

KEMULURAN DAN KEKUATAN PUTUS TALI SABUT KELAPA BERLAPIS KITOSAN

Elongation and Breaking Strength of The Chitosan-Coated Coir Rope

Oleh:

Didin Komarudin^{1*}, Diniah¹, M. Dahri Iskandar¹, Dwi Putra Yuwandana¹, Yopi Novita¹

¹ Departemen Pemanfaatan Sumberdaya Perikanan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, IPB University.
didinkomarudin@apps.ipb.ac.id; diniahbs@gmail.com; dahri@apps.ipb.ac.id; dwiputra@apps.ipb.ac.id;
yopi_novita@apps.ipb.ac.id

* Korespondensi: didinkomarudin@apps.ipb.ac.id

Diterima: 22 September 2022; Disetujui: 12 Februari 2023

ABSTRACT

Coating of coconut coir rope as a material for fishing gear is carried out to inhibit the decomposition process and increase the breaking strength and elongation of the rope. In this study, the coating of coconut coir rope using chitosan as an antimicrobial is expected to inhibit the growth of micro-organisms. This study aims to determine the elongation and breaking strength of chitosan-coated coconut coir ropes. The research method used is experimental. Data analysis used the Kolmogorov–Smirnov normality test and RAL (Completely Randomized Design)- to determine the effect of chitosan coating on the elongation and breaking strength of coconut fiber ropes. The results showed that the chitosan coir rope had a dark brown color, while the control coir rope had a light brown color. The direction of the twist is "S", with a "hard" type of twist so that the rope tends to be stiff. The fiber type is staple fiber (short fiber). The elongation of the chitosan coir rope was 10.21 cm, 17.55% higher than the untreated coconut coir rope, which was 8.68 cm. The average breaking strength of chitosan coir rope was 37.41 kgf or 11.87% higher than untreated coconut coir rope, which was 33.44 kgf.

Keywords: elongation, breaking strength, chitosan, chitosan coconut fiber rope.

ABSTRAK

Pelapisan tali sabut kelapa sebagai bahan alat penangkapan ikan dilakukan untuk menghambat proses pembusukan dan meningkatkan kekuatan putus serta kemuluran tali tersebut. Pada penelitian ini pelapisan tali sabut kelapa menggunakan kitosan sebagai antimikroba yang diharapkan dapat menghambat pertumbuhan mikro organisme. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan nilai kemuluran dan kekuatan putus tali sabut kelapa yang dilapisi kitosan. Metode penelitian yang digunakan adalah eksperimental. Analisis data menggunakan uji normalitas Kolmogorov–Smirnov dan RAL (Rancangan Acak Lengkap) untuk menentukan pengaruh pelapisan kitosan terhadap kemuluran dan kekuatan putus tali sabut kelapa. Hasil penelitian menunjukkan bahwa tali sabut kelapa berkitosan memiliki warna cokelat tua, tali sabut kelapa kontrol berwarna cokelat terang. Arah pilinannya adalah "S", dengan tipe pintalan "hard" sehingga tali cenderung kaku. Tipe seratnya adalah *staple fiber* (serabut pendek). Kemuluran tali sabut kelapa berkitosan sebesar 10,21 cm, lebih tinggi 17,55% dibandingkan dengan tali sabut kelapa tanpa perlakuan, yaitu sebesar 8,68 cm. Kekuatan putus rata-rata tali sabut kelapa berkitosan sebesar 37,41 kgf atau 11,87% lebih tinggi dari tali sabut kelapa tanpa perlakuan, yaitu sebesar 33,44 kgf.

Kata kunci: kemuluran, kekuatan putus, kitosan, tali sabut kelapa berkitosan.

PENDAHULUAN

Sabut kelapa merupakan kulit dari buah kelapa yang banyak tumbuh di daerah tropis, termasuk di Indonesia. Sabut kelapa dari buah kelapa yang sudah tua, biasanya banyak diolah menjadi tali temali. Serat sabut kelapa memiliki banyak keunggulan, diantaranya adalah tahan terhadap pelapukan, gesekan dan pukulan (Suhardiyono 1999 *diacu dalam* Wahyudi *et al.* 2014).

