

DOI <http://dx.doi.org/10.36722/sst.v6i2.782>

Potensi Limbah Sisik Ikan Sebagai Kitosan dalam Pembuatan Bioplastik

Ajeng Ayu Ramadhani¹, Nirmala Fitria Firdhausi¹

¹Program studi Biologi, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Sunan Ampel Surabaya, Jl. Ahmad Yani No 177, Surabaya, 60237

Penulis untuk Korespondensi/E-mail: ajengramadhani1802@gmail.com

Abstract – Bioplastics are environmentally friendly plastics derived from natural materials. Bioplastics are easier to decompose when compared to commercial plastics. Bioplastics are generally made from starch contained in plants. But the use of starch as a base material has the disadvantage of producing bioplastics that are not waterproof. Therefore, it is necessary to add chitosan to improve bioplastic characteristics. Chitosan usually comes from the shell of crustacean animals, but it turns out that in fish scales waste, also contains chitosan. Fish scales are a by-product of the process of fish processing. Fish scales are only discarded and not utilized so that they become waste that can pollute the environment. Fish scales have a chitin content that can process into chitosan, which can be useful as an additional ingredient in the manufacture of bioplastics. This review aims to find out the potential of fish scales waste as chitosan in the manufacture of bioplastics. Based on the results of previous research, fish scales have a chitosan content that can use as an additional ingredient in the manufacture of bioplastics. Fish scale chitosan can form bioplastic film with characteristic brownish-yellow film. The addition of fish scale chitosan is also able to improve the water resistance of bioplastic film. Based on the results of the review can be concluded bring fish scales to have the potential as chitosan that can use in the manufacture of bioplastic.

Abstrak - Bioplastik merupakan plastik ramah lingkungan yang berasal dari bahan alam. Bioplastik lebih mudah terurai jika dibandingkan dengan plastik komersil. Bioplastik umumnya dibuat dari pati yang terkandung dalam tumbuhan. Namun penggunaan pati sebagai bahan dasar memiliki kelemahan yaitu menghasilkan bioplastik yang tidak tahan air. Sehingga diperlukan penambahan kitosan untuk meningkatkan karakteristik bioplastik. Kitosan umumnya berasal dari cangkang hewan crustacea, namun ternyata pada limbah sisik ikan juga terdapat kandungan kitosan. Sisik ikan merupakan hasil sampingan dari proses pengolahan ikan. Sisik ikan hanya dibuang dan tidak dimanfaatkan sehingga menjadi limbah yang dapat mencemari lingkungan. Sisik ikan memiliki kandungan kitin yang dapat diolah menjadi kitosan yang dapat bermanfaat sebagai bahan tambahan dalam pembuatan bioplastik. Tujuan dari review ini untuk mengetahui potensi limbah sisik ikan sebagai kitosan dalam pembuatan bioplastik. Metode yang digunakan yaitu studi literatur dari berbagai jurnal. Berdasarkan hasil dari penelitian sebelumnya, sisik ikan memiliki kandungan kitosan yang dapat digunakan sebagai bahan tambahan dalam pembuatan bioplastik. Kitosan sisik ikan dapat membentuk film bioplastik dengan karakteristik film berwarna kuning kecoklatan. Penambahan kitosan sisik ikan juga mampu meningkatkan ketahanan air dari film bioplastik. Berdasarkan hasil review dapat disimpulkan bawa sisik ikan memiliki potensi sebagai kitosan yang dapat digunakan dalam pembuatan bioplastik.

Keywords – Bioplastic, Chitosan, Fish Scales.

PENDAHULUAN

Plastik merupakan bahan pengemas yang sangat sering digunakan dalam kehidupan sehari-hari.

