Efektivitas Limbah Cangkang Kepiting sebagai Biokoagulan dalam Penurunan Kadar Kekeruhan dan Warna Air Baku Sungai Kapuas

Yuda Kurniawan¹, Rizki Purnaini¹, dan Govira Christiadora Asbanu¹

¹Jurusan Teknik Lingkungan Universitas Tanjungpura

E-mail : yudaaak@gmail.com

Abstract

Coagulation-flocculation is one of the processes in the Water Treatment Plant which aims to remove suspended particles and colloids. The most widely used coagulant in water treatment plants today is alum. However, the use of alum can have some negative effects on the environment and human health due to its non-biodegradable nature. Crab shells contain substances that can function as deacetylated chitin, namely chitin and chitosan. Chitosan has the ability as a coagulant because it has a lot of nitrogen content in its amine group. The purpose of this study was to determine the effectiveness of crab shell chitosan in reducing turbidity and color of Kapuas River raw water compared to synthetic coagulant, namely alum. The steps of this research include making chitosan and testing the characteristics of crab shell chitosan, determining the pH and optimum dose using the method jar test, testing the turbidity and color parameters, and data analysis. The results of the characteristic test of chitosan showed that the yield value of crab shell chitosan was 17,57%, the water content of crab shell chitosan was 3,93%, and the degree of deacetylation was 94,97%. In the jar test, the optimum dose of chitosan was 300 mg/l at optimum pH 3 for decreasing turbidity and color parameters. The effectiveness of reducing turbidity by crab shell chitosan was 61,4% and the color content decreased by 86,35%.

Keywords: chitosan, coagulant, coagulation, crab

Abstrak

Koagulasi-flokulasi merupakan salah satu proses di instalasi pengolahan air yang bertujuan menghilangkan partikel tersuspensi dan koloid. Koagulan yang paling banyak digunakan di instalasi pengolahan air saat ini adalah tawas. Namun, penggunaan tawas dapat menimbulkan efek bagi lingkungan dan kesehatan manusia dikarenakan sifatnya yang tidak mudah terbiodegradasi. Cangkang kepiting mengandung zat yang mampu berfungsi sebagai kitin terdeasetilasi yaitu kitin dan kitosan. Kitosan memiliki kemampuan sebagai koagulan karena memiliki banyak kandungan nitrogen pada gugus aminanya. Tujuan dari penelitian ini yaitu mengetahui efektivitas dari kitosan cangkang kepiting dalam menurunkan kadar kekeruhan dan warna air baku Sungai Kapuas dibandingkan dengan koagulan sintesis yaitu tawas. Adapun tahapan penelitian ini meliputi pembuatan kitosan dan uji karakteristik kitosan cangkang kepiting, penentuan pH dan dosis optimum dengan metode jar test, uji parameter kekeruhan dan warna, dan analisis data. Hasil uji karakteristik kitosan menunjukkan nilai rendemen kitosan cangkang kepiting adalah 17,57%, kadar air kitosan cangkang kepiting yaitu 3,93%, dan derajat deasetilasi sebesar 94,97%. Pada uji jar test, didapatkan dosis optimum kitosan adalah 300 mg/l pada pH optimum 3 untuk penurunan parameter kekeruhan dan warna. Efektivitas penurunan kekeruhan oleh kitosan cangkang kepiting sebesar 61,4% dan penurunan kadar warna sebesar 86,35%.

Kata Kunci: kepiting, kitosan, koagulan, koagulasi

PENDAHULUAN

Koagulasi-flokulasi merupakan salah satu proses di instalasi pengolahan air yang bertujuan menghilangkan partikel tersuspensi dan koloid. Koagulan yang paling banyak

digunakan di instalasi pengolahan air saat ini adalah tawas. Namun, penggunaan tawas dapat menimbulkan efek bagi lingkungan dan kesehatan manusia dikarenakan sifatnya yang tidak mudah terbiodegradasi. Hal tersebut mendorong banyak peneliti melakukan penelitian untuk mendapatkan koagulan alami yang mampu menurunkan parameter kekeruhan di dalam air baku.

