

Uji Kinerja Biokoagulan Kitin dan Kitosan dalam Jamur Merang pada Air Limbah *Laundry*

Endang Kusumawati¹, Mira Rachmawati Syabila², Pipit Febrianti³, Irwan Hidayatulloh^{4*}

^{1,2,3,4}Jurusan Teknik Kimia, Politeknik Negeri Bandung, Bandung 40559

*Email: irwan.hidayatulloh@polban.ac.id

ABSTRAK

Limbah tidak hanya dihasilkan dari kegiatan industri, namun usaha kecil yang dilakukan masyarakat, salah satu contohnya yaitu usaha *laundry*. Air limbah *laundry* memiliki kekeruhan berkisar 58-256 NTU. Air limbah dapat diolah melalui koagulasi menggunakan koagulan. Jamur merang dipilih menjadi bahan baku koagulan alami karena kandungan kitin yang dapat mengikat partikel negatif dengan baik, kitin yang diekstraksi menjadi kitosan dapat mengikat partikel negatif dengan kinerja yang lebih baik. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui karakteristik biokoagulan kitosan dan kitin dari jamur merang, menentukan dosis dan pH optimum, dan melakukan uji kinerja biokoagulan pada reaktor kontinyu. Kitin dan kitosan didapat dari tahapan deproteinasi dengan NaOH 3,5%, depigmentasi dengan NaOCl 0,315% dan deasetilasi dengan NaOH 50%. Rendemen kitin yang dihasilkan sebesar 16,821% dan rendemen kitosan yang dihasilkan sebesar 6,028%. Hasil penelitian menunjukkan adanya puncak pada 3429,43 cm⁻¹ menunjukkan adanya amida dan amina (NH) sekunder 1629,85 cm⁻¹ pada kitin, sedangkan kitosan menunjukkan adanya puncak 3450,65 cm⁻¹ akibat tumpang tindih OH dan amina (NH). Dosis optimum kitin dan kitosan yang didapat dari pengujian *jar test* yaitu 600 ppm dan 650 ppm, dengan pH optimum yang didapat adalah 10 dengan efisiensi penurunan sebesar 88,37% dan 89,06%. Hasil reaktor kontinyu menunjukkan koagulan terbaik adalah kitosan dibandingkan dengan kitin, dengan nilai rata-rata efisiensi 68,09% dan 55,43%.

Kata kunci:

Limbah *laundry*, Biokoagulan, Jamur merang, Kitin, Kitosan

1. PENDAHULUAN

Lingkungan menjadi faktor penting sebagai pendukung kehidupan masyarakat. Air limbah tidak hanya dihasilkan dari kegiatan industri besar, namun dapat dihasilkan dari kegiatan usaha mikro seperti usaha *laundry*. Limbah *laundry* memiliki kandungan partikel pengotor yang sangat kecil, selain itu limbah *laundry* juga memiliki koloid yang memiliki muatan listrik yang selalu bergerak dan sulit diendapkan secara gravitasi [1].

Pada umumnya, limbah *laundry* memiliki muatan listrik negatif sehingga pada proses koagulasi terjadi pengikatan partikel koloid, dengan adanya perbedaan muatan listrik tersebut dapat membentuk flok-flok yang mudah diendapkan [2].

Biokoagulan menjadi salah satu alternatif pengolahan air limbah dengan potensi menimbulkan cemaran baru yang rendah terhadap lingkungan dari segi kinerja biokoagulan itu sendiri [3].

Biokoagulan dapat diekstraksi dari tumbuhan, hewan, maupun mikroorganisme yang

memungkinkan digunakan sebagai koagulan [4]. Salah satu kajian penelitian menjelaskan bahwa kitin pada jamur tiram efektif menghilangkan kekeruhan dan TSS air limbah domestik hingga efisiensi sebesar 90,69% dengan nilai awal 591 mg/l menjadi 55 mg/l dengan dosis 600 mg/L [5].

Jamur merang yang biasanya dimanfaatkan oleh sebagian masyarakat berpotensi untuk diolah menjadi koagulan alami, jamur ini dapat tumbuh pada batang pohon bahkan jerami padi [6]. Jamur merang dimanfaatkan sebagai biokoagulan karena memiliki dinding sel kitin. Kitin memiliki karakteristik bioaktivitas, biodegradabilitas, penyerapan dan dapat mengikat ion logam [1]. Dinding sel jamur mengandung 22-40% kitin, nilai tersebut lebih banyak dari kulit udang yang mengandung 14-35% kitin [7]. Kitin dapat dirubah menjadi kitosan yaitu polimer rantai panjang glukosamin melalui proses deasetilasi [8]. Kandungan nitrogen yang terdapat pada gugus amina melebihi kitin, menjadikan kitosan lebih aktif dan memiliki sifat polikationik. Kitosan memiliki karakteristik yang lebih menguntungkan daripada kitin diantaranya

mudah mengalami penguraian secara biologi, bersifat polikationik, dan dapat dengan mudah berinteraksi dengan zat organik [9].

