



SEMINAR NASIONAL LAHAN BASAH

" Mendukung Pembangunan Berkelanjutan Melalui Penelitian: Meningkatkan Kehidupan Manusia,
Melindungi Lingkungan"
9-10 September 2024
Banjarmasin

PEMANFAATAN SISIK IKAN GABUS (*Channa striata*) SEBAGAI BIOKOAGULAN PADA PENGOLAHAN LIMBAH CAIR INDUSTRI TAHU

Laily Khairiyati^a, Agung Waskito^b, Ni'ma Farida Fasya^c, Mufatihatul Aziza Nisa^d, Ratna Setyaningrum^e

^{abc} Departemen Kesehatan Lingkungan Program Studi Kesehatan Masyarakat Fakultas Kedokteran Universitas Lambung Mangkurat

^{de}Departemen Kesehatan dan Keselamatan Kerja Program Studi Kesehatan Masyarakat Fakultas Kedokteran Universitas Lambung Mangkurat

Email korespondensi: lailykhairiyati@ulm.ac.id

ABSTRAK

Industri Tahu merupakan salah satu industri yang menghasilkan limbah cair organik yang dihasilkan dari proses pencucian, perebusan, pengepresan dan pencetakan tahu. Apabila langsung dibuang ke badan air maka akan menyebabkan pencemaran pada perairan tersebut. Pengolahan limbah cair dapat dilakukan secara kimia melalui penambahan bahan atau reaksi kimia lainnya. Proses yang dapat diterapkan diantaranya adalah koagulasi dengan menambahkan koagulan. Koagulan alami dalam penelitian ini menggunakan kitosan yang diperoleh dari pemanfaatan sisik ikan gabus yang banyak terdapat ditemukan di sungai, sungai dengan air tenang, rawa, sawah dan danau didaerah Kalimantan. Tujuan dari penelitian ini adalah menganalisis pengaruh kitosan sisik ikan gabus terhadap penurunan kadar BOD, COD, TSS, pH dan kekeruhan pada limbah cair industri tahu. Rancangan penelitian ini menggunakan one group pretest-posttest design dengan teknik grab sampling dalam pengambilan sampel limbah cairnya. Pengukuran pH, kekeruhan dan TSS masing-masing menggunakan pH meter, turbidity meter dan spektrofotometri. Sedangkan pengujian BOD menggunakan metode titrimetri winkler dan metode titrimetri permanganat untuk uji COD. Proses pembuatan kitosan menggunakan metode deasetilasi, kemudian serbuk kitosan di uji gugus fungsi menggunakan spektrofotometer FTIR. Variasi penelitian dilakukan pada dosis massa kitosan yaitu 8 mg, 12 mg, dan 16 mg. Karakteristik kitosan didapatkan derajat deasetilasi 80,57%. Hasil yang didapat adalah tidak ada perbedaan secara nyata pada pengaruh yang signifikan antara massa kitosan sisik ikan gabus terhadap penurunan kadar BOD ($p\text{-value} > 0,05$) dan ada perbedaan secara nyata pada pengaruh yang signifikan pada penurunan kadar COD, TSS dan kekeruhan ($p\text{-value} < 0,05$). Adapun efisiensi removal tertinggi pada uji kadar BOD, COD, TSS, dan kekeruhan adalah kitosan dengan massa 16 mg/200 ml dengan persentase berturut-turut 10,45%, 22,39%, 41,26%, dan 70,89% sedangkan penurunan kadar pH menggunakan kitosan tidak efektif untuk pengolahan limbah cair tahu.

Kata kunci: kitosan, ikan gabus, parameter limbah cair, industri tahu

PENDAHULUAN

Industri tahu pada setiap proses produksinya akan menghasilkan limbah tahu, yaitu berupa limbah tahu padat dan limbah tahu cair. Limbah padat berupa ampas yang berasal dari kacang kedelai, sedangkan limbah cair yang dihasilkan langsung dibuang ke sungai. Limbah padat tahu



SEMINAR NASIONAL LAHAN BASAH

" Mendukung Pembangunan Berkelanjutan Melalui Penelitian: Meningkatkan Kehidupan Manusia,
Melindungi Lingkungan"
9-10 September 2024
Banjarmasin

biasanya dimanfaatkan untuk pembuatan tempe gembus, kerupuk ampas tahu dan pakan ternak. Limbah cair pembuatan tahu secara tradisional umumnya langsung dibuang ke perairan karena belum ada sistem yang mengatur pembuangan limbah tahu tersebut. Hal ini akan berdampak terhadap kualitas air perairan karena air buangan industri tahu mengandung zat-zat organik yang melebihi standar mutunya (Bija, 2020 dan Cahyani, 2021).

Limbah tahu yang memiliki kandungan zat melebihi baku mutu bila terbuang terus-menerus ke perairan, maka akan menimbulkan aroma tidak sedap dan berdampak pada kesehatan bagi masyarakat sekitar hingga kematian terhadap biota yang ada di air jika tidak dikelola dengan baik (Bija, 2020). Menurut Cahyani, dkk (2020), Limbah cair tahu mengandung protein, lemak, dan karbohidrat yang cukup tinggi, sehingga menyebabkan limbah cair tahu memiliki nilai BOD dan COD yang tinggi yaitu sebesar 5000- 10000 mg/L dan 7000-10000 mg/L dengan pH rendah yaitu 4-5 (Cahyani, 2021).

Menurut PERMEN LH No.5 Tahun 2014 tentang baku mutu air limbah bagi usaha dan/atau kegiatan pengolahan kedelai atau untuk industri tahu memiliki standar paling tinggi untuk kadar BOD sebesar 150 mg/L, COD sebesar 300 mg/L, TSS sebesar 200mg/L dan pH sebesar 6,0-9,0 (Kementerian LH, 2014), disamping hal tersebut didukung pula dengan kebijakan dari PERMENKES RI No.32 Tahun 2017 mengenai parameter fisik dalam standar baku mutu air untuk keperluan higiene sanitasi memiliki standar kekeruhan sebesar 25 NTU Kementerian Kesehatan, 2017. Salah satu metode pengolahan limbah cair adalah melalui metode kimia menggunakan koagulan. Penggunaan koagulan dari bahan alami disebut biokoagulan. Kelebihan biokoagulan sendiri lebih ramah lingkungan dibanding koagulan dari bahan kimia, lebih aman terhadap kesehatan manusia dan lingkungan dikarenakan penggunaannya dari bahan alami, serta biokoagulan juga bisa dikatakan lebih ekonomis karena bahan yang digunakan menggunakan bahan alami yang masih banyak dijumpai.

Salah satu biokoagulan adalah kitosan. Kitosan adalah polisakarida amino yang diperoleh dari proses deasetilasi kitin, yang selain selulosa, merupakan polimer alami paling umum di dunia. Sumber utama kitosan adalah organisme yang hidup di air laut seperti udang, kepiting, dan cangkang lobster, sumpil, cangkang kerang hijau, dan cangkang rajungan (Widiyawati, 2022). Salah satunya juga berasal dari sisik ikan gabus dan ikan toman.

Sisik ikan jika diolah lebih lanjut memiliki kandungan kitin yang dapat diubah menjadi kitosan. 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 (Ramadhani, 2021). Pemanfaatan limbah sisik ikan juga dapat meningkatkan nilai jual dari ikan itu sendiri dan



SEMINAR NASIONAL LAHAN BASAH

" Mendukung Pembangunan Berkelanjutan Melalui Penelitian: Meningkatkan Kehidupan Manusia,
Melindungi Lingkungan"
9-10 September 2024
Banjarmasin

meningkatkan nilai ekonomi pada sisik ikan yang sampai saat ini belum banyak dimanfaatkan dengan baik dan lebih banyak menimbulkan masalah lingkungan.