Cangkang kepiting mengandung zat yang mampu berfungsi sebagai kitin terdeasetilasi yaitu kitin dan kitosan. Kitosan memiliki kemampuan sebagai koagulan karena memiliki banyak kandungan nitrogen pada gugus aminanya. Tujuan dari penelitian ini yaitu mengetahui efektivitas dari kitosan cangkang kepiting dalam menurunkan kadar kekeruhan dan warna air baku Sungai Kapuas dibandingkan dengan koagulan sintetis yaitu tawas.

METODE PENELITIAN

A. Waktu dan Lokasi Penelitian

Waktu pelaksanaan penelitian ini kurang lebih selama dua bulan yaitu dari Oktober hingga November 2020. Penelitian ini dilakukan di beberapa lokasi. Pengujian koagulasi-flokulasi dengan *jar test* di Laboratorium Kualitas Air Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Tanjungpura. Pengambilan sampel air baku berlokasi di dekat unit *intake* PDAM Tirta Khatulistiwa Jalan Imam Bonjol No. 430, Benua Melayu Laut, Pontianak Selatan, Benua Melayu Laut, Pontianak, Kota Pontianak. Pengambilan limbah cangkang kepiting di restoran *seafood* Zonna Seafood di Jalan Sultan Abdurrahman, Akcaya, Pontianak Kota, Kota Pontianak. Pengujian parameter kekeruhan dan warna di Laboratorium Kualitas dan Kesehatan Lahan Fakultas Pertanian, Universitas Tanjungpura.

B. Alat dan Bahan

Adapun alat yang digunakan dalam penelitian ini yaitu *jar test* (WiseStir), gelas *beaker* (IWAKI PYREX), gelas ukur (IWAKI PYREX), labu ukur (IWAKI PYREX), *magnetic stirrer* (IKA C-MAG), oven (BINDER), erlenmeyer (IWAKI PYREX), neraca digital (OHAOUS Pioneer), *hot plate* (Cimarec+), cawan porselin (IWAKI PYREX), pHmeter (ATC), palu, corong, cawan petri, ayakan 200 mesh, pipet tetes, batang pengaduk, *aluminium foil*, spatula, dan kertas saring.

Bahan yang digunakan adalah limbah cangkang kepiting, tawas, sampel air baku Sungai Kapuas, larutan HCl 1 N, larutan NaOH 1 N, larutan NaOH 50%, larutan HCl 0,1 M, larutan NaOH 0,1 M, indikator metil orange, dan akuades.

C. Prosedur Penelitian

1. Preparasi dan Pembuatan Kitosan Cangkang Kepiting

Limbah cangkang kepiting dikumpulkan dari restoran Zonna Seafood sebanyak 1 kilogram. Limbah cangkang kepiting dicuci hingga bersih kemudian dijemur sampai kering. Limbah cangkang kepiting dihaluskan menggunakan palu hingga halus kemudian diayak dengan ayakan 200 mesh. Total keseluruhan serbuk cangkang kepiting yang digunakan adalah sebanyak 30 gram untuk pengujian dosis optimum dengan tiga kali pengulangan.

Proses pembuatan kitosan secara kimiawi pada penelitian ini terdiri dari 3 tahap, yaitu demineralisasi, deproteinasi, dan deasetilasi.

2. Penentuan pH dan Dosis Optimum

Penentuan pH optimum tiap koagulan dilakukan dengan *jar test* dengan menggunakan dosis optimum yang mengacu pada penelitian sebelumnya, yaitu Amalia (2018). Dosis optimum untuk tawas, serbuk cangkang kepiting, dan kitosan cangkang kepiting secara berurutan adalah 50 mg/l, 50 mg/l, dan 150 mg/l. Nilai pH diatur menggunakan larutan HCl 0,1 M untuk mendapatkan kondisi asam dan larutan NaOH 0,1 M untuk mendapatkan kondisi basa. Selain itu diuji juga sampel air tanpa penambahan bahan kimia untuk pengkondisian pH yaitu nilai pH air sampel Sungai Kapuas. Berikut adalah tabel variasi pH untuk uji pH optimum.