Hal inilah yang menjadi pertimbangan penggunaan kandungan kitosan sebagai koagulan dalam proses koagulasi air limbah. Namun, proses pembuatan kitosan memerlukan tahap proses pembuatan yang lebih kompleks daripada kitin [10].

Berdasarkan uraian tersebut akan dilakukan penelitian mengenai karakteristik biokoagulan kitin dan kitosan dalam jamur merang, penentuan pH dan dosis optimum biokoagulan kitin dan kitosan dalam menurunkan kekeruhan air limbah *laundry* dengan metode *jar test*, dan menguji kinerja biokoagulan kitin dan kitosan dalam menurunkan kekeruhan dan TSS dalam air limbah *laundry* menggunakan reaktor kontinyu.

2. METODE

2.1 Preparasi Jamur Merang

Jamur merang yang didapat dari pasar Geger Kalong, KPAD Kotamadya Bandung, Jawa Barat, dicuci hingga bersih. Selanjutnya pengeringan jamur dalam oven pada suhu 65°C selama 5-7 jam. Jamur yang telah kering dihaluskan hingga berukuran 100 mesh.

2.2 Isolasi Kitin

Isolasi kitin dalam jamur merang dilakukan dua tahapan yaitu, deproteinasi dan depigmentasi.

2.2.1 Pemisahan Protein (Deproteinasi)

Serbuk jamur merang sebanyak 100 gram dicampurkan dengan larutan NaOH 3,5% (perbandingan 1:10 (w/v)) dan dipanaskan pada suhu 100 °C selama 3 jam [11]. Selanjutnya campuran didinginkan dan disaring menggunakan kertas saring. Residu yang dihasilkan dinetralkan hingga pH netral menggunakan aquades.

2.2.2 Penghilangan Zat Warna (Depigmentasi)

Crude kitin hasil deproteinasi dicampurkan terlebih dahulu pada aseton selama 1 jam, selanjutnya disaring dan dilakukan proses pemutihan menggunakan NaOCl 0,315% (perbandingan 1:10 (w/v)) selama 1 jam [11]. Residu disaring dan dicuci hingga pH netral menggunakan aquades. Kitin dikeringkan dalam oven pada suhu 60 °C selama 3 jam, kemudian dilakukan uji FTIR untuk menganalisis gugus fungsinya.

2.3 Pembentukan Kitosan (Deasetilasi)

Kitin yang dihasilkan dari isolasi kitin dicampurkan pada NaOH 50% (perbandingan 1:10 (w/v)) dan dipanaskan pada suhu 70-80 °C selama 6 jam [11]. Selanjutnya campuran didinginkan dan disaring menggunakan kertas saring. Residu yang dihasilkan dinetralkan hingga pH netral menggunakan aquades. Kitosan yang terbentuk dilakukan uji FTIR untuk menganalisis gugus fungsinya.

2.4 Pembuatan Koagulan dan Limbah

Pengujian pada *jar test* dilakukan untuk mengetahui pH dan dosis koagulan yang optimum pada kitin maupun kitosan. Kitin dan kitosan dilarutkan pada asam asetat 1% dengan perbandingan 1:5 (w/v) [12]. Air limbah *laundry artificial* yang digunakan merupakan air limbah *laundry* yang dinaikan kekeruhannya dengan menambahkan tepung.

2.5 Pengujian Jar Test

2.5.1 Penentuan Dosis Optimum

Sebanyak 6 gelas kimia diisi limbah *laundry* masing-masing 500 ml yang telah dicatat nilai kekeruhan dan pH awal, kemudian ditambahkan kitin maupun kitosan dengan konsentrasi 500 ppm, 550 ppm, 600 ppm, 650 ppm, 700 ppm, dan 750 ppm. Lakukan pengadukan pada kecepatan putar 100 rpm selama 1 menit dan 60 rpm selama 10 menit. Selanjutnya dilakukan pengendapan dalam kerucut *imhoff* selama 1 jam dan ukur kekeruhan akhir dan volume endapan untuk mendapatkan dosis optimum kitin maupun kitosan.