Bahan pengemas plastik jika dibandingkan dengan bahan pengemas lainnya memiliki keunggulan yaitu tahan air, ringan serta fleksibel. Penggunaan plastik yang terus meningkat ternyata memiliki dampak

yang tidak baik terhadap lingkungan. Plastik yang biasa dipakai merupakan plastik yang berasal dari polimer turunan minyak bumi, plastik ini biasa disebut dengan plastik komersil/plastik konvensional. Plastik komersil memiliki sifat yang sulit terurai di lingkungan sehingga membutuhkan waktu yang lama untuk terurai secara sempurna. Sifat plastik yang sulit terurai ini mengakibatkan penumpukan sampah plastik yang akan membuat pencemaran. Menurut Data [1] sampah plastik pada tahun 2020 menduduki peringkat kedua dalam kelompok sampah domestik yang ada di Indonesia. Penumpukan sampah plastik ini dapat menimbulkan dampak yang buruk bagi lingkungan misalnya banjir, mencemari ekosistem laut dll. Sehingga dibutuhkan suatu inovasi dalam mencegah dampak tersebut yaitu dengan cara membuat plastik ramah lingkungan yang mudah terurai di lingkungan.

Plastik ramah lingkungan atau bioplastik merupakan plastik yang berasal dari bahan-bahan alam seperti kandungan pati, selulosa pada tanaman. Bioplastik memiliki sifat yang mudah terurai jika dibandingkan dengan plastik konvensional. Bioplastik dapat dibuat dari pati, selulosa maupun PLA (*Polylactic Acids*). Beberapa penelitian telah memanfaatkan bagian dari tanaman sebagai bahan dasar pembuatan bioplastik misalnya seperti singkong, biji alpukat, bonggol pisang, sugu, porang [2][3][4][5]. Pengembangan bioplastik ini sangat dibutuhkan untuk mengatasi permasalahan sampah plastik akibat penumpukan plastik konvensional. Bioplastik dapat digunakan seperti plastik konvensional pada umumnya, namun akan lebih mudah terurai di lingkungan sehingga akan lebih ramah terhadap lingkungan.

Dalam pembuatan bioplastik tidak hanya menggunakan bahan dasar saja namun perlu ditambahkan bahan lainnya untuk memperoleh bioplastik dengan karakteristik yang mirip dengan plastik komersil. Salah satu bahan yang dapat ditambahkan yaitu kitosan. Menurut [6] kitosan merupakan produk biopolimer yang berasal dari kitin. Kitosan tersusun dari monomer-monomer 2-amino-2-deoksi-D-glukosa yang dihubungkan dengan ikatan glikosida posisi β -(1,4). Kitosan memiliki rumus molekul $(C_6H_9NO_3)_n$. Kitosan diperoleh dari kitin dengan proses deasetilisasi. Kitin merupakan polisakarida terbanyak di bumi setelah selulosa. Kitin memiliki rumus molekul $(C_8H_{13}NO_5)_n$. Kitin tersusun dari monomer 2-asetamida-2-deoksi-D-glukosa yang dihubungkan dengan ikatan glikosida posisi β -(1,4). Perbedaan kitin dan kitosan terletak pada ada tidaknya gugus

amina pada posisi C_2 . Pada kitosan memiliki gugus amina pada posisi C_2 , sedangkan kitin memiliki gugus asetil.

Kitosan diperoleh dengan cara tiga proses yaitu proses demineralisasi, deproteinasi dan deasetilisasi. Proses deproteinasi bertujuan untuk menghilangkan kandungan protein. Pada proses demineralisasi bertujuan untuk menghilangkan kandungan mineral dengan menggunakan larutan asam seperti HCl. Setelah melewati dua proses ini terbentuklah kitin. Setelah itu kitin diolah pada proses yang terakhir yaitu proses deasetilisasi yang bertujuan menghilangkan gugus asetil dan digantikan oleh gugus amina [7].