Serabut tumbuh-tumbuhan merupakan bagian dari tanaman yang sudah mati dan sebagian besar terdiri atas selulosa. Bila kondisinya lembab atau terendam dalam air, serabut tumbuhan akan diserang oleh mikro organisme pemakan selulosa dari jenis bakteri (Klust 1987). Penggunaan serat sabut kelapa untuk bahan alat penangkapan ikan yang berada di dalam air secara terus-menerus atau secara berkala dapat memicu terserangnya serat sabut kelapa oleh mikro organisme. Oleh karena itu, dibutuhkan antimikroba untuk menghambat pertumbuhan mikro organisme.

Salah satu bahan alami yang dapat dimanfaatkan untuk antimikroba adalah kitosan. Kitosan mengandung enzim lisosim dan gugus aminopolisakarida yang dapat menghambat pertumbuhan mikroba. Kitosan juga memiliki polikation bermuatan positif yang mampu menekan pertumbuhan bakteri dan kapang (Farida 2012). Keunggulan lain dari kitosan yaitu tidak larut dalam air dan tidak beracun (Dudin 2016), sehingga jika digunakan sebagai pengawet untuk bahan alat penangkapan ikan tidak berbahaya untuk biota laut dan lingkungan perairan.

Beberapa penelitian terkait bahan alat penangkapan ikan telah dilakukan, namun belum pernah dilakukan penelitian tentang pengawetan tali sabut kelapa menggunakan kitosan. Kitosan pada penelitian ini diharapkan dapat berfungsi menghambat pertumbuhan bakteri pada tali sabut kelapa, sehingga berpengaruh terhadap nilai kemuluran dan kekuatan putus. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan nilai kemuluran dan kekuatan putus tali sabut kelapa berlapis kitosan.

METODE

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah eksperimental di laboratorium. Eksperimental dilakukan untuk menentukan nilai kemuluran dan kekuatan putus tali serat sabut kelapa tanpa perlakuan dan tali serat sabut kelapa yang direndam dalam larutan kitosan.

Penelitian di laboratorium dilaksanakan pada Juni sampai dengan Agustus 2016. Penelitian dilakukan di Laboratorium Teknologi Alat Penangkapan, Departemen Pemanfaatan Sumberdaya Perikanan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan serta Laboratorium Rekayasa dan Desain Bangunan Kayu, Departemen Hasil Hutan, Fakultas Kehutanan, Institut Pertanian Bogor.

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain:

1. Universal Testing Machine (UTM), untuk pengujian tarik dan kemuluran tali sabut kelapa.
2. Penggaris, sebagai alat pengukur panjang tali sabut kelapa.
3. Kamera, untuk mendokumentasikan proses eksperimental.
4. Wadah, untuk menyimpan tali sabut kelapa.

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah tali sabut kelapa dan kitosan dengan konsentrasi 1% (Gambar 1 dan 2).

Prosedur Penelitian

Penelitian diawali dengan penyiapan sampel tali sabut kelapa. Contoh uji tali sabut kelapa dipotong sepanjang 35 cm sebanyak 60 utas. Sebagai perlakuan, sebanyak 30 utas tali direndam ke dalam larutan kitosan selama 24 jam. Berdasarkan panduan SNI ISO 1805: 2010 tentang "*Alat penangkapan ikan berbahan jaring: penentuan gaya putus simpul dan benang jaring*", dinyatakan bahwa perendaman benang atau tali pada suatu perlakuan harus dilakukan minimal selama 12 jam. Durasi perendaman tersebut diharapkan kitosan dapat meresap hingga ke pori-pori tali bagian dalam. Perendaman tali dilakukan ke dalam larutan kitosan 1%, kemudian contoh uji diangkat dan disimpan dalam wadah terbuka dan diangin-angin untuk dikeringkan selama 1 minggu. Proses pengeringan tidak dijemur langsung dibawah sinar matahari agar tidak terpengaruh oleh UV yang terkandung pada sinar matahari. Adapun 30 utas lainnya sebagai kontrol.

