

Pengaruh Konsentrasi Asam Asetat dan Waktu Perendaman dalam Proses Biosizing terhadap Karakteristik Serat Daun Nanas sebagai Bahan Baku Pembuatan Benang Jaring Ikan

¹⁾Onil Andika, ²⁾Idral Amri, ²⁾Drastinawati

¹⁾Mahasiswa Program Studi Sarjana Teknik Kimia ²⁾Dosen Jurusan Teknik Kimia
Laboratorium Teknologi Produk

Program Studi Teknik Kimia S1, Fakultas Teknik, Universitas Riau
Kampus Bina Widya Jl. HR Subrantas Km 12,5 Simpang Baru, Panam,
Pekanbaru 28293

Email : onil.andika3113@student.unri.ac.id

ABSTRACT

Pineapple leaf fiber is a natural fiber materials that has potential as the tool of fishing gear. However, natural fibers has the weakness, such as the low of breaking strength and prone to decayed. Therefore, it is necessary to used biosizing process for solving this problem. One of the biosizing agent that can be used is chitosan. The aims of this research is to know the effect of acetic acid concentration and soaking time on biosizing process against the breaking strength, elongation, water absorption, and density of the yarn fiber pineapple leaves. The variable process in this research is the concentration of acetic acid 2%, 4% and 6%, and biosizing time 20, 40, and 60 minutes. The study was conducted over several stages, like synthesis of chitosan from the crab shell, spinning the fiber into yarn, and the biosizing process. Biosizing yarn has mechanical and physical properties greater than natural fibers. The best results in this study is the treatment with 2% acetic acid concentration with soaking time of the yarn for 60 minutes with a breaking strength is 7.21 kgf/mm², 28% elongation, 220% water absorption, and the density is 0.463 gr/cm³. Based on FAO, pineapple leaf fiber yarn meet the standard as a fishing gear material, because it has a greater breaking strength than polyamide and polyethylene.

Keywords: biosizing, breaking strength, chitosan, elongation, pineapple leaf fiber.

1. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan salah satu Negara yang memiliki lautan yang luas, yaitu 3.250.000 km². Dalam memanfaatkan sumber daya alam di Laut Indonesia, masyarakat pesisir memilih menjadi nelayan sebagai mata pencaharian mereka. Pada tahun 2015, jumlah nelayan di Indonesia yaitu 2.210.195 jiwa. Pada umumnya, nelayan menggunakan serat sintetis sebagai bahan material alat penangkapan ikan. Ketika alat tersebut rusak, kebanyakan nelayan membuangnya ke laut. Akibatnya, terjadi penumpukan sampah di laut. Hal ini merupakan salah satu faktor yang menjadikan Indonesia sebagai Negara dengan penumpukan

sampah terbesar ke 2 di dunia. Menurut Jambeck, pada tahun 2015 penumpukan sampah di laut Indonesia berjumlah 1.290.000 ton (Mainnah, 2017). Sebagai mana yang kita ketahui, serat sintetis yang terbuat dari minyak bumi memiliki waktu yang lama dalam proses degradasinya. Untuk itu diperukan suatu pembaharuan, yaitu dengan menggunakan serat alami sebagai bahan material pembuatan alat tangkap ikan.

Salah satu serat yang dapat digunakan adalah serat daun nanas. Penggunaan serat daun nanas dikarenakan nanas banyak tumbuh di Indonesia. Hal ini dapat dilihat dari data Hortikultura pada tahun 2016. Dari data ini dapat dilihat bahwa Riau

menduduki peringkat ke 7 sebagai provinsi produksi nanas terbesar di Indonesia dengan jumlah produksi 95.963 ton. Tanaman nanas merupakan tanaman musiman, dimana tanaman ini akan dibongkar setelah berumur 2 atau 3 tahun. Oleh karena itu, limbah daun nanas memiliki peluang yang cukup potensial untuk dimanfaatkan sebagai bahan baku industri tekstil dan bahan baku pembuatan alat tangkap ikan. Meskipun demikian, serat daun nanas memiliki kelemahan, yaitu sangat mudah menyerap air, rentan terhadap pembusukan dan memiliki sifat mekanik yang cukup rendah (Yanti, 2016). Untuk mengatasi hal ini, digunakan suatu proses berupa *biosizing*. Dimana agen *biosizing* yang digunakan adalah kitosan. Penggunaan kitosan dikarenakan kitosan memiliki sifat tidak larut dalam air dan dapat menghambat pertumbuhan bakteri (Mainnah dkk, 2016).