Kitosan biasanya diperoleh dari isolasi kitin yang berasal dari cangkang hewan *crustacea* seperti kepiting, udang, kerang, selain itu terdapat juga pada kutikula *insecta* dan jamur [8]. Namun ternyata selain yang telah disebutkan, kitosan juga dapat ditemukan sisik ikan. Sisik ikan merupakan hasil dari kegiatan perikanan yang dibuang begitu saja. Sisik ikan yang dibuang begitu dapat menjadi limbah yang memiliki dampak kurang baik terhadap lingkungan. Menurut [9] limbah sisik ikan yang terus menumpuk tanpa adanya pengolahan akan membuat bau yang tidak sedap serta dapat menghilangkan keindahan suatu lingkungan. Sisik ikan jika diolah lebih lanjut memiliki kandungan kitin yang dapat diubah menjadi kitosan. Menurut [10] sisik ikan memiliki kandungan kitosan yang dapat dimanfaatkan sesuai dengan kegunaannya. Kitosan dapat dimanfaatkan untuk menurunkan kadar logam dalam air, sebagai bahan pengawet, dalam bidang pangan, kesehatan serta pertanian.

Kitosan juga dapat dimanfaatkan sebagai bahan tambahan dalam pembuatan bioplastik. Penambahan kitosan dapat meningkatkan karakteristik dari bioplastik. Kitosan memiliki sifat hidrofobik, tidak beracun dan juga biodegradable. Menurut [11] penambahan kitosan dalam pembuatan bioplastik akan mengakibatkan semakin banyak ikatan hidrogen sehingga akan membuat bioplastik memiliki sifat yang lebih kuat. Selain itu penambahan kitosan juga akan membuat bioplastik memiliki sifat ketahanan air yang baik.

Berdasarkan latar belakang yang dijelaskan, penulis bermaksud ingin melakukan studi literatur untuk mengetahui potensi sisik ikan sebagai kitosan dalam pembuatan bioplastik.

METODE

Desain, tempat dan waktu

Desain penelitian ini menggunakan literatur review/studi literatur. Literatur review merupakan suatu metode yang memiliki serangkaian kegiatan mulai dari pengumpulan data pustaka, kemudian membaca, mencatat, dan diakhir dengan kegiatan mengolah sumber tersebut [12]. Dalam penelitian ini menggunakan literatur review yang lebih fokus pada topik yang akan dibahas. Tujuan dari metode ini mengungkapkan teori yang berkaitan dengan topik dibahas.

Jenis dan cara pengumpulan data

Pengumpulan data diperoleh dari data sekunder. Data sekunder merupakan data yang didapatkan bukan berasal dari pengamatan secara langsung, namun didapatkan dengan cara mengumpulkan hasil penelitian-penelitian terdahulu. Data sekunder dapat berasal dari jurnal, buku maupun internet yang sesuai dengan topik atau variabel yang akan diamati.

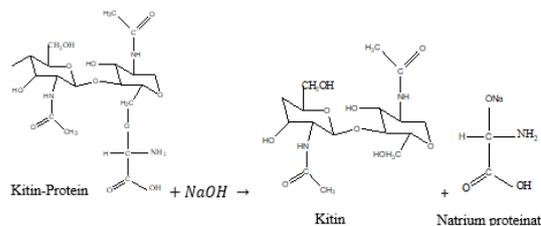
Pengolahan dan Analisis data

Data yang telah terkumpul dari berbagai sumber yang relevan kemudian diolah dan dianalisis secara deskriptif

