

Penelitian/Research

**PENELITIAN PENGGUNAAN KHITOSAN SEBAGAI FLOKULAN PADA
PENANGANAN LIMBAH CAIR INDUSTRI TAPIOKA**

The Research of Chitosan for Flocculant in Wastewater Treatment for Tapioca Industries

Eddy Sapto Hartanto *) dan Syarif Bastaman **)

*) Balai Besar Industri Agro
Jl. Ir. H. Juanda No. 11, Bogor 16122

**) PT. Quartabina Karsapamitran
Bumi Serpong Damai, Tangerang

ABSTRACT: The research of chitosan for flocculation in wastewater treatment for tapioca industry has been conducted. The research's goal is to know ability of chitosan for tapioca industrial wastewater treatment. Concentrations of coagulant $Al_2(SO_4)_3 \cdot 14 H_2O$ is 75 mg/l on pH 8 condition. Flocculants chitosan and polymer PN 161 concentrations are 30 mg/l, 45 mg/l and settling time 15 minute, 30 minute and 45 minute. The result showed that the formula tawas and chitosan 45 mg/l on pH 8 and settling time 45 minute was the best treated. The result of analysis pollutants each are turbidity from 440 NTU to 29 NTU, TSS from 282 mg/l to 20,24 mg/l, BOD 861 mg/l to 88,25 mg/l, COD 1851,3 mg/l to 151,25 mg/l and pH 5,67 to pH 6,21. The quality of wastewater treatment with that formulation has met Kep Men LH No. KEP 51/10/1995 standard regulation for tapioca industrial wastewater.

Keywords : chitosan, polymer, flocculants, wastewater treatment, tapioca industry

PENDAHULUAN

Industri tapioka merupakan salah satu industri yang menggunakan air yang cukup besar. Dalam industri tapioka air digunakan untuk membantu proses ekstraksi pati dari singkong, pada industri kecil air yang digunakan dapat mencapai $10 m^3$ untuk tiap ton bahan baku singkong (Anonim, 1995). Bila industri kecil dengan kapasitas 5 ton singkong per hari maka akan dikeluarkan limbah cair sekitar $50 m^3$ per hari. Menurut Mara (1976) di dalam Soeriaatmadja (1984), limbah cair industri tapioka merupakan limbah dengan tingkat pencemar yang tinggi, hal ini disebabkan limbah cair industri tapioka sebelum diolah memiliki nilai BOD₅ dan COD sebagai parameter beban cemar yang sangat tinggi yaitu lebih dari 750 mg/l untuk BOD₅ dan lebih dari 1500 mg/l untuk COD. Dengan beban cemar yang tinggi tersebut, maka berdasarkan Kep Men LH No. Kep 51/10/1995, limbah cair tersebut tidak memenuhi syarat untuk dibuang ke badan perairan umum (Anonim, 1996). Oleh sebab itu bila limbah cair industri tapioka ini langsung dibuang ke lingkungan tanpa diolah lebih dulu akan dapat menyebabkan pencemaran lingkungan. Limbah cair industri tapioka merupakan limbah yang mudah diolah secara biologi (*biodegradable*), namun kelemahan sistem ini adalah diperlukan lahan yang luas (Djarwanti dkk, 1993)

Lolington (2003) melaporkan bahwa produksi padi yang ditanam dan memanfaatkan sumber daya air dari air permukaan yang tercemar oleh limbah cair industri tapioka, hanya menghasilkan produksi padi 4,45 ton per hektar. Sedangkan tanaman padi yang ditanam pada lahan yang tidak tercemar dapat mencapai 8,42 ton per hektar. Limbah cair industri tapioka yang dibuang ke air permukaan akan memberikan dampak berkurangnya kesuburan tanah, yang dapat menghambat pertumbuhan tanaman. Adanya dampak pencemaran ini, tanaman muda yang baru tumbuh, akan mudah layu, kemudian mati. Penyebab utama adalah air permukaan yang digunakan untuk pertumbuhan tanaman padi mempunyai nilai BOD yang tinggi, sehingga oksigen terlarut menjadi rendah. Padahal untuk pertumbuhan tanaman padi diperlukan oksigen yang digunakan dalam proses sintesis protein dan jaringan dalam tanaman. Sehingga tanaman padi tidak dapat tumbuh dengan sempurna, yang mengakibatkan produksi padi menjadi rendah.

Untuk mengurangi dampak pencemaran air permukaan akibat pembuangan limbah cair industri tapioka, perlu dilakukan penanganan terlebih dahulu. Penanganan limbah cair industri tapioka sebenarnya mudah ditanganani secara biologi, mengingat bahwa komponen penyusun limbah cair tapioka selain air, sebagian besar terdiri komponen organik yang mudah terurai oleh bakteri pengurai dalam proses anaerob maupun proses aerob. Penggunaan proses

pengolahan limbah cair secara biologi dapat dilakukan dengan baik, bila memenuhi tahapan proses penguraian secara mikrobiologi dengan waktu yang lama, sehingga untuk pengolahan limbah cair industri tapioka menggunakan proses secara biologi diperlukan tempat yang sangat luas dan tidak memungkinkan untuk dilakukan oleh industri tapioka berskala kecil, yang umumnya tidak mempunyai lahan yang memadai untuk proses pengolahan limbah cair secara biologi. Untuk mengatasi hal tersebut perlu dilakukan upaya yang sesuai dalam penanganan limbah cair tapioka yang berasal dari industri kecil. Salah satu proses pengolahan limbah cair industri tapioka yang mungkin dapat diaplikasikan adalah dengan cara koagulasi dan flokulasi. Djarwanti dkk, (1993), melaporkan bahwa penggunaan koagulan tawas pada pH 7 tanpa penambahan flokulan dapat menurunkan COD 66,52 % dan padatan tersuspensi 70,98%. Sedangkan menggunakan bahan koagulan ferro sulfat hanya dapat menurunkan COD 39,17 %, padatan tersuspensi 61,70 %. Selanjutnya menggunakan lumpur aktif pada pH 9 dapat menurunkan COD sampai 48,93 %. Dengan adanya data tersebut, maka pada penelitian ini disamping menggunakan koagulan juga dilakukan penambahan khitosan yang berfungsi sebagai flokulan.