2. METODE PENELITIAN

2.1 Bahan

Bahan – bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah cangkang kepiting, serat daun nanas, asam asetat 96%, aquades, HCl, NaOH dan kertas universal.

2.2 Alat

Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah erlenmeyer 2000 ml, gelas kimia 1000 ml, gelas ukur 100 ml, labu ukur 250 ml, stirer, pemanas (*Hot Plate*), oven dan termometer.

2.3 Variabel

Variabel berubah pada penelitian ini adalah konsentrasi asam asetat 2, 4 dan 6%. Selain itu, variabel lainnya yang digunakan adalah waktu perendaman, yaitu 20, 40 dan 60 menit.

2.4 Prosedur Penelitian

a. Sintesis Kitosan

Sintesis kitosan dilakukan melalui 3 tahap, yaitu demineralisasi, deproteinasi dan deasetilasi. Pembuatan kitosan dimulai dari persiapan serbuk cangkang kepiting dengan ukuran 100 mesh. Dimana cangkang kepiting dibersihkan terlebih

dahulu dan direbus selama 15 menit. Kemudian cangkang kepiting dicuci sampai bersih dan dioven selama 1 jam dengan suhu 110 – 120°C. Sampel yang telah dioven kemudian dihaluskan dan diayak dengan ukuran 100 mesh.

Proses demineralisasi bertujuan untuk menghilangkan garam – garam anorganik atau kandungan mineral yang ada pada cangkang kepiting. Serbuk cangkang kepiting yang telah dihaluskan sebanyak 100 g ditambahi larutan HCl 1,5 M dengan perbandingan 1:15 (b/v). Pencampuran ini dilakukan didalam gelas kimia dengan kecepatan pengadukan 300 rpm dengan suhu 60 – 70°C selama 4 jam. Padatan yang diperoleh dicuci dengan aquades sampai pH netral. Padatan yang telah dicuci kemudian dioven selama 4 jam dengan suhu 100°C.

Kitin yang dihasilkan dari deproteinasi dilanjutkan dengan proses deasetilasi dengan penambahan larutan NaOH 60% dengan perbandingan 1:20 (b/v). Campuran ini dimasukkan ke gelas kimia dan dilakukan pengadukan selama 4 jam dengan suhu 100 - 110°C dengan kecepatan pengadukan 300 rpm. Padatan yang diperoleh dicuci sampai pH netral. Kemudian padatan ini dioven selama 4 jam dengan suhu 100°C. Setelah dilakukan pengeringan, padatan ini diuji untuk mengidentifikasi adanya kitosan dengan menggunakan FTIR.

b. Biosizing Serat Daun Nanas

Langkah pertama adalah proses *pretreatment* serat daun nanas. Serat daun nanas yang telah didekortikasi dilakukan proses *pretreatment*. Kemudian serat daun nanas direndam selama 2 jam dalam larutan NaOH 5% pada temperatur kamar ($\pm 27^\circ\text{C}$). Perbandingan serat daun nanas dan NaOH adalah 1:10 (b/v). Setelah proses selesai, hasil yang diperoleh disaring dan dicuci dengan aquades hingga pH netral. Kemudian, serat daun nanas yang telah mengalami proses *pretreatment* dijemur dibawah sinar matahari selama 12 jam. Setelah proses penjemuran, serat daun nanas dipintal menjadi benang.