HASIL DAN PEMBAHASAN

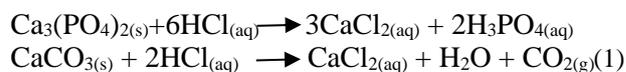
Bioplastik merupakan plastik ramah lingkungan yang berasal dari bahan alam. Bioplastik memiliki sifat yang lebih mudah terurai jika dibandingkan dengan plastik komersil. Dalam pembuatan bioplastik umumnya menggunakan pati sebagai bahan dasar. Pati merupakan bahan dasar yang berasal dari tanaman yang mengandung karbohidrat seperti jagung sagu, ubi jalar singkong, kentang. Di Indonesia pati tersedia cukup melimpah sehingga dapat digunakan sebagai bahan dasar bioplastik [4]. Penggunaan pati sebagai bahan dasar pembuatan bioplastik ini dikarenakan sifat dari pati yang dapat membentuk lapisan bioplastik. Pembuatan bioplastik dengan menggunakan pati sudah mulai dikembangkan. Beberapa penelitian mengenai bioplastik yang berasal dari pati sudah banyak dilakukan. Penggunaan pati dalam pembuatan bioplastik memiliki kekurangan yaitu menghasilkan bioplastik yang kurang tahan terhadap airdan sifat mekanik yang rendah [13]. Diperlukan penambahan bahan lain untuk memperbaiki karakteristik dari bioplastik. Bahan yang dapat ditambahkan yaitu kitosan.

Kitosan merupakan biopolimer turunan dari kitin. Proses isolasi kitosan dari kitin umumnya dilakukan dengan tiga proses yaitu deproteinasi, demineralisasi dan deasetilisasi. Proses deproteinasi merupakan proses yang bertujuan menghilangkan kandungan protein pada bahan baku yang digunakan. Proses ini menggunakan larutan basa, yang sering digunakan yaitu NaOH. Pada proses deproteinasi protein akan terlepas dan akan berikatan dengan Na^+ dari NaOH membentuk larutan natrium proteinat [7]. Reaksi kimia yang terjadi dapat dilihat pada Gambar 1

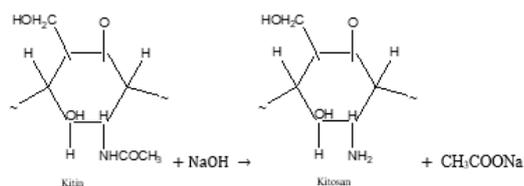


Gambar 1. Reaksi Kimia Proses Deproteinasi

Proses yang kedua yaitu proses demineralisasi. Proses ini bertujuan dalam menghilangkan kandungan mineral. Pada proses demineralisasi menggunakan larutan alkali, umumnya yang sering digunakan yaitu HCl. Mineral pada bahan baku akan bergabung dengan ion Cl membentuk garam-garam mineral. Sisik ikan umumnya mengandung mineral utama yaitu CaCO_3 dan $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$. Proses demineralisasi ditandai dengan adanya gelembung gas CO_2 saat proses berlangsung [14]. Persamaan reaksi kimia yang terjadi pada proses demineralisasi digambarkan pada persamaan berikut :



Setelah melalui proses deproteinasi dan demineralisasi terbentuklah produk akhir yaitu kitin. Kitin yang telah terbentuk selanjutnya akan diproses untuk mendapatkan kitosan melalui proses deasetilisasi. Proses deasetilisasi bertujuan untuk memutuskan ikatan asetil ($-\text{COCH}_3$) pada gugus asetamida menjadi gugus amina ($-\text{NH}_2$). Proses deasetilisasi menggunakan larutan basa NaOH dengan konsentrasi yang tinggi. Gugus OH pada NaOH akan masuk kedalam kitin dan akan membuat gugus asetik terlepas sehingga terbentuklah kitosan [7]. Reaksi kimia yang terjadi pada proses deasetilisasi disajikan pada Gambar 2.