Penelitian ini dilakukan secara skala laboratorium dengan tujuan: 1) Untuk mengetahui kemampuan khitosan yang digunakan sebagai bahan flokulan pada proses pengolahan limbah cair industri tapioka. 2) Untuk mendapatkan informasi yang tepat formulasi (komposisi) koagulan dan flokulan dalam pengolahan limbah cair industri tapioka.

BAHAN DAN METODE

Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah limbah cair industri tapioka yang berasal dari industri kecil tapioka dengan kapasitas 5 ton singkong per hari, di Kelurahan Tegal Gundil, Kota Bogor. Bahan kimia sebagai koagulan yang digunakan adalah alumunium sulfat $Al_2(SO_4)_3 \cdot 14 H_2O$, feri klorida $FeCl_3$ dan kapur (CaO), asam asetat (untuk melarutkan khitosan) yang diperoleh dari toko bahan kimia di Bogor dan air suling untuk melarutkan bahan kimia. Sedangkan bahan flokulan yang digunakan adalah khitosan yang dibuat di Laboratorium Balai Besar Industri Agro, Bogor dan polimer PN 161 yang diperoleh dari toko bahan kimia di Bogor, sebagai pembanding.

Pengambilan contoh limbah cair tapioka dilakukan pada saluran pembuangan air limbah. Untuk menghindari kerusakan sebelum dilakukan pengolahan, limbah cair tersebut

disimpan pada suhu rendah, sekitar $4^\circ C$ (Sait, 1991).

Alat

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari gelas piala, gelas ukur, pengaduk, neraca, pH meter merek Metler Toledo Delta 320, *stop watch*, *Neflometer* merek HACH 2100N, Oven merek Memmert dan seperangkat alat laboratorium untuk analisis mutu limbah cair.

Metode

Penelitian ini dilakukan dalam dua tahap penelitian, yaitu penelitian pendahuluan dan penelitian lanjutan. Penelitian pendahuluan digunakan untuk mengetahui jenis dan jumlah tawas dan khitosan yang optimum untuk proses koagulasi dan flokulasi limbah cair industri tapioka, sehingga dapat terbentuk flok (gumpalan) yang lebih besar dan mudah mengendap. Sedangkan penelitian lanjutan dilakukan untuk mengetahui formulasi (komposisi) tawas dan khitosan pada pengolahan limbah cair industri tapioka. Pada penelitian lanjutan ini juga digunakan polimer lain sebagai pembanding dalam proses flokulasi. Metode penelitian pendahuluan dan penelitian lanjutan adalah sebagai berikut:

Penelitian pendahuluan

Pada penelitian pendahuluan ini, limbah cair industri tapioka diberi perlakuan proses koagulasi dan proses flokulasi adalah sebagai berikut:

Proses koagulasi menggunakan tawas dilakukan dengan cara : sebanyak 400 ml limbah cair industri tapioka dalam piala gelas ditambah larutan kapur $Ca(OH)_2$ sampai diperoleh pH 8, selanjutnya setiap percobaan diberikan perlakuan dengan penambahan koagulan alumunium sulfat $Al_2(SO_4)_3 \cdot 14 H_2O$ dan feri klorida $FeCl_3$ masing-masing dengan konsentrasi 25 mg/l, 50 mg/l, 75 mg/l dan 100 mg/l, setiap perlakuan dilakukan 2 kali ulangan. Pada proses koagulasi ini dilakukan perlakuan pengadukan cepat (150 rpm) selama 5 menit. Selanjutnya biarkan terjadi pengendapan selama 30 menit, cairan jernih yang berada pada bagian atas dipisahkan dengan padatan yang mengendap pada bagian bawah. Cairan jernih yang diperoleh, kemudian diukur nilai kekeruhannya dengan alat *neflometer*.

Proses flokulasi menggunakan khitosan dilakukan dengan cara : sebanyak 400 ml limbah cair tapioka dalam piala gelas ditambah larutan kapur $Ca(OH)_2$ sampai diperoleh pH 8, selanjutnya untuk setiap percobaan diberikan perlakuan dengan penambahan khitosan masing-masing dengan konsentrasi 15 mg/l, 30 mg/l, 45 mg/l dan 60 mg/l. Pada proses flokulasi ini dilakukan dengan perlakuan pengadukan lambat

(50 rpm) selama 5 menit. Selanjutnya biarkan terjadi pengendapan selama 30 menit, cairan jernih yang berada pada bagian atas dipisahkan dengan padatan yang mengendap pada bagian bawah. Cairan jernih yang diperoleh, kemudian diukur nilai kekeruhannya dengan alat *neflometer*.