2.5.2 Penentuan pH Optimum

Sebanyak 6 gelas kimia diisi limbah *laundry* masing-masing 500 ml yang telah dicatat nilai kekeruhan dan pH awal, kemudian ditambahkan kitin maupun kitosan dengan konsentrasi dosis optimum pada variasi pH 6, 7, 8, 9, 10, dan 11. Lakukan pengadukan pada kecepatan putar 100 rpm selama 1 menit dan 60 rpm selama 10 menit. Selanjutnya dilakukan pengendapan dalam kerucut *imhoff* selama 1 jam dan ukur kekeruhan akhir dan volume endapan untuk mendapatkan pH pada dosis optimum kitin maupun kitosan.

2.6 Pengujian Reaktor Kontinyu

Setelah dilakukan metode *jar test* didapat pH dan dosis koagulan yang optimum, selanjutnya dilakukan uji coba kitin maupun kitosan pada reaktor kontinyu. Dilakukan persiapan kondisi umpan dengan mengukur kekeruhan, pH, TSS

awal. Tangki umpam diisi dengan air limbah laundry sebanyak 90 L dan pengaturan laju alir umpam 2 L/menit. Atur debit pompa koagulan dengan variasi debit sesuai perhitungan. Setelah proses pengendapan pada tangki sedimentasi sampel diambil dari awal tetesan dengan selang waktu dua menit untuk pengambilan sampel. Lakukan pengecekan kekeruhan, pH, dan TSS akhir sampel.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Preparasi Jamur Merang

Pada proses pembuatan tepung, dari berat jamur sebanyak 3.846 gram didapat tepung sebanyak 315 gram, terjadi pengurangan massa sebesar 91,80%. Hal tersebut terjadi karena jamur merang memiliki kandungan air yang banyak. Menurut penelitian jamur merang memiliki kandungan air sebesar 89,52%, dimana kandungan air tersebut tergolong banyak jika dibandingkan dengan kandungan air pada jamur tiram sebesar 79,02% dan jamur kayu sebesar 81,45% [7].

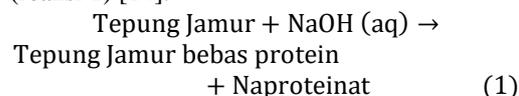
3.2 Pembuatan Kitin dan Kitosan

Pembuatan biokoagulan diawali dengan tahap deproteinasi, pada tahap ini 100 gram tepung jamur merang dicampurkan dengan NaOH 3,5%, setelah dilakukan pencampuran terlihat campuran menjadi agak mengental dan berwarna coklat gelap seperti yang ditunjukkan pada gambar 1.



Gambar 1. Proses Deproteinasi

Hal tersebut mengidentifikasi adanya kandungan protein yang terbebas, sehingga ion Na^+ yang terdapat pada NaOH akan saling berikatan dengan ujung rantai protein yang memiliki muatan negatif dan mengekstrak menjadi Na-proteinat [13]. Berikut merupakan reaksi yang terjadi pada proses deproteinasi (reaksi 1) [14].



Produk yang diperoleh dari hasil tahap deproteinasi ini disebut kitin kasar (*crude* kitin). Tahap selanjutnya adalah tahap depigmentasi dengan NaOCl 0,315%. Pada tahap ini terjadi perubahan warna dari coklat menjadi coklat

terang sedikit kekuningan, seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.



Gambar 2. Proses Depigmentasi

Kitin yang dihasilkan dari tahap depigmentasi ini sebanyak 16,821. Rendemen kitin murni yang diperoleh sebesar 16,821% dari bobot tepung jamur merang. Rendemen ini masih lebih banyak dari penelitian lain yang telah dilakukan menghasilkan rendemen kitin dari jamur merang sebanyak 10,59% [11].

Tahap selanjutnya adalah deasetilasi transformasi kitin dengan mencampurkan 16,821 gram kitin dengan NaOH 50%, yang berfungsi untuk pemutusan ikatan gugus asetil dan nitrogen sehingga terbentuk gugus amina [15]. Reaksi adisi terjadi pada pembentukan, dimana gugus OH^- berikatan dengan gugus NHCOCH_2 yang tereliminasi gugus COCH_2 membentuk gugus NH_2 [16].

Produk yang diperoleh dari hasil tahap deasetilasi pada gambar 3 ini disebut kitosan, pada tahap ini terjadi perubahan warna dari coklat kekuningan menjadi warna krem. Dari kitin sebanyak 16,821 gram didapat kitosan sebanyak 6,028 gram. Rendemen kitosan yang diperoleh sebesar 6,028% dari tepung jamur. Rendemen ini masih lebih banyak dari penelitian lain yang menghasilkan rendemen kitosan dari jamur merang sebanyak 27,8% [11].