Gambar 2. Reaksi Kimia Proses Deasetilisasi

Kitosan biasanya diperoleh dari cangkang hewan *crustacea* seperti udang, rajungan dll. Ternyata pada ikan juga memiliki bagian yang mengandung kitin sehingga dapat diolah menjadi kitosan. Ikan merupakan salah satu produk protein hewani yang memiliki kandungan gizi yang bermacam-macam. Pengolahan ikan pada dasarnya hanya menggunakan daging ikan saja sebagai bahan baku. Bagian daging ikan yang dapat dimakan rata-rata 40-50%. Bagian tubuh ikan selain daging disebut dengan hasil sampingan (*by-product*). Hasil sampingan biasanya hanya dibuang begitu saja sehingga menjadi limbah. Salah satu hasil sampingan dari pengolahan ikan yaitu sisik. Sisik ikan merupakan hasil sampingan dari kegiatan perikanan yang tidak digunakan [15]. Sisik ikan hanya dibuang begitu saja tanpa dilakukan pengolahan sehingga akan menumpuk dan menjadi limbah yang dapat mencemari lingkungan. Menurut [16] Indonesia merupakan negara penghasil perikanan kedua dengan jumlah produksi 24 juta/ton tiap tahun. Data angka konsumsi ikan juga semakin meningkat tiap tahunnya. Pada tahun 2019 konsumsi ikan di Indonesia mencapai 54,49 kg/kapita/tahun. Semakin meningkatnya konsumsi ikan, juga akan meningkatkan limbah sisik ikan.

Menurut [17] sisik ikan yang telah dikeringkan umumnya memiliki kandungan kimia yang terdiri air 11%, abu 39%, protein 30%, dan karbohidrat 15%. Kandungan kimia pada sisik ikan ini dipengaruhi oleh jenis, habitat serta ukuran ikan. Sisik ikan sebagai hasil sampingan biasanya dibuang begitu karena diketahui potensinya. Padahal jika diolah lebih lanjut memiliki manfaat yang berguna bagi kehidupan salah satunya sebagai kitosan. Sisik ikan mengandung kitin yang dapat diolah menjadi kitosan. Kitosan memiliki berbagai manfaat salah satunya dapat digunakan sebagai bahan tambahan dalam pembuatan bioplastik. Kitosan membantu meningkatkan karakteristik dari bioplastik terutama dari sifat mekanik dan ketahanan air.

Penelitian dengan menggunakan sisik ikan sebagai kitosan pernah dilakukan oleh [9] dalam penelitiannya menggunakan sisik ikan bandeng sebagai kitosan. Kitosan diisolasi dari sisik ikan bandeng sesuai dengan prosedur. Dalam penelitian

ini kitosan yang berasal dari sisik ikan bandeng digunakan sebagai bahan dasar dalam pembuatan bioplastik. Karakteristik yang diamati yaitu warna dan juga tingkat kerapuhan. Penelitian ini menggunakan 3 perlakuan yaitu perlakuan pertama (P1) kitosan dicampur dengan asam asetat hingga homogen kemudian dicampur dengan gliserol. Perlakuan kedua (P2) kitosan dilarutkan secara bersamaan, kemudian perlakuan ketiga (P3) yaitu mencampurkan kitosan sisik ikan bandeng dengan kitosan komersil. Dari hasil penelitian didapatkan hasil bahwa kitosan sisik ikan bandeng dapat membentuk film bioplastik dengan karakteristik yang berbeda. Pada P1 memiliki film bioplastik dengan warna kuning keabu-abuan. Pada perlakuan P2 menghasilkan film bioplastik dengan warna kekuningan, sedangkan pada perlakuan P3 menghasilkan bioplastik dengan warna kuning pekat. Pada ketiga perlakuan pada P3 merupakan perlakuan yang menghasilkan film bioplastik dengan tingkat kekerasan yang lebih tinggi jika dibanding P1 dan P2. Adanya perbedaan dari film bioplastik ini dikarenakan proses pencampuran yang berbeda-beda tiap perlakuan. Pembuatan kitosan dari sisik ikan juga dilakukan oleh [18] dalam penelitiannya menggunakan kitosan dari ikan katamba yang dikombinasikan dengan pati sagu. Dari penelitian bioplastik pati sagu dengan penambahan kitosan sisik ikan katamba didapatkan film bioplastik dengan warna putih bening dengan tekstur permukaan yang halus Selain itu juga dilakukan pengujian morfologi dengan SEM (*Scanning Electron Microscope*). Berdasarkan hasil SEM bahwa film bioplastik memiliki permukaan yang rata dan tidak ada rongga-rongga udara sehingga dapat dipastikan bahwa kitosan sisik ikan katamba dan pati sagu telah bercampur secara merata.

