of making a chitosan solution is by dissolving 2 grams of chitosan, 3 ml of glycerol, and 1 ml of glacial acetic acid in 94 ml of distilled water then heating with a magnetic stirrer for 10 minutes. The research results show that. The best concentration of carrageenan in the alginate-carrageenan composite bioplastic is 1.5 grams because it has physical and mechanical properties that meet the Japanese Industrial Standard and SNI 7188.7:2016 except for water resistance.

### PENDAHULUAN

Plastik adalah bahan yang tersusun atas polimer sintesis dengan berat molekul yang tinggi. Plastik berperan penting untuk melindungi produk atau bahan pangan dengan tujuan memperpanjang umur simpan serta mencegah kontaminasi (Nasution *et al.*, 2019). Menurut data Badan Pusat Statistik dan Asosiasi Industri Plastik Indonesia (INAPLAS), Indonesia menghasilkan sebanyak 64 juta ton sampah plastik setiap tahunnya dan 3,2 juta ton diantaranya dibuang ke laut. Indonesia menduduki peringkat kedua sebagai penghasil sampah plastik sebesar 1,29 juta ton sampah plastik (Rahmi dan Selvi, 2021). Prediksi sampah plastik di Indonesia menduduki tren peningkatan sebanyak 5% per tahun. Sampah plastik yang telah terfragmentasi masih dapat menyebabkan permasalahan lingkungan karena mengalami perubahan wujud menjadi partikel yang dikenal dengan mikroplastik, yang dapat terakumulasi di dalam tubuh organisme di perairan (Mardiyana dan Kristiningsih, 2020).

Bioplastik merupakan kelompok plastik yang berbasis bio yang artinya dapat terurai secara hayati, biodegradable mengacu pada bahan yang dapat diasimilasi oleh mikroorganisme. Pembuatan bioplastik dari pati yang memiliki kandungan polisakarida amilopektin dan amilosa menghasilkan bioplastik pati thermoplastik (Thermoplastic Starch) yang rapuh dan tidak awet. Performa bioplastik tersebut dapat ditingkatkan dengan metode modifikasi pati dan crosslink. Peningkatan sifat pati dilakukan dengan penambahan reagen seperti natrium trimetaphosfat, fosfor oksiklorida, epiklohidrin dan 1,2,3,4-diepoksibutana (Sagnelli *et al.*, 2017).

Karagenan adalah kelompok polisakarida yang memiliki kandungan amonium, kalsium, magnesium, kalium dan ester natrium sulfat dari unit d-galactose dan unit (3,6)-anhydro-d-galactose yang terhubung oleh  $\alpha$ -(1,3) and  $\beta$ -(1,4) (Venkatesan *et al.*, 2017). Karagenan merupakan kelompok polisakarida sulfat yang diekstraksi dari jenis rumput laut merah yang dapat dikonsumsi. Karagenan banyak dimanfaatkan dalam makanan sebagai pengental,

penstabil, pembentuk gel, pengikat pasta gigi. Pemanfaatan karagenan mengalami peningkatan di bidang lain seperti penghantar obat, rekayasa jaringan serta aplikasi biosensor. Polisakarida karagenan terkandung di dalam rumput laut *Kappaphycus sp.* Karagenan dapat diekstraksi dari rumput laut merah dari kelas Rhodophyceae ([Rusianto et al., 2020](#)).

Kitosan mempunyai sifat yang baik untuk dibentuk menjadi plastic dan mempunyai sifat anti mikrobakterial. Kitosan juga mudah terdegradasi dan mudah digabungkan dengan material lain ([Hartatik et al., 2014](#)). Sifat anti mikrobial yang dimiliki kitosan berasal dari kandungan enzim lysosim dan gugus amino polysakarida yang dapat menghambat pertumbuhan mikroba dan efisiensi daya hambat kitosan terhadap bakteri tergantung dari konsentrasi pelarutan kitosan. Kitosan adalah biopolimer yang berfungsi sebagai penguat, sehingga dapat meningkatkan *tensile strength* dan *elongation at break* pada bioplastik ([Agustin dan Padmawijaya, 2016](#)).