Tabel 1. Variasi pH dalam Penentuan pH Optimum

Jenis Koagulan	Dosis (mg/l)	pH				
		pH asli	5	6	7	8
Tawas	50	pH asli	5	6	7	8
Serbuk Cangkang Kepiting	50	pH asli	3	4	5	6
Kitosan Cangkang Kepiting	150	pH asli	3	4	5	6

Setelah didapatkan nilai pH optimum tiap koagulan, selanjutnya dilakukan *jar test* untuk menguji dosis optimum masing-masing koagulan. Dilakukan uji awal terlebih dahulu yaitu menguji nilai kekeruhan, warna, dan pH air baku Sungai Kapuas. Variasi dosis tiap koagulan adalah 100, 200, 300, 400 mg/l. Koagulasi dilakukan dengan pengadukan pada kecepatan 100 rpm selama 1 menit setelah penambahan koagulan. Flokulasi dilakukan dengan pengadukan pada kecepatan 60 rpm selama 10 menit, kemudian flok yang terbentuk diendapkan selama 30 menit (AWWA, 1992). Nilai kekeruhan dan warna setelah pengolahan masing-masing koagulan diukur dan dilakukan pengulangan sebanyak tiga kali.

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Karakteristik Air Sungai Kapuas

Air Sungai Kapuas adalah salah satu sumber air yang digunakan oleh masyarakat Kalimantan Barat untuk menunjang kehidupan sehari-hari. Namun dewasa ini air Sungai Kapuas sudah tercemar akibat banyaknya aktivitas manusia dari berbagai sektor seperti pemukiman, industri, perdagangan, dan lainnya. Karakteristik air baku Sungai Kapuas sebelum proses koagulasi-flokulasi menggunakan tiga jenis koagulan dalam penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 2 di bawah ini.

Tabel 2. Karakteristik Air Baku Sungai Kapuas

Parameter	Nilai
Temperatur	26 ⁰ C
pH	6,5
Kekeruhan	25,4 NTU
Warna	83 mg/l

B. Transformasi Kitosan Cangkang Kepiting

Tahap demineralisasi bertujuan untuk menghilangkan kandungan mineral dalam cangkang kepiting dengan penambahan larutan asam klorida (HCl). Proses demineralisasi dimulai dengan melarutkan 30 gram serbuk cangkang kepiting dalam 450 ml larutan HCl 1 N. Hasil residu yang dihasilkan dari proses demineralisasi setelah dioven selama 6 jam pada suhu 80⁰C adalah 10,14 gram. Serbuk hasil proses demineralisasi dapat dilihat pada gambar di bawah ini.

Gambar 1. Hasil Proses Demineralisasi

Tahap deproteinasi bertujuan untuk menghilangkan kandungan protein pada serbuk cangkang kepiting. Proses deproteinasi yaitu dengan melarutkan 10,14 gram serbuk cangkang kepiting dengan 101,4 ml larutan NaOH 1 N. Residu yang dihasilkan dari tahap deproteinasi ini yaitu 5,96 gram. Produk hasil tahap deproteinasi seperti dapat dilihat pada gambar berikut.

Gambar 2. Hasil Proses Deproteinasi

Tahap terakhir yaitu tahap deasetilasi yang mengubah kitin menjadi kitosan. Deasetilasi bertujuan untuk menghilangkan gugus asetil dari kitin dengan pemanasan dalam larutan alkali berkonsentrasi kuat. Penghilangan gugus asetil pada tahap deasetilasi ini dengan menambahkan 298 ml larutan NaOH 50% ke dalam 5,96 gram serbuk cangkang. Hasil residu dari tahap ini yaitu sebanyak 5,27 gram dan kitosan yang sudah jadi dapat dilihat pada gambar di bawah ini

Gambar 3. Kitosan Hasil Proses Deasetilasi

C. Hasil Karakteristik Kitosan Cangkang Kepiting

Uji karakteristik kitosan pada penelitian ini terdiri dari tiga yaitu rendemen kitosan, kadar air kitosan, dan derajat deasetilasi kitosan. Rendemen kitosan ditentukan berdasarkan massa kitosan yang dihasilkan terhadap massa bahan baku awal. Massa bahan baku cangkang kepiting awal adalah 30 gram dan setelah melewati tahap pembuatan kitosan secara kimiawi menghasilkan kitosan sebanyak 5,27 gram sehingga hasil perhitungan rendemen kitosan cangkang kepiting yaitu sebesar 17,57%. Menurut Islama *et al.* (2011), rendemen kitosan berkisar antara 15,21-18%.