Pembuatan bioplastik dengan sisik ikan juga dilakukan oleh [19] dengan menggunakan kitosan yang berasal dari sisik ikan papuyu (*Anabas testudineus*) yang dikombinasikan dengan pati jagung. Dalam penelitian ini komposit bioplastik lebih ditujukan sebagai pengemas makanan (*edible film*). Pada Penelitian dibedakan menjadi empat perlakuan yaitu kitosan 0,5 gr (K1), kitosan 1 gr (K2), kitosan 1,5 gr (K3) dan kitosan 2 gr (K4). Hasil edible film pati jagung dengan penambahan kitosan sisik ikan papuyu memiliki warna kekuningan. Selain itu penambahan kitosan sisik ikan papuyu pada edible film pati jagung juga menyebabkan nilai transparansi menjadi lebih rendah karena kitosan akan menyebabkan warna menjadi kuning. Dalam penelitian yang dilakukan oleh [19] juga dilakukan uji ketahanan air. Uji ketahanan dilakukan untuk

mengetahui ketahanan air dari bioplastik. Berdasarkan hasil uji ketahanan air pada perlakuan K3 merupakan perlakuan terbaik karena memiliki persentase ketahanan air yang tinggi yaitu 49,74%. Persentase ketahanan air yang tinggi ini menandakan edible film memiliki sifat ketahanan air yang baik. Penambahan kitosan sisik ikan papuyu yang semakin tinggi akan mengakibatkan persentase ketahanan air meningkat.

Penggunaan kitosan sisik ikan memiliki potensi yang sama seperti kitosan pada umumnya. Penambahan kitosan dari sisik ikan dapat membentuk film bioplastik pada dengan karakteristik film bioplastik memiliki warna coklat kekuningan hal ini dapat dilihat pada penelitian yang dilakukan oleh [9]; [19]; [18] yang menggunakan sisik ikan bandeng, sisik ikan papuyu (*Anabas testudienus*) dan sisik ikan katamba. Kitosan sisik ikan mampu meningkatkan karakteristik dari bioplastik terutama dari segi ketahanan air yang membuat bioplastik lebih tahan air. Menurut [19] yang dalam penelitiannya menggunakan kitosan sisik ikan papuyu (*Anabas testudienus*) menghasilkan film bioplastik yang memiliki daya ketahanan air lebih besar jika dibandingkan dengan bioplastik tanpa penambahan kitosan.

Penambahan kitosan sisik ikan menghasilkan bioplastik dengan karakteristik yang sama seperti bioplastik dengan penambahan kitosan dari cangkang hewan *crustacea* dari segi warna memiliki warna kuning-coklat dan menghasilkan bioplastik yang tahan air. Penelitian mengenai kitosan sisik ikan pada bioplastik belum banyak dilakukan dan untuk uji yang dilakukan hanya sebatas uji secara morfologi baik secara langsung maupun melalui SEM dan juga ketahanan air, namun untuk uji sifat mekanik meliputi uji kuat tarik dan uji elongasi dan uji biodegradasi belum banyak dilakukan. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai sifat mekanik serta uji biodegradasi untuk mengetahui lebih dalam potensi sisik ikan sebagai kitosan dalam pembuatan bioplastik.