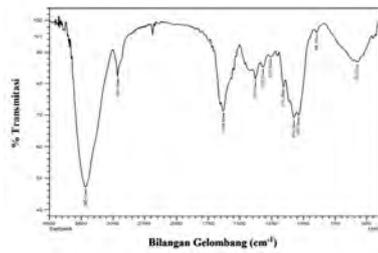


Gambar 3. Proses Deasetilasi

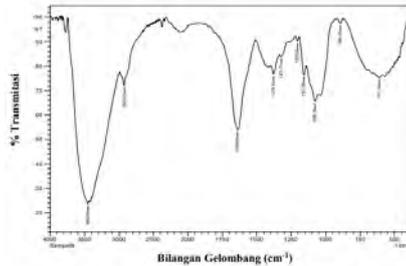
3.3 Karakteristik Biokoagulan

Karakteristik kitin dan kitosan dilakukan dengan uji FTIR yang bertujuan untuk melihat keberadaan gugus fungsi dan karakteristiknya [17]. Hasil uji kitin dan uji kitosan dengan FTIR ditunjukkan pada gambar 4 dan 5 kemudian dibandingkan dengan spektrum FTIR kitin dan FTIR kitosan standar yang bersumber dari Balai

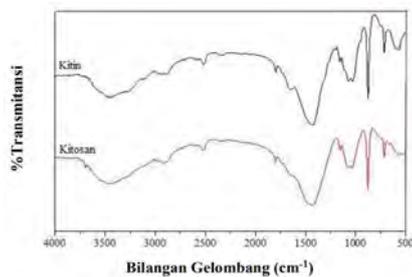
Riset dan Standarisasi Industri seperti pada gambar 6.



Gambar 4. Spektrum FTIR Kitin



Gambar 5. Spektrum FTIR Kitosan



Gambar 6. Spektrum FTIR Kitin dan Kitosan Standar

(Sumber: Balai Riset dan Standarisasi Industri)

Berdasarkan perbandingan antara spektrum FTIR kitin dan kitosan hasil penelitian dengan standar, menunjukkan bilangan gelombang gugus fungsi tidak terdapat perbedaan yang signifikan, seperti yang ditunjukkan pada tabel 1 dan 2.

Tabel 1. Karakteristik FTIR Kitin

No	Gugus Fungsi	Bilangan Gelombang (cm ⁻¹)	
		Kitin Standar	Kitin
1.	(vb) amida	3436,35	3429,43
2.	(vs) CH alifatik	2961,32	2922,16
3.	(v) NH ₂ (amina sekunder)	1661,50	1629,85
4.	(v) C-N (amina)	1418,74	1379,10
5.	(ω) C-O	1073,93	1074,35

6.	(v) NH (amina primer)	1026,33	1037,70
7.	(v) C-O-C	896,28	894,97

Tabel 2. Karakteristik FTIR Kitosan

No	Gugus Fungsi	Bilangan Gelombang (cm ⁻¹)	
		Kitosan Standar	Kitosan
1.	(vb) O-H tumpang tindih	3377,95	3450,65
3.	(vs) N-H		
3.	(vs) C-H alifatik	2922,80	2920,23
5.	(v) C=O (amida sekunder)	1660,55	1639,49
7.	(v) C-H	1422,73	1379,10
8.	(vs) C-O	1259,54	1203,58
9.	(vs) C-O	1154,64	1157,29
10.	(v) C-O-C	1077,93	1076,28
12.	(ω) β-1,4-glikosidik	897,41	894,97

Keterangan: v: vibrasi peregangan, vs: vibrasi peregangan simetris, vb: vibrasi pembengkokkan, ω: vibrasi ulur.

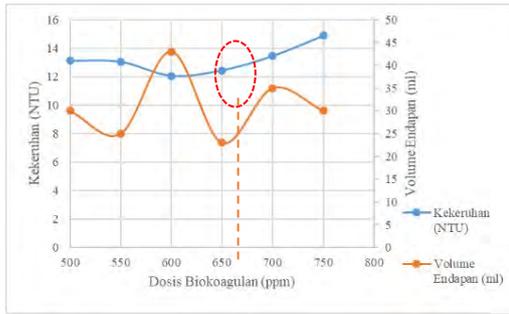
Bilangan gelombang FTIR kitin memperlihatkan adanya puncak pada 3429,43 cm⁻¹ dan 1629,85 cm⁻¹ menunjukkan adanya vibrasi pembengkokkan amida dan amina (NH) sekunder [18]. Bilangan gelombang FTIR kitosan menunjukkan adanya puncak 3450,65 cm⁻¹ adanya vibrasi peregangan akibat terjadinya tumpang tindih antara OH dan amina (NH) [18] vibrasi peregangan pada 1639,49 cm⁻¹ disebabkan oleh adanya perambatan amida sekunder (C=O).