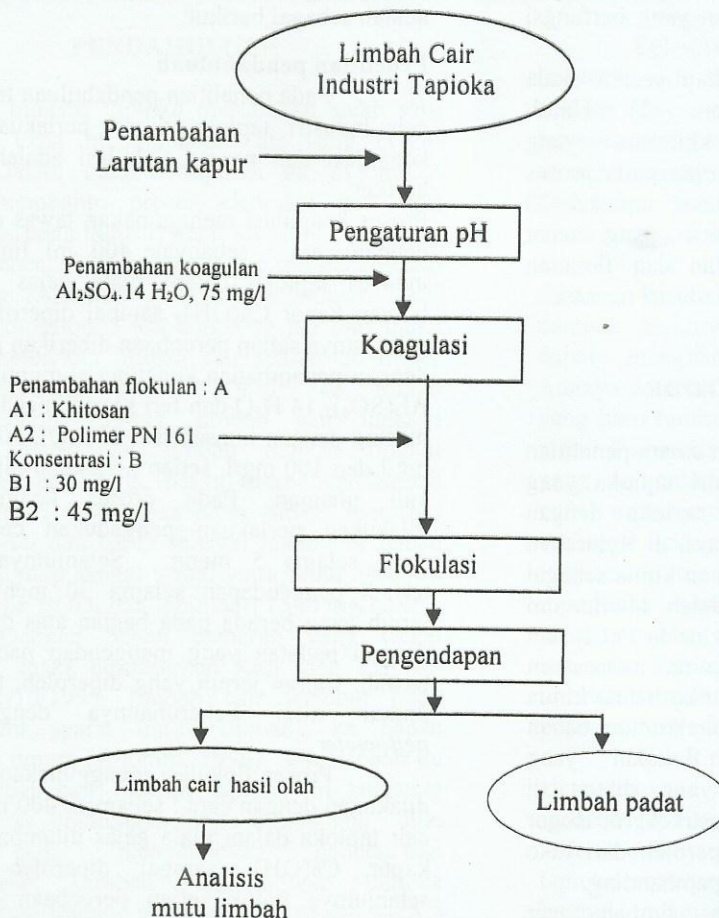
Penelitian lanjutan

Pada penelitian lanjutan, perlakuan yang digunakan adalah menggunakan variabel kombinasi antara koagulan dan flokulan terbaik dengan persentase penurunan nilai kekeruhan tertinggi, berdasarkan pada hasil penelitian pendahuluan. Hasil terbaik yang diperoleh dari masing-masing pengamatan dan analisis kekeruhan setelah proses koagulasi menggunakan tawas dan proses flokulasi menggunakan khitosan. Penelitian lanjutan tersebut adalah sebagai berikut: sebanyak 400 ml limbah cair industri tapioka dalam piala gelas ditambah larutan kapur ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) sampai diperoleh pH 8, kemudian diaduk merata menggunakan pengaduk yang dapat diukur kecepatan putarannya, selanjutnya dilakukan proses koagulasi dengan penambahan $\text{Al}_2\text{SO}_4 \cdot 14 \text{H}_2\text{O}$ sebanyak 75 mg/l, diikuti dengan proses

pengadukan cepat (150 rpm) selama 5 menit. Setelah proses koagulasi kemudian dilakukan proses flokulasi dengan penambahan polimer dan terjadi pengendapan. Kemudian dilakukan pemisahan antara cairan jernih dan endapan. Selanjutnya cairan jernih dianalisis sesuai dengan persyaratan berdasarkan Surat Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor: KEP-51/MENLH/10/1995, tentang Baku Mutu Limbah Cair Diagram alir proses pengolahan limbah cair industri tapioka, secara koagulasi dan flokulasi pada penelitian lanjutan dapat dilihat pada Gambar 1.

Analisis

Limbah cair industri tapioka, sebelum dan sesudah perlakuan koagulasi dan flokulasi dilakukan analisis fisika dan kimia berdasarkan persyaratan mutu dalam Surat Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor: KEP-51/MENLH/10/1995, tentang Baku Mutu Limbah Cair Bagi Kegiatan Industri, yang meliputi : BOD_5 , COD, padatan tersuspensi, pH dan kekeruhan, sebagai parameter tambahan. Analisis fisika dan kimia berdasarkan metode standar pengujian kualitas air limbah.



Gambar 1. Diagram alir proses pengolahan limbah cair secara koagulasi dan flokulasi pada penelitian lanjutan

Pengolahan statistik

Data hasil analisis pada penelitian pengolahan limbah cair industri tapioka, selanjutnya diolah dengan menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL), dengan 3 faktor perlakuan. Adapun perlakuan yang dicobakan dalam pengolahan limbah cair industri tapioka ini meliputi : Faktor A jenis flokulan, yang terdiri atas 2 taraf yaitu A1: khitosan; A2 : polimer PN 161. Faktor B konsentrasi bahan flokulan yang terdiri atas 2 taraf yaitu B1: 30 mg/l ; B2 : 45 mg/l dan faktor C : waktu pengendapan yang terdiri atas 3 taraf, yaitu C1 : 15 menit; C2 : 30 menit; C3 : 45 menit dengan ulangan dilakukan sebanyak 2 kali (Sudjana, 1985).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian pendahuluan

Secara visual limbah cair industri tapioka, berwarna putih kekuningan, keruh dan berbau khas limbah industri tapioka. Hasil analisis limbah cair industri tapioka yang berasal dari industri tapioka berskala kecil, sebelum dilakukan proses koagulasi dan flokulasi disajikan pada Tabel 1.

Analisis awal ini dimaksudkan untuk mengetahui efektifitas pengaruh penambahan koagulan dan flokulan terhadap limbah cair yang diolah. Dengan membandingkan parameter awal sebelum diolah dan parameter setelah perlakuan pengolahan menggunakan berbagai formula koagulan dan flokulan, maka akan diketahui komposisi yang cocok untuk tahap perlakuan selanjutnya.

Tabel 1. Hasil Analisis limbah cair industri tapioka sebelum perlakuan koagulasi dan flokulasi

Parameter	Satuan	Beban cemaran	Baku mutu limbah cair industri tapioka *)
Kekeruhan	NTU	440	-
TSS	mg/l	282,0	100
BOD ₅	mg/l	861,0	150
COD	mg/l	1851,3	300
Sianida (CN)	mg/l	0,091	0,3
pH	-	5,67	6 - 9

*) Sumber : Kep Men LH No. KEP-51/MENLH/10/1995 (Anonim, 1996)

Berdasarkan analisis limbah cair industri tapioka yang disajikan pada Tabel 1, terlihat bahwa kualitas limbah, tidak memenuhi persyaratan untuk dibuang ke badan perairan umum, karena jauh melampaui ketentuan yang berlaku berdasarkan Kep Men LH No. KEP-51/MENLH/10/1995 untuk baku mutu limbah cair industri tapioka. Pada Tabel 1 tersebut hanya parameter sianida yang memenuhi persyaratan. Hal ini disebabkan bahan baku singkong yang digunakan umumnya menggunakan jenis singkong manis, yang berkadar sianida rendah.