Menurut Buckle (1987), kadar air memiliki peranan penting dalam menentukan daya awet bahan karena dapat mempengaruhi sifat fisik, perubahan fisik, perubahan mikrobiologi dan perubahan enzimatis. Perhitungan kadar air kitosan dengan menghitung berat kitosan sebelum dan sesudah dipanaskan dalam oven. Berdasarkan perhitungan, nilai kadar air yang diperoleh adalah 3,93%. Nilai ini masih memenuhi standar kadar air kitosan yang ditetapkan yaitu 2-10% (Mozzarelli, 1985).

Penentuan derajat deasetilasi kitosan cangkang kepiting menggunakan metode titrasi dimana kitosan cangkang kepiting dilarutkan dalam larutan HCl 0,1 M sebanyak 30 ml yang sudah ditetesi indikator metil orange kemudian dititrasi menggunakan larutan NaOH 0,1 M. Titrasi dihentikan ketika larutan yang awalnya berwarna jingga berubah warna menjadi kemerahan. Volume NaOH 0,1 M yang didapatkan adalah 24,1 ml sehingga hasil perhitungan derajat deasetilasi kitosan cangkang kepiting ini yaitu sebesar 94,97%. Nilai ini sudah memenuhi standar mutu kitosan optimum yaitu >70% (Mozzarelli, 1985).

D. Penentuan pH Optimum Tiap Jenis Koagulan

1. Penentuan pH Optimum Tawas

Tawas memiliki rentang pH optimum yaitu 6,0-7,8. Dosis optimum untuk tawas yang digunakan dalam uji pH optimum yaitu 50 mg/l. Variasi nilai pH adalah 5, 6, 7, 8, dan pH air Sungai Kapuas tanpa perlakuan yaitu 6,6. Hasil *jar test* untuk uji pH optimum tawas dapat dilihat pada gambar di bawah ini.

Gambar 4. Hasil *Jar Test* untuk Menentukan pH Optimum Tawas
(a) Variasi pH Perlakuan (b) pH Sampel

Gambar (a) menunjukkan variasi nilai pH perlakuan berturut-turut dari kiri ke kanan adalah 5, 6, 7, dan 8 sementara pada gambar (b) adalah pH air sampel Sungai Kapuas. Berdasarkan gambar tersebut dapat dilihat endapan yang paling banyak terbentuk adalah pada pH 6 sehingga pH optimum tawas yang diambil untuk penentuan dosis adalah pH 6.

2. Penentuan pH Optimum Serbuk Cangkang Kepiting

Penentuan pH optimum untuk serbuk cangkang kepiting dilakukan dengan variasi perlakuan pH 3, 4, 5, 6, dan pH air sampel Sungai Kapuas yaitu 6,6. Dosis serbuk cangkang kepiting yang digunakan adalah 50 mg/l. Setelah masing-masing air sampel diberi perlakuan hingga mencapai pH yang diinginkan, selanjutnya dilakukan *jar test*.

Gambar 5. Hasil Jar Test untuk Menentukan pH Optimum Serbuk Cangkang Kepiting

Berdasarkan seberapa banyak endapan yang terbentuk setelah proses koagulasi-flokulasi dengan metode *jar test* tersebut, sampel yang membentuk endapan paling banyak adalah pada pH 3 sehingga dipilih sebagai pH optimum yang digunakan untuk penentuan dosis optimum.

3. Penentuan pH Optimum Kitosan Cangkang Kepiting

Pengujian pH optimum untuk kitosan cangkang kepiting memiliki variasi pH yang sama dengan pengujian pH optimum serbuk cangkang kepiting yaitu 3, 4, 5, 6, dan pH air sampel tanpa perlakuan 6,6. Dosis yang digunakan adalah 150 mg/l.

Gambar 6. Hasil Jar Test untuk Menentukan pH Optimum Kitosan Cangkang Kepiting

Variasi pH berturut-turut dari kiri ke kanan adalah 3, 4, 5, 6, dan pH tanpa perlakuan. Terlihat dari gambar di atas air sampel dengan perlakuan pH 3 memiliki kondisi paling jernih dibandingkan air sampel lainnya dan membentuk paling banyak endapan sehingga diambil nilai pH optimum untuk kitosan cangkang kepiting yaitu pada pH 3.

4. Penentuan Dosis Optimum Tiap Jenis Koagulan

Hasil *jar test* uji dosis optimum untuk ketiga koagulan yang digunakan dapat dilihat pada gambar di bawah ini.