Langkah kedua adalah pembuatan larutan kitosan-asam asetat dengan cara mencampurkan serbuk kitosan dan asam asetat dengan variasi konsentrasi 2, 4 dan 6%. Perbandingan antara kitosan dan asam asetat adalah 1:100 (b/v). kemudian langkah ketiga adalah proses biosizing. Serat yang telah disiapkan, dimasukkan kedalam larutan kitosan-asam asetat dengan variasi waktu perendaman 20, 40 dan 60 menit. Kemudian serat tersebut dikeringkan dibawah sinar matahari selama 2 jam.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

a. Karakteristik Kitosan

Sintesis kitosan dilakukan melalui 3 tahap, yaitu demineralisasi, deproteinasi dan deasetilasi. Pada penelitian ini digunakan bahan baku untuk sintesis kitosan adalah cangkang kepiting. Cangkang kepiting yang telah melalui proses penghalusan akan dilanjutkan ke tahap pertama, yaitu tahap demineralisasi. Proses demineralisasi bertujuan untuk menghilangkan mineral yang terdapat pada cangkang kepiting, terutama kalsium karbonat (CaCO₃). Berikut ini adalah reaksi demineralisasi pada sintesis kitosan.

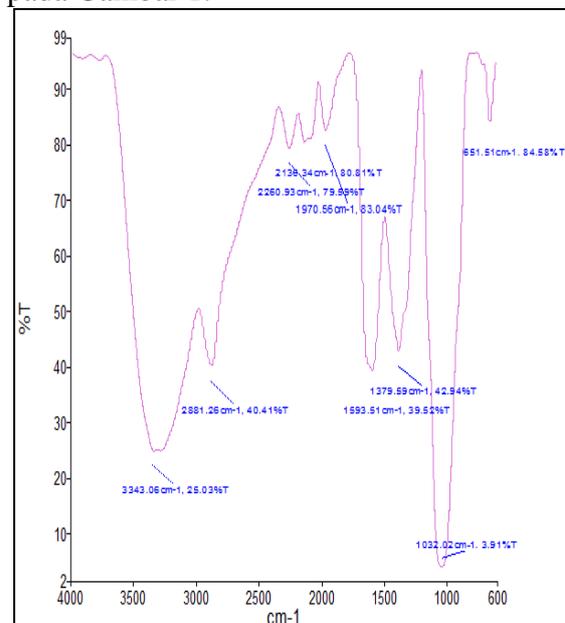


Dari reaksi diatas dapat diketahui bahwa proses demineralisasi merupakan proses yang melibatkan dekomposisi CaCO₃ ke dalam CaCl₂ yang larut dalam air dengan pelepasan CO₂. Pelepasan CO₂ ditandai dengan adanya gelembung gas pada proses demineralisasi. Gelembung gas CO₂ dalam proses merupakan indikator berlangsungnya HCl dengan garam mineral yang terdapat pada cangkang kepiting. Selain itu, sebagian besar mineral lainnya yang terdapat pada cangkang kepiting bereaksi dan menjadi garam terlarut dengan adanya asam. Kemudian garam terlarut dapat dengan mudah dipisahkan dengan menggunakan proses penyaringan dan pencucian dengan air (Dompeipen, 2017). Pada penelitian ini didapatkan rendemen hasil demineralisasi adalah 36,72%. Hasil dari proses demineralisasi disebut *crude*

kitin dan akan dilanjutkan ke tahap deproteinasi.

Deproteinasi adalah suatu proses yang digunakan untuk menghilangkan kadar protein dalam suatu bahan melalui proses kimia. Pada penelitian ini, tahap deproteinasi dilakukan dengan penambahan NaOH 3,5%. Menurut Azhar dkk (2010), penggunaan NaOH dapat menghasilkan derajat deasetilasi kitin yang lebih besar dari pada penggunaan KOH sebagai pelarut dalam proses deproteinasi. Hasil dari tahap deproteinasi disebut dengan Kitin. Pada penelitian ini didapatkan rendemen kitin sebesar 21,14%. Kemudian kitin akan ditransformasikan menjadi kitosan melalui tahap deasetilasi.