Gliserol merupakan polialkohol yang secara alami terdapat pada lemak hewan dan tumbuhan. Penggunaan gliserol sangat cocok untuk polimer yang dapat larut dalam air. Kuat tarik plastik yang diberi pemlastis gliserol mengalami penurunan, tetapi penambahan gliserol dapat meningkatkan nilai elongasi. Semakin banyak jumlah gliserol yang ditambahkan maka dapat meningkatkan fleksibilitas bioplastik ([Kumoro dan Purbasari, 2014](#)). Prinsip pemlastis adalah dispersi molekul pemlastis kedalam bioplastik thermoplastik. Jika pemlastis mempunyai gaya interaksi dengan polimer, proses dispersi akan berlangsung dalam skala molekul dan terbentuk larutan polimer pemlastis ([Melani et al., 2017](#)).

Penelitian untuk menciptakan plastik yang ramah lingkungan serta mudah terurai penting dilakukan untuk mengatasi permasalahan tersebut. Bioplastik adalah plastik yang terbentuk dari polimer – polimer alami seperti polisakarida, protein dan lipid ([Nasution et al., 2019](#)). Rumput laut merupakan salah satu bahan alternatif pembuatan bioplastik. Polisakarida alami dapat diisolasi dari rumput laut seperti karagenan, alginat dan agar ([Maryuni et al., 2018](#)). Rumput laut memiliki sifat yang mudah dibudidayakan, *renewable*, serta masa tanam dan masa panen yang cukup singkat. Rumput laut

*Kappaphycus sp.* merupakan komoditi rumput laut yang jumlahnya melimpah di perairan Kepulauan Yapen. Sehingga dapat dimanfaatkan sebagai bahan utama pembuatan bioplastik. Penambahan bahan lain seperti kitosan dan gliserol dilakukan untuk meningkatkan kualitas bioplastik yang dihasilkan.

## BAHAN DAN METODE

### Sampling

Sampel rumput laut *Kappaphycus sp.* diambil dari perairan Kepulauan Yapen, Provinsi Papua. Sampel yang diperoleh kemudian dicuci menggunakan air tawar hingga bersih dan disimpan dalam *coolbox*.

### Ekstraksi Sampel (*Kappaphycus sp.*)

Sampel rumput laut *Kappaphycus sp.* dicuci dan dikeringkan. Ekstraksi karagenan mengacu pada metode yang dilakukan oleh [Distantina et al. \(2012\)](#) dengan modifikasi. Rumput laut *Kappaphycus sp.* ditimbang sebanyak 50 gram kemudian direndam dengan 350 ml aquades selama 30 menit. Setelah itu disaring kemudian direndam dalam larutan KOH 5% hingga terendam selama 24 jam. Rumput laut kemudian dicuci hingga bersih. Sebanyak 2 liter aquades dipanaskan hingga suhu 90°C kemudian rumput laut direbus selama 3 jam. Hasil ekstraksi disaring dengan kain belacu. Filtrat dituang ke dalam 300 ml isopropil alkohol hingga membentuk serat lalu dibiarkan selama 30 menit. Serat yang terbentuk disaring dan dikeringkan di bawah sinar matahari. Karagenan kering diblender hingga menjadi serbuk kemudian disaring. Serbuk karagenan disimpan dalam toples dan ditutup rapat.

### Uji Viskositas Karagenan

Analisis viskositas karagenan mengacu pada metode yang dilakukan oleh [Widyartini et al. \(2016\)](#). Sampel sebanyak 1,5% dipanaskan dengan magnetik stirrer dan diaduk hingga suhu mencapai 80°C, kemudian didinginkan hingga suhu 55°C. Analisis viskositas alginat dan karagenan menggunakan alat *Viscometer Brookfield* dengan cara larutan sampel diaduk menggunakan jarum spindle no. 2 dan kecepatan putaran 60 rpm, dan ditunggu hingga angka viskositas yang tertera stabil yang dinyatakan dalam centipoisess (cP).