Gambar 7. Hasil Jar Test dengan Variasi Dosis Koagulan Tawas

Gambar 8. Hasil Jar Test dengan Variasi Dosis Serbuk Cangkang Kepiting

Gambar 9. Hasil Jar Test dengan Variasi Dosis Kitosan Cangkang Kepiting

Hasil analisis laboratorium untuk kekeruhan air baku Sungai Kapuas sebelum dan sesudah pengujian dapat dilihat pada Tabel 4.2 dan kadar warna air baku Sungai Kapuas sebelum dan sesudah perlakuan pada Tabel 4.3.

Tabel 3. Hasil Uji Parameter Kekeruhan Air Sungai Kapuas

Koagulan	Dosis (mg/l)	pH Optimum	Kekeruhan Awal (NTU)	Kekeruhan Akhir (NTU)			Rata-rata
				Ulangan			
				1	2	3	
Tawas	100	6	25,4	9,60	14,00	7,05	10,22
	200			12,09	12,05	12,04	12,06
	300			14,30	13,40	14,20	13,97
	400			11,50	14,50	15,70	13,90
Serbuk cangkang kepiting	100	3		20,40	30,20	43,50	31,37
	200			25,40	26,11	33,50	28,34
	300			25,30	30,40	35,40	30,37
	400			23,40	23,50	25,40	24,10
Kitosan cangkang kepiting	100	3		14,50	11,20	13,07	12,92
	200			7,05	12,40	12,50	10,65
	300			4,92	13,40	11,09	9,80
	400			14,30	14,40	15,09	14,60

Tabel 4. Hasil Uji Parameter Warna Air Sungai Kapuas

Koagulan	Dosis (mg/l)	pH Optimum	Warna Awal (mg/l)	Warna Akhir (mg/l)			Rata- rata
				Ulangan			
				1	2	3	
Tawas	100	6	83	12	16	12	13,33
	200			17	16	14	15,67
	300			19	16	16	17
	400			14	16	19	16,33
Serbuk cangkang kepiting	100	3		63	62	63	62,67
	200			55	58	60	57,67
	300			55	60	60	58,33
	400			55	54	56	55
Kitosan cangkang kepiting	100	3		11	15	15	13,67
	200			8	15	14	12,33
	300			6	14	14	11,33
	400			25	15	16	18,67

Penurunan kadar kekeruhan dan warna air Sungai Kapuas menggunakan tiga jenis koagulan dapat dilihat pada Gambar 10.

Gambar 10. Grafik Penurunan Kadar Kekeruhan dan Warna Air Sungai Kapuas

5. Tingkat Efektivitas Penurunan Kadar Kekeruhan dan Warna Air Baku Sungai Kapuas

Setelah data kadar kekeruhan dan warna didapatkan, kemudian dihitung persentase efektivitas penurunan setiap parameter untuk melihat seberapa besar setiap koagulan menyisihkan kadar kekeruhan dan warna di air baku Sungai Kapuas. Efektivitas

penurunan kadar kekeruhan dari ketiga koagulan dalam penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 5 berikut ini.

Tabel 5. Efektivitas Penurunan Kadar Kekeruhan Air Sungai Kapuas

Koagulan	Dosis (mg/l)	Kekeruhan Awal (NTU)	Kekeruhan Akhir Rata-rata (NTU)	Efektivitas (%)
Tawas	100	25,4	10,22	59,78
	200		12,06	52,52
	300		13,97	45,01
	400		13,90	45,28
Serbuk cangkang kepiting	100		31,37	-
	200		28,34	-
	300		30,37	-
	400		24,10	5,12
Kitosan cangkang kepiting	100		12,92	49,12
	200		10,65	58,07
	300		9,80	61,40
	400		14,60	42,53

Berdasarkan tabel di atas, maka dapat dilihat bahwa kekeruhan awal sebesar 25,4 NTU dapat diturunkan dengan persentase efektivitas penurunan yang berbeda-beda pada tiap variasi dosis koagulan. Efektivitas penurunan kekeruhan tertinggi dari ketiga koagulan tersebut yaitu oleh koagulan kitosan cangkang kepiting yang dapat menyisihkan kekeruhan sebesar 61,4% pada dosis 300 mg/l.

Selanjutnya, efektivitas penurunan kadar warna air Sungai Kapuas menggunakan tiga jenis koagulan yang berbeda dapat dilihat pada Tabel 6 di bawah ini.