Deasetilasi merupakan suatu proses atau reaksi pengubahan gugus asetil (-NHCOCH₃) pada kitin menjadi gugus amina (-NH₂). Pada penelitian ini digunakan NaOH 60% sebagai pelarut dalam proses deasetilasi. Pada penelitian ini didapatkan rendemen kitosan sebesar 36,91%. Kitosan yang dihasilkan selanjutnya dikarakterisasi menggunakan FTIR untuk mengetahui gugus fungsi dan derajat deasetilasi dari kitosan. Spektrum serapan FTIR terhadap kitosan dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1 Spektrum FTIR Kitosan

Spektrum inframerah kitosan pada Gambar 1 menunjukkan sembilan puncak

utama. Serapan spektrum inframerah dari kitosan hasil penelitian akan dibandingkan dengan serapan spektrum inframerah kitosan standar. Hal ini dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1 Spektrum FTIR Kitosan

Gugus Fungsi	Bilangan Gelombang (cm ⁻¹)	
	Standar	Analisa
OH	3377,95	3343,06
C-H alifatik	2891,10	2881,26
C-H aromatik	2361,41	2260,93
C-H aromatik	2361,41	2138,34
C-H aromatik	2361,41	1970,56
C=O	1655,00	1693,51
CH ₃	1419,50	1379,69
C-O-C	1072,30	1032,02
N-H	715,00	651,51

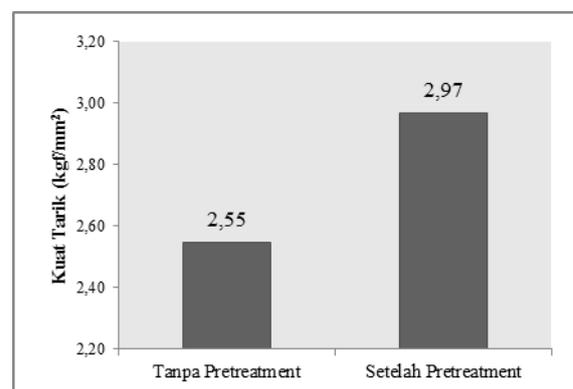
Berdasarkan Tabel 1 dapat diketahui bahwa karakteristik serapan spektrum inframerah senyawa kitosan hasil penelitian dan kitosan standar tidak jauh berbeda. Pita serapan dari spektrum inframerah kitosan hasil penelitian pada bilangan gelombang 3343,06 cm⁻¹ yang menunjukkan adanya gugus OH. Pita serapan dari spektrum inframerah kitosan hasil penelitian pada bilangan gelombang 1693,51 cm⁻¹ menunjukkan adanya gugus fungsi C=O. Dalam karakteristik untuk senyawa kitosan diperlukan indikasi 2 gugus fungsi diatas, yaitu OH dan C=O untuk menentukan derajat deasetilasi senyawa kitosan. Salah satu metode yang dapat digunakan untuk menentukan derajat deasetilasi kitosan adalah dengan metode *base line* Domszy dan Robert.

Berdasarkan metode ini didapatkan derajat deasetilasi dari kitosan yang telah disintesis adalah 94,853%. Menurut Dompeipen dkk (2016), standar dari derajat deasetilasi kitosan adalah >70%. Berdasarkan standar tersebut dapat dikatakan bahwa kitosan hasil penelitian dapat diaplikasikan sebagai agen biosizing. Hal ini dikarenakan derajat deasetilasi berkaitan dengan kemampuan kitosan untuk membentuk interaksi isoelektrik

dengan molekul lain (Wibowo, 2006). Dimana semakin tinggi nilai derajat deasetilasi kitosan maka interaksi isoelektrik dengan protein yang ada pada serat daun nanas akan semakin kuat, sehingga dapat meningkatkan kualitas dari bahan yang akan *disizing*.