## Pembuatan Bioplastik

Proses pembuatan bioplastik mengacu pada metode yang dilakukan oleh Marsa *et al.* (2023), yang terdiri dari dua tahap yaitu pembuatan larutan karagenan dan larutan kitosan. Pembuatan larutan karagenan dengan cara melarutkan tepungkaragenan (1;1,5;2;2,5 gram) dan 5 ml gliserol kedalam akuades vingga volume 100 ml kemudian dipanaskan menggunakan *magnetic stirrer* selama 15 menit pada suhu 90°C. Proses pembuatan larutan kitosan dengan cara melarutkan 2 gram kitosan, 3 ml gliserol, dan 1 ml asam asetat glasial kedalam 94 ml akuades kemudian dipanaskan dengan *magnetic stirrer* selama 10 menit. Larutan karagenan dan kitosan kemudian diaduk dan dipanaskan lagi menggunakan *magnetic stirrer* selama 20 menit. Setelah dipastikan tidak ada lagi gelembung udara dan pengotor, larutan dituang ke dalam cetakan dan dikeringkan dengan oven hingga diperoleh lapisan tipis. Lapisan tipis ini didinginkan dan dipisahkan dari cetakan.

## Uji Kualitas bioplastik

### Ketebalan

Uji ketebalan film mengikuti prosedur yang dilakukan oleh Rusli *et al.* (2017). Ketebalan film diukur dengan *thickness gauge* dengan ketelitian ±0,1mm. Hal ini dilakukan dengan menempelkan alat *thickness gauge* pada sampel bioplastik dan muncul angka hasil pengukuran dilayar *display*.

### Ketahanan Air

Uji ketahanan air dilakukan berdasarkan metode yang dilakukan oleh Anggarini *et al.* (2013), bioplastik yang telah disimpan dalam desikator dipotong 1cm x 3 cm dan ditimbang (W1), setelah ditimbang bioplastik direndam kedalam cawan petri yang berisi 10 mL akuades selama 1 menit, air di permukaan plastik diserap dengan tisu, selanjutnya ditimbang berat akhirnya (W). Ketahanan air bioplastik dihitung dengan rumus:

Ketahanan air plastik = 100% - Air yang diserap (%)

$$\text{Air yang diserap (\%)} = \frac{W - W1}{W} \times 100\%$$

Keterangan:

W1: berat sampel awal (g)

W: berat sampel akhir (g)

## Biodegradabilitas

Uji biodegradasi dilakukan dengan metode Soil Burial Test (Anggarini *et al.*, 2013). Bioplastik dipotong berukuran 2x3 cm, kemudian dimasukkan dalam desikator selama 24 jam, lalu ditimbang (W1). Sampel dipendam dalam tanah pada kedalaman 5 cm selama 6 hari. Setelah 6 hari, sampel diambil dan dicuci dengan akuades, dikeringkan dengan tisu dan disimpan dalam desikator selama 24 jam, kemudian ditimbang (W2). Kehilangan berat bioplastik dihitung dengan persamaan:

$$\text{Kehilangan berat (\%)} = \frac{W1 - W2}{W1} \times 100\%$$

Keterangan:

W1: berat sampel sebelum ditanam (g)

W2: berat sampel sesudah ditanam (g)

## Kemampuan Mengemas Produk

Bioplastik yang dihasilkan diaplikasikan langsung pada buah apel yang dipotong menjadi beberapa bagian. Buah apel disimpan dan dilapisi bioplastik dan diamati perubahannya mulai dari hari ke-2 hingga hari ke-8. Penyimpanan dilakukan pada suhu ruang. Penyimpanan buah apel tanpa dilapisi bioplastik digunakan sebagai control lingkungan.