Selanjutnya dilakukan pengamatan terkait sifat fisik dari tali sabut kelapa kontrol dan yang dilapisi kitosan. Sifat fisik yang diamati adalah warna, arah pilinan, diameter dan kekakuan tali. Hasilnya telaah kemudian dianalisis secara deskriptif.

Tahap berikutnya dilakukan pengujian kekuatan putus dan kemuluran menggunakan *universal testing machine*

(UTM). Ketentuan pengujian kekuatan putus dan kemuluran tali berdasarkan SNI ISO 1805: 2010 tentang "Alat penangkapan ikan berbahan jaring: penentuan gaya putus simpul dan benang jaring" sebagai berikut:

1. Panjang sampel yang diuji minimal 250 mm \pm 1 mm.
2. Kecepatan penarikan yang digunakan sebesar 250 mm/menit atau 500 mm/menit.
3. Pengait atau penjepit harus dikondisikan agar contoh uji tidak *slip*.
4. Alat uji harus dilengkapi dengan pencatat grafik pertambahan beban dan kemuluran hingga tali putus.

Kenormalan data diuji menggunakan uji normalitas *Kolmogorov–Smirnov*. Apabila data uji menyebar normal, selanjutnya dilakukan uji RAL untuk mengetahui pengaruh penggunaan kitosan terhadap kemuluran dan kekuatan putus tali sabut kelapa. Menurut Matjik dan

Sumertajaya (2000), perhitungan RAL satu faktor adalah sebagai berikut:

$$\text{Model linier: } Y_{ij} = \mu + \tau_i + \varepsilon_{ij}$$

dengan:

Y_{ij}	: Nilai respon pada perlakuan ke- i dan ulangan ke- j ;
μ	: Rataan umum;
τ_i	: Pengaruh perlakuan ke- i ;
ε_{ij}	: Pengaruh acak pada perlakuan ke- i ulangan ke- j ;
i	: 1, ..., t dan $j = 1, \dots, r$; dan
r	: Ulangan dan $t =$ perlakuan. Asumsi : $\varepsilon_{ij} \sim N$

Hipotesis:

H_0 : Pelapisan kitosan pada tali kelapa tidak berpengaruh terhadap kekuatan putus dan kemuluran;

H_1 : Pelapisan kitosan pada tali kelapa berpengaruh terhadap kekuatan putus dan kemuluran;



Gambar 1 Tali Sabut Kelapa



Gambar 2 Larutan kitosan 1%

HASIL

Sifat Fisik Tali Sabut Kelapa

Karakteristik fisik tali sabut kelapa kontrol berwarna coklat terang, sedangkan tali serabut berkitosan berwarna relatif lebih gelap warnanya. Arah pilinan tali sabut kelapa yang dijadikan sampel adalah arah pintalan "S" (Gambar 3). Adapun tipe pintalannya tergolong ke dalam kelompok tipe pintalan "hard" karena memiliki sudut pintalan sebesar 54° ($>40^{\circ}$).

Diameter tali sabut kelapa kontrol yang tidak dilapisi kitosan memiliki rentang diameter antara 5,62-7 mm, dengan rata-ratanya sebesar 6,28 mm. Adapun tali sabut kelapa yang dilapisi kitosan memiliki rentang diameter antara 5,35-7,45 mm, dengan rata-rata diameternya sebesar 6,56 mm. Berdasarkan uji ANOVA diperoleh nilai Pvalue (0,00) $<0,05$, yang artinya bahwa pelapisan tali sabut kelapa menggunakan kitosan memberikan pengaruh yang signifikan terhadap penambahan diameter tali.