b. Kuat tarik Benang Serat Daun Nanas

Kekuatan tarik (*breaking strength*) merupakan salah satu sifat penting suatu material. Tujuan uji kuat tarik adalah untuk mengetahui kemampuan suatu material untuk menahan beban tarik. Pada penelitian ini dihasilkan 11 spesimen, yaitu A220 (2% Asam asetat dan 20 menit), A240 (2% Asam asetat dan 40 menit), A260 (2% Asam asetat dan 60 menit), A420 (4% Asam asetat dan 20 menit), A440 (4% Asam asetat dan 40 menit), A460 (4% Asam asetat dan 60 menit), A620 (6% Asam asetat dan 20 menit), A640 (6% Asam asetat dan 40 menit), A660 (6% Asam asetat dan 60 menit), benang tanpa proses *pretreatment* dan benang setelah proses *pretreatment*. Hasil uji kuat tarik benang serat daun nanas dapat dilihat pada Gambar 2.

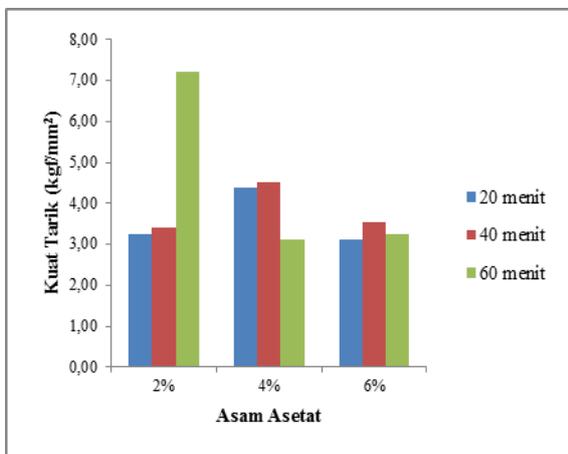


Gambar 2 Pengaruh Proses *Pretreatment* terhadap Kuat Tarik Benang Serat Daun Nanas

Gambar 2 menunjukkan pengaruh dari penggunaan larutan alkali (NaOH) terhadap kuat tarik benang. Benang mengalami peningkatan kuat tarik setelah proses *pretreatment*, yaitu dari 2,55 kgf/mm² menjadi 2,97 kgf/mm².

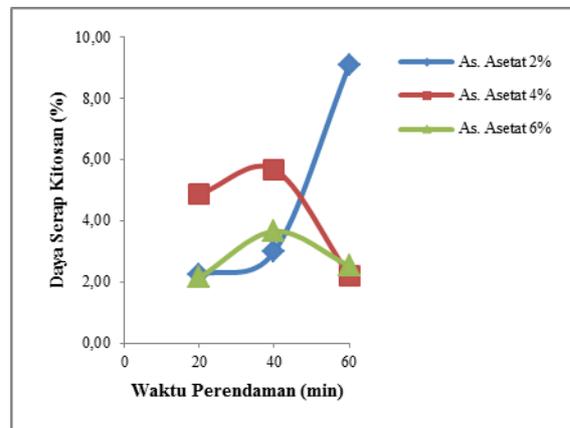
Peningkatan nilai kuat tarik benang setelah proses *pretreatment* karena lignin, hemiselulosa, *pectin*, *wax* dan *impurities* yang terdapat pada benang serat daun nanas telah didegradasi. Hal ini harus dilakukan karena serat yang mengandung lignin, *pectin*, *wax* dan *impurities* dapat menyebabkan serat memiliki kekakuan yang tinggi (Witono dkk, 2013). Apabila serat memiliki kekakuan yang tinggi, maka serat tersebut akan mudah rapuh dan putus, sehingga benang yang telah mengalami proses *pretreatment* dengan NaOH akan memiliki nilai kuat tarik yang lebih tinggi.