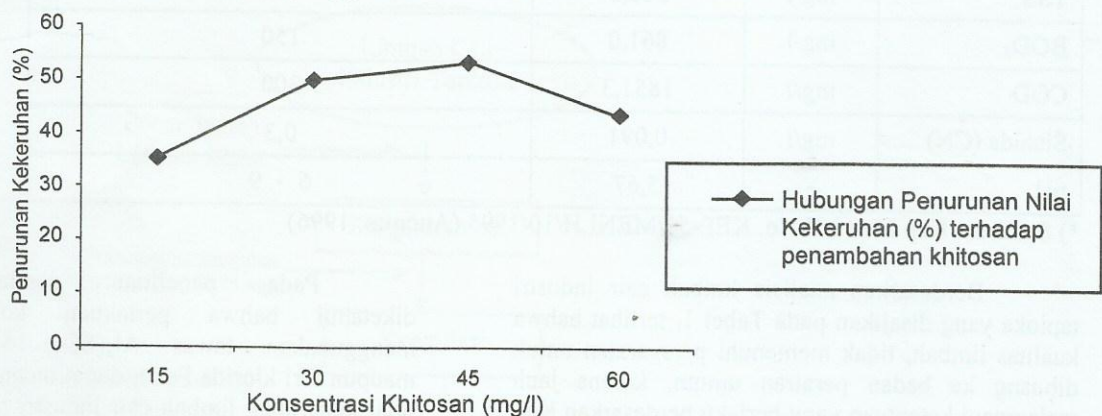
Pada penelitian pendahuluan diketahui bahwa perlakuan koagulasi menggunakan tawas $Al_2(SO_4)_3 \cdot 14 H_2O$ maupun feri klorida $FeCl_3$ dapat menurunkan nilai kekeruhan limbah cair industri tapioka. Penurunan nilai kekeruhan setelah proses koagulasi menggunakan bahan koagulan dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Nilai kekeruhan (skala NTU) limbah cair industri tapioka sesudah proses koagulasi dan persentase penurunan kekeruhan pada kondisi pH 8

Konsentrasi koagulan	Penambahan koagulan $Al_2(SO_4)_3 \cdot 14 H_2O$		Penambahan koagulan $FeCl_3$	
	Nilai kekeruhan (NTU)	Penurunan kekeruhan (%)	Nilai kekeruhan (NTU)	Penurunan kekeruhan (%)
25 mg/l	360	18,18	380	13,63
50 mg/l	272	38,18	375	14,77
75 mg/l	185	57,95	368	16,36
100 mg/l	180	59,09	344	21,18

Pada Tabel 2 terlihat bahwa penggunaan bahan koagulan $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 14 \text{H}_2\text{O}$ cenderung dapat menurunkan nilai kekeruhan lebih besar dari 440 NTU menjadi 180 NTU atau sebesar 59,09 %, dibandingkan dengan bahan koagulan FeCl_3 , yang hanya dapat menurunkan nilai kekeruhan dari 440 NTU menjadi 344 NTU atau sebesar 21,81 %, pada penambahan koagulan yang sama (100 mg/l). Hasil analisis sidik ragam penggunaan koagulan $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 14 \text{H}_2\text{O}$ konsentrasi 100 mg/l dibandingkan dengan konsentrasi 75 mg/l tidak terjadi perbedaan yang nyata terhadap penurunan nilai kekeruhan limbah cair tapioka. Berdasarkan penelitian pendahuluan ini, maka dalam penelitian lanjutan dipilih penggunaan tawas $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 14 \text{H}_2\text{O}$ sebagai koagulan dengan konsentrasi 75 mg/l. Pemilihan tawas ini dimaksudkan agar penggunaan tawas sebagai koagulan tidak terlalu banyak, sehingga lebih efisien.

Demikian pula pada penggunaan flokulan juga dapat menurunkan nilai kekeruhan limbah cair industri tapioka, seperti terlihat pada Gambar 4. Pada grafik Gambar 4 terlihat bahwa penggunaan khitosan dengan konsentrasi 45 mg/l cenderung memberikan penurunan nilai kekeruhan tertinggi, yaitu dari 440 NTU menjadi 203 NTU atau sebesar 53,86 %, dibandingkan dengan penggunaan khitosan



Gambar 2. Grafik hubungan antara konsentrasi bahan flokulan (khitosan) terhadap persentase penurunan nilai kekeruhan limbah cair tapioka setelah proses flokulasi pada kondisi pH 8.

Dari Gambar 2 terlihat bahwa konsentrasi optimum untuk penurunan nilai kekeruhan terjadi pada konsentrasi khitosan 45 mg/l. Oleh sebab itu pada penelitian lanjutan digunakan khitosan dengan konsentrasi 45 mg/l dan konsentrasi 30 mg/l sebagai pembandingan. Sebagai pembandingan juga digunakan polimer sintetik (PN 161), yang telah beredar di pasaran dan biasa digunakan pada pengolahan limbah cair dengan proses kimia.

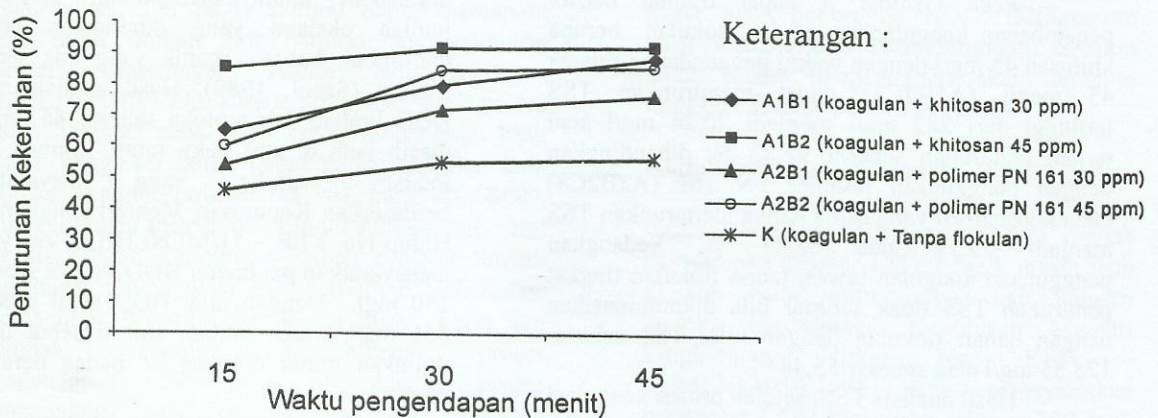
Penelitian lanjutan

Kekeruhan

Berdasarkan hasil analisis sidik ragam, perlakuan pengolahan limbah cair industri tapioka menggunakan koagulan tawas yang dikombinasikan