Sifat Mekanik Tali Sabut Kelapa

Kekuatan putus

Sifat mekanik yang diamati pada penelitian ini adalah kekuatan putus dan kemuluran tali sabut kelapa. Berdasarkan hasil penelitian kekuatan putus tali sabut kelapa kontrol berkisar antara 26,81-36,39 kgf, dengan kekuatan putus rata-rata sebesar 33,44 kgf. Adapun kekuatan putus tali sabut kelapa yang dilapisi kitosan berkisar antar 33,21-48,92 kgf, dengan kekuatan putus rata-rata sebesar 37,41 kgf. Berdasarkan uji ANOVA diperoleh nilai P value (0,0005) $<0,05$, hal ini berarti pelapisan kitosan pada tali sabut kelapa berpengaruh secara signifikan dan dapat meningkatkan kekuatan putus sebesar 11,87%.

Kemuluran

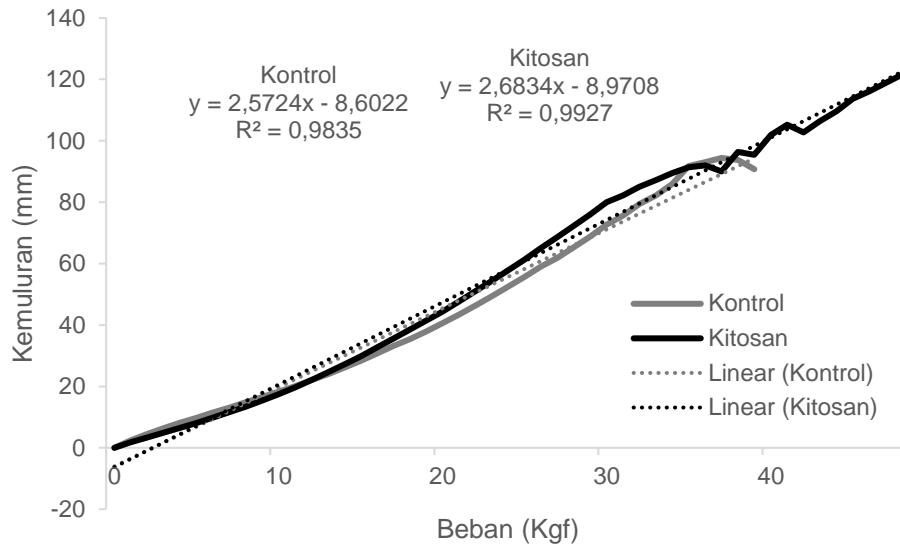
Kemuluran tali sabut kelapa kontrol berkisar antara 62,51-111,47 mm, dengan rata-rata kemuluran sebesar 86,86 mm. Adapun tali sabut kelapa yang dilapisi kitosan memiliki nilai kemuluran berkisar antara 73,15-127,75 mm, dengan rata-rata kemulurannya sebesar 102,11 mm. Berdasarkan uji ANOVA diperoleh nilai Pvalue (0,0017) $<0,05$, hal ini menunjukkan pelapisan kitosan pada tali sabut kelapa berpengaruh secara signifikan dapat meningkatkan kemuluran tali sabut kelapa sebesar 17,55%.

Berdasarkan Gambar 4, hubungan antara beban yang diberikan dengan kemuluran tali sabut kelapa mengalami fluktuasi. Fluktuasi tersebut diduga disebabkan karena tipe serat tali sabut kelapa merupakan tipe serabut pendek (*staple fiber*). Pada saat proses penarikan berlangsung, proses pergeseran serat akan terjadi di beberapa titik, sehingga akan mengakibatkan akan diperoleh penambahan data kemuluran yang fluktuatif namun tetap mengalami trend positif seiring penambahan beban yang diberikan.

Nilai koefisien determinasi pada hubungan antara beban (kgf) dan kemuluran (mm), baik pada tali kontrol maupun tali yang dilapisi kitosan sangat tinggi. Nilai koefisien determinasi antara penambahan beban dengan kemuluran pada tali sabut kelapa kontrol sebesar 0,98, sedangkan pada tali sabut kelapa yang dilapisi kitosan sebesar 0,99. Menurut Sarwono (2006) apabila nilai koefisien korelasi berada pada rentang 0,75-0,99, berarti hubungan antar kedua variabel tersebut sangat kuat. Oleh karena itu, hubungan antar beban yang diberikan saat penarikan tali dengan kemuluran tali sangat kuat.