Selain itu, penghilangan *pectin* dan *wax* menggunakan *pretreatment* dengan NaOH dilakukan karena zat tersebut dapat menghalangi proses penyerapan agen *biosizing*. *Biosizing* merupakan suatu proses *biotreatment* yang menggunakan bahan dari alam dengan tujuan agar dapat meningkatkan kualitas dari serat, seperti kuat tarik, kemuluran dan daya serapnya terhadap air. Pada penelitian ini agen *biosizing* yang digunakan adalah kitosan. Kitosan digunakan karena merupakan bahan yang memiliki sifat *biodegradable*, biokompatibel dan tidak larut dalam air. Pada penelitian ini diberikan perlakuan berupa pengaruh konsentrasi asam asetat dan waktu perendaman terhadap kuat tarik benang serat daun nanas. Pengaruh perlakuan ini dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3 Pengaruh Asam Asetat dan Waktu Perendaman terhadap Uji Kuat Tarik Benang Serat Daun Nanas

Gambar 3 menunjukkan pengaruh asam asetat dan waktu perendaman terhadap kuat tarik benang serat daun nanas. Dari Gambar 3 dapat diketahui bahwa benang dengan perlakuan A2 (asam asetat 2%) mengalami kenaikan nilai kuat tarik seiring dengan penambahan waktu perendaman. Sedangkan benang dengan perlakuan A4 (asam asetat 4%) dan A6 (asam asetat 6%) mengalami kenaikan nilai kuat tarik dari waktu perendaman 20 menit sampai 40 menit. Akan tetapi benang dengan perlakuan A4 dan A6 mengalami penurunan kuat tarik pada waktu perendaman 60 menit. Hal ini dikarenakan adanya pengaruh konsentrasi asam asetat terhadap kelarutan kitosan, sehingga menghasilkan daya serap benang terhadap kitosan yang berbeda. Hasil uji daya serap benang terhadap larutan kitosan dapat dilihat pada Gambar 4.

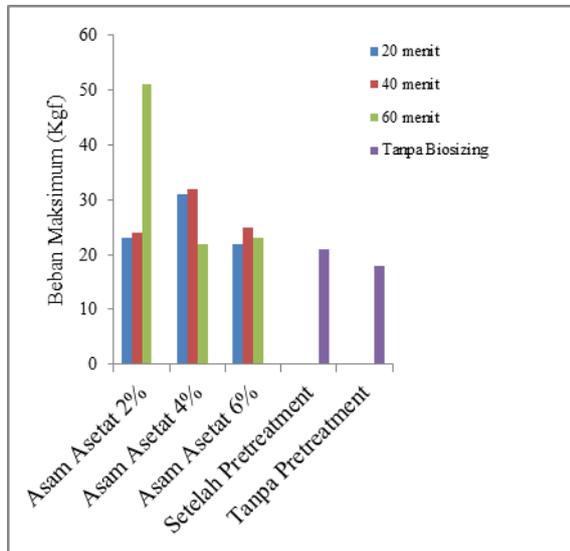


Gambar 4 Hasil Uji Daya Serap Benang terhadap Larutan Kitosan

Gambar 3 dan 4 menjelaskan bahwa daya serap benang terhadap kitosan mempengaruhi nilai kuat tarik dari benang. Pada spesimen benang dengan perlakuan A2 (asam asetat 2%), kuat tarik benang mengalami peningkatan seiring dengan penambahan waktu perendaman. Hal ini dikarenakan semakin lama waktu perendaman, maka semakin banyak kitosan yang terserap, sehingga terjadi peningkatan kuat tarik. Semakin banyak kitosan yang terserap, maka semakin kuat ikatan hidrogen yang terjadi antara gugus OH pada selulosa dan gugus NH_2 pada kitosan.

Akibatnya, terjadi peningkatan kuat tarik pada benang *biosizing* serat daun nanas.