3.4 Pengujian Biokoagulan

Pengujian biokoagulan dilakukan terhadap air limbah *artificial laundry* menggunakan *jar test* selanjutnya digunakan pada pengujian reaktor kontinyu. Nilai kekeruhan awal air limbah *artificial laundry* sebesar 101-103 NTU.

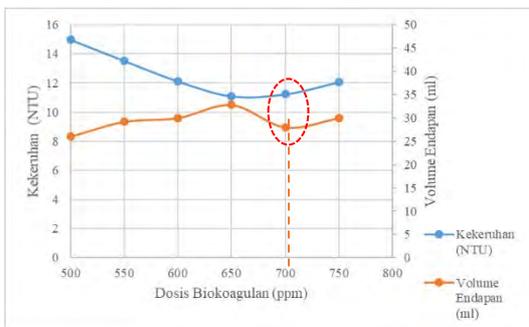
3.5 Pengujian Jar Test

Pengujian *jar test* dilakukan sebanyak dua kali dengan variasi dosis dan pH biokoagulan yang digunakan sesuai prosedur uji yang ditetapkan. Diperoleh hasil pengujian biokoagulan kitin dan kitosan dapat dilihat pada Gambar 7 dan 8.



Gambar 7. Grafik Hubungan Dosis Kitin terhadap Kekeruhan dan Volume endapan

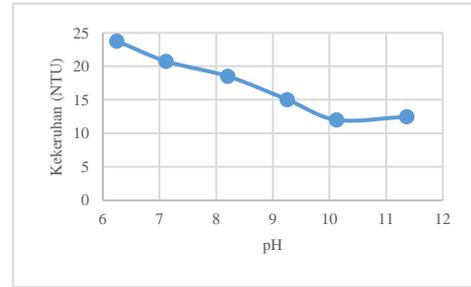
Dari gambar 7 dosis optimum ditetapkan berdasarkan nilai sisa kekeruhan terendah sebesar 12,05 NTU dan volume endapan tertinggi sebesar 43 ml, dari gambar tersebut terlihat dosis optimum terjadi pada dosis kitin sebesar 600 ppm, berdasarkan perpotongan antara nilai sisa kekeruhan terendah dan volume endapan tertinggi. Gambar 8 memperlihatkan hasil pengujian *jar test* pada kitosan yang dihasilkan, penetapan dosis terbaik didasarkan pada volume endapan tertinggi dan sisa kekeruhan terendah, pada gambar 8 tersebut sisa kekeruhan terendah sebesar 10,20 NTU dan volume endapan sebesar 38 ml terjadi pada dosis 650 ppm, dosis ini merupakan dosis optimum.



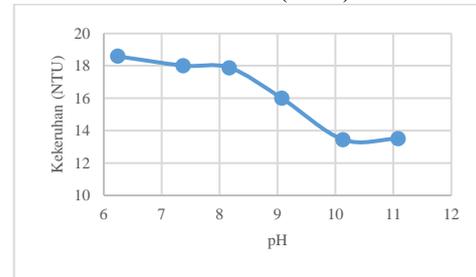
Gambar 8. Grafik Hubungan Dosis Kitosan dengan Kekeruhan dan Volume Endapan

Dosis optimum kitin dan kitosan dari jamur merang dapat menurunkan kekeruhan air limbah *laundry artificial* sebesar sebesar 88,37% dan 89,06% pada konsentrasi 600 dan 650 ppm pada pH 10. Hal ini dapat dikatakan bahwa pada dosis tersebut biokoagulan kitin dan kitosan efektif untuk membentuk flok dengan memberikan efisiensi pengolahan yang maksimal dalam mengurangi kekeruhan.

Adapun hasil pengujian terhadap penentuan pH optimum biokoagulan pada dosis optimum 600 ppm dan 650 ppm dapat dilihat pada gambar 9 dan 10.