Tabel 6. Efektivitas Penurunan Kadar Warna Air Sungai Kapuas

Koagulan	Dosis (mg/l)	Warna Awal (mg/l)	Warna Akhir Rata-rata (mg/l)	Efektivitas (%)
Tawas	100	83	13,33	83,94
	200		15,67	81,12
	300		17	79,52
	400		16,33	80,32
Serbuk cangkang kepiting	100		62,67	24,50
	200		57,67	30,52
	300		58,33	29,72
	400		55	33,73
Kitosan cangkang kepiting	100		13,67	83,53
	200		12,33	85,14
	300		11,33	86,35
	400		18,67	77,51

Persentase penurunan parameter warna untuk setiap dosis masing-masing koagulan juga bervariasi. Persentase penurunan parameter warna tertinggi dari ketiga koagulan tersebut adalah kitosan cangkang kepiting dengan efektivitas penurunan warna sebesar 86,35% pada perlakuan dosis 300 mg/l.

PENUTUP

KESIMPULAN

Kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian ini yaitu sebagai berikut:

1. Dosis optimum kitosan cangkang kepiting dalam menurunkan kekeruhan yaitu 300 mg/l pada pH 3 dan dosis optimum dalam menurunkan warna yaitu 300 mg/l pada pH 3.
2. Kitosan cangkang kepiting memiliki kemampuan sebagai biokoagulan dimana hal ini ditunjukkan dengan efektivitas penurunan kadar kekeruhan sebesar 61,4% dan penurunan kadar warna sebesar 86,35%. Persentase penurunan kekeruhan dan warna kitosan cangkang kepiting yang lebih tinggi dibandingkan koagulan tawas menunjukkan bahwa kitosan cangkang kepiting dapat berperan mendampingi tawas sebagai koagulan utama dalam pemanfaatannya di PDAM.

SARAN

Sebaiknya pada penelitian selanjutnya pengujian karakteristik kitosan cangkang kepiting seperti uji derajat deasetilasi dicari metode yang lebih baik agar mengurangi tingkat error dalam penelitian.

UCAPAN TERIMA KASIH

Puji dan syukur saya panjatkan ke hadirat Allah SWT yang karena berkat rahmat dan hidayah-Nya sehingga saya dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “Efektivitas Limbah Cangkang Kepiting Sebagai Biokoagulan dalam Penurunan Kadar Kekeruhan dan Warna Air Baku Sungai Kapuas”. Pada kesempatan ini saya ingin mengucapkan terima kasih kepada Ibu Dr. Rizki Purnaini, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing Utama dan Ibu Govira Christiadora Asbanu, S.Pd.Si, M.Sc. selaku Dosen Pembimbing Kedua atas bimbingan, masukan dan saran, serta motivasi yang diberikan.

DAFTAR PUSTAKA

- Amalia, A. N. 2018. *Pemanfaatan Cangkang Rajungan Sebagai Koagulan untuk Penjernihan Air*. Tugas Akhir. Yogyakarta: Universitas Islam Indonesia.
- AWWA. 1992. *Operational Control of Coagulation and Filtration Processes*. Colorado: American Water Work Association.
- Buckle, K. A. 1987. *Ilmu Pangan*. Jakarta: Universitas Indonesia Press.
- Islama, M.; Masum, S.; Rahmana, M.M.; Mollab, A.I.; Shaikh, A.A., dan Roya, S.K. 2011. Preparation of Chitosan from Shrimp Shell and Investigation of Its Properties. *Journal of Basic and Applied Sciences*, Vol. 11 (1), pp. 1-10.
- Laila, A., dan Hendri, J. 2008. *Studi Pemanfaatan Polimer Kitin Sebagai Media Pendukung Amobilisasi Enzim α -Amilase*. Lampung: Jurusan Kimia Fakultas MIPA.
- Muzzarelli, R. A. A. 1985. *Chitin in The Polysaccharides*. Vol. 3, pp 147. Orlando, San Diego: Academic Press Inc.
- Saleh, M. T. A.; Agustin, P. S., dan E. S., Heruwati. 1999. Pembuatan Kitosan dari Kulit Udang Windu (*Penaeus monodon*) dan Uji Koagulasi Proteinnya. *Jurnal Penelitian Perikanan Indonesia*. Vol. 5 (3). Hlm. 72-77.