Sisik ikan dapat menjadi alternatif yang dapat digunakan sebagai kitosan selain dari cangkang hewan *crustacea*. Sisik ikan selama ini hanya dianggap sebagai limbah yang dapat mencemari lingkungan sekitar ternyata jika diteliti lebih memiliki kandungan bahan yang dapat digunakan seperti kitosan. Pengolahan sisik ikan dapat mengurangi pencemaran lingkungan, selain itu juga membuat sisik ikan memiliki nilai manfaat yang lebih. Pengolahan sisik ikan sebagai kitosan dalam

pembuatan bioplasik masih belum banyak dilakukan, sehingga diperlukan penelitian-penelitian yang lebih dalam untuk menggali potensi dari sisik ikan sebagai kitosan dalam penambahan pembuatan bioplastik yang dapat meningkatkan karakteristik dari bioplastik.

KESIMPULAN

Sisik ikan sebagai hasil sampingan dari kegiatan pengolahan ikan memiliki potensi sebagai kitosan yang dapat ditambahkan dalam pembuatan bioplastik. Kitosan dari sisik ikan berpotensi sebagai bahan tambahan dalam pembuatan bioplastik. Penambahan kitosan sisik ikan membentuk lapisan film bioplastik dengan karakteristik film bioplastik berwarna kuning kecoklatan dan dapat meningkatkan sifat ketahanan air dari bioplastik. Penggunaan sisik ikan sebagai kitosan masih jarang dilakukan dan pengujiannya hanya secara morfologi belum banyak yang melakukan uji secara mekanik maupun uji biodegradasi, sehingga diperlukan penelitian lebih dalam untuk menggali potensi dari sisik ikan sebagai kitosan dalam pembuatan bioplastik.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Ibu Nirmala Fitria Firdhausi selaku dosen mata kuliah yang telah membimbing selama penulisan artikel ini. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu.

REFERENSI

- [1] "SIPSN - Sistem Informasi Pengelolaan Sampah Nasional"2021.<https://sipsn.menlhk.go.id/sipsn/Public/Data/Komposisi#Parallax>(Accessed Jul. 26, 2021).
- [2] M. Afif, N. Wijayati, dan S. Mursiti, "Pembuatan Dan Karakterisasi Bioplastik Dari Pati Biji Alpukat-Kitosan Dengan Plasticizer Sorbitol," *Indones. J. Chem.*, Vol. 7, No. 2, Pp. 103–109, 2018.
- [3] I. Nafiyanto, "Pembuatan Plastik Biodegradable Dari Limbah Bonggol Pisang Kepok Dengan Plasticizer Gliserol Dari Minyak Jelantah Dan Komposit Kitosan Dari Limbah Cangkang Bekicot (*Achatina Fullica*)," *Integr. Lab J.*, Vol. 7, No. 1, Pp. 75–89, 2019.
- [4] E. Kamsiati, H. Herawati, dan E. Y. Purwani,