## Pengolahan dan Analisis Data

Data yang telah didapatkan dari hasil uji ketebalan, ketahanan air, kuat tarik, elongasi dan degradabilitas selanjutnya dilakukan uji statistik yaitu uji normalitas, uji homogenitas dan uji Analysis of Variance (ANOVA) untuk membandingkan antar perlakuan. Seluruh uji statistik pada penelitian ini dilakukan dengan menggunakan SPSS.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Kualitas Karagenan

Karagenan yang diperoleh dari hasil ekstraksi *Kappaphycus* sp. dianalisis rendemen, kadar air dan kadar abu yang bertujuan untuk mengetahui kualitas karagenan dari ekstraksi *Kappaphycus*

sp.. Ekstraksi 200 gram *Kappaphycus* sp. pada penelitian ini menghasilkan rendemen 30,3% berat kering dan viskositas 17,53 cP. Hasil selengkapnya disajikan pada **Tabel 1**.

**Tabel 1. Hasil Pengukuran Kualitas Karagenan**

Parameter Pengukuran	Nilai	Standar Mutu*	Standar Keterangan
Rendemen	30,3%	>25%	<i>Food and Agriculture Organization</i> (FAO)
Viskositas karagenan	17,53±2,36 cP	>5 cP	<i>Food and Agriculture Organization</i> (FAO)

Rendemen yang dihasilkan dari ekstraksi 200 gram *Kappaphycus* sp. pada penelitian ini sebanyak 30,3±4,72%. Tingginya rendemen yang dihasilkan pada penelitian ini karena penggunaan aquades sebagai pelarut ekstraksi. Menurut [Distantina et al. \(2012\)](#), air suling merupakan pelarut yang efisien untuk mendapatkan rendemen yang tinggi dibandingkan dengan penggunaan pelarut alkali, baik KOH maupun NaOH. Rendemen karagenan yang dihasilkan telah memenuhi baku mutu menurut *Food and Agriculture Organization* (FAO), yaitu >25%.

Nilai viskositas karagenan yang dihasilkan pada penelitian ini sebesar 17,53 cP. Nilai tersebut telah memenuhi standar mutu viskositas minimum karagenan menurut *Food and Agriculture Organization* sebesar 5 cP. Viskositas berpengaruh pada pembentukan gel karagenan. Suhu dan konsentrasi KOH yang digunakan dalam ekstraksi berpengaruh pada viskositas karagenan yang dihasilkan. Menurut [Desiana dan Hendrawati \(2015\)](#), semakin kecil kandungan sulfat maka nilai viskositasnya juga semakin kecil, tetapi konsistensi gelnya meningkat karena adanya garam-garam yang terlarut dalam karagenan. Viskositas karagenan yang dihasilkan pada penelitian ini lebih besar dibandingkan viskositas karagenan pada penelitian [Zaky et al. \(2019\)](#) sebesar 8,33 cP.

### Kualitas Bioplastik

Pencampuran karagenan dan kitosan dengan pemlastis gliserol menghasilkan bioplastik yang cukup baik secara fisik. Plastik yang dihasilkan memiliki karakteristik yang kuat, lebih elastis dan tidak lengket. Penambahan kitosan pada bioplastik bertujuan untuk meningkatkan ketahanan air dari bioplastik yang dihasilkan. Hasil pengukuran bioplastik dapat dilihat pada tabel berikut.

**Tabel 2. Hasil Pengukuran Kualitas Bioplastik**

Parameter Pengukuran	Nilai	Standar Mutu*	Keterangan
Ketebalan	0,013±0,004 cm	(<0,025 cm)	<i>Japanese Industrial Standard</i>
Ketahanan air	51,3±0,03%	99%	SNI 7188.7:2016
Biodegradabilitas	67,9±0,07%	60%	SNI 7188.7:2016

### Ketebalan

Penambahan konsentrasi karagenan berpengaruh terhadap ketebalan bioplastik ( $p < 0,05$ ). Ketebalan bioplastik dipengaruhi oleh konsentrasi karagenan yang meningkat, karena karagenan termasuk dalam padatan terlarut pada campuran bioplastik. Ketebalan rata-rata bioplastik yang dihasilkan dari penelitian ini adalah 0,013±0,004 cm. Menurut [Rhim \(2012\)](#), ketebalan bioplastik dipengaruhi oleh kandungan padatannya. Ketebalan bioplastik dipengaruhi oleh konsentrasi karagenan yang meningkat, sehingga volume bioplastik meningkat dan ukuran cetakan yang digunakan adalah sama pada setiap konsentrasi karagenan. Nilai ketebalan bioplastik komposit karagenan-kitosan telah memenuhi *Japanese Industrial Standard* (<0,025 cm).