Data kuat tarik menunjukkan beban maksimum dalam satuan luas. Dalam standar internasional untuk menentukan kuat tarik (*Breaking load*) suatu material alat penangkapan ikan, digunakan parameter beban maksimum dengan satuan kgf. Hal ini dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5 Beban Maksimum Benang Serat Daun Nanas

Pada umumnya, nelayan menggunakan benang PA (*Polyamide*) dan PE (*Polyethylene*) sebagai material alat tangkap ikan. Menurut Mahaputra (2004), beban maksimum dari benang PA adalah 4,766 kgf dan benang PE memiliki beban maksimum sebesar 10,588 kgf. Sedangkan pada penelitian Mainnah dkk (2016), dihasilkan benang serat daun nanas dengan beban maksimum sebesar 34,84 kgf. Pada penelitian ini dihasilkan benang serat daun nanas yang memiliki nilai beban maksimum yang lebih besar dari pada benang PA dan PE hasil penelitian Mahaputra (2004). Dimana pada Gambar 2 dapat diketahui bahwa benang serat daun nanas memiliki beban maksimum 18 – 51 kgf. Menurut FAO (*Food and Agriculture Organization*), benang PE memiliki beban maksimum antara 7,5 – 290 kgf dan benang PA memiliki beban maksimum antara 0,5 – 100 kgf. Berdasarkan data tersebut, maka benang serat daun nanas hasil proses

pretreatment dan *biosizing* memiliki potensi untuk dijadikan sebagai material alat penangkapan ikan.

c. Elongasi Benang Serat Daun Nanas

Elongasi ialah perubahan panjang benang akibat tarikan atau biasanya dinyatakan dalam persentasi terhadap panjang benang. Elongasi disebut juga dengan kemuluran. Data elongasi diperoleh dari hasil uji UTM. Pada penelitian ini dihasilkan kemuluran benang serat daun nanas setelah proses *biosizing* berkisar antara 14 – 37%. Benang serat daun nanas ini diproyeksikan untuk menggantikan penggunaan serat sintesis sebagai material alat tangkap ikan, salah satunya adalah *polyamide*. Kemuluran benang serat daun nanas yang dihasilkan pada penelitian ini telah sesuai dengan standar kemuluran *polyamide*. Menurut Puspito (2009), kemuluran maksimal benang jaring *polyamide* adalah 18 – 45%. Hal ini berarti dari segi parameter elongasi (kemuluran), benang serat daun nanas dapat digunakan sebagai digunakan sebagai material alat tangkap ikan sebagai pengganti serat sintesis.

d. Densitas dan Daya Serap Benang Serat Daun Nanas

Berat jenis suatu material alat tangkap ikan perlu diketahui. Hal ini dikarenakan berat jenis tersebut akan berpengaruh terhadap performa alat penangkapan ikan ketika dioperasikan. Berdasarkan teori, jika berat jenis lebih besar dari berat jenis air, maka suatu benda akan tenggelam. Jika berat jenis benda sama dengan berat jenis air, maka benda tersebut akan melayang. Sedangkan apabila berat jenis benda lebih kecil dari berat jenis air, maka benda tersebut akan mengapung (Wuriyudani dkk, 2017). Pada penelitian ini dihasilkan benang jaring ikan dengan berat jenis 0,4301 – 0,6627 g/cm³. Berat jenis benang jaring ikan yang dihasilkan lebih kecil dari pada berat jenis air, sehingga benang ini akan mengapung apabila dioperasikan. Oleh karena itu, dalam pengoperasian benang ini diperlukan

pemberat. Tujuannya adalah untuk meningkatkan kecepatan tenggelam dari jaring ikan, sehingga alat dapat dioperasikan untuk penangkapan ikan.

