

# PEMANFAATAN KOAGULAN ALAMI DARI CAMPURAN KITOSAN DAN BIJI ASAM JAWA PADA PENGOLAHAN AIR LIMBAH PENYAMAKAN KULIT

Rezka Wilda Shabrina, Hardjono

Jurusan Teknik Kimia, Politeknik Negeri Malang, Jl. Soekarno Hatta No. 9, Malang, Indonesia  
shabrinarezka34@gmail.com, [hardjono@polinema.ac.id]

## ABSTRAK

Industri penyamakan kulit termasuk salah satu industri yang mengeluarkan limbah cair dalam volume cukup besar. Pada penyamakan 1 ton kulit basah diperlukan air  $\pm 40 \text{ m}^3$  dan kemudian dibuang sebagai limbah cair yang tercampur dengan bahan kimia sisa proses dan komponen kulit yang terlarut selama penyamakan. Limbah cair industri penyamakan kulit dapat menyebabkan pencemaran lingkungan karena mengandung logam berat seperti krom (Cr), sehingga sebelum dibuang ke lingkungan harus melalui proses pengolahan terlebih dahulu. Salah satu proses pengolahan limbah cair adalah dengan metode koagulasi flokulasi. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui perbandingan penambahan koagulan dan kecepatan pengadukan terhadap penurunan kadar krom, TSS, pH, serta turbiditas. Selain itu juga bertujuan untuk mengetahui perbandingan penambahan koagulan dan kecepatan pengadukan yang optimal terhadap penurunan kadar krom, TSS, pH, serta turbiditas. Penelitian ini menggunakan metode secara batch. Koagulan yang digunakan berupa koagulan alami dari campuran biji asam jawa dan kitosan. Proses koagulasi flokulasi ini menggunakan tiga variabel kecepatan pengaduk serta empat variabel perbandingan dosis koagulan. Hasil dari penelitian ini didapatkan kondisi optimum pada penambahan koagulan 75% biji asam jawa dengan 25% kitosan pada kecepatan 25 rpm dapat menurunkan kadar krom mencapai 95,86%, penurunan nilai TSS mencapai 95,24%, serta penurunan turbiditas mencapai 49,73%.

**Kata kunci :** biji asam jawa, industri penyamakan kulit, kitosan, koagulasi flokulasi

## ABSTRACT

*The leather tanning industry is one of the industries that produces large volumes of liquid waste. In 1 tonne of wet leather tanning,  $\pm 40 \text{ m}^3$  of water is needed and then disposed of as liquid waste mixed with chemical residues from the process and skin components dissolved during tanning. The liquid waste of the leather tanning industry can cause environmental pollution because it contains heavy metals such as chromium (Cr), so that before being discharged into the environment it must go through a processing process first. One of the wastewater treatment processes is the coagulation flocculation method. The purpose of this study was to determine the ratio of the addition of coagulant and stirring speed to the decrease in chromium content, TSS, pH, and turbidity. In addition, it also aims to determine the ratio of the addition of coagulant and the optimal stirring speed to decrease the levels of chromium, TSS, pH, and turbidity. This study uses the batch method. The coagulant used is a natural coagulant from a mixture of tamarind seeds and chitosan. This flocculation coagulation process uses three stirring speed variables and four coagulant dose ratio variables. The results of this study showed that the optimum conditions for adding coagulant 75% of tamarind seeds with 25% chitosan at a speed of 25 rpm could reduce chromium content to 95.86%, decrease TSS value to 95.24%, and decrease turbidity to 49.73%.*

**Keywords :** tamarind seed, tannery industry, chitosan, coagulation flocculation..

## 1. PENDAHULUAN

Seperti pada industri penyamakan kulit yang termasuk salah satu industri yang mengeluarkan limbah cair dalam volume cukup besar. Pada penyamakan 1 ton kulit basah diperlukan air  $\pm 40 \text{ m}^3$  dan kemudian dibuang sebagai limbah cair yang tercampur dengan bahan kimia sisa proses dan komponen kulit yang terlarut selama penyamakan [1]. Limbah cair industri penyamakan kulit dapat menyebabkan pencemaran lingkungan karena mengandung logam berat seperti kromium (Cr).