Gambar 9. Grafik Hubungan pH dan Kekeruhan (Kitin)

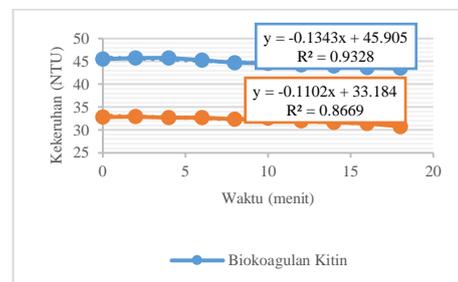


Gambar 10. Grafik Hubungan pH dan Kekeruhan (Kitosan)

Dari gambar 9 pada dosis 600 ppm biokoagulan kitin mampu menurunkan kekeruhan air limbah *laundry artificial* tertinggi yaitu sebesar 87,97% pada pH 10, pH tersebut merupakan pH optimum, begitu pula untuk biokoagulan kitosan dosis 650 ppm, pH optimum terjadi pada pH 10 dengan penurunan kekeruhan tertinggi sebesar 86,53%. Hal ini menunjukkan kinerja biokoagulan kitin dan kitosan dari jamur merang sebagai koagulan efektif pada pH 10.

3.6 Pengujian Reaktor Kontinyu

Percobaan pertama dilakukan dengan dosis dan pH optimum biokoagulan kitosan dan percobaan kedua dilakukan dengan biokoagulan kitin. Hubungan antara kekeruhan terhadap waktu disajikan pada gambar 11.



Gambar 11. Grafik Hubungan Waktu terhadap Kekeruhan Pengujian Reaktor Kontinyu

Percobaan pertama (kitosan) didapat rata-rata kekeruhan sebesar 32,19 NTU dan rata-rata efisiensi sebesar 68,09%. Percobaan kedua didapat rata-rata kekeruhan sebesar 44,69 NTU dan rata-rata efisiensi sebesar 55,43%. Berdasarkan hasil dari nilai kekeruhan dan efisiensi yang didapat, nilai efisiensi biokoagulan kitosan lebih besar dibandingkan

dengan nilai efisiensi biokoagulan kitin, hal tersebut disebabkan oleh gugus amin pada kitosan lebih banyak dibandingkan dengan kitin.

Parameter *Total Suspended Solid* (TSS) pada kedua percobaan tersebut dengan hasil pengujian TSS dapat dilihat pada tabel 3.

Tabel 3. Hasil Pengujian TSS

Percobaan	Sampel	TSS (mg/L)
Percobaan 1 (Kitosan)	Influen	675
	Effluen	325
Percobaan 2 (Kitin)	Influen	600
	Effluen	375

Hasil pengukuran TSS biokoagulan kitosan merupakan TSS terbaik, dibandingkan dengan biokoagulan kitin. Biokoagulan kitosan memiliki nilai efisiensi penurunan TSS sebesar 51,85% sedangkan kitin sebesar 37,5%.

3.7 Kesesuaian dengan Kriteria Perancangan

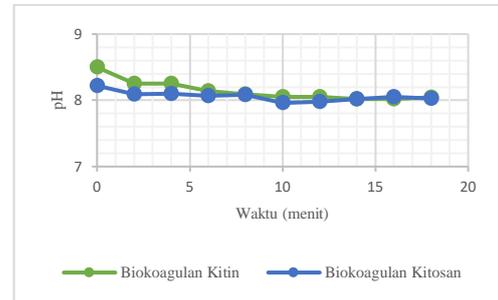
Adanya perbedaan nilai efisiensi disebabkan oleh beberapa faktor, diantaranya reaktor yang digunakan tidak sesuai kriteria, tidak tercapainya pH optimum dan pengadukan yang tidak stabil. Reaktor kontinyu yang digunakan belum sesuai dengan kriteria perancangan karena perbandingan waktu tinggal yang berbeda, seperti yang ditunjukkan pada tabel 4.

Tabel 4. Perbandingan Waktu Tinggal Kriteria dan Reaktor Kontinyu

Tahap	Waktu Tinggal Kriteria	Waktu Tinggal Reaktor Kontinyu
Koagulasi	1-2 menit	6,15 menit
Flokulasi	10-30 menit	6,15 menit
Sedimentasi	3-8 jam	20 menit

Perbedaan waktu tinggal pada tahap koagulasi seharusnya selama 1-2 menit sedangkan pada reaktor kontinyu selama 6,15 menit, hal tersebut menyebabkan flok yang sudah terbentuk pecah kembali karena waktu tinggal yang terlalu lama dan menyebabkan proses hidrolisa koagulasi dan proses desabilitas partikel terjadi. Perbedaan waktu tinggal pada tahap flokulasi seharusnya selama 10-30 menit sedangkan pada reaktor kontinyu selama 6,15 menit, hal tersebut menyebabkan penggabungan flok yang terjadi kurang maksimal karena waktu tinggal yang terlalu sedikit. Perbedaan waktu tinggal pada tahap sedimentasi seharusnya selama 3-8 jam sedangkan pada reaktor kontinyu selama 20 menit, hal tersebut menyebabkan proses pemisahan yang terjadi tidak maksimal dikarenakan waktu tinggal yang terlalu singkat [19].