- “Potensi Pengembangan Plastik Biodegradable Berbasis Pati Sagu Dan Ubikayu Di Indonesia,” *J. Litbang Pertan.*, Vol. 36, No. 2, Pp. 67–76, 2017, Doi: 10.21082/Jp3.V36n2.2017.P67-76.
- [5] I. M. D. Pradipta dan L. J. Mawarani, “Pembuatan Dan Karakterisasi Polimer Ramah Lingkungan Berbahan Dasar Glukomanan Umbi Porang,” In *Prosiding Pertemuan Ilmiah Ilmu Pengetahuan Dan Teknologi Bahan*, 2012, Pp. 83–88.
- [6] M. Hambali, E. Wijaya, dan A. Reski, “Pembuatan Kitosan Dan Pemanfaatannya Sebagai Agen Koagulasi-Flokulasi,” *J. Tek. Kim.*, Vol. 23, No. 2, Pp. 104–113, 2017.
- [7] A. Fadli, D. Drastinawati, O. Alexander, dan F. Huda, “Pengaruh Rasio Massa Kitin/Naoh DAN Waktu Reaksi Terhadap Karakteristik Kitosan Yang Disintesis Dari Limbah Industri Udang Kering,” *J. Sains Mater. Indones.*, Vol. 18, No. 2, P. 61, 2018, Doi: 10.17146/Jsmi.2017.18.2.4166.
- [8] H. N. Imtihani, R. A. Wahyuono, dan S. N. Permatsari, *Biopolimer Kitosan Dan Penggunaannya Dalam Formulasi Obat*. Surabaya: Graniti, 2020.
- [9] N. Aziz, M. Bill Gufran, W. Pitoyo, dan S. Suhandi, “Pemanfaatan Ekstrak Kitosan Dari Limbah Sisik Ikan Bandeng Di Selat Makassar Pada Pembuatan Bioplastik Ramah Lingkungan,” *J. Adm. Dan Kebijak. Kesehat. Indones.*, Vol. 1, No. 1, Pp. 56–61, 2017.
- [10] I. F. M. Rumengan, P. Suptijah, N. Salindeho, S. Wullur, dan A. H. Luntungan, *Nanokitosan Dari Sisik Ikan: Aplikasinya Sebagai Pengemas Produk Perikanan*. Sulawesi Utara: Lembaga Penelitian Dan Pengabdian Kepada Masyarakat Universitas Sam Ratulangi, 2018.
- [11] P. Coniwanti, L. Laila, dan M. R. Alfira, “Pembuatan Film Plastik Biodegradable Dari Pati Jagung Dengan Penambahan Kitosan Dan Pemplastis Gliserol,” *J. Tek. Kim.*, Vol. 20, No. 4, Pp. 22–30, 2014.
- [12] M. Zed, *Metode Penelitian Kepustakaan* -. Jakarta: Yayasan Pustaka Obor Indonesia, 2008.
- [13] H. W. Sulistyono dan Ismiyati, “Pengaruh Formulasi Pati Singkong–Selulosa Terhadap Sifat Mekanik Dan Hidrofobisitas Pada Pembuatan Bioplastik,” *KONVERSI*, vol. 1, no. 2, pp. 23–30, 2012.
- [14] A. N. Nurmala, E. Budi Susatyo, dan F. W. Mahatmanti, “Sintesis Kitosan dari Cangkang Rajungan Terkomposit Lilin Lebah dan Aplikasinya sebagai Edible Coating pada Buah Stroberi,” *J. Chem. Sci.*, vol. 7, no. 3, 2018, [Online]. Available: <http://journal.unnes.ac.id/sju/index.php/ijcs>.
- [15] Nurjanah, R. Suwandi, dan V. Yogaswari, “Karakteristik Kimia dan Fisik Sisik Ikan Gurami (*Osphronemus gouramy*),” *J. Sumberd. Perair.*, vol. 4, no. 2, pp. 7–12, 2010.
- [16] BKIPM, “KKP | Kementerian Kelautan dan Perikanan,” 2019. <https://kkp.go.id/bkipm/artikel/25535-peringkat-kedua-produsen-hasil-perikanan-pemerintah-indonesia-upayakan-peningkatan-ekspor> (accessed Jul. 26, 2021).
- [17] A. C. N. Talumepa, P. Suptijah, S. Wullur, dan I. F. M. Rumengan, “Kandungan Kimia dari Sisik Beberapa Jenis Ikan Laut,” *J. LPPM Bid. Sains dan Teknol.*, vol. 3, no. 1, pp. 27–33, 2016.
- [18] A. Said, “Sintesis Plastik Biodegradable Berbahan Komposit Pati Sagu-Kitosan Sisik Ikan Katamba (*Lethrinus lentjan*),” *QUANTUM J. Inov. Pendidik. Sains*, vol. 9, no. 1, pp. 23–30, 2018.
- [19] Y. Ristianingsih dan M. Natalia, “Pembuatan Edible film Pati Jagung dengan Penambahan Kitosan Sisik Ikan Papuyu (*Anabas testudineus*),” *J. Teknol. Agro-Industri*, vol. 6, no. 1, p. 72, 2019, doi: 10.34128/jtai.v6i1.91.