Gambar 3 Arah pilinan tali sabut kelapa



Gambar 4 Hubungan antara beban dan kemuluran tali sabut kelapa

PEMBAHASAN

Tali sabut kelapa memiliki jenis pintalan keras (*hard*). Ciri khas dari tali bertipe pintalan *hard* adalah memiliki tingkat kekakuan yang tinggi. Hal ini disebabkan karena pintalan pada konstruksi tali bagian *fiber* dan *strand* sangat banyak, sehingga hasil akhir (*rope*) menjadi kaku. Selain itu, permukaan tali sabut kelapa kasar dan terdapat serat-serat sabut yang keluar. Hal ini dikarenakan tali sabut kelapa diproduksi dari serat sabut kelapa yang memiliki panjang serat terbatas. Menurut Sahrudin dan Nadia (2016), panjang serat sabut kelapa berkisar antara 15-30 cm, dengan diameter sebesar 0,004-0,016 inci. Oleh karena itu, tali ini juga dikategorikan sebagai tali yang terbuat dari jenis *staple fiber*, yaitu jenis tali yang terbuat dari serat yang berukuran pendek yang dipilin menjadi tali. Kondisi permukaan tali jenis ini biasanya kasar, akibat adanya ujung-ujung serat yang keluar dari permukaan tali. Kondisi permukaan yang kasar mengakibatkan tali tidak mudah slip ketika digunakan.

Terjadi penambahan diameter yang signifikan pada tali sabut kelapa yang dilapisi kitosan. Hal ini juga sejalan dengan penelitian Komarudin et al. (2019), yang menunjukkan bahwa pelapisan kitosan pada tali rami dan agel dapat meningkatkan diameter tali tersebut. Penambahan diameter disebabkan oleh meresapnya larutan kitosan pada pori-pori tali sabut kelapa. Walau demikian,

bervariasinya diameter tali sabut kelapa disebabkan karena tali tersebut masih diproduksi secara manual. Berdasarkan pengamatan dilapangan pada pengrajin tali sabut kelapa di Brebes, proses pemilinan dilakukan menggunakan dinamo tanpa pengaturan secara komputasi, sehingga tingkat presisi dan konsistensi tidak terlalu baik.

Kekuatan putus tali sabut kelapa yang dilapisi kitosan meningkat secara signifikan. Li dan Hsieh (2005) *diacu dalam* Riyanto et al. (2010) menyatakan bahwa kitosan memiliki kapasitas ikatan hidrogen yang tinggi diantara rantai molekulnya. Riyanto et al. (2010) juga menyatakan adanya kapasitas ikatan hidrogen yang tinggi, matrik polimer yang dihasilkan semakin kuat dan mengakibatkan gaya tarik intermolekul menjadi semakin kuat, sehingga kekuatan putus tali kitosan yang dilapisi kitosan menjadi lebih kuat. Menurut Indahyani (2011), secara alamiah sabut kelapa memiliki ketahanan rusak lebih lama hingga 15 kali dibanding serat kapas, dan 7 lebih tahan dibandingkan serat rami.

Kemuluran putus tali sabut kelapa yang dilapisi kitosan meningkat secara signifikan. Bakri (2011) menyatakan bahwa serat sabut kelapa memiliki nilai kemuluran paling tinggi dibanding serat alami lain, yakni mencapai 30%. Menurut Rao dan Rao (2007), nilai kemuluran serat sabut kelapa mencapai 20%. Kemuluran yang lebih tinggi terjadi pada tali sabut kelapa yang dilapisi kitosan, hal ini

disebabkan karena polimer kitosan tersusun dari rantai monomer yang membentuk rantai lurus dan sangat panjang (Yanming *et al.* 2001). Menurut Komarudin *et al.* (2019), pelapisan kitosan pada serat alami yang memiliki selulosa akan berpeluang terbentuknya polimer bercabang yang akan digabungkan melalui ikatan silang (*cross-linking*), yang selanjutnya akan mengakibatkan peningkatan kekuatan putus dan kemuluran serat alami tersebut.