Kalimantan Selatan memiliki banyak perairan air tawar yang mana berdasarkan zona zoografi Kalimantan Selatan ditemukan 24 famili ikan air tawar salah satunya spesies *Channa*, atau sering dikenal sebagai *snakeheads*, *Channa* adalah kelompok ikan air tawar dari keluarga *Channidae* dan sebanyak 30 spesies teridentifikasi di seluruh dunia dan beberapa diantaranya yang sering dikonsumsi warga Kalimantan adalah ikan gabus. Ikan gabus atau ikan haruan (*Channa striata*) merupakan dua jenis ikan air tawar yang keberadaannya masih banyak dijumpai dan tergolong ikan karnivora yang digemari baik sebagai ikan konsumsi (Andriyanto, 2020).

Berbagai perbandingan riset mengenai efektivitas kitosan dengan sumber alami yang berbeda diantaranya penelitian Widiyawati dkk (2022), hasil penelitian menyebutkan bahwa koagulan kitosan yang memiliki persentase *removal Total Suspended Solid* lebih dari 60% merupakan dari kitosan cangkang kepiting, kulit udang, dan cangkang kerang hijau (Widiyawati, 2022). Berdasarkan hasil penelitian dari Melani dkk (2023), bahwa perbandingan efektifitas serbuk kitin dan kitosan kepiting dengan koagulan tawas masih lebih efektif serbuk kitin dan kitosan kepiting untuk penurunan turbiditas/NTU (Melani, 2023).

Berdasarkan penelitian Firman Windhono (2023), kitosan dari cangkang rajungan sebagai biokoagulan dapat menurunkan kadar COD sesuai dengan standar baku mutu yang telah ditetapkan. Dari hasil penelitian, diperoleh penambahan biokoagulan 0,4g:250 ml memiliki efisiensi yang terbaik yaitu 99,5%, sehingga dapat menurunkan kadar COD sebesar 1017,35 mg/L menjadi 4,893 mg/L (Windhono, 2023). Selain itu, berdasarkan penelitian Nurhayati dkk (2022), kitosan yang terbuat dari cangkang kepiting rajungan sebagai koagulan dapat menurunkan kadar BOD pada limbah tahu dengan masing-masing konsentrasi 25,75 dan 125 dengan kecepatan pengadukan 50 rpm dan 150 rpm, dengan penyisihan tertinggi yaitu 77,9% (Nurhayati, 2022). Pada penelitian Putri pada tahun 2020 yang melakukan sintesis kitosan sisik ikan gabus yang menghasilkan kitosan yang memiliki nilai derajat deasetilasi 85,25%. Kitosan komersil memiliki derajat deasetilasi 75-90% (Putri, 2020).

Berdasar uraian diatas maka belum ada studi terdahulu mengenai pemanfaatan kitosan ikan gabus dan pengukuran efektivitas terhadap peningkatan kualitas air limbah tahu. Adapun tujuan penelitian ini adalah menganalisis pengaruh kitosan ikan gabus terhadap penurunan parameter limbah cair industri tahu.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan *one group pre test-post test design*. Limbah cair tahu diambil dari pabrik tahu X yang berlokasi di Guntung Payung, Landasan Ulin, Kota Banjarbaru. Jumlah



SEMINAR NASIONAL LAHAN BASAH

" Mendukung Pembangunan Berkelanjutan Melalui Penelitian: Meningkatkan Kehidupan Manusia, Melindungi Lingkungan"

9-10 September 2024

Banjarmasin

sampel yang diambil sebanyak 2000 ml karena per sampel dibutuhkan 200 ml dan terdapat 9 sampel sedangkan sisanya untuk *pre-test* dan teknik pengambilan sampel menggunakan metode *grab sampling*. Penelitian dilakukan pada 15 Mei sampai dengan 31 Mei 2023. Ada 3 tahapan dalam penelitian ini:

1. Tahap Persiapan

Persiapan bahan baku yaitu pembuatan kitosan sisik ikan gabus. Pembuatan kitosan dilakukan di Laboratorium Anorganik FMIPA Universitas Lambung Mangkurat. Isolasi kitin dari sisik ikan gabus dibagi menjadi tiga tahap pemurnian yaitu (13):

- Tahap deproteinasi menggunakan NaOH 4% (1:1 m/v) direbus di atas *hot plate* selama 1 jam. Kemudian larutan dicuci menggunakan air suling hingga pH netral lalu dikeringkan selama 24 jam pada suhu 50 °C.
- Tahap demineralisasi dengan cara menambahkan dan mengaduk dalam larutan HCL 1M (1:5 m/v) pada suhu 30 °C selama 24 jam dan dicuci menggunakan air suling sampai pH netral.
- Tahap deasetilasi kitosan dilakukan dengan memecah gugus asetil yang ada dalam ekstrak kitin dari sisik ikan gabus. Larutkan kitin dalam NaOH 50% lalu dipanaskan pada suhu 100°C di atas *hot plate* selama 120 menit. Hasil larutan yang diperoleh disaring dan dicuci dengan air suling sampai pH netral kemudian dikeringkan dalam oven pada suhu 120°C selama 24 jam. Terakhir, setelah kering serbuk kitosan diayak dengan saringan ukuran 40 mesh untuk menyamakan ukuran. Serbuk kitosan yang lolos dari saringan 40 mesh dikumpulkan lalu dievaluasi spektrum untuk mengetahui nilai DD kitosan sisik ikan gabus menggunakan Spektroskopi FTIR.

2. Tahap Pelaksanaan

- Pembuatan replikasi larutan kitosan dan limbah cair tahu

Kitosan diambil sebanyak 8 mg, 12 mg, dan 16 mg lalu dilarutkan dalam 200 ml air limbah tahu. Setiap larutan dilakukan pengadukan menggunakan *shaker* dengan pengadukan cepat sebesar 120 rpm selama 30 menit. Perlakuan tersebut diulang sebanyak 3 kali untuk mendapatkan hasil kadar yang tepat setelah dilakukan adsorpsi. Selanjutnya, larutan diendapkan dengan selang waktu 30 menit lalu larutan dapat dianalisis.

- Pengujian kadar

Pengujian kadar dilakukan di Laboratorium Kualitas Air FPK Universitas Lambung Mangkurat. Pengujian menggunakan metode titrimetri winkler untuk uji kadar BOD, metode titrimetri permanganat untuk uji kadar COD, dan menggunakan alat ukur berupa



SEMINAR NASIONAL LAHAN BASAH

" Mendukung Pembangunan Berkelanjutan Melalui Penelitian: Meningkatkan Kehidupan Manusia,
Melindungi Lingkungan"

9-10 September 2024

Banjarmasin

spektrofotometer, pH meter, dan turbidity meter.

3. Tahap Analisis Data

Untuk menentukan efektivitas pengolahan limbah cair tahu digunakan rumus (i) sebagai berikut (Kurnianto, 2017):

$$R\% = \frac{C_o - C_e}{C_o} \times 100$$

Keterangan:

R% = Persentase removal (%)

C_o = Konsentrasi *pre-test* (mg/l)

C_e = Konsentrasi *post-test* (mg/l)

Untuk menentukan standar efektifitas digunakan rumus (ii) sebagai berikut (Kurnianto, 2017):

$$E = \frac{Q_0 - Q_{BM}}{Q_0} \times 100\%$$

Keterangan:

Q₀ = nilai parameter awal (inlet/*pre-test*) diperoleh dari data kualitas air sebelum air limbah masuk ke dalam suatu proses pengolahan limbah.