Mengingat bahaya dari pencemaran lingkungan akibat krom yang berlebihan maka sebelum limbah dibuang ke lingkungan harus melalui proses pengolahan terlebih dahulu. Pengolahan limbah cair dapat dilakukan dengan 3 metode yaitu dengan proses fisika, kimia, maupun biologi. Pengolahan limbah cair juga dapat dilakukan dengan menggabungkan 2 metode seperti proses pengolahan secara koagulasi-flokulasi yang merupakan gabungan dari proses kimia dan fisika.

Biji asam jawa merupakan salah satu koagulan alami berasal dari tumbuhan yang dapat digunakan dalam pengolahan limbah cair. Protein yang terkandung dalam biji asam jawa dapat mengikat partikel-partikel koloid sehingga partikel tersebut terdestabilisasi membentuk ukuran yang lebih besar dan pada akhirnya akan terendapkan [2]. Menurut beberapa penelitian yang telah dilakukan, biji asam jawa efektif untuk menurunkan kadar TSS serta turbiditas pada dosis 3,5 g/l dan kecepatan putar 20 rpm.

Selain koagulan alami yang berasal dari tumbuhan, pengolahan limbah cair juga dapat menggunakan koagulan yang berasal dari hewan yaitu kitosan. Kitosan merupakan koagulan alami yang diambil dari kulit maupun cangkang hewan. Kitosan terkandung didalam senyawa kimia kitin, yang digunakan sebagai absorben untuk menyerap logam berat [3]. Kitosan mampu menetralkan limbah menjadi flok yang terbentuk secara sempurna dan pada akhirnya bersama-sama mengendap [4]. Namun belum ada yang melakukan penelitian tentang pengolahan limbah penyamakan kulit menggunakan koagulan kitosan.

Pada penelitian yang telah dilakukan oleh Julio, A. W. [5] dan Hendriarianti, E. [6] hanya menggunakan koagulan biji asam jawa untuk mengolah air limbah penyamakan kulit. Sehingga pada penelitian ini dilakukan pengolahan air limbah penyamakan kulit menggunakan campuran dari dua koagulan yaitu biji asam jawa dan kitosan.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kemampuan pengolahan air limbah penyamakan kulit menggunakan koagulan alami dari campuran kitosan dan biji asam jawa yang digunakan dalam penurunan kadar krom, TSS, pH, serta turbiditas.

## 2. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen. Langkah percobaan yang dilakukan yaitu proses pembuatan koagulan alami biji asam jawa, kemudian dilakukan proses koagulasi flokulasi dengan menggunakan *jar test* lalu dilakukan analisa kadar krom, TSS, pH, dan turbiditas untuk mengetahui hasil koagulan alami yang paling efektif.

### 2.1. Pembuatan Serbuk Biji Asam Jawa

Tahapan pembuatan biji asam jawa meliputi:

- 1) Buah asam jawa yang digunakan merupakan buah asam jawa yang matang dan berwarna cokelat tua.

- 2) Biji buah asam jawa yang berwarna coklat kehitaman diambil sebanyak 300 gram.
- 3) Biji asam jawa dimasukkan kedalam oven pada suhu 80°C selama 4 jam untuk mengurangi kadar airnya.
- 4) Biji asam jawa yang telah kering dihaluskan hingga menjadi serbuk kasar.
- 5) Serbuk kasar diayak menggunakan ayakan dengan ukuran 200 mesh.
- 6) Serbuk biji asam jawa dikeringkan dengan oven pada suhu 105°C selama 30 menit untuk menghomogenkan dan menurunkan kadar airnya [5].

## 2.2. Tahap Koagulasi Flokulasi

Prosedur penelitian untuk mengetahui pengaruh dosis koagulan terhadap kadar krom, TSS, pH, dan turbiditas limbah cair pada proses koagulasi flokulasi pada peralatan *jar test* adalah sebagai berikut :

- 1) Dimasukkan sampel limbah cair kedalam 5 gelas beker masing-masing sebanyak 800 ml.
- 2) Kemudian ditambahkan koagulan dengan dosis yang telah ditentukan.
- 3) Sampel diaduk dengan pengadukan cepat dengan kecepatan 200 rpm selama 2 menit.
- 4) Sampel diaduk dengan pengadukan lambat dengan variabel 25, 45, 65 rpm selama 30 menit.
- 5) Sampel hasil pengadukan diendapkan selama 30 menit.
- 6) Dilakukan pengukuran kadar krom, TSS, pH dan turbiditas hasil pengendapan [7].

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

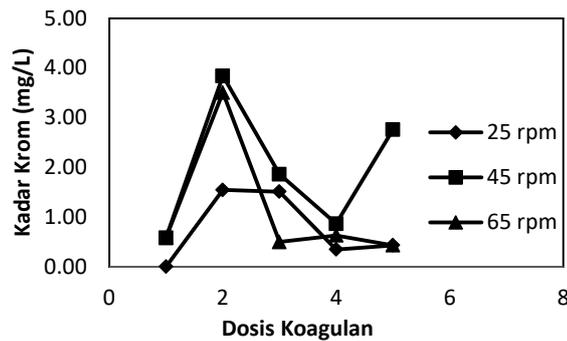
### 3.1. Pengaruh Perbandingan Koagulan Dan Kecepatan Pengadukan Pada Penurunan Kadar Krom

Kadar krom yang terdapat didalam limbah cair penyamakan kulit sebelum dilakukan pengolahan adalah sebesar 8,42 mg/L. Setelah melalui proses pengolahan, limbah cair penyamakan kulit diuji kadar krom yang masih terdapat didalam limbah. Pengujian kadar krom dilakukan menggunakan alat spektrometer uv-vis. Dari proses pengujian didapatkan konsentrasi pada setiap sampel yang ditunjukkan pada tabel 1.

**Tabel 1.** Data konsentrasi krom pada setiap sampel

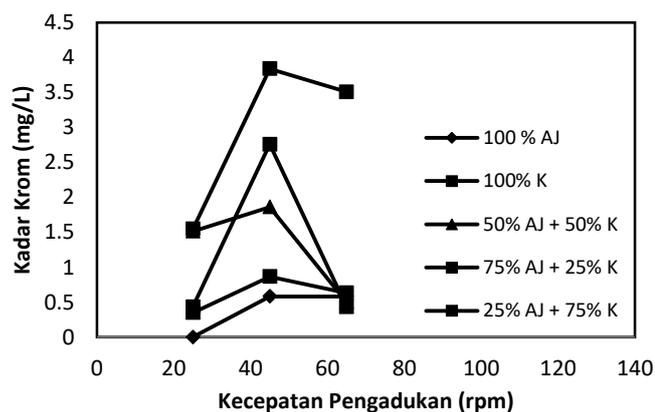
Kecepatan Pengadukan	Dosis Koagulan	Konsentrasi Krom (mg/L)	Penurunan (%)
	Limbah Awal	8,43	
25 rpm	100 % AJ	0,00	100,00
	100% K	1,55	81,66
	50% AJ + 50% K	1,51	82,05
	75% AJ + 25% K	0,35	95,86
	25% AJ + 75% K	0,43	94,87
45 rpm	100 % AJ	0,58	93,10
	100% K	3,84	54,44
	50% AJ + 50% K	1,86	77,91
	75% AJ + 25% K	0,86	89,74
	25% AJ + 75% K	2,76	67,26
65 rpm	100 % AJ	0,58	93,10
	100% K	3,51	58,38
	50% AJ + 50% K	0,50	94,08
	75% AJ + 25% K	0,63	92,50
	25% AJ + 75% K	0,43	94,87
Note :	AJ = Asam Jawa	K = Kitosan	

Pada