Beberapa alat penangkapan ikan dibedakan berdasarkan prinsip kerjanya. Pertambahan panjang atau kemuluran masing-masing bahan alat penangkapan ikan berbeda antara satu dengan yang lain. Bahan alat penangkapan ikan yang digunakan harus sesuai dengan karakter dari masing-masing alat penangkapan ikan yang dibuat. Jannah *et al.* (2017) mengemukakan nilon 0,4 mm pada beberapa merek mempunyai kemuluran saat kering berkisar antara 54-63%, saat basah air laut kemulurannya antara 56-72%, dan saat basah air tawar kemulurannya berkisar antara 56-75%.

Tali berbahan serat alami memiliki kelemahan yaitu mudah membusuk apabila terendam air dan memiliki kekuatan putus yang relatif rendah jika dibandingkan bahan sintesis. Berdasarkan hasil penelitian, pelapisan kitosan pada tali sabut kelapa dapat meningkatkan kekuatan putus dan kemuluran tali tersebut. Hal ini dikarenakan kitosan membentuk ikatan dengan serat sabut kelapa. Kitosan terbuat dari kulit krutasea dan bersifat tidak beracun bahkan dapat menekan pertumbuhan bakteri. Hal ini disebabkan karena kitosan memiliki polikation bermuatan positif yang mampu menghambat pertumbuhan bakteri dan kapang (Muzzarelli *et al.* 1988; Mekawati *et al.* 2000). Pelapisan kitosan pada tali sabut kelapa diharapkan akan meningkatkan umur teknis tali sabut kelapa, sehingga tidak mudah diurai oleh bakteri pemakan selulosa. Kitosan juga memiliki kemampuan untuk mengikat logam berat, karena kitosan memiliki sifat polielektrolit kation (Susilowati *et al.* 2018; Rosema *et al.* 2021). Kitosan memiliki peluang untuk dikembangkan sebagai pengawet dan penguat bahan alami untuk dimanfaatkan sebagai bahan pembuat alat penangkapan ikan (Mainnah 2016, Komarudin *et al.* 2019).

KESIMPULAN

Tali sabut kelapa berkitosan memiliki warna cokelat tua, sedangkan kan tali sabut

kelapa kontrol berwarna cokelat terang. Arah pilinan tali sabut kelapa adalah "S", dengan tipe pintalan "hard" (sudut pintalan > 40°) sehingga tali cenderung kaku. Tipe seratnya adalah *staple fiber* (serabut pendek).

Pelapisan kitosan pada tali sabut kelapa berpengaruh secara signifikan terhadap peningkatan kekuatan putus dan kemuluran tali tersebut. Rata-rata kekuatan putus tali sabut kelapa kontrol sebesar 33,44 kgf, adapun kekuatan putus tali sabut kelapa yang dilapisi kitosan sebesar 37,41 kgf atau meningkat sebesar 11,87%. Rata-rata kemuluran tali sabut kelapa kontrol sebesar 8,68 cm, adapun kemuluran tali sabut kelapa yang dilapisi kitosan sebesar 10,21 cm atau meningkat sebesar 17,55%.

SARAN

Industri pembuatan tali sabut kelapa harus mulai dilakukan secara komputasi dan modern, sehingga akan menghasilkan produk tali yang relatif seragam. Selanjutnya perlu dilakukan penelitian lanjutan terkait dengan laju degradasi tali sabut kelapa di perairan.