### Ketahanan air

Ketahanan air bioplastik pada penelitian ini tidak dipengaruhi oleh penambahan konsentrasi karagenan ( $p > 0,05$ ). Ketahanan bioplastik dapat dilihat dari penambahan berat

bioplastik saat terjadinya difusi air ke dalam bioplastik. Ketahanan air bioplastik yang dihasilkan pada penelitian ini sebesar  $51,3 \pm 0,03\%$ . Sehingga tidak memenuhi SNI 7188.7:2016 bahwa plastik setidaknya memiliki ketahanan air sebesar 99%.

### Biodegradabilitas

Biodegradabilitas merupakan salah satu kriteria standar mutu bioplastik. Proses biodegradasi dipengaruhi oleh bakteri pendegradasi dan komponen penyusun bioplastik. Kitosan dan karagenan merupakan polimer alami yang bersifat hidrofilik sehingga mudah menyerap air baik dari tanah maupun udara di sekitarnya, sehingga mudah terdegradasi. Biodegradabilitas bioplastik komposit alginat-karagenan pada penelitian ini sebesar  $67,9 \pm 0,07\%$  (Standar biodegradabilitas menurut SNI 7188.7:2016 sebesar 60%). Analisis sidik ragam menunjukkan bahwa konsentrasi karagenan berpengaruh terhadap biodegradabilitas bioplastik ( $p < 0,05$ ). Menurut [Khalil et al. \(2017\)](#), bioplastik terdegradasi melalui katabolisme oleh mikroorganisme seperti bakteri, jamur dan ganggang menjadi karbondioksida dan air. Bioplastik berbahan rumput laut dapat terdegradasi secara utuh di alam, karena mikroorganisme membutuhkan nutrisi seperti nitrogen untuk melakukan aktivitas biodegradasi.

### Kemampuan Mengemas Produk

Bioplastik yang dihasilkan digunakan untuk mengemas buah semangka. Buah yang dikemas dibiarkan dalam suhu ruang selama 8 jam. Setelah 8 jam, bioplastik menjadi berair dan menempel dengan buah. Dengan demikian, bioplastik yang dihasilkan pada penelitian ini kurang cocok jika digunakan untuk membungkus makanan yang baerair.



Gambar 2. Penggunaan Bioplastik untuk Mengemas Buah

### KESIMPULAN

Bioplastik yang terbuat dari ekstrak Rumput laut *Kappaphycus sp.* dengan penambahan kitosan dan gliserol telah memenuhi standar SNI 7188.7:2016 dan *Japanese Industrial Standard* kecuali pada ketahanan airnya.

### DAFTAR PUSTAKA

- Agustin, Y. E., dan Padmawijaya, K. S. 2016. Sintesis bioplastik dari kitosan-pati kulit pisang kepok dengan penambahan zat aditif. *Jurnal Teknik Kimia*. 10(2):43-51.
- Anggarini, F., Latifah dan S.S. Miswandi. 2013. Aplikasi Plasticizer Gliserol pada Pembuatan Plastik Biodegradable dari Biji Nangka. *Indonesian Journal of Chemical Science*. 2(3): 173-178.
- Desiana Elvia & Hendrawati T.Y. 2015. Pembuatan Karagenan dari *Eucheuma Cottonii* dengan Ekstraksi KOH menggunakan Variabel Waktu Ekstraksi. Website: [jurnal.ftumj.ac.id/index.php/semn\\_astek](http://jurnal.ftumj.ac.id/index.php/semn_astek).
- Distantina, S., Rochmadi, W., dan Fahrurrozi, M. 2012. Mekanisme Proses Tahap Ekstraksi Karagenan Dari *Eucheuma Cottonii* Menggunakan Pelarut Alkali. *Agritech*. 32(4): 397-402.
- Hartatik, Y. D., Nuriyah, L., Iswarin, S. J. 2014. Pengaruh Komposisi Kitosan terhadap Sifat Mekanik dan Biodegradable Bioplastik. *Jurnal Ilmiah. Jurusan Fisika FMIPA, Universitas Brawijaya*.
- Khalil, H. P. S. A., Y. Y. Tye., C. K. Saurabh., C. P. Leh., T. K. Lai., E. W. N. Chong., M. R. Nurul Fazita., J. Mohd Hafiidz., A. Banerjee., and M. I. Syakir. 2017. Biodegradable Polymer Bioplastics from Seaweed Polysaccharides: A Review On Cellulose As A Reinforcement Material. *eXPRESS Polymer Letters*., 11(4): 244-265.
- Kumoro, A. C. dan A. Purbasari. 2014. Sifat Mekanik dan Morfologi Plastik Biodegradable Dari Limbah Tepung Nasi Aking dan Tepung Tapioka Menggunakan Gliserol sebagai Plasticizer. *Jurnal Teknik Kimia*. 35(1): 8- 16.