Selain itu, kondisi pH optimum sebesar 10 dapat tercapai pada saat pengoperasian reaktor kontinyu karena tidak adanya alat pengontrol pH pada tangki umpan, sehingga pH yang beroperasi pada saat pengujian reaktor kontinyu berkisar pH 7-9, profil pH selama proses kontinyu ditunjukkan pada gambar 12.



Gambar 12. Grafik Hubungan Waktu terhadap pH Pengujian Reaktor Kontinyu

Dari gambar tersebut ditunjukkan pH *effluen* kitosan dan kitin berkisar antara 7-9, adanya penurunan pH menyebabkan tidak tercapainya kondisi pH optimum, sehingga menghasilkan efisiensi penurunan kekeruhan yang kurang maksimal.

Selain itu, alat pengadukan pada tangki koagulasi dan flokulasi sering kali tidak stabil yang menyebabkan tidak tercapainya kondisi pengadukan pada 100 RPM (koagulasi) dan 60 RPM (flokulasi) sehingga flok-flok kurang terbentuk maksimal [20].

4. KESIMPULAN

Dari hasil pembahasan maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Bilangan gelombang FTIR kitin memperlihatkan adanya puncak pada $3429,43 \text{ cm}^{-1}$ dan $1629,85 \text{ cm}^{-1}$ menunjukkan adanya vibrasi pembengkokkan amida dan amina (NH) sekunder. Bilangan gelombang FTIR kitosan menunjukkan adanya puncak $3450,65 \text{ cm}^{-1}$ adanya vibrasi peregangan akibat terjadinya tumpang tindih OH dan amina (NH) vibrasi peregangan pada $1639,49 \text{ cm}^{-1}$ disebabkan oleh adanya perambatan amida sekunder (C=O).
2. Hasil pengujian *jar test* didapat bahwa dosis optimum kitin dan kitosan adalah sebesar 600 ppm dan 650 ppm, dengan efisiensi penurunan kekeruhan sebesar 88,37% dan 89,06% dengan pH optimum adalah 10.
3. Hasil pengujian reaktor kontinyu menunjukkan koagulan terbaik dalam menurunkan kekeruhan adalah kitosan dibanding dengan kitin, dengan nilai rata-rata efisiensi 68,09% dan 55,43%.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Ngatin *et al.*, "Pengaruh Laju Alir Terhadap Penurunan Pengotor Limbah Laundry Metode Elektrokoagulasi Kontinyu Berpengaduk," *Fluida*, vol. 15, no. 2, pp. 89–96, 2022, doi: 10.35313/fluida.v15i2.4040.
- [2] M. Budihardjo, T. Lingkungan, F. Teknik, and U. Diponegoro, "Penghilangan Kekeruhan dan TSS Air Limbah Domestik Melalui Proses Koagulasi-Flokulasi Dengan Melibatkan Jamur Tiram Sebagai Biokoagulan," vol. 0507, pp. 1–4, 2018.
- [3] S. B. Kurniawan *et al.*, "Challenges and opportunities of biocoagulant/biofloculant application for drinking water and wastewater treatment and its potential for sludge recovery," *Int. J. Environ. Res. Public Health*, vol. 17, no. 24, pp. 1–33, 2020, doi: 10.3390/ijerph17249312.
- [4] A. H. Amran, N. S. Zaidi, K. Muda, and L. W. Loan, "Effectiveness of natural coagulant in coagulation process: A review," *Int. J. Eng. Technol.*, vol. 7, no. 3, pp. 34–37, 2018, doi: 10.14419/ijet.v7i3.9.15269.
- [5] D. A. R. Kanto, R. Apriani, M. Ilhami, and A. Eva, "Kitosan Dari Jamur Tiram (*Pleurotus Ostreatus*) Dan Aplikasinya Sebagai Adsorben Logam Krom (Cr)," *Lantanida J.*, vol. 9, no. 1, 2021, doi: 10.22373/lj.v9i1.8335.