DAFTAR PUSTAKA

- Bakri. 2011. Tinjauan Aplikasi Serat Sabut Kelapa sebagai Penguat Material Komposit. *Jurnal Mekanikal*. 2(1): 10-15.
- Indahyani T. 2011. Pemanfaatan Limbah Sabut Kelapa pada Perencanaan Interior dan Furnitur yang berdampak pada Pemberdayaan Masyarakat Miskin. *Jurnal Humaniora*. 2(1): 15-23.
- Jannah IR, Pramitasari SD, Setiyanto I. 2017. Pengaruh Perendaman Air Tawar dan Air Laut terhadap Nilai Kekuatan Putus (*Breaking Strength*) dan Kemuluran (*Elongation*) Pada Benang Polyamide (PA) Monofilamen Diameter 0.4 mm. *Jurnal Perikanan Tangkap*. 1(2): 1-8.
- Klust G. 1987. Bahan Jaring untuk Alat Penangkapan Ikan. Terjemahan Tim BPPI. Bagian Proyek Pengembangan Teknik Penangkapan Ikan. Semarang (ID) 188 hal.
- Komarudin D, Baskoro MS, Diniyah, Murdiyanto B, Suptijah P. 2019. The

- effect of chitosan on the characteristics of the ramie rope as fishing gear material. *AAC Bioflux*. 12(5): 1504-1513.
- Mainnah M, Diniah, Iskandar BH. 2016. Perpaduan Serat Daun Nanas (*Ananas comosus*) dan Kitosan sebagai Material Alat Penangkapan Ikan Ramah Lingkungan. *Jurnal Marine Fisheries*. (7)2: 149-159.
- Matjik AA dan Sumertajaya IM. 2000. Perancangan Percobaan (dengan Aplikasi SAS dan MINITAB). Jilid 1. Bogor: IPB Press.
- Mekawati, Fachriyah E, Sumardjo D. 2000. Aplikasi Kitosan Hasil Transformasi Kitin Limbah Udang (*Penaeus merguensis*) untuk Absorpsi Ion Logam Timbal. *Jurnal Sains and Matematika*. 8(2): 51-54.
- Muzzarelli R, Baldassare V, Conti F, Ferrara P, Biagini G. 1988. Biological Activity of Chitosan: Ultrastructural Study. *Biomaterial*. 9:247-252.
- Rao KMM, Rao KM. 2007. Extraction and tensile properties of natural fibres: vakka date and bamboo. *J Composite Structure*. 77(3): 288-383.
- Riyanto B, Suwandi R, Permana I D. 2010. Karakteristik *Composite Biofiber Textile* Berbahan Dasar Kitosan dan Polivinil Alkohol (PVA) melalui Proses Pemintalan Basah. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*. 13(1): 1-13.
- Rosema R. Supriyanti E. Sedjati S. 2021. Pemanfaatan Kitosan untuk Menurunkan Kadar Logam Pb pada Perairan yang Tercemar Minyak Bumi. *Buletin Oseanografi Marina*. 10(1): 61-66.
- Sahrudin, Nadia. 2016. Pengaruh Penambahan Serat Sabut Kelapa terhadap Kuat Tekan Beton. *Jurnal Kosntruksia*. 7(2): 13-20
- [SNI] Standar Nasional Indonesia ISO 1805: 2010. Alat penangkap ikan berbahan jaring-Penentuan gaya putus dan gaya putus simpul benang jaring.
- Suptijah P. 2006. Kajian Efek Daya Hambat Kitosan terhadap Kemunduran Mutu Fillet Ikan Patin (*Pangasius hypothalamus*) pada Penyimpanan Tekanan Atmosfir. *Buletin Teknologi Hasil Perikanan*. 11(2): 20-28.
- Susilowati E, Mahatmanti FW, Haryani S. 2018. Sintesis Kitosan-Silika Bead sebagai Pengadsorpsi Ion Logam Pb(II) pada Limbah Cair Batik. *Indonesian Journal of Chemical Science*, 7(2):123-131.
- Wahyudi T, Edison B, Aryanto A. 2013. Penggunaan Ijuk dan Sabut Kelapa terhadap Kuat Tekan pada Beton K-100. *Jurnal Mahasiswa Teknik UPP*. 1(1).
- Yanming D, Congyi XU, Jiawei W, Mian W, Yusong WU, Yonghong R. 2001. Determination of Degree of Substitution for N-acylated Chitosan Using IR Spectra. *Science in Chine*. 44(2): 216-224.