- Mardiyana, M., dan Kristiningsih, A. 2020. Dampak Pencemaran Mikroplastik di Ekosistem Laut terhadap Zooplankton. *Jurnal Pengendalian Pencemaran Lingkungan (JPPL)*. 2(1): 29-36.
- Marsa, Y., Susanto, A. B., & Pramesti, R. (2023). Bioplastik dari Karagenan *Kappaphycus alvarezii* dengan Penambahan Carboxymethyl Chitosan dan Gliserol. *Buletin Oseanografi Marina*, 12(1), 1-8.
- Maryuni, A. E., Mangiwa, S., dan Dewi, W. K. 2018. Karakterisasi Bioplastik Dari Karagenan Dari Rumput Laut Merah Asal Kabupaten Biak Yang Dibuat Dengan Metode Blending Menggunakan Pemplastis Sorbitol. *Jurnal Kimia*. 2(1): 1-9.
- Melani, A., Herawati, N., dan Kurniawan, A. F. 2017. Bioplastik Pati Umbi Talas Melalui Proses Melt Intercalation. *Jurnal Distilasi*. 2(2): 53-67.
- Nasution, R. S., Harahap, M. R., dan Yahya, H. 2019. Edible Bioplastik dari Karagenan (*Eucheuma cottonii*) Asal Aceh, Indonesia: Karakterisasi dengan FTIR dan SEM. *Elkawanie: Journal of Islamic Science and Technology*. 5(2): 188-197.
- Rahmi, N., dan Selvi, S. 2021. Pemungutan Cukai Plastik Sebagai Upaya Pengurangan Sampah Plastik. *Jurnal Pajak Vokasi (JUPASI)*. 2(2): 66-69.
- Rusianto, T., Yuniwati, M. dan Wibowo, H. 2020. Effect Carrageenan to Biodegradable Plastic from Tubers. *Jurnal Bahan Alam Terbarukan*. 8(2): 148-155.
- Rusli, A., Metusalach, Salengke dan Tahir, M.M. 2017. Karakteristik Edible Film Karagenan dengan Pemplastis Gliserol. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*, 20(2):219-229
- Sagnelli, D., K. Hooshmand, G. C. Kemmer, J. J. K. Kirkensgaard, K. Mortensen, Venkatesan, J., S. Anil dan S. Kim. 2017. *Seaweed Polysaccharides: Isolation, Biological and Biomedical Applications*. Elsevier, Netherlands, 410 hlm.
- Widyartini, D. S., Sulistyani dan H. A. Hidayah. 2016. Kualitas Pasta Alginat Rumput Laut *Sargassum polycystum* Hasil Fermentasi dan Konsentrasi Larutan Berbeda Sebagai Pengental Pencapan Batik. *Prosiding Seminar Nasional Dan Call For Papers "Pengembangan Sumber Daya Perdesaan dan Kearifan Lokal Berkelanjutan VI"*, 50-58
- Zaky, M. A., Pramesti, R., dan Ridlo, A. 2021. Pengolahan Bioplastik Dari Campuran Gliserol, CMC Dan Karagenan. *Journal of Marine Research*, 10(3): 321-326.