- [6] J. Oliver, "Pertumbuhan Jamur Merang (*Volvariella Volvacea*) Pada Media Tanam Jerami Padi Dan Limbah Sekam," *J. Chem. Inf. Model.*, vol. 53, no. 9, pp. 1689–1699, 2013.
- [7] Khusnul and Elisa, "Analisis Kandungan Gizi pada Jamur yang Tumbuh di Area Kampus Politeknik Pertanian Negeri Samarinda". 2016.
- [8] E. Rochima, "Karakterisasi Kitin Dan Kitosan Asal Limbah Rajungan Cirebon Jawa Barat," *J. Pengolah. Has. Perikan. Indones.*, vol. 10, no. 1, pp. 9–22, 2007.
- [9] M. Mustafiah, D. Darnengsih, Z. Sabara, and R. Abdul Majid, "Pemanfaatan Kitosan Dari Limbah Kulit Udang Sebagai Koagulan Penjernihan Air," *J. Chem. Process Eng.*, vol. 3, no. 1, p. 21, 2018, doi: 10.33536/jcpe.v3i1.190.
- [10] H. Hendrawati, S. Sumarni, and . Nurhasni, "Pergunaan Kitosan sebagai Koagulan Alami dalam Perbaikan Kualitas Air Danau," *J. Kim. Val.*, vol. 1, no. 1, pp. 1–11, 2015, doi: 10.15408/jkv.v0i0.3148.
- [11] M. F. J. D. P. Tanasale, A. Bandjar, and N. Sewit, "ISOLASI KITOSAN DARI TUDUNG JAMUR MERANG (*Vollvariella volvaceae*) DAN APLIKASINYA SEBAGAI ABSORBEN LOGAM TIMBAL (Pb) Isolation of Chitosan from Straw Mushroom (*Vollvariella volvaceae*) Hood and Application as Lead (Pb) Metal Absorbent," *J. Chem. Res.*, vol. 6, no. 1, pp. 44–50, 2018.
- [12] Z. N. Rochmawati and Nabila dkk, "Karakterisasi Kitosan Yang Diisolasi Dari Cangkang Internal Cumi-Cumi," *Saintekno J. Sains dan Teknol.*, vol. 16, no. 1, pp. 105–112, 2018.
- [13] D. Djaenudin, E. Budianto, E. Saepudin, and M. Nasir, "Ekstraksi Kitosan Dari Cangkang Rajungan Pada Lama Dan Pengulangan Perendaman Yang Berbeda," *J. Teknol. Perikan. dan Kelaut.*, vol. 10, no. 1, pp. 49–59, 2019, doi: 10.24319/jtpk.10.49-59.
- [14] M. Kurniasih, D. KartiKa, and Riyanti, "Sintesis dan Karakteristik Karboksimetil Kitosan," *Pros. Semin. Nas. Pengemb. Sumber Daya Pedesaan dan Kearifan Lokal Berkelanjutan II*, vol. 1, no. 3, p. 126, 2012.
- [15] L. Handayani, F. Syahputra, and Y. Astuti, "Utilization and Characterization of Oyster Shell as Chitosan and Nanochitosan," *J. Kim. Sains dan Apl.*, vol. 21, no. 4, pp. 224–231, 2018, doi: 10.14710/jksa.21.4.224-231.
- [16] A. Wafi, L. Atmaja, and Y. L. Ni'mah, "Analisis Kuat Tarik dan Elongasi Film Gelatin – Khitosan," *Alchemy*, vol. 8, no. 1, p. 1, 2020, doi: 10.18860/al.v8i1.9097.
- [17] A. H. Andriawan, "Pergunaan Metode FT-IR," no. 0274, pp. 1–9, 1980.
- [18] E. J. Dompeipen, "Isolasi dan Identifikasi Kitin dan Kitosan dari Kulit Udang Windu (*Penaeus monodon*) dengan Spektroskopi Inframerah," *Maj. BIAM.*, vol. 13, no. 01, pp. 31–41., 2017.
- [19] Endang Kusumawati, Dea Rahmawati, F. R. Vrilian, and Irwan Hidayatulloh, "Uji Coba Biokoagulan dari Selulosa Cangkang Aren Menggunakan Unit Koagulasi, Flokulasi, dan Sedimentasi Secara Kontinyu," *Fluida*, vol. 15, no. 2, pp. 128–135, 2022, doi: 10.35313/fluida.v15i2.4400.
- [20] B. O. Anggarani, "Peningkatan Efektifitas Proses Koagulasi-Flokulasi Dengan Coagulation-Flocculation Process Using Aluminium Sulphate and," *Inst. Teknol. Sepuluh Nop. Surabaya*, p. 6, 2018.