dengan konsentrasi 30 mg/l maupun 60 mg/l, yang hanya terjadi penurunan nilai kekeruhan masing-masing menjadi 219 NTU (50,23 %) dan 247 NTU (43,86 %). Hal ini menurut Derrick (1980), konsentrasi polimer pada proses flokulasi sangat berpengaruh terhadap pembentukan flok yang lebih besar untuk proses pengendapan. Penggunaan konsentrasi polimer dengan konsentrasi rendah dapat terjadi pembentukan flok (agregat yang lebih besar) namun tidak sempurna, karena bagian sisa yang berada dalam larutan tidak cukup untuk mengikat partikel membentuk flok yang lebih besar lagi. Sedang pada konsentrasi optimum, bagian polimer tersebut dapat terserap kedalam partikel yang berdekatan dan membentuk flok yang lebih besar, sehingga memudahkan pengendapan. Pada konsentrasi polimer yang berlebih, permukaan polimer menjadi lebih jenuh dan tidak dapat mengikat partikel secara lengkap, yang mengakibatkan akan menambah kekeruhan larutan pada proses flokulasi.

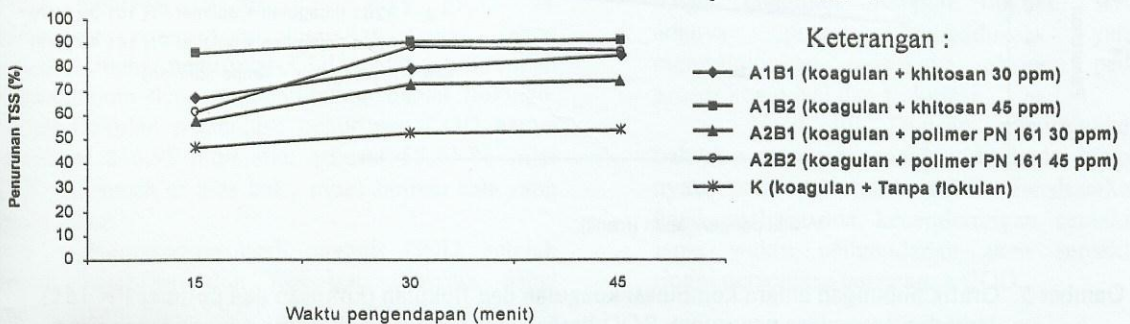
dengan khitosan maupun polimer dapat memberikan pengaruh nyata terhadap penurunan nilai kekeruhan. Hal ini disebabkan tawas dapat berfungsi sebagai bahan koagulan partikel - partikel terlarut dan kemudian adanya polimer seperti khitosan maupun polimer PN 161 akan memudahkan penggabungan partikel-partikel yang tidak stabil menjadi flok-flok yang lebih besar dan kompak, sehingga memudahkan pengendapan (Applebaum, 1968). Penurunan nilai kekeruhan setelah pengolahan dengan cara koagulasi menggunakan tawas dan flokulasi menggunakan khitosan maupun polimer PN 161 dapat dilihat pada grafik Gambar 3.



Gambar 3 Grafik hubungan antara kombinasi koagulan dan flokulan (khitosan dan polimer PN 161) terhadap persentase penurunan nilai kekeruhan limbah cair tapioka pada waktu pengendapan yang berbeda

Pada Gambar 3 terlihat bahwa penambahan koagulan tawas dan flokulan berupa khitosan 45 mg/l dengan waktu pengendapan 45 menit (A1B2C3) dapat menurunkan nilai kekeruhan dari 440 NTU menjadi 29 NTU atau terjadi penurunan sebesar 93,41 %, dibandingkan dengan penggunaan polimer PN 161 (A2B2C3) pada konsentrasi yang sama hanya menurunkan nilai kekeruhan menjadi 58 NTU (86,82 %). Sedangkan penggunaan koagulan tawas $Al_2(SO_4)_3 \cdot 14 H_2O$ tanpa flokulan penurunan nilai kekeruhannya menjadi sebesar 57,95 % dengan nilai kekeruhan limbah 185 NTU. Berdasarkan hasil percobaan tersebut, terlihat bahwa proses koagulasi bila tidak diikuti dengan proses flokulasi cenderung kurang efektif tingkat penurunan nilai kekeruhan limbah yang diolah.

Hasil uji Duncan menunjukkan bahwa waktu pengendapan berbeda sangat nyata pada penurunan nilai kekeruhan. Ada kecenderungan semakin lama waktu pengendapan akan semakin tinggi penurunan nilai kekeruhan. Karena waktu pengendapan semakin lama akan memberikan kesempatan partikel yang lebih kecil dapat mengendap secara sempurna.



Gambar 4. Grafik hubungan antara kombinasi koagulan dan flokulan (khitosan dan polimer PN 161) terhadap persentase penurunan padatan tersuspensi limbah cair tapioka pada waktu pengendapan yang berbeda

Padatan tersuspensi (TSS)

Padatan tersuspensi adalah bahan yang masih tetap tinggal sebagai sisa selama penguapan dan pemanasan pada suhu 103 – 105 °C. Penentuan padatan tersuspensi sangat berguna untuk mengukur efisiensi unit pengolah limbah cair secara biologis maupun secara koagulasi dan flokulasi (Saeni, 1989). Hasil analisis awal padatan tersuspensi limbah cair industri tapioka adalah 282 mg/l, masih jauh di atas baku mutu limbah cair industri tapioka yang disyaratkan berdasarkan Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No. KEP – 51/MENLH/10/1995 yang mensyaratkan nilai padatan tersuspensi sebesar 100 mg/l. Dengan nilai padatan tersuspensi awal sebesar 282 mg/l, maka limbah cair tersebut tidak diijinkan untuk dibuang ke badan perairan umum.

Pada pengolahan dengan cara koagulasi dan flokulasi, ternyata nilai padatan tersuspensi terjadi penurunan. Persentase penurunan padatan tersuspensi setelah proses koagulasi dan flokulasi dapat dilihat pada Gambar 4.

Pada Gambar 4 dapat terlihat bahwa penambahan koagulan tawas dan flokulan berupa khitosan 45 mg/l dengan waktu pengendapan selama 45 menit (A1B2C3) dapat menurunkan TSS tertinggi dari 282 mg/l menjadi 20,24 mg/l atau terjadi penurunan sebesar 92,82 %, dibandingkan dengan penggunaan polimer PN 161 (A2B2C3) pada konsentrasi yang sama hanya menurunkan TSS menjadi 33,19 atau 88,23 %. Sedangkan penggunaan koagulan tawas, tanpa flokulan tingkat penurunan TSS tidak sebesar bila dikombinasikan dengan bahan flokulan dengan nilai TSS sebesar 125,55 mg/l atau sebesar 55,48 %.

Hasil analisis TSS, setelah proses koagulasi dan flokulasi, cenderung dapat menurunkan nilai TSS sampai dapat memenuhi baku mutu limbah cair berdasarkan Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No. KEP - 51/MENLH/10/1995, karena nilai TSS akhir proses sudah dibawah nilai 100 mg/l. Sedangkan hasil proses koagulasi tanpa penambahan flokulan baik khitosan maupun polimer PN 161, tingkat penurunan TSS hanya sebesar 55,48 % atau menjadi 125,55 mg/l masih di atas baku mutu limbah cair.

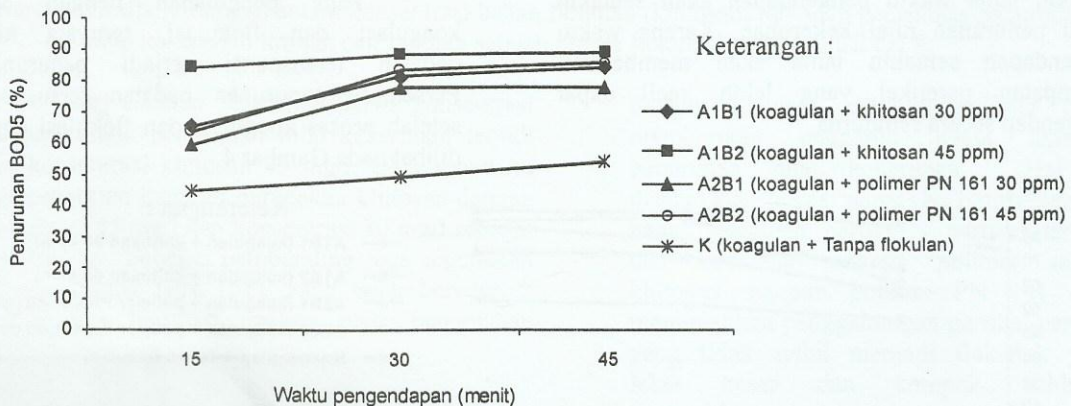
Hasil uji Duncan menunjukkan bahwa waktu pengendapan berbeda sangat nyata pada penurunan TSS. Berdasarkan hasil analisis ada kecenderungan semakin lama waktu pengendapan akan semakin tinggi persentase penurunan TSS. Hal ini disebabkan semakin besar flok-flok yang berasal dari bahan tersuspensi yang terbentuk pada proses flokulasi, sehingga akan semakin tinggi tingkat penurunan TSS, karena proses pengendapannya semakin cepat.

Kebutuhan oksigen biokimiawi (BOD)

Pengukuran BOD sangat penting dalam pengolahan limbah cair. Pengukuran BOD

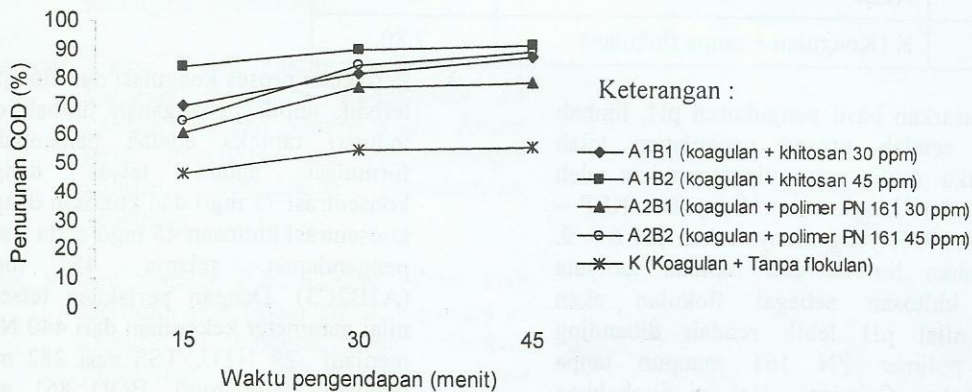
digunakan untuk menentukan perkiraan jumlah oksigen yang dibutuhkan untuk merombak bahan organik yang ada secara biologi (Saeni, 1989). Hasil analisis awal BOD limbah cair tapioka sebesar 861 mg/l, masih jauh di atas baku mutu limbah cair industri tapioka yang disyaratkan berdasarkan Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No. KEP - 51/MENLH/10/1995 yang mensyaratkan parameter BOD₅ hanya sebesar 150 mg/l. Dengan nilai BOD awal sebesar 861 mg/l, maka limbah cair tersebut tidak diijinkan untuk dibuang ke badan perairan umum.

Pada pengolahan dengan cara koagulasi dan flokulasi, ternyata nilai BOD terjadi penurunan. Persentase penurunan BOD setelah proses koagulasi dan flokulasi dapat dilihat pada Gambar 5. Pada Gambar 7 dapat dilihat bahwa penambahan koagulan tawas dan flokulan berupa khitosan 45 mg/l dengan waktu pengendapan selama 45 menit (A1B2C3) dapat menurunkan BOD tertinggi dari 861 mg/l menjadi 88,25 mg/l atau terjadi penurunan sebesar 89,75 %, dibandingkan dengan penggunaan polimer PN 161 (A2B2C3) pada konsentrasi yang sama hanya menurunkan BOD menjadi 116,58 atau 86,46 %. Sedangkan penggunaan koagulan tawas, tanpa flokulan tingkat penurunan BOD tidak sebesar bila dikombinasikan dengan bahan flokulan. Tanpa flokulan persentase penurunan BOD pada pengendapan selama 45 menit, nilai BOD turun menjadi 388,65 atau terjadi penurunan sebesar 54,86 %, masih di atas baku mutu limbah yang disyaratkan.



Gambar 5. Grafik hubungan antara kombinasi koagulan dan flokulan (khitosan dan polimer PN 161) terhadap persentase penurunan BOD limbah cair tapioka pada waktu pengendapan yang berbeda

Hasil analisis BOD, setelah proses koagulasi dan flokulasi, cenderung dapat menurunkan nilai BOD sampai dapat memenuhi baku mutu limbah cair berdasarkan Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No. KEP – 51/MENLH/10/1995, karena nilai BOD akhir proses sudah dibawah nilai 150 mg/l. Sedangkan hasil proses koagulasi tanpa penambahan flokulan baik khitosan maupun polimer PN 161, parameter BOD, nilainya masih di atas baku mutu limbah cair. Hal ini disebabkan kandungan bahan organik limbah cair dapat terkoagulasi dan kemudian terflokulasi membentuk flok-flok berukuran besar, berat dan kompak, sehingga mempercepat proses pengendapan. Disamping itu adanya proses pengadukan, baik pengadukan cepat maupun lambat, akan membantu penambahan oksigen dalam limbah cair yang diolah, akibatnya untuk nilai BOD akan terjadi penurunan, sampai memenuhi baku mutu yang disyaratkan.



Gambar 6. Grafik hubungan antara kombinasi koagulan dan flokulan (khitosan dan polimer PN 161) terhadap persentase penurunan COD limbah cair tapioka pada waktu pengendapan yang berbeda

Pada Gambar 6 dapat terlihat bahwa penambahan koagulan tawas dan flokulan berupa khitosan 45 mg/l dengan waktu pengendapan selama 45 menit (A1B2C3) dapat menurunkan COD tertinggi dari 1851,3 mg/l menjadi 151,25 mg/l atau terjadi penurunan sebesar 91,83 %, dibandingkan dengan penggunaan polimer PN 161 (A2B2C3) pada konsentrasi yang sama hanya menurunkan COD menjadi 197,90 mg/l atau 89,31 %. Sedangkan penggunaan koagulan tawas, tanpa flokulan tingkat penurunan COD masih lebih rendah dibandingkan dengan penambahan bahan flokulan. Tanpa flokulan persentase penurunan COD hanya mencapai 816,98 mg/l atau sebesar 55,87 %, nilai COD ini masih di atas baku mutu limbah cair yang disyaratkan.

Berdasarkan hasil analisis COD, setelah proses koagulasi dan flokulasi, ternyata dapat menurunkan nilai COD sampai dapat memenuhi baku mutu limbah cair, karena nilai COD akhir proses sudah dibawah nilai 300 mg/l, kecuali pada formulasi penambahan polimer PN 161 dengan

Hasil uji Duncan menunjukkan bahwa waktu pengendapan berbeda sangat nyata pada penurunan BOD. Berdasarkan hasil analisis ada kecenderungan semakin lama waktu pengendapan akan semakin tinggi persentase penurunan BOD.

Kebutuhan oksigen kimiawi (COD)

Hasil analisis awal COD limbah cair tapioka sebesar 1851,3 mg/l, masih jauh di atas baku mutu limbah cair industri tapioka berdasarkan Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No. KEP – 51/MENLH/10/1995 yang mensyaratkan parameter COD maksimal sebesar 300 mg/l. Pada pengolahan dengan cara koagulasi dan flokulasi, ternyata nilai COD terjadi penurunan. Persentase penurunan COD setelah proses koagulasi dan flokulasi dapat dilihat pada Gambar 6.

Keterangan :

- ◆ A1B1 (koagulan + khitosan 30 ppm)
- A1B2 (koagulan + khitosan 45 ppm)
- ▲ A2B1 (koagulan + polimer PN 161 30 ppm)
- A2B2 (koagulan + polimer PN 161 45 ppm)
- * K (Koagulan + Tanpa flokulan)

konstraksi 30 mg/l, hanya mencapai 391,36 mg/l atau turun 78,86 %. Hong dan Samuel (1989) melaporkan bahwa penggunaan khitosan sebagai flokulan dapat menurunkan nilai COD sampai 55 % pada pengolahan limbah cair industri pengolahan hasil laut. Penurunan nilai COD ini disebabkan teradsorbsinya padatan terlarut baik oleh bahan koagulan maupun flokulan serta adanya proses pengadukan yang memungkinkan masuknya oksigen pada proses koagulasi dan flokulasi.

Hasil uji Duncan menunjukkan bahwa waktu pengendapan berbeda sangat nyata pada penurunan COD. Berdasarkan hasil analisis ada kecenderungan semakin lama waktu pengendapan akan semakin tinggi persentase penurunan COD.

pH

Untuk mengukur tingkat keasaman limbah cair, dilakukan dengan mengukur pH,

semakin rendah pH, maka limbah tersebut akan semakin asam, demikian sebaliknya, semakin tinggi pH maka limbah tersebut bersifat basa. Limbah cair industri tapioka, mudah sekali berubah pH-nya dan cenderung semakin asam, hal ini disebabkan limbah cair industri tapioka merupakan media yang baik untuk pertumbuhan untuk aktifitas jasad renik yang mengubah protein dan bahan organik lainnya menjadi hidrogen sulfida dan amoniak, menyebabkan limbah akan semakin asam (Saeni, 1989).

Tabel 7. Hasil pengukuran pH limbah cair tapioka setelah proses koagulasi dan flokulasi

No.	Perlakuan	pH akhir
1.	A1B1	6,45
2.	A1B2	6,21
3.	A2B1	7,78
4.	A2B2	7,64
5.	K (Koagulan + tanpa flokulan)	7,80

Berdasarkan hasil pengukuran pH, limbah cair tapioka setelah proses pengolahan telah memenuhi baku mutu yang dipersyaratkan oleh Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No. KEP - 51/MENLH/10/1995, yang menyaratkan pH 6 - 9. Pada pengolahan limbah cair tapioka ternyata penambahan khitosan sebagai flokulan akan memberikan nilai pH lebih rendah dibanding penambahan polimer PN 161 maupun tanpa penambahan bahan flokulan. Hal ini disebabkan larutan khitosan yang ditambahkan bersifat asam (khitosan dilarutkan dalam asam asetat), sehingga adanya penambah larutan khitosan cenderung akan menurunkan pH limbah cair hasil pengolahan.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Dari hasil penelitian ini dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Khitosan dapat digunakan sebagai bahan flokulan pada pengolahan limbah cair industri tapioka. Penggunaan khitosan untuk pengolahan limbah cair industri tapioka akan lebih efektif bila diformulasikan dengan tawas.
2. Perlakuan koagulasi menggunakan tawas dan flokulasi menggunakan khitosan maupun polimer PN 161 dapat mengurangi polutan dalam limbah cair industri tapioka, sampai memenuhi baku mutu limbah cair berdasarkan Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor: KEP-51/MENLH/10/1995, untuk baku mutu limbah cair industri tapioka.

Pada penelitian ini limbah cair ditambah kapur agar pH lebih tinggi lagi mencapai pH 8. Pencapaian pH 8 ini dimaksudkan agar proses koagulasi menggunakan tawas $Al_2SO_4 \cdot 14 H_2O$ lebih efektif. Hasil pengukuran awal limbah cair industri tapioka terukur pH 5,6 selanjutnya setelah ditambah larutan kapur menjadi pH 8. Setelah proses koagulasi dan flokulasi, nilai pH bervariasi, seperti terlihat pada tabel 7.

3. Perlakuan proses koagulasi dan flokulasi terbaik untuk penanganan limbah cair industri tapioka adalah penambahan formulasi antara tawas dengan konsentrasi 75 mg/l dan khitosan dengan konsentrasi khitosan 45 mg/l serta waktu pengendapan selama 45 menit (A1B2C3). Dengan perlakuan tersebut nilai parameter kekeruhan dari 440 NTU menjadi 29 NTU, TSS dari 282 mg/l menjadi 20,24 mg/l, BOD 861 mg/l menjadi 88,25 mg/l, COD 1851,3 mg/l menjadi 151,25 mg/l dan pH 5,67 menjadi pH 6,21.

Saran

Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut pemanfaatan khitosan sebagai bahan flokulan untuk berbagai jenis proses pengolahan limbah cair terutama dalam skala industri.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim (1995). *Laporan Panduan Penggunaan Teknologi Bersih untuk Industri Tapioka*, Proyek pencegahan dan Pengendalian Pencemaran Industri, Badan Penelitian dan Pengembangan Industri, Departemen Perindustrian, Jakarta.
- Anonim (1996). *Kep Men LH No. KEP 51/10/1995 tentang Baku Mutu*

Limbah Cair Bagi Kegiatan Industri.
Bapedal, Jakarta.

Alaert, G. dan Santika, S. (1984). *Metode Penelitian Air, Usaha Nasional*, Surabaya.

Applebaun, S.B. (1968). *Demineralization by Ion Exchange In Water Treatment and Chemical Processing of Other Liquids.* Academic Press, New York.

Bough, W.A. and Landes, D.R. (1976). "Recovery and Nutritional Evaluation of Proteinaceous, Solids Separated From Whey by Coagulation with Chitosan". *J. Dairy Sci.* 59 (11): 1874 - 1880.

Derrick, A.P. (1980). "Polymer Technology" In Water Treatment Proceeding of Industrial Water Treatment Technology, Seminar, April 22-23, 1980, PT. Pupuk Sriwidjaja, Palembang.

Djarwanti, Fauzi, I dan Sukuni, A.H.T. (1993). *Laporan Penelitian Pengolahan Air Limbah Tapioka Secara Kimia Fisika.* Balai Penelitian dan Pengembangan Industri, Departemen Perindustrian, Semarang

Hong, K. and Samuel, P.M. (1989). "Craw Fish Chitosan as a Coagulant in Recovery of Organic Compound from Seafood Processing Steams". *J. Agric. Food Chem* 37 (3) : 580 - 583.

Lolingtang (2003). *Loka Penelitian Pencemaran Lingkungan Pertanian.* Puslitbang Tanah dan Agro Klimat, Badan Penelitian dan Pengembangan, Departemen Pertanian, Pati.

Muzi, A. dan Nurnisya, E. (1990). "Peran Kulit Udang dalam Pengolahan Limbah". *Harian Kompas.* edisi Kamis 17 Mei 1990, Jakarta.

Protan (1987). *Protan.* Protan Lab Inc, USA.

Saeni, M.S. (1989). *Kimia Lingkungan.* Pusat Antar Universitas Ilmu Hayat, IPB, Bogor.

Sait, S. (1991). *Cara-cara pengambilan, Pengumpulan dan Pengawetan Contoh Air Suatu Panduan Laboratorium.* Proyek Pengembangan Wirausaha dan teknologi, Ditjen Industri kecil Departemen Perindustrian, Jakarta.

Soeriaatmadja, R.E. (1984). *Asas - Asas Pengelolaan Limbah Tapioka,* Kementrian Lingkungan Hidup, Jakarta.

Sudjana (1985). *Disain dan Analisa Eksperimen.* Tarsito, Bandung.

Techbanoglous, G. and Schoeder, E.D. (1985). *Water Quality Management. Water Quality, Characteristics, Modeling, Modification.* University of California at Davis, Addison Wesley Publ. Comp., USA.

Vesilind, P.A. (1979). *Treatment and Disposal of Wastewater Sludges.* Ann Arbor Science Publ. Inc, Michigan.