Parameter selanjutnya yang digunakan untuk menentukan kualitas benang serat daun nanas adalah uji daya serap air. Pengujian daya serap serat terhadap air berfungsi untuk mengetahui kemampuan benang dalam menyerap air. Pada penelitian ini didapatkan daya serap benang (*biosizing*) terhadap air berkisar antara 220 – 283%. Sedangkan daya serap benang tanpa proses *biosizing* adalah 430 – 435%. Jika dibandingkan dengan daya serap benang tanpa perlakuan *biosizing* (tanpa dan setelah *pretreatment*), maka terdapat penurunan daya serap terhadap air. Hal ini dikarenakan kitosan merupakan polisakarida yang memiliki sifat tidak larut terhadap air (Mainnah dkk, 2016). Akibatnya, daya serap benang terhadap air menjadi berkurang. Daya serap benang terhadap air merupakan parameter yang menunjukkan daya tahan benang terhadap pembusukan oleh jamur atau bakteri. Semakin tinggi daya serap air suatu benang (serat alami), maka semakin tinggi pula kemungkinan mikroba penyebab pembusukan tumbuh pada benang (Wuriyudani dkk, 2017).

4. KESIMPULAN

Pada penelitian ini didapatkan hasil terbaik pada perlakuan konsentrasi asam asetat 2% dan waktu perendaman 60 menit dengan nilai kuat tarik 7,21 kgf/mm², elongasi 28%, daya serap air 220%, dan densitas 0,5875 gr/cm³. Berdasarkan FAO, benang serat daun nanas telah memenuhi standar sebagai material alat penangkapan ikan, karena memiliki kuat tarik yang lebih besar dari pada *polyamide* dan *polyethylene*.

DAFTAR PUSTAKA

Azhar, M., J, Efendi., E, Syofyeni., R, M, Lesi dan S, Novalina. 2010. Pengaruh Konsentrasi NaOH dan KOH terhadap Derajat Deasetilasi Kitin dari Limbah Kulit Udang. *Eksakta*. 1(9): 1-8

- Dompeipen, E. J., M. Kaimudin, and R. P. Dewa. 2016. Isolation of Chitin and Chitosan From Waste of Skin Shrimp. *Majalah Biam* 12(1): 32 – 38.
- Dompeipen, E. J. 2017. Isolasi dan Identifikasi Kitin dan Kitosan dari Kulit Udang Windu (*Penaeus monodon*) dengan Spektroskopi Inframerah. *Majalah Biam*. 13(01): 31-41
- Mahaputra, S. M. 2004. Pengawetan dengan Lateks dan Rui: Pengaruhnya terhadap Kekuatan Putus dan Sifat – Sifat Fisik Benang *Polyamide* dan *Polyethylene*. *Skripsi*. Institut Teknologi Bogor. Bogor
- Mainnah, M. 2017. Sifat Fisik dan Mekanik Kombinasi Serat Daun Nanas (*Ananas sp.*) dan Kitosan untuk Material Alat Penangkapan Ikan. *Skripsi*. Sekolah Pascasarjana Institut Pertanian Bogor. Bogor
- Mainnah, M., Diniah, dan B. H. Iskandar. 2016. Perpaduan Serat Daun Nanas (*Ananas Comosus*) dan Kitosan sebagai Material Alat Penangkapan Ikan Ramah Lingkungan. *Marine Fisheries* 7 (2): 149 – 159.
- Puspito, G. 2009. Perubahan Sifat – Sifat Fisik Mata Jaring Insang Hanyut setelah digunakan 5, 10, 15, dan 20 Tahun. *Jurnal Penelitian Sains*. 12(3): 1-6
- Wibowo, S. 2006. Produksi Kitin-Kitosan secara Komersial. *Prosiding Seminar Nasional Kitin-Kitosan*. DTPH. Institut Pertanian Bogor.
- Wuriyudani, H. A., Sulhadi, dan T. Darsono. 2017. Pemanfaatan Serat Pelepah Pisang sebagai Bahan Tali Tahan Air. *Prosiding Seminar Nasional Fisika (E-Journal) SNF 2017*. Universitas Negeri Jakarta
- Yanti, E. V. 2016. Pengaruh Lama Perendaman Benang Terhadap Kekuatan Marlon sebagai Material Pembuatan Jaring. *ISSN Elektronik*. 41(3): 2355 – 3545.