Q_{BM} = nilai baku mutu diperoleh dari standar baku mutu parameter yang ditetapkan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari pengolahan kitosan sisik ikan gabus tersebut diperoleh berupa serbuk berwarna krem sebanyak 475,39 gram. Residu dari pengolahan sisik ikan gabus yang sudah kering merupakan serbuk kitosan yang akan dievaluasi. Nilai derajat deasetilasi (DD) kitosan sisik ikan gabus pada penelitian ini adalah 80,57% yang sudah memenuhi SNI kitosan komersil ($\geq 75\%$). Seiring dengan temuan bahwa karakteristik kitosan sisik ikan gabus memiliki nilai DD yaitu 85,25% (Putri, 2020).

Nilai DD kitosan terpengaruh. beberapa faktor diantaranya waktu, suhu, konsentrasi dan ukuran partikel berpengaruh pada nilai DD. Semakin meningkat suhu maka semakin banyak gugus asetil yang terlepas dari kitin sehingga dapat meningkatkan nilai DD kitosan yang dihasilkan. Dalam pengujian kimia maupun industri, angka DD pada kitosan sering dijadikan sebagai tolak ukur kualitas dan sifat- sifat dari produk kitosan yang dihasilkan

Dari penelitian yang telah dilakukan, berikut adalah hasil dari pengujian kadar BOD, COD, TSS, pH, dan kekeruhan berdasarkan variasi massa kitosan sisik ikan gabus.

Penurunan Kadar Biochemical Oxygen Demand (BOD)

Tabel 1 Hasil Uji Kadar BOD

Sampel	Massa Kitosan (mg)	Replikasi 1 (mg/l)	Replikasi 2 (mg/l)	Replikasi 3 (mg/l)	Rata-Rata (mg/l)
--------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	---------------------



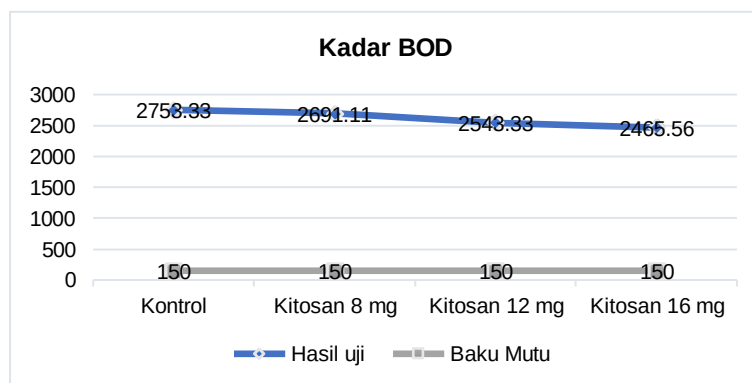
SEMINAR NASIONAL LAHAN BASAH

" Mendukung Pembangunan Berkelanjutan Melalui Penelitian: Meningkatkan Kehidupan Manusia,
Melindungi Lingkungan"
9-10 September 2024
Banjarmasin

1	8	2706,67	2660,00	2706,67	2691,11
2	12	2566,67	2473,33	2590,00	2543,33
3	16	2520,00	2380,00	2496,67	2465,56
Pre-test	0			2753,33	

Sumber: Primer, 2023

Grafik penurunan kadar BOD sebelum dan sesudah adsorpsi menggunakan beberapa massa kitosan sisik ikan gabus dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 1. Grafik Perbandingan Kadar BOD

Gambar 1 menunjukkan perbandingan kadar BOD sebelum dan sesudah penambahan kitosan sisik ikan gabus. Penurunan nilai BOD belum memenuhi standar baku mutu limbah cair industri tahu (150 mg/l). Penurunan ini dikarenakan mulai berkurangnya jumlah oksigen terlarut untuk mengoksidasi senyawa organik yang terdapat di dalam limbah tahu. Pada penelitian dengan perbandingan massa kitosan yang sama didapatkan menurunkan BOD air limbah tahu yang semula 125 mg/l turun menjadi 7 mg/l atau mengalami penurunan sebesar 94,4% (Bija, 2020). Hasil uji BOD tergantung pada jumlah dan jenis zat kimia yang ada, jumlah dan jenis mikroorganisme di dalam air limbah tahu. Kadar BOD limbah cair tahu dipengaruhi oleh jenis bahan baku dan proses produksinya. Semakin banyak kandungan protein dalam bahan baku, maka semakin tinggi kadar BOD pada limbah cairnya (Widyastuti, 2023).

Pada gambar 1 menunjukkan bahwa semakin banyak dosis adsorben kitosan yang diberikan maka kadar BOD limbah cair tahu semakin menurun tetapi tidak terlalu signifikan. Hal ini dimungkinkan karena adanya aktivitas perombakan oleh mikroorganisme. Oksigen dapat berkurang karena adanya bakteri yang menggunakan oksigen untuk proses penguraiannya. Dengan kata lain, kitosan dapat membantu penurunan kadar BOD sebagai adsorben yang dapat menyerap polutan karena sifat polikation kitosan dapat mencegah kemampuan mikroorganisme untuk mengurai polutan dengan cara berikatan dengan protein (Kurnianto, 2017).



SEMINAR NASIONAL LAHAN BASAH

" Mendukung Pembangunan Berkelanjutan Melalui Penelitian: Meningkatkan Kehidupan Manusia,
Melindungi Lingkungan"
9-10 September 2024
Banjarmasin

Maka dapat ditarik kesimpulan bahwa kitosan sisik ikan gabus dapat digunakan sebagai adsorben dalam menurunkan kadar BOD dalam limbah cair tahu akan tetapi perbedaan massa kitosan dalam artian semakin besar massa kitosan berpengaruh signifikan ($p\text{-value} = 0,0001$) tetapi tidak ada perbedaan secara nyata terhadap penurunan kadar BOD. kitosan dapat menjadi adsorben yang menyerap zat-zat organik tertentu serta mencegah pertumbuhan bakteri patogen di dalam air. Hal ini akan membantu menekan konsumsi oksigen oleh mikroba penyebab pembusukan sehingga nilai BOD- nya menjadi lebih rendah. Meskipun begitu, efektivitas penggunaan kitosan sebagai adsorben masih perlu dikaji lebih lanjut karena nilai penurunan yang didapatkan belum memenuhi standar baku mutu BOD yang telah ditetapkan Permen LH RI No. 5 tahun 2014 yaitu 150 mg/L maka masih perlu dilakukan pengolahan limbah cair lanjutan agar tidak merusak lingkungan sekitar.

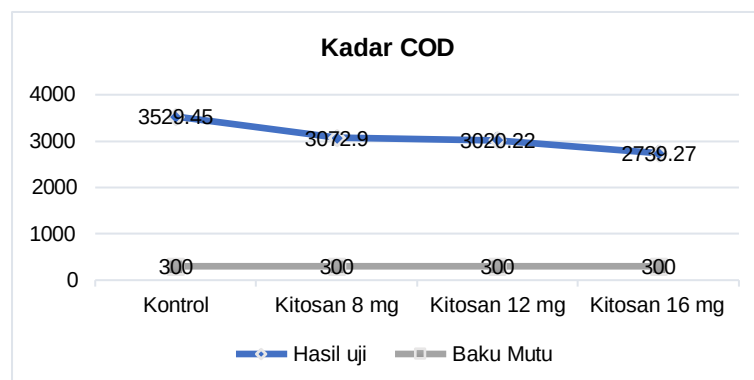
Penurunan Kadar Chemical Oxygen Demand (COD)

Tabel 2. Hasil Uji Kadar COD

Sampel	Massa Kitosan (mg)	Replikasi 1 (mg/l)	Replikasi 2 (mg/l)	Replikasi 3 (mg/l)	Rata-Rata (mg/l)
1	8	3160,70	3002,66	3055,34	3072,9
2	12	3108,02	3055,34	2897,31	3020,22
3	16	2791,95	2739,27	2686,60	2739,27
Pre-test	0	3529,45			

Sumber: Primer, 2023

Grafik penurunan kadar COD sebelum dan sesudah adsorpsi menggunakan beberapa replikasi massa kitosan sisik ikan gabus dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 2 Grafik Perbandingan Kadar COD

Gambar 2 menunjukkan perbandingan penurunan kadar COD sebelum penambahan kitosan dan sesudah penambahan kitosan. Penurunan nilai BOD belum memenuhi standar baku



SEMINAR NASIONAL LAHAN BASAH

" Mendukung Pembangunan Berkelanjutan Melalui Penelitian: Meningkatkan Kehidupan Manusia,
Melindungi Lingkungan"
9-10 September 2024
Banjarmasin

mutu limbah cair industri tahu (300 mg/L). Perbandingan massa kitosan juga dapat menurunkan kadar COD limbah air tahu yang semula 7600 mg/l menjadi 5600 mg/l (26,32%) (Bija, 2020). Pada penelitian lainnya diperoleh temuan 4 mg kitosan dapat menurunkan kadar COD air limbah tahu sebesar 25,42% (Soviana, 2020).

Beberapa faktor yang mempengaruhi penurunan kadar COD (*Chemical Oxygen Demand*) pada air limbah tahu antara lain adalah jenis bahan baku, proses produksi, serta metode pengolahan limbah. Bahan baku yang memiliki kandungan protein tinggi seperti kedelai dapat menyebabkan kadar COD yang lebih tinggi dalam limbah cair tahu. Misalnya bahwa kadar COD limbah tahu sebesar 7102 mg/L dan mengandung 20,74% protein (Asril, 2019).

Penurunan nilai COD disebabkan kitosan bersifat polielektrolit kationik. Kitosan dapat digunakan sebagai biokoagulan yang dapat menghilangkan polutan terlarut karena memiliki sifat seperti pengikat agregat, densitas muatan positif yang tinggi, pengendapan pada pH basa atau netral, dan rantai polimer yang panjang. Penambahan kitosan sebagai koagulan dalam berbagai konsentrasi dapat menurunkan kadar COD dengan menghilangkan bahan organik berupa padatan koloid pada limbah tahu. Penurunan ini diduga karena jumlah oksigen terlarut yang akan mengoksidasi senyawa organik dalam ampas tahu mulai berkurang. Faktor lainnya yaitu massa kitosan yang digunakan rendah. Pemberian massa koagulan yang tepat dalam pengolahan air limbah dapat mempengaruhi penurunan nilai COD (A KK, 2022).

Maka dapat ditarik kesimpulan bahwa terdapat berpengaruh yang signifikan ($p\text{-value} = 0,0001$) antara perbedaan massa kitosan sisik ikan gabus terhadap penurunan kadar COD karena kitosan dapat menjadi adsorben yang menyebabkan perubahan kondisi limbah cair tahu menjadi lebih asam sehingga mendorong reaksi kimia antara senyawa-senyawa organik dengan ion hidrogen (H^+) sehingga nilai COD-nya akan turun. Meskipun begitu, efektivitas penggunaan kitosan sebagai adsorben masih perlu dikaji lebih lanjut karena nilai penurunan yang didapatkan belum memenuhi standar baku mutu COD yang telah ditetapkan Permen LH RI no. 5 tahun 2014 yaitu 300 mg/l maka masih perlu dilakukan pengolahan limbah cair lanjutan agar tidak merusak lingkungan sekitar.

Penurunan Kadar Total Suspended Solid (TSS)

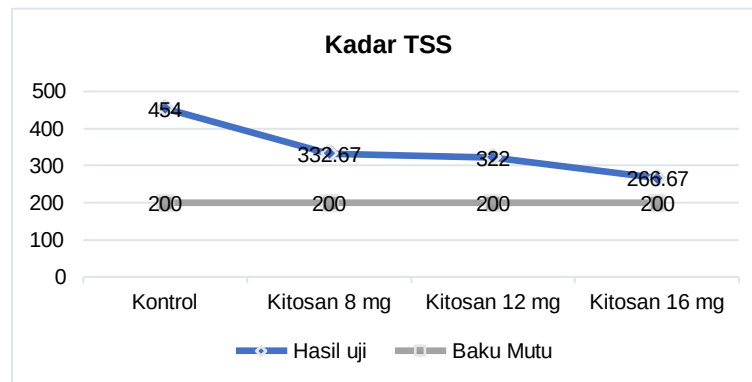
Tabel 3 Hasil Uji Kadar TSS

Sampel	Massa Kitosan (mg)	Replikasi 1 (mg/l)	Replikasi 2 (mg/l)	Replikasi 3 (mg/l)	Rata-Rata (mg/l)
1	8	328	354	316	332,67
2	12	300	340	326	322
3	16	313	242	245	266,67



Sumber: Primer, 2023

Grafik penurunan kadar TSS sebelum dan sesudah adsorpsi menggunakan beberapa replikasi massa kitosan sisik ikan gabus dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 3 Grafik Perbandingan Kadar TSS

Gambar 3 menunjukkan perbandingan penurunan kadar TSS sebelum penambahan kitosan dan sesudah penambahan kitosan. Penurunan kadar TSS belum memenuhi standar baku mutu limbah cair industri tahu (200 mg/L). Penurunan kadar TSS tertinggi saat diberi kitosan 16 mg. Maka dapat ditarik kesimpulan bahwa kitosan sisik ikan gabus dapat digunakan sebagai adsorben dalam menurunkan kadar TSS dalam limbah cair tahu dengan perbedaan massa kitosan dalam artian semakin besar massa kitosan berpengaruh signifikan terhadap penurunan kadar TSS. Semakin tinggi massa kitosan maka kadar TSS yang terdapat dalam air sampel semakin menurun (Zahra, 2021). Penurunan kadar TSS tertinggi saat diberi massa kitosan 16 mg. Tingginya kadar TSS pada air limbah tahu dapat disebabkan pada saat proses pembuatan tahu. TSS limbah cair tahu dapat berasal dari sisa bahan yang digunakan dalam proses pembuatan seperti tepung kedelai, air pencucian, dan sampah organik (Setiati, 2021).

Perbandingan massa kitosan sangat berpengaruh terhadap keberhasilan proses adsorpsi. Dapat dilihat pada gambar 3, massa yang terlalu rendah akan mengakibatkan kurang efektif proses flokulasi pada inti flok, meninggalkan lebih banyak partikel koloid. Ketika dosis meningkat, partikel koloid bergabung untuk membentuk lebih banyak makroflok, dengan hasil koloid yang tersisa lebih sedikit. Kecepatan pengadukan yang cepat juga memiliki pengaruh penting pada proses pencampuran dalam air tidak menyebabkan proses pengikatan yang akan merusak air kembali. Penurunan kadar TSS tertinggi saat diberi massa kitosan 16 mg. Proses optimal ini pada akhirnya menghasilkan hasil akhir yang paling baik diantara yang lain (Ainurrofiq, 2017).

Maka dapat ditarik kesimpulan bahwa kitosan sisik ikan gabus dapat digunakan sebagai



SEMINAR NASIONAL LAHAN BASAH

" Mendukung Pembangunan Berkelanjutan Melalui Penelitian: Meningkatkan Kehidupan Manusia,
Melindungi Lingkungan"
9-10 September 2024
Banjarmasin

adsorben dalam menurunkan kadar TSS dalam air limbah tahu dengan perbedaan massa kitosan dalam artian semakin besar massa kitosan berpengaruh signifikan ($p\text{-value} = 0,0001$) terhadap penurunan kadar TSS. Kitosan dapat digunakan sebagai adsorben untuk menyerap dan mengendapkan partikel-partikel padat atau suspensi dari limbah cair tahu sehingga memudahkan pengelolaan dan pengolahan lanjutan seperti filtrasi atau sedimentasi. Dengan demikian, kitosan membantu menghilangkan zat-zat penyebab pencemaran seperti protein, lemak, dan serat-serat serta memperbaiki kondisi lingkungan dengan menurunkan nilai TSS-nya. Meskipun begitu, efektivitas penggunaan kitosan sebagai adsorben masih perlu dikaji lebih lanjut karena nilai penurunan yang didapatkan belum memenuhi standar baku mutu TSS yang telah ditetapkan Permen LH RI No. 5 tahun 2014 yaitu 200 mg/L maka masih perlu dilakukan pengolahan limbah cair lanjutan agar tidak merusak lingkungan sekitar.

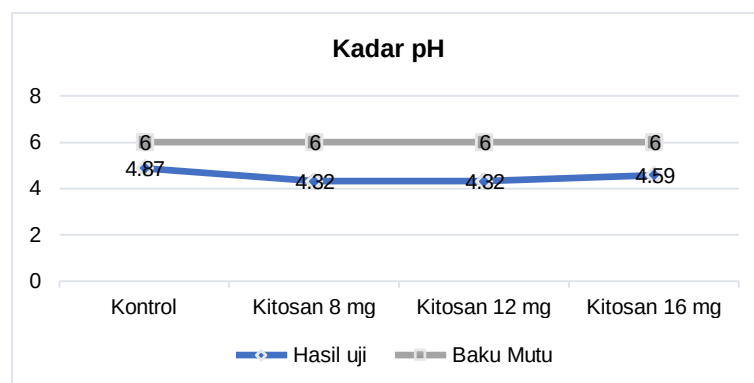
Penurunan Kadar pH

Tabel 4 Hasil Uji Kadar pH

Sampel	Massa Kitosan (mg)	Replikasi 1 (mg/l)	Replikasi 2 (mg/l)	Replikasi 3 (mg/l)	Rata-Rata (mg/l)
1	8	4,25	4,35	4,37	4,32
2	12	4,31	4,31	4,34	4,32
3	16	4,56	4,61	4,60	4,59
<i>Pre-test</i>	0	4,87			

Sumber: Primer, 2023

Grafik penurunan kadar pH sebelum dan sesudah adsorpsi menggunakan beberapa massa kitosan sisik ikan gabus dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 4 Grafik Perbandingan Kadar pH

Gambar 4, menunjukkan bahwa adsorpsi menggunakan kitosan untuk limbah cair tahu mampu menurunkan kadar pH air limbah tahu, hal ini ditunjukkan dari hasil nilai pH *pre-test* sebesar 4,87 dan mengalami penurunan setelah dilakukan pengolahan yang mana semakin jauh



SEMINAR NASIONAL LAHAN BASAH

" Mendukung Pembangunan Berkelanjutan Melalui Penelitian: Meningkatkan Kehidupan Manusia,
Melindungi Lingkungan"
9-10 September 2024
Banjarmasin

dari standar baku mutu limbah cair industri tahu (6-9). Hasil pengujian ini tidak sejalan dengan penelitian Zahra (2021), dengan perbandingan massa kitosan 4 mg dapat menurunkan kadar pH limbah cair yang semula 4,1 menjadi 7,9. Temuan bahwa kitosan dapat meningkatkan kadar pH limbah cair tahu yang asam tetapi tidak terlalu efektif, hal ini dibuktikan dari nilai pH awal sebesar 5,0 dan hanya mengalami sedikit peningkatan sampai batas pH netral setelah dilakukan pengolahan (Nurhayati, 2022).

Umumnya air limbah tahu memiliki nilai pH berkisar antara 4-5. Hal tersebut dimungkinkan karena pada proses produksi tahu dilakukan penambahan bahan yang bersifat asam atau berasal dari air baku pembuatan tahu yang bersifat asam sehingga dapat mempengaruhi kondisi pH limbah cair tahu tersebut (Kurnianto, 2017). Selain itu juga penurunan kadar pH ini disebabkan karena kitosan memiliki sifat sebagai asam lemah yang mampu menurunkan nilai pH pada air limbah. Namun perlu diingat bahwa efek dari penambahan kitosan terhadap nilai pH-nya sangat bergantung pada beberapa faktor seperti massa dan jenis bahan kimia lain yang terkandung dalam limbah cair (Pratiwi, 2016).

Maka dapat ditarik kesimpulan bahwa perbedaan massa kitosan berpengaruh signifikan ($p\text{-value} = 0,0001$) terhadap penurunan kadar pH karena kitosan dapat menjadi adsorben yang menyerap ion positif yang ada pada air limbah tahu, dengan terserapnya ion positif tersebut maka ion negatif akan semakin sedikit yang mengakibatkan kadar pH akan menurun. Dengan kadar pH air limbah tahu yang awalnya asam, penurunan kadar tersebut mengakibatkan kualitas air kitosan menjadi lebih buruk dari pH awalnya. Sesuai baku mutu yang telah ditetapkan Permen LH RI No. 5 Tahun 2014 yang menyebutkan standar baku mutu kadar pH adalah 6-9 maka diperlukan seperti penambahan adsorben kitosan yang bersifat sedikit basa dan metode pengolahan limbah cair lanjutan agar tidak merusak lingkungan sekitar.

Penurunan Kadar Kekeruhan (Turbidity)

Tabel 5 Hasil Uji Kadar Kekeruhan

Sampel	Massa Kitosan (mg)	Replikasi 1 (mg/l)	Replikasi 2 (mg/l)	Replikasi 3 (mg/l)	Rata-Rata (mg/l)
1	8	421	373	331	375
2	12	324	366	276	322
3	16	234	197	169	200
<i>Pre-test</i>	0	687			

Sumber: Primer, 2023

Grafik penurunan kadar kekeruhan sebelum dan sesudah adsorpsi menggunakan beberapa massa kitosan sisik ikan gabus dapat dilihat pada gambar berikut.

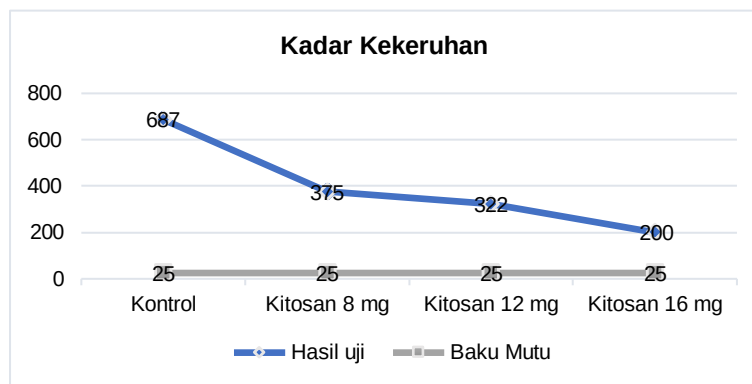


SEMINAR NASIONAL LAHAN BASAH

" Mendukung Pembangunan Berkelanjutan Melalui Penelitian: Meningkatkan Kehidupan Manusia, Melindungi Lingkungan"

9-10 September 2024

Banjarmasin



Gambar 5. Grafik Perbandingan Kadar Kekeruhan

Berdasarkan gambar 5, terlihat perbandingan penurunan kadar kekeruhan akibat penambahan kitosan dan tanpa penambahan kitosan. Penurunan nilai kekeruhan belum memenuhi standar baku mutunya (25 NTU). Hasil pengujian yang sejalan bahwa dengan massa kitosan yang sama didapatkan penurunan kadar kekeruhan limbah cair sebesar 81% (Zahra, 2021). Sama seperti kadar TSS, tingginya kadar kekeruhan air limbah air tahu disebabkan saat proses pembuatan tahu. Kadar kekeruhan pada air limbah tahu dapat berasal dari sisa-sisa bahan-bahan yang digunakan dalam proses produksi seperti tepung kedelai, air pencucian, dan sampah organik (Setiati, 2021).

Semakin tinggi massa kitosan maka kadar kekeruhan yang terdapat dalam air sampel semakin menurun (Zahra, 2021). Penurunan kadar kekeruhan tertinggi saat diberi kitosan 16 mg. Penambahan kitosan pada limbah cair dapat menurunkan kadar kekeruhan karena kitosan sebagai koagulan alami memiliki kemampuan untuk mengikat partikel organik dan anorganik pada air limbah menjadi partikel yang lebih besar sehingga lebih mudah mengendap. Flokulasi ini akan membantu menghilangkan zat-zat penyebab kekeruhan seperti padatan tersuspensi, lumpur atau koloid (Agusta, 2021). Namun perlu diingat bahwa efek dari penambahan kitosan terhadap nilai kekeruhan sangat bergantung pada beberapa faktor diantaranya jenis dan konsentrasi bahan kimia dalam air limbah, suhu, durasi pengendapan, serta teknologi pengolahan limbah.

Senyawa kimia seperti kitosan dapat digunakan untuk mengurangi kekeruhan air limbah tahu. Kitosan membantu partikel halus menggumpal menjadi partikel yang lebih besar sehingga lebih mudah diendapkan dan disaring. Konsentrasi koagulan yang tepat perlu ditentukan agar proses pengolahan berjalan dengan efektif. Selain itu, suhu juga dapat mempengaruhi kekeruhan pada air limbah. Pada suhu rendah, partikel koloid cenderung bertumbukan dan saling melekat satu sama lain sehingga ukuran partikelnya menjadi lebih besar dan nilai kekeruhannya menurun. Durasi pengendapan juga merupakan faktor penting dalam penurunan kadar kekeruhan pada limbah cair tahu. Semakin lama durasi pengendapannya maka semakin banyak zat-zat padatan



SEMINAR NASIONAL LAHAN BASAH

" Mendukung Pembangunan Berkelanjutan Melalui Penelitian: Meningkatkan Kehidupan Manusia,
Melindungi Lingkungan"
9-10 September 2024
Banjarmasin

tersuspensi yang terpisahkan dari larutan dan menyebabkan nilai turbiditas turun. Oleh karena itu, diperlukan perlakuan khusus untuk menentukan dosis dan waktu pemberian agar tidak merusak lingkungan sekitar (Zahra, 2021).

Maka dapat ditarik kesimpulan bahwa kitosan sisik ikan gabus dapat digunakan sebagai adsorben dalam penurunan kadar kekeruhan limbah cair tahu dengan perbedaan massa kitosan dalam artian semakin besar massa kitosan berpengaruh signifikan ($p\text{-value} = 0,0001$) terhadap penurunan kadar kekeruhan. Kitosan dapat digunakan sebagai koagulan untuk mengendapkan partikel-partikel padat atau suspensi dari limbah cair tahu sehingga memudahkan pengelolaan dan pengolahan lanjutan seperti filtrasi atau sedimentasi. Dengan demikian, kitosan dapat membantu mengurangi kekeruhan (*turbidity*) dari limbah cair tahu. Meskipun begitu, efektivitas penggunaan kitosan sebagai adsorben masih perlu dikaji lebih lanjut karena nilai penurunan yang didapatkan belum memenuhi standar baku mutu kekeruhan yang telah ditetapkan PermenKes RI No. 2 tahun 2023 yaitu 25 NTU maka masih perlu dilakukan pengolahan limbah cair lanjutan agar tidak merusak lingkungan sekitar.

Efektifitas Penurunan Kadar BOD, COD, TSS, pH dan Kekeruhan

Tabel 6. Efektifitas Penurunan Kadar Parameter dan Kapasitas Adsorpsi

Sampel	Massa Kitosan (mg)	Baku Mutu	C ₀	C _e	Standar Efektivitas	Efisiensi Removal	Kapasitas Adsorpsi
BOD (mg/l)							
1	8	150	2753,33	2691,11	94,55%	2,26%	1,5555
2	12			2543,33		7,63%	3,5
3	16			2465,56		10,45%	3,5971
COD (mg/l)							
1	8	300	3529,45	3072,90	91,50%	12,93%	11,4137
2	12			3020,22		14,43%	8,4872
3	16			2739,27		22,39%	9,8772
TSS (mg/l)							
1	8	200	454	332,67	55,95%	26,72%	3,2832
2	12			322		29,07%	2,2
3	16			266,67		41,26%	2,3416
Ph							
1	8			4,32		11,29%	0,0137



SEMINAR NASIONAL LAHAN BASAH

" Mendukung Pembangunan Berkelanjutan Melalui Penelitian: Meningkatkan Kehidupan Manusia,
Melindungi Lingkungan"
9-10 September 2024
Banjarmasin

2	12	6-9	4,87	4,32	-23,20%	11,29%	0,0092
3	16			4,59		5,75%	0,0035

Kekeruhan (NTU)

1	8	25	687	375	96,36%	45,41%	7,8
2	12			322		53,13%	6,0833
3	16			200		70,89%	6,0875

Efektivitas adalah ketepatan cara bagaimana sesuatu dilakukan, atau untuk menyelesaikan tugas dengan benar dan akurat tanpa membuang waktu dan biaya. Tingkat penyisihan atau efektifitas pengolahan adalah tingkat penurunan atau peningkatan konsentrasi parameter tertentu dalam persen (%) setelah pengolahan air limbah. Hasil perbandingan antara efektivitas hasil akhir pengolahan limbah dengan standar efektivitas diperlukan untuk menentukan efektivitas proses pengolahan limbah pada setiap parameter. Standar efektivitas dihitung dengan menggunakan rumus (ii) di atas. Mengenai parameter BOD, COD, TSS, pH dan kekeruhan, hasil uji limbah cair tahu belum memenuhi standar baku mutu Permen LH RI No. 5 Tahun 2014 dan PermenKes RI No. 2 tahun 2023. Standar efektivitas masing-masing parameter adalah 94,55% untuk BOD, 91,50% untuk COD, 55,95% untuk TSS, - 23,20% untuk pH dan 96,36% untuk kekeruhan. Parameter yang paling mendekati standar efektifitas baku mutu adalah TSS dengan massa kitosan 16 mg.

Berdasarkan tabel 6, efisiensi removal adsorpsi untuk menentukan efektifitas penurunan konsentrasi suatu zat pada media sebelum dan sesudah perlakuan. Dari tabel 6 di atas, diketahui bahwa efektivitas tertinggi pada uji kadar kekeruhan adalah kitosan dengan massa 16 mg/200 ml dengan persentase removal sebesar 70,89%. Sejalan dengan massa optimum penurunan kadar TSS yang paling besar yaitu pada massa 16 mg/200 ml dengan persentase removal sebesar 41,26%. Efektivitas penurunan kadar TSS dan ditemukan hasil bahwa perbandingan pH dengan massa kitosan yang sama didapatkan penurunan kadar TSS dan kekeruhan pada pengolahan air sumur berturut yang semula TSS 198,4 mg/l dan kekeruhan 23,73 menjadi 7,66 mg/l sehingga efektivitas penurunan kadar TSS turun sekitar 64,72% dan kekeruhan turun sekitar 67,72% (Zahra, 2021). TSS berpengaruh signifikan terhadap nilai kekeruhan air limbah tahu. Kekeruhan dalam air adalah murni efek optik dari sebaran cahaya yang melewati air. Pengaruh TSS terhadap kekeruhan adalah TSS secara signifikan membatasi penetrasi cahaya ke dalam air yang menyebabkan nilai kekeruhan meningkat dan air tampak lebih gelap. Dapat dikatakan dengan massa kitosan 16 mg/200 ml didapatkan hasil efektifitas penurunan kadar TSS dan kekeruhan tertinggi yang menyebabkan penurunan nilai parameter akibat partikel yang diendapkan



SEMINAR NASIONAL LAHAN BASAH

" Mendukung Pembangunan Berkelanjutan Melalui Penelitian: Meningkatkan Kehidupan Manusia, Melindungi Lingkungan"

9-10 September 2024

Banjarmasin

menyisakan ruang bagi cahaya untuk melewati bagian air (Ainurrofiq, 2017).

Berdasarkan tabel 6, efektivitas penurunan kadar COD tertinggi adalah kitosan dengan massa 16 mg/200 ml dapat menurunkan kadar COD limbah tahu sebesar 22,39%. Penurunan konsentrasi COD tidak terlalu signifikan, hal ini dimungkinkan karena kandungan COD awal limbah tahu yang sangat tinggi (3529,45 mg/l) dan massa kitosan yang digunakan terlalu rendah. Dibandingkan dengan hasil penelitian yang mengamati penurunan kandungan COD limbah air pencuci dengan perbandingan massa kitosan yang sama, yang semula sebesar 910,06 mg/l menjadi 480,32 mg/l atau penurunan sekitar 47,22% (Kasmudin, 2022). Penyisihan kadar COD terkait erat dengan kinerja proses penyisihan TSS. Dengan dosis yang tepat, mekanisme flokulasi dapat bekerja dengan baik dan menjamin pengendapan yang maksimal. Kecepatan pemutaran yang cepat juga memiliki pengaruh penting dalam memastikan proses pencampuran dalam air tidak menyebabkan proses pengikatan mengalami kerusakan kembali. Proses optimal ini pada akhirnya menghasilkan nilai pengukuran akhir terbaik (Ainurrofiq, 2017).

Berdasarkan tabel 6, efektivitas penurunan kadar BOD tertinggi adalah kitosan dengan massa 16 mg/200 ml dapat menurunkan kadar BOD limbah tahu sebesar 10,45%. Penurunan kadar BOD tidak terlalu signifikan ini dimungkinkan karena kadar BOD awal air limbah tahu yang sangat tinggi (2753,33 mg/l) dan massa kitosan yang digunakan terlalu sedikit. Massa kitosan yang sama digunakan dalam rangka menurunkan kadar BOD limbah air laundry yang semula 316,12 mg/l menjadi 134,61 mg/l atau turun sekitar 57,42% (Kasmudin, 2022).

Berdasarkan tabel 6, adsorpsi menggunakan kitosan untuk limbah cair tahu tidak efektif dalam penurunan kadar pH yang terdapat dalam air limbah tahu, hal ini ditunjukkan dari nilai pH awal sebesar 4,87 dan mengalami penurunan sebesar 11,29% setelah ditambahkan kitosan. Penurunan kadar tersebut menunjukkan bahwa nilai pH limbah cair tahu setelah pengolahan semakin jauh dari standar baku mutu limbah cair industri tahu. Berdasarkan penelitian Nurhayati (2022), dengan temuan bahwa kitosan dapat meningkatkan kadar pH limbah cair tahu yg asam tetapi tidak terlalu efektif, hal ini dibuktikan dari nilai pH awal sebesar 5,0 dan hanya mengalami sedikit peningkatan sampai batas pH netral setelah dilakukan pengolahan (Nurhayati, 2022). Perbedaan massa kitosan berpengaruh signifikan terhadap penurunan kadar pH tetapi untuk pengukuran kadar pH yang limbah tahu yang awalnya asam keberhasilan peningkatan kualitas air limbah yang diharapkan adalah dengan hasil meningkatnya kadar pH setelah penambahan kitosan. Salah satu faktor penggangguanya karena massa kontak yang belum tepat (Zahra, 2021).

Peningkatan massa kitosan yang ditambahkan dalam pengolahan limbah cair tahu efektif meningkatkan efisiensi removal pada adsorpsi. Sebaliknya, semakin besar massa sisik ikan gabus kitosan maka semakin kecil kapasitas adsorpsinya. Hal ini disebabkan banyaknya gugus amina



SEMINAR NASIONAL LAHAN BASAH

" Mendukung Pembangunan Berkelanjutan Melalui Penelitian: Meningkatkan Kehidupan Manusia,
Melindungi Lingkungan"
9-10 September 2024
Banjarmasin

yang tinggi seiring dengan penambahan kitosan pada limbah cair tahu. Kapasitas adsorpsi terbaik adalah massa kitosan yaitu 16 mg/200 ml. Penyebab terjadinya penurunan kapasitas adsorpsi terdapat bagian aktif dari adsorben yang tidak sepenuhnya terikat pada adsorben (Reyra, 2017).

KESIMPULAN

Terdapat pengaruh yang signifikan antara massa kitosan sisik ikan gabus terhadap penurunan kadar BOD dengan nilai signifikan 0,0001 tetapi tidak ada perbedaan secara nyata dari perbedaan massa kitosan terhadap rata-rata penurunan kadar BOD. Terdapat pengaruh yang signifikan antara massa kitosan sisik ikan gabus terhadap penurunan kadar COD dengan nilai signifikan 0,0001 dan ada perbedaan secara nyata dari rata-rata penurunan kadar COD. Terdapat pengaruh yang signifikan antara massa kitosan sisik ikan gabus terhadap penurunan kadar TSS dengan nilai signifikan 0,0001 dan ada perbedaan secara nyata dari rata-rata penurunan kadar TSS. Terdapat pengaruh yang signifikan antara massa kitosan sisik ikan gabus terhadap penurunan kadar kekeruhan dengan nilai signifikan 0,0001 dan ada perbedaan secara nyata dari rata-rata penurunan kadar kekeruhan. Terdapat pengaruh yang signifikan antara massa kitosan sisik ikan gabus terhadap penurunan kadar pH dengan nilai signifikan 0,0001 tetapi tidak ada perbedaan secara nyata dari rata-rata penurunan kadar pH dan belum efektif meningkatkan kualitas air limbah tahu. Semakin besar massa kitosan sisik ikan gabus menyebabkan persentase removal yang semakin tinggi dan sebaliknya, semakin besar massa kitosan sisik ikan gabus maka kapasitas adsorpsi menjadi menurun.

Bagi peneliti selanjutnya disarankan untuk meneliti keefektifan kitosan sisik gabus dalam pengolahan limbah cair industri tahu yaitu perlu dilakukan penelitian lebih lanjut terkait peningkatan rentang waktu, rentang massa optimum adsorben kitosan dan kecepatan pengadukan terhadap penurunan kadar BOD, COD, TSS, pH dan kekeruhan agar dapat memenuhi standar baku mutu. Diperlukan penelitian lebih lanjut untuk menurunkan pH dengan perbaikan cara pengolahan limbah tahu cair agar kadar pH memenuhi baku mutu.

DAFTAR PUSTAKA

- A KK, A FF, Artiningsih AB. Pengaruh Konsentrasi Kitosan Siput Keong Terhadap Turunan Kadar BOD dan COD pada Limbah Laundry. 2022;4(1):0–6
- Agusta I. Ekstraksi kitosan dari limbah kulit udang dengan proses deasetilasi. CHEMTAG J Chem Eng. 2021;2(2):38–43
- Ainurrofiq MN, Purwono, Hadiwidodo M. Studi penurunan TSS, turbidity, dan COD dengan menggunakan kitosan dari limbah cangkang keong sawah (*Pila Ampullacea*) sebagai nano biokoagulan dalam pengolahan limbah cair PT. Phapros, TBK Semarang. J Tek Lingkung. 2017;6(1):1–13



SEMINAR NASIONAL LAHAN BASAH

" Mendukung Pembangunan Berkelanjutan Melalui Penelitian: Meningkatkan Kehidupan Manusia,
Melindungi Lingkungan"
9-10 September 2024
Banjarmasin

- Asril M, Oktaviani I, Leksikowati S. Isolasi Bakteri Indigineous dari limbah cair tahu dalam mendegradasi protein dan melarutkan fosfat. *J Teknol Lingkung*. 2019;20(1):68–72
- Andriyanto S, Novita H, Lusiastuti AM. Identifikasi Bakteri Patogen dan Parasit Penyebab Penyakit Pada Ikan Toman (*Channa micropeltes*). *Media Akuakultur*. 2020;15(1):39–46
- Bija S, Yulma, Imra, Aldian, Maulana A, Rozi A. Biochoagulant Synthesis Based on Chitosan from Bandeng Fishing Waste and Its Application of Reduction of BOD and COD Value of Tofu Waste In Tarakan City. *J Pengolah Has Perikan Indones*. 2020;23(1):86–92
- Cahyani MR, Zuhaela IA, Saraswati TE, Raharjo SB, Pramono E, Wahyuningsih S, et al. Pengolahan Limbah Tahu dan Potensinya. *Proceeding Chem Conf*. 2021;6(2):27
- Kasmudin K, Fitria F, Artiningsih A. The Influence of Concentration Chitosan of A Shell Snail to Lower Levels of BOD and COD on Waste Laundry. *J Appl Sci Eng Technol Educ*. 2022;4(1):9–15
- Kesehatan K. Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia No.32 Tahun 2017. 2017;(864):1–30
- Kurnianto E, Apriani I, Pramadita S. Pengolahan limbah cair tahu dengan penambahan kitosan pada reaktor anaerob dengan variasi waktu tinggal. *J Teknol Lingkungan Lahan Basah*. 2017;5(1):1– 10
- Lingkungan Hidup K. Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia No.5 Tahun 2014. 2014;(1815):1–85
- Melani A, Robiah, Pratama P. Limbah Cangkang Kepiting sebagai Biokoagulan pada Sistem Water Treatment (Kajian Pengaruh Variasi Jenis dan Konsentrasi Koagulan, Kecepatan Pengadukan). *J Inov [Internet]*. 2023;6(2):50–5. Available from: www.ojs.politeknikjambi.ac.id/index/inovator
- Nurhayati, Anjaswati SG. Cangkang Kepiting Ranjungan (*Portunus pelagius*) Sebagai Koagulan Untuk Pengolahan Limbah Cair. *Metr Ser dan Sains*. 2022;3(2):64–9
- Putri DKT, Wijayanti Diah WH, Oktiani BW, Candra, Sukmana BI, Rachmadi P, et al. Synthesis and characteristics of Chitosan from Haruan (*Channa striata*) fish scales. *Syst Rev Pharm*. 2020;11(4):15–20
- Pratiwi AZ. Identifikasi dampak limbah cair industri tahu terhadap kualitas air Sungai Kemuning di Kecamatan Banjarbaru Selatan. Universitas Lambung Mangkurat; 2016
- Ramadhani AA, Firdhausi NF. Potensi Limbah Sisik Ikan Sebagai Kitosan dalam Pembuatan Bioplastik. *J Al-Azhar Indones Seri Saind dan Teknol*. 2021;6(2):90–5
- Reyra AS, Daud S, Yenti SR. Pengaruh massa dan ukuran partikel adsorben daun nanas terhadap efesiensi penyisihan Fe pada air gambut. *Jom FTEKNIK*. 2017;4(2):1–9
- Setiati R, Siregar S, Wahyuningrum D, Fathaddin MT. Potensi keberhasilan kulit udang sebagai bahan dasar polimer kitosan: studi literatur. *J Penelit dan Karya Ilm Lemb Penelit Univ Trisakti*. 2021;6(1):156–64
- Soviana E, Irfan M, Siswanti. Pembuatan kitosan dari limbah cangkang kepiting untuk mengolah limbah cair tahu. *Pros Semin Nas Tek Kim “Kejuangan.”* 2020;2:1–6



SEMINAR NASIONAL LAHAN BASAH

" Mendukung Pembangunan Berkelanjutan Melalui Penelitian: Meningkatkan Kehidupan Manusia,
Melindungi Lingkungan"

9-10 September 2024

Banjarmasin

Widiyawati C, Dian YP, Rizka Nisa H. Kemampuan Koagulan Kitosan dalam Penurunan Konsentrasi TSS dan COD Pengolahan Limbah Cair (Review Jurnal). *TECNOSCIENZA*. 2022;6(2):294– 310

Widyastuti. Perbandingan karakteristik dan kualitas kitosan dari kulit udang jerbung (*Penaeus merguensis* de Man) dan udang windu (*Penaeus monodon* Fabricius). *SITAWA J Farm Sains dan Obat Tradis*. 2023;2(1):1–14

Windhono F, Dzaky MM, Dewati R, Sunarti AY. Pemanfaatan Kitosan dari Cangkang Rajungan Sebagai Biokoagulan pada Air Limbah Industri Tahu. *J Tek Kim*. 2023;17(2):56–60

Zahra RN. Pemanfaatan Cangkang Kerang Darah (*Anadara Granosa*) sebagai Koagulan Alami dalam Menurunkan Kadar TSS dan Kekeruhan. Universitas Islam Indonesia Yogyakarta; 2021