

PENGARUH pH LIMBAH DAN PERBANDINGAN KITOSAN DENGAN TSS PADA PENGENDAPAN LIMBAH CAIR BISKUIT

Andri Saputra¹, Sugili Putra², Noor Anis Kundari³

¹STTN-BATAN, Yogyakarta, Indonesia, andrisaputrasst@gmail.com

²STTN-BATAN, Yogyakarta, Indonesia, sugili@batan.go.id

³STTN-BATAN, Yogyakarta, Indonesia, nooranis@batan.go.id

INTISARI

PENGARUH pH LIMBAH DAN PERBANDINGAN KITOSAN DENGAN TSS PADA PENGENDAPAN LIMBAH CAIR BISKUIT. Limbah cair biskuit umumnya mempunyai TSS 500-700 mg/L yang terdiri dari bahan organik seperti karbohidrat, protein, lemak, dan serat kasar. Limbah tersebut harus diolah supaya TSS sesuai dengan baku mutu limbah (85 mg/L). Mengingat kandungan limbah terdiri dari bahan organik yang jika diendapkan bisa dimanfaatkan sebagai pakan hewan. Untuk maksud itu, limbah harus diendapkan menggunakan senyawa yang tidak toksik yakni kitosan. Penurunan TSS limbah yang optimum perlu memperhatikan faktor yang berpengaruh yakni pH limbah dan perbandingan kitosan dengan TSS. Penelitian dimulai dengan pembuatan kitosan dari isolasi kitin cangkang bekicot dan pembuatan limbah biskuit simulasi. Proses pengendapan dilakukan menggunakan metode jar test dengan variasi pH limbah dari 4 hingga 10 dan variasi perbandingan kitosan dengan TSS dari 0,18 hingga 1,80. Proses jar test dilakukan dengan koagulasi pada kecepatan 200 rpm selama 30 detik, flokulasi pada kecepatan 10 rpm selama 10 menit, dan pengendapan selama 30 menit. Penentuan TSS menggunakan metode gravimetri. Hasil penelitian menyatakan bahwa TSS limbah bisa diendapkan menggunakan kitosan cangkang bekicot dengan kondisi optimum proses adalah pH limbah 8 dengan perbandingan kitosan dengan TSS 0,45. Pengkondisian ini akan menghasilkan penurunan TSS limbah sebesar 94,34%.

Kata kunci : limbah cair biskuit, kitosan, pengendapan, TSS

ABSTRACT

THE EFFECT OF WASTEWATER pH AND RATIO OF CHITOSAN TO TSS ON BISCUIT WASTEWATER TREATMENT. Biscuit wastewater generally have TSS 500-700 mg / L which is composed of organic materials such as carbohydrates, protein, fat, and fiber. That wastewater must be processed in order to fulfill TSS content up to wastewater quality standards (85 mg/L). Since biscuit wastewater consists of organic material, when it is deposited can be used as animal food. In order to that, wastewater must be precipitated using non-toxic compound, such as non toxic. The optimum TSS decrease of wastewater TSS needs to consider some affecting factors, that are wastewater pH and chitosan dose. This research was started by making chitosan from chitin isolation of snail shell and simulation of biscuit wastewater. Precipitation process used a jar test method with wastewater pH variation from 4 to 10 and ratio of chitosan to TSS from 0,18 to 1,80. Jar test process did by coagulation speed 200 rpm for 30 second, flocculation speed 10 rpm for 10 minute, and settling time for 30 minute. TSS determination using gravimetric methods. The resulted research shows that wastewater TSS can be precipitated using chitosan from snail shell with optimum condition in wastewater of pH 8 and ratio of chitosan to TSS about 0.45. This treatment process generates TSS reduction up to 94.34%.

Keyword : biscuit wastewater, chitosan, precipitation, TSS

PENDAHULUAN

Limbah cair biskuit umumnya mempunyai TSS 500-700 mg/L^[1] yang terdiri dari bahan organik seperti karbohidrat, protein, lemak, dan serat kasar. Limbah tersebut harus diolah supaya TSS sesuai dengan baku mutu limbah biskuit (85 mg/L). Mengingat kandungan limbah terdiri dari bahan organik yang jika diendapkan bisa dimanfaatkan sebagai pakan hewan. Untuk maksud

itu, limbah harus diendapkan menggunakan senyawa yang tidak toksik yakni kitosan. Bahan yang bisa digunakan untuk mendapatkan kitosan adalah cangkang bekicot. Cangkang bekicot (*Achatina fullica*) mengandung kitin sekitar 70% - 80%^[2]. Pemanfaatan cangkang bekicot dimaksudkan untuk memanfaatkan limbah cangkang bekicot yang belum dimanfaatkan.

Proses koagulasi-flokulasi harus pada kondisi optimum agar TSS setelah pengolahan

sesuai dengan baku mutu limbah. Faktor-faktor yang berpengaruh pada proses koagulasi-flokulasi yakni pH, koagulan, suhu, dan pengadukan^[3], namun menurut koagulan dan pH merupakan dua faktor yang penting^[4]. Setiap jenis koagulan mempunyai jarak atau *range* pH yang berbeda untuk bekerja secara efektif. Penelitian ini dimaksudkan untuk mengetahui bagaimana pengaruh kitosan dan pH limbah terhadap persen penurunan padatan tersuspensi total (TSS), hingga diperoleh kondisi optimum (sesuai baku mutu). Metode penentuan kondisi optimum pada proses pengendapan menggunakan metode *jar test* dan metode penentuan TSS filtrat menggunakan metode gravimetri.

TEORI

Kestabilan Padatan Tersuspensi

Padatan tersuspensi yang terdiri dari partikel tersuspensi biasa dan partikel koloid mempunyai ukuran 10^{-6} m ($1 \mu\text{m}$) sampai 10^{-3} m ($1000 \mu\text{m}$)^[5]. Partikel padatan dalam air baku sebagian besar bermuatan listrik negatif. Partikel ini cenderung untuk saling tolak-menolak satu sama lainnya sehingga tetap stabil dalam bentuk tersuspensi dalam air^[3]. Suspensi atau koloid bisa dikatakan stabil jika semua gaya tolak menolak antar partikel lebih besar dari gaya tarik massa, sehingga didalam waktu tertentu tidak terjadi agregasi. Ada tiga gaya yang menyebabkan stabilitas partikel, yaitu Van der Waals, Elektrostatik, dan Brownian^[6].

Koagulasi dan Flokulasi

Kestabilan padatan tersuspensi dapat dikurangi dengan proses koagulasi (proses destabilisasi) melalui penambahan koagulan dengan muatan berlawanan. Terjadinya muatan pada partikel menyebabkan antar partikel yang berlawanan cenderung bergabung membentuk inti flok^[6].

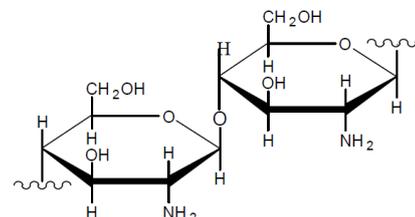
Pada proses koagulasi dilakukan pengadukan secara cepat agar koagulan terdistribusi merata sehingga proses pembentukan inti flok dapat terjadi secara merata pula^[7]. Proses koagulasi selalu diikuti oleh proses flokulasi. Flokulasi adalah proses membuat inti flok bergabung sehingga membentuk flok yang lebih besar^[8]. Proses flokulasi berlangsung dengan pengadukan lambat agar campuran dapat membentuk flok-flok yang berukuran lebih besar dan dapat mengendap^[7].

Dalam pengolahan air, untuk mencapai proses koagulasi-flokulasi yang optimum, diperlukan pengaturan semua kondisi yang saling berkaitan dan mempengaruhi proses tersebut. Kondisi-kondisi yang mempengaruhi antara lain adalah pH, koagulan, suhu, dan pengadukan^[3]. Jumlah koagulan dan pH merupakan dua faktor

yang penting^[7]. Penambahan polimer akan mempengaruhi kestabilan molekul dari agregat yang terbentuk, sehingga ketika molekul dalam keadaan tidak stabil polimer akan mudah untuk berikatan dengan agregat yang nantinya akan membentuk agregasi baru atau disebut juga flok. Flok-flok tersebut akan saling bergabung membentuk flok yang lebih besar pada flokulasi. Kelebihan polimer sangat mungkin terjadi yang menyebabkan proses restabilisasi. Prinsipnya adalah polimer menutupi (*covering*) koloid-koloid tanpa menjembatani atau menghubungkan dengan koloid yang lain^[9].

Kitosan dari Cangkang Bekicot

Kitosan berbentuk serbuk warna putih, tidak berbau, tidak beracun, tidak larut dalam air^[10]. Struktur kitosan diperlihatkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Struktur Kitosan^[11]

Kelarutan kitosan biasanya dilakukan melarutkan kitosan menggunakan asam asetat 1%. Ketika kitosan larut, terjadi pelepasan gugus asetil (protonasi $-\text{NH}_2$) dari kitosan dan menyebabkan kitosan bermuatan positif (Persamaan 1).



Penelitian pembuatan kitosan dari cangkang bekicot pernah dilakukan^[12]. Cangkang bekicot yang bersih dan kering digiling, kemudian diayak menggunakan ayakan 50 Mesh. Sebanyak 50 g serbuk cangkang bekicot ditambahkan 500 mL larutan NaOH 3,5% (1:10 b/v), dipanaskan pada suhu 65°C selama 2 jam sambil diaduk, setelah itu disaring dan dicuci dengan aquades hingga pH netral. Padatan yang diperoleh (khitin kasar) dikeringkan dalam oven pada suhu 60°C hingga kering. Khitin kasar ditambahkan ke dalam larutan HCl 1 N (1:15 b/v). Campuran direfluks pada suhu 40°C selama 30 menit kemudian disaring dan dicuci dengan aquades hingga filtrat netral. Padatan ini disebut khitin murni.

Khitin murni yang diperoleh dimasukkan ke dalam larutan NaOCl 0,315% (1:10 b/v). Campuran direfluks pada suhu 40°C selama 1 jam kemudian padatan disaring dan dinetralkan menggunakan aquades. Padatan yang diperoleh dikeringkan dalam oven pada suhu 80°C sampai berat tetap. Khitin hasil isolasi dimasukkan ke dalam labu leher tiga yang berisi larutan NaOH 60% b/v selama 1 jam pada suhu $100\text{-}140^\circ\text{C}$, dengan perbandingan

khitin dan pelarut 1:20 (b/v). Kemudian setelah dingin disaring. Residu yang merupakan khitosan dicuci dengan aquades sampai pH netral. Kemudian dikeringkan dalam oven, pada suhu 80°C selama 24 jam. Kitosan yang dihasilkan dari penelitian Kusumaningsih et al. mempunyai derajat deasetilasi 74,78 – 77,99%.

METODE PENELITIAN

Bahan

Bahan yang akan digunakan dalam penelitian ini yakni asam asetat 0,1 M, ammonium hidroksida 0,1 M, aquades, limbah cair biskuit simulasi, dan kitosan. Kitosan dibuat dari isolasi khitin cangkang bekicot mengikuti prosedur yang pernah dilakukan oleh Kusumaningsih et al.

Alat

Peralatan utama yang digunakan dalam penelitian ini yakni gelas beker, seperangkat penyaring vakum, deksikator, *flocculator*, kaca arloji, *filter fiber glass* (Whatman 934-AH dengan ukuran pori 1,5µm), pH meter, pipet volume, pipet ukur, pipet tetes, termometer, viskometer oswald, oven, cawan porselin, corong, spatula, batang pengaduk, ayakan ASTM Standar TEST SIEVE 50 Mesh, dan gerus.

Rancangan Penelitian

Untuk menentukan perbandingan kitosan dengan TSS dan pH awal larutan limbah yang optimum, maka digunakan metode *jar test*. Jar test dilakukan dengan menggunakan alat yang disebut dengan flocculator.

Kondisi optimum apabila terdapat persen penurunan nilai TSS terbesar. Setelah diperoleh data persen penurunan TSS, maka akan dilakukan pengujian statistik dari kedua variabel tersebut (pH limbah dan perbandingan kitosan dengan TSS) untuk mengetahui dan memastikan apakah variabel tersebut berpengaruh atau tidak terhadap penurunan TSS limbah. Pengujian statistik dilakukan dengan metode analisa varian dua-arah atau *two way anova*.

Penyiapan Limbah Cair Biskuit

Gula halus sebanyak 14,93% bahan total dimasukkan ke dalam gelas beker 2 L, ditambahkan susu bubuk 2,96% bahan total, air 3,32% bahan total, kalsium karbonat 1,42% bahan total, dan diaduk selama 2 menit. Campuran adonan ditambahkan tepung 75,36% bahan total dan larutan garam 2,25% bahan total (0,59% garam dan 1,66% air), kemudian diaduk selama 8 menit. Campuran adonan dikeluarkan dari gelas beker. Adonan yang masih menempel pada gelas beker kemudian

dibersihkan menggunakan scrup (alat untuk melepaskan sisa adonan bisa berupa sendok sungsung) dan dicuci menggunakan air. Cairan hasil cucian tersebut sebagai limbah cair biskuit simulasi dan diukur TSS awalnya menggunakan metode gravimetri.

Prosedur Jar Test

Sebanyak 10 gram kitosan dilarutkan dalam 1000 mL asam asetat 1% hingga diperoleh larutan kitosan 1% dan larutan kitosan 1% diencerkan menggunakan akuades sesuai dengan kebutuhan. Limbah sebanyak 400 mL (telah dilakukan pengkondisian pH awal menggunakan NH₄OH atau CH₃COOH) ditambahkan kitosan 1% sejumlah tertentu (mL). Dengan menggunakan *flocculator*, dilakukan pengadukan cepat pada kecepatan 200 rpm selama 30 detik. Setelah itu dilakukan pengadukan lambat pada kecepatan 10 rpm selama 10 menit. Limbah yang telah dilakukan pengadukan didiamkan selama 30 menit untuk proses pengendapan sehingga diperoleh filtrat dan endapan. Filtrat yang telah dipisahkan dari endapan diukur TSS-nya menggunakan metode gravimetri.

Penentuan TSS dengan Gravimetri

TSS adalah residu dari padatan total yang tertahan oleh saringan dengan ukuran maksimal 2 µ^[13]. Menurut Alaerts dan Santika^[5], prinsip penentuan padatan tersuspensi total menggunakan gravimetri yakni contoh uji yang telah homogen disaring dengan kertas saring yang telah ditimbang. Kertas saring yang digunakan yakni *filter fiber glass* (Whatman Grade 934 AH) dengan ukuran pori 1,5 µm (*Standard for TSS in water analysis*). Residu yang tertahan pada kertas saring dikeringkan sampai mencapai berat konstan pada suhu ±105°C. Kenaikan berat kertas saring mewakili total padatan tersuspensi. Persamaan untuk menghitung padatan tersuspensi total yakni sebagai berikut :

$$TSS = \frac{(A - B) \times 1000}{V} \quad (2)$$

Keterangan :

A : berat kertas saring + residu kering, mg

B : berat kertas saring, mg

TSS : total padatan tersuspensi, mg/L

V : volume uji, mL.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakterisasi Kitosan

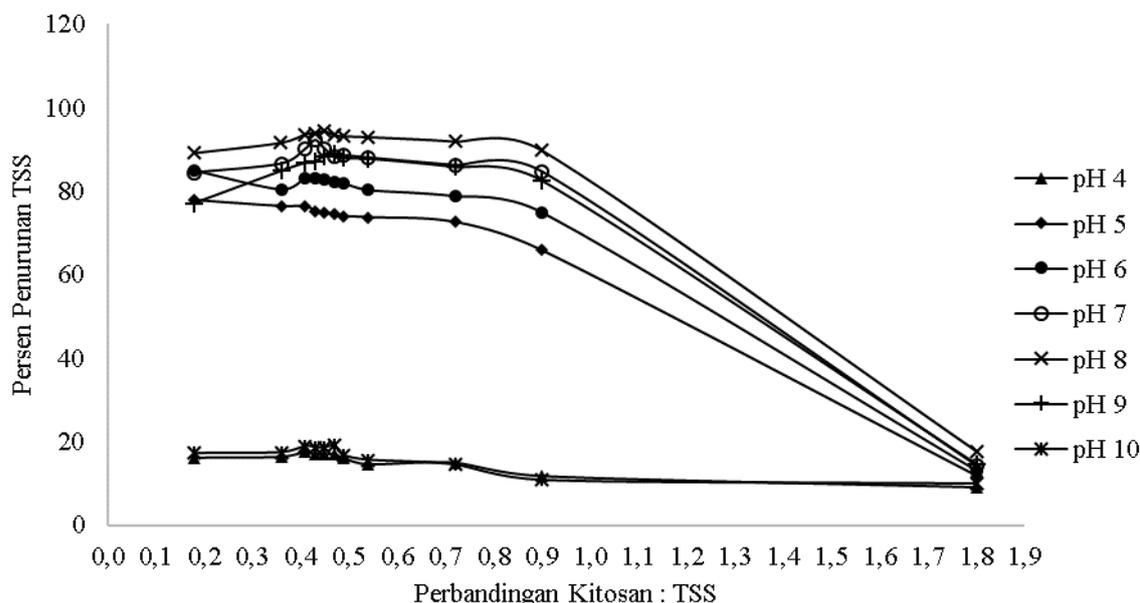
Prosedur pembuatan kitosan menggunakan cangkang bekicot yang dilakukan dalam penelitian menggunakan metode Hong^[12]. Hasil karakterisasi kitosan disajikan dalam Tabel 1. Berdasarkan Tabel

1 diketahui bahwa kadar air dan kadar abu kitosan hasil isolasi kitin cangkang bekicot sesuai dengan standar mutu kitosan, namun derajat deasetilasi kitosan yang diperoleh (72,8447%) masih belum mencapai standar mutu kitosan (> 75%).

Tabel 1. Karakterisasi Kitosan

Parameter	Standar Mutu Kitosan Komersil (SNI 7949:2013)	Kitosan yang dihasilkan
Kadar Air	< 12%	7,6252 % ± 0,0660
Kadar Abu	< 5%	1,5341 % ± 0,0624
Derajat Deasetilasi	> 75%	72,8447%
Berat Molekul rata-rata	-	59.547,3547 g/mol

Ketika derajat deasetilasi mencapai sekitar 50% maka disebut kitosan^[14]. Berdasarkan Tabel 1



Gambar 2. Grafik Pengaruh Perbandingan Kitosan dengan TSS dan pH Limbah terhadap Persen Penurunan TSS Limbah

Berdasarkan Gambar 2 diketahui bahwa pengaruh perbandingan kitosan dengan TSS terhadap penurunan TSS (setiap pH limbah) rata-rata menunjukkan hasil sama, yakni semakin meningkatnya perbandingan kitosan dengan TSS hingga kondisi optimum, persen penurunan TSS semakin meningkat. Setelah perbandingan kitosan dengan TSS optimum, peningkatan perbandingan kitosan dengan TSS membuat persen penurunan TSS semakin menurun. Misalnya perbandingan kitosan dengan TSS pada pH 8 (Tabel 2).

Berdasarkan Tabel 2 diketahui bahwa persen penurunan TSS limbah (Gambar 2) mengalami kenaikan seiring meningkatnya perbandingan kitosan dengan TSS (0,18 hingga 0,45) yakni dari 89,13% naik hingga 94,34%.

juga diketahui bahwa SNI 7949:2013 tidak memuat syarat berat molekul kitosan. Kitosan umumnya mempunyai berat molekul 50.000-140.000 g/mol^[15]. Jika mengacu pada literature tersebut, berat molekul kitosan sudah sesuai yakni 59.547,3547 g/mol.

Pengaruh Perbandingan Kitosan dengan TSS

Limbah biskuit yang digunakan mempunyai TSS awal sebesar 693 mg/L dengan volum limbah 400 mL. Hal ini berarti bahwa dalam volum limbah 400 mL terdapat TSS sebesar 277,2 mg. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dan perhitungan, diperoleh data persen penurunan TSS limbah setelah dilakukan pengolahan (*treatment*) yang disajikan pada Gambar 2.

Hal ini bisa dipahami sebab seiring bertambahnya kitosan ke dalam limbah maka jumlah muatan positif ($R-NH_3^+$) bertambah. Partikel tersuspensi yang stabil dapat dinetralkan melalui proses destabilisasi dengan penambahan muatan positif ($R-NH_3^+$), sehingga energi hambatan (gaya elektrostatis) berkurang dan membentuk inti flok. Seiring bertambahnya kitosan ke dalam limbah maka jumlah muatan positif ($R-NH_3^+$) yang mampu mengadsorpsi muatan negatif pada permukaan partikel tersuspensi juga bertambah sehingga membuat gaya tolak-menolak antar partikel tersuspensi dalam limbah akan melemah. Dengan melemahnya gaya tolak-menolak partikel tersuspensi dalam limbah maka partikel akan berdekatan dan bergabung membentuk flok hingga dicapai kondisi optimum.

Setelah perbandingan kitosan dengan TSS optimum (0,45), grafik persen penurunan TSS limbah mengalami penurunan. Hal ini bisa dilihat pada grafik perbandingan kitosan dengan TSS (Gambar 2) dari 0,47 hingga 1,80 yang mengalami penurunan pada persen penurunan TSS yakni dari 93,41% hingga 17,67%. Penambahan koagulan berupa polimer (kitosan) tidak boleh berlebih^[9].

Kelebihan polimer sangat mungkin terjadi yang menyebabkan proses restabilisasi. Prinsipnya adalah polimer menutupi (*covering*) koloid-koloid tanpa menghubungkan dengan koloid yang lain (Ling, *no date*), sehingga terjadi pembalikan muatan pada permukaan partikel tersuspensi dan partikel yang tergumpal menjadi stabil kembali (restabilisasi).

Tabel 2. Persen Penurunan TSS Limbah

Kitosan : TSS	pH 4	pH 5	pH 6	pH 7	pH 8	pH 9	pH 10
	Persen Penurunan TSS						
0,18	16,15	77,82	84,87	84,43	89,13	77,09	17,18
0,36	16,37	76,40	80,38	86,57	91,59	84,80	17,40
0,41	17,55	76,42	83,11	90,13	93,64	86,78	18,89
0,43	16,88	75,18	83,11	92,20	93,93	87,15	18,61
0,45	16,95	74,88	82,73	90,10	94,34	88,38	18,52
0,47	17,06	74,40	82,33	88,32	93,41	89,07	19,01
0,49	16,01	74,02	81,86	88,56	93,13	87,90	16,66
0,54	14,57	73,73	80,23	88,02	92,92	87,73	15,58
0,72	14,95	72,59	78,73	86,21	91,86	85,71	14,45
0,90	11,70	65,82	74,84	84,65	89,71	82,43	10,75
1,80	8,98	11,92	13,10	14,13	17,67	14,58	9,86

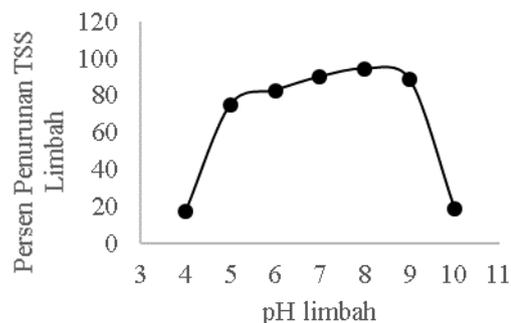
Partikel tersuspensi yang mengalami restabilisasi (*restabilized*) dapat menjadi bermuatan positif dan menyebabkan gaya elektrostatik antara padatan tersuspensi kembali. Gaya elektrostatik ini merupakan gaya tolak-menolak antar partikel yang menyebabkan partikel menjadi stabil kembali dan susah untuk mengendap, sehingga peningkatan perbandingan kitosan dengan TSS setelah jumlah optimum membuat persen penurunan TSS mengalami penurunan kembali.

Pengaruh pH Limbah

Berdasarkan Gambar 2 diketahui bahwa pengaruh pH limbah terhadap persen penurunan TSS limbah (pada setiap perbandingan kitosan dengan TSS) rata-rata menunjukkan hasil sama, yakni semakin meningkatnya pH limbah hingga kondisi optimum, persen penurunan TSS semakin meningkat. Setelah pH limbah optimum, peningkatan pH limbah membuat persen penurunan TSS semakin menurun. Misalnya pH limbah pada perbandingan kitosan dengan TSS 0,45 (Gambar 3). Grafik persen penurunan TSS limbah mengalami kenaikan saat pH limbah 4 hingga pH optimum (pH 8) yakni dari 16,95% hingga 94,34%.

Hal ini mungkin disebabkan oleh kelarutan kitosan dan banyaknya muatan positif (ion H⁺) yang terdapat dalam limbah. Kelarutan koagulan pada nilai tertinggi menyebabkan kondisi koagulasi semakin tidak berjalan dengan baik sehingga persen pengurangan TSS semakin menurun, sebaliknya kelarutan koagulan terendah

menyebabkan koagulasi berjalan dengan baik sehingga persen pengurangan TSS semakin meningkat^[16].



Gambar 3. Pengaruh pH limbah pada Penambahan Kitosan 1% 2,5 mL terhadap Persen Penurunan TSS Limbah

Kelarutan kitosan terbaik (tertinggi) pada pH sekitar 4 dan terendah pada pH lebih besar dari 6,5^[10]. Berdasarkan keterangan tersebut bisa dikatakan bahwa kenaikan pH 4 hingga pH 8 menyebabkan kelarutan kitosan menurun (mencapai nilai kelarutan terendah). Kelarutan kitosan terendah menyebabkan kondisi koagulasi berjalan dengan baik sehingga persen pengurangan TSS semakin meningkat yakni dari 16,95% hingga 94,34%. Fenomena ini selain disebabkan oleh kelarutan kitosan, juga mungkin disebabkan oleh jumlah muatan positif (H⁺) yang terdapat dalam limbah. Semakin tinggi derajat keasaman limbah

maka bisa dikatakan jumlah muatan positif (H^+) semakin meningkat. Dengan kata lain, jumlah muatan positif (H^+) pada pH 4 lebih banyak dibandingkan pH 5,6,7, dan 8. Muatan negatif (partikel tersuspensi) yang seharusnya didestabilisasi oleh muatan positif ($R-NH_3^+$), tidak sepenuhnya didestabilisasi oleh muatan positif ($R-NH_3^+$) melainkan diduga didestabilisasi oleh muatan positif lainnya (H^+). Hal ini menyebabkan tidak terbentuknya flok yang lebih besar karena jembatan polimer tidak terhubung satu sama lainnya sehingga partikel tersuspensi tersebut masih susah untuk mengendap (koagulasi tidak berjalan dengan baik). Koagulasi yang tidak berjalan dengan baik menyebabkan pembentukan inti flok menjadi berkurang (persen penurunan TSS semakin menurun), sehingga grafik persen penurunan TSS limbah dari pH 8 hingga pH 4 semakin menurun atau dengan kata lain grafik persen penurunan TSS limbah dari pH 4 hingga 8 semakin meningkat yakni dari 16,9545% hingga 94,3485%.

Berdasarkan Tabel 2 kondisi penurunan TSS optimum pada pH 8. Setelah pH optimum, persen penurunan TSS limbah mengalami penurunan yakni dari 94,34% (pH 8) hingga 18,52% (pH 10). Knorr (1984) yang menyatakan bahwa pada pH yang tinggi, fungsi kitosan untuk mengadsorpsi partikel tersuspensi dalam larutan akan semakin berkurang. Selain itu, fenomena ini mungkin disebabkan oleh banyaknya muatan negatif (iOH^-) yang terdapat dalam limbah. Semakin rendah derajat keasaman limbah maka bisa dikatakan jumlah muatan negatif (OH^-) semakin meningkat. Dengan kata lain, jumlah muatan negatif (OH^-) pada pH 10 lebih banyak dibandingkan pH 8 dan

pH 9. Muatan negatif dari OH^- akan mengganggu proses destabilisasi antara muatan negatif (partikel tersuspensi) terhadap muatan positif kitosan ($R-NH_3^+$). Proses adsorpsi muatan negatif tidak berjalan dengan baik karena muatan positif kitosan ($R-NH_3^+$) harus mengadsorpsi selain muatan negatif dari TSS, juga mengadsorpsi muatan negatif (OH^-), sehingga kemungkinan menyebabkan TSS yang seharusnya teradsorpsi tidak mengalami adsorpsi karena yang teradsorpsi adalah muatan negatif dari OH^- . TSS yang tidak teradsorpsi tersebut menyebabkan koagulasi yang tidak berjalan dengan baik menyebabkan pembentukan inti flok menjadi berkurang (persen penurunan TSS semakin menurun), sehingga grafik persen penurunan TSS limbah dari pH 8 hingga pH 10 semakin menurun yakni dari 94,34% hingga 18,52%.

Kondisi Optimum

Data TSS akhir limbah setelah pengolahan (*treatment*) disajikan dalam Tabel 3. Berdasarkan Tabel 3 diketahui bahwa kondisi optimum pengendapan terjadi pada pH limbah 8 dengan peningkatan perbandingan kitosan dengan TSS 0,45. Jika mengacu pada Peraturan Daerah Jawa Tengah Nomor 5 Tahun 2012, TSS akhir limbah sudah sesuai dengan baku mutu limbah biskuit yakni 85 mg/L. Berdasarkan Tabel 3 juga diketahui bahwa jika pengolahan (*treatment*) limbah hanya untuk memenuhi syarat baku mutu limbah biskuit, maka kondisi tersebut bisa dicapai pada pH 8 dengan perbandingan kitosan dengan TSS 0,18. Dengan kata lain, penggunaan kitosan lebih sedikit sehingga kedepannya bisa lebih menghemat penggunaan kitosan.

Tabel 3. TSS Akhir limbah

Kitosan : TSS	pH 4	pH 5	pH 6	pH 7	pH 8	pH 9	pH 10
	Persen Penurunan TSS						
0,18	581	154	105	108	75	159	574
0,36	580	164	136	93	58	105	572
0,41	571	163	117	68	44	92	562
0,43	576	172	117	54	42	89	564
0,45	576	174	120	69	39	81	565
0,47	575	177	122	81	46	76	561
0,49	582	180	126	79	48	84	578
0,54	592	182	137	83	49	85	585
0,72	589	190	147	96	56	99	593
0,90	612	237	174	106	71	122	618
1,80	631	610	602	595	571	592	625

Pengujian Statistik

Uji statistik dilakukan menggunakan analisis varian dua-arah (*two way anova*). untuk mengetahui apakah perbandingan kitosan dengan TSS dan pH limbah berpengaruh pada persen penurunan TSS dan mengetahui apakah ada pengaruh dari interaksi perbandingan kitosan dengan TSS dengan pH limbah (interaksi antara dua variabel) terhadap persen penurunan TSS limbah biskuit. Berdasarkan perhitungan diperoleh hasil analisis varian dua-arah pengaruh perbandingan kitosan dengan TSS dan pH limbah terhadap persen penurunan TSS limbah biskuit yang disajikan dalam Tabel 6.

Berdasarkan perhitungan yang ditampilkan dalam Tabel 6, diketahui bahwa F-hitung kolom (19,1680) lebih besar dari F-Tabel kolom (1,993) sehingga hipotesis nol-kolom (H_0 kolom) ditolak. Kesimpulan yang dapat diambil adalah bahwa ada beda rata-rata persen penurunan TSS bila digunakan ke-11 variasi perbandingan kitosan dengan TSS. Dengan kata lain, perbandingan kitosan dengan TSS berpengaruh terhadap persen penurunan TSS limbah biskuit. Disisi lainnya berdasarkan perhitungan yang ditampilkan dalam Tabel 6, diketahui bahwa F-hitung baris (115,0092) lebih besar dari F-Tabel baris (2,254) sehingga hipotesis nol-baris (H_0 baris) ditolak. Kesimpulan yang dapat diambil adalah bahwa ada beda rata-rata persen penurunan TSS bila digunakan ke-7 variasi pH awal limbah. Dengan kata lain, pH awal limbah berpengaruh terhadap persen penurunan TSS limbah biskuit.

Tabel 6. Hasil Analisis Varian Dua-Arah

Sumber Variasi	SS	df	ms	F-hit	F-Tab
Baris	62783	6	10463	115,00	2,25
Kolom	17439	10	1743	19,16	1,99
Error	5459	60	90		
Total	85682	76			

Berdasarkan perhitungan yang dtampilkan dalam Tabel 6, kuadrat rata-rata (MS) error (90,9840) mempunyai nilai yang lebih kecil dibandingkan kuadrat rata-rata kolom (1743,9834) maupun baris (10463,995). Hal ini memberitahukan bahwa persen penurunan TSS limbah diperhitungkan dengan efek terpisah antara perbandingan kitosan dengan TSS dan pH limbah. Dengan kata lain, perubahan perbandingan kitosan dengan TSS tidak mengubah respon terhadap pH limbah.

KESIMPULAN

Padatan tersuspensi yang terdapat dalam limbah cair biskuit bisa dipisahkan dan diendapkan menggunakan kitosan. Perbandingan kitosan dengan TSS dan pH limbah berpengaruh terhadap persen penurunan TSS limbah cair biskuit. Semakin meningkatnya pH limbah atau perbandingan kitosan dengan TSS hingga kondisi optimum maka persen penurunan TSS semakin meningkat, namun peningkatan pH limbah atau perbandingan kitosan dengan TSS setelah kondisi optimum menyebabkan persen penurunan TSS semakin menurun. Kondisi optimum proses pengendapan limbah cair biskuit terjadi pada pH limbah 8 dan perbandingan kitosan dengan TSS 0,45 dengan penurunan TSS limbah sebesar 94,34% yakni dari 693 mg/L menjadi 39 mg/L.

SARAN

Saran yang dapat penulis berikan untuk penelitian selanjutnya adalah agar endapan yang hasil proses (*sludge*) diteliti manfaatnya sebagai pakan hewan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Balai Besar Teknologi Pencegahan Pencemaran Industri, 2002, "Desain dan Penerapan IPAL Industri Biskuit", Tersedia : <http://isjd.pdii.lipi.go.id/index.php/search.html?act=tampil&id=29643&idc=44>, Diakses pada tanggal 23 Mei 2015.
- [2] Srijanto, B., 2003, "Kajian Pengembangan Teknologi Proses Produksi Kitin dan Kitosan Secara Kimiawi", *Prosiding seminar Nasional Teknik Kimia Indonesia 2003*, vol. 1, hal. F01-1.– F01-5.
- [3] Susanto, R., 2008, "Optimasi Koagulasi-Flokulasi dan Analisis Kualitas Air pada Industri Semen", Skripsi, Program Studi Kimia, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah, Jakarta.
- [4] Davis, L.M., dan Cornwell, A.D., 1991, *Introduction to Environmental Engineering*, Mc Grow Hill, New York.
- [5] Alaerts, G., dan Santika, S.S., 1987, *Metode Penelitian Air*, Penerbit Usaha Nasional, Surabaya.
- [6] Swantomo, D., dan Prayitno, 2010, *Teknologi Pengolahan Limbah Cair*, Sekolah Tinggi Teknologi Nuklir – BATAN, Yogyakarta.
- [7] Eckenfelder, W.W., 2000, *Industrial Water Pollution Control 3th ed*, Mc Graw Hill Book Co, Singapore.

- [8] Weiner, F.R., dan Matthews, R., 2003, *Environmental Engineering 4th Edition*, Butterworth Heinemann Elsevier Science, USA.
- [9] Michigan Department of Environmental Quality, *no date*, “Chemical Clarification – Coagulation Methods”, Operator Training and Certification Unit, Tersedia : http://wrd.ot-chemical-clarificationcoagulation_445209_7.ppt, Diakses pada tanggal 27 Mei 2015.
- [10] Sugita, P., Wukirsari, T., Sjahriza, A., dan Wahyono, D., 2009, *Kitosan : Sumber Biomaterial Masa Depan*, IPB Press, Bogor.
- [11] Pudjaatmaka, A.H., 1991, *Kimia Organik*, Jilid 1 edisi ketiga, Erlangga, Jakarta, Terjemahan : Fessenden, R.J and Fessenden, J.S, 1986, Wadsworth. Inc, Belmont.
- [12] Kusumaningsih, T., Masykur, A., dan Arief, U., 2004, “Pembuatan Kitosan dari Kitin Cangkang Bekicot (*Achatina fullica*)”, *Jurnal Biofarmasi*, vol. 2, no. 2, hal. 64-68.
- [13] Standar Nasional Indonesia, “Air dan Air Limbah – Bagian 3 : Cara Uji Padatan Tersuspensi Total (*Total Suspended Solid*, TSS) Secara Gravimetri”, SNI 06-6989.3-2004, Badan Standardisasi Nasional.
- [14] Rinaudo, M., 2006, “Chitin and Chitosan : Properties and Applications”, *Progress in Polymer Science*, vol. 31, hal. 603-632.
- [15] Chen et al., 2005, Chitosan, Patent No US 6890913 B2, USA.
- [16] Iswanto, B., Rachmawati, S., dan Winarni, 2009, Pengaruh pH pada Proses Koagulasi dengan Koagulan Aluminium Sulfat dan Ferri Klorida, *Jurnal Teknologi Lingkungan*, vol. 5, no. 2.

TANYA JAWAB

Pertanyaan

1. Alat apa yang digunakan untuk penentuan limbah tersebut selain pengendapan
2. Apa kepanjangan TSS

Jawab

1. Metode analisis menggunakan metode gravimetri sehingga alat yang digunakan adalah neraca analitis, selain itu untuk mengukur pH menggunakan pH meter
2. TSS adalah Total Suspended Solid (jumlah padatan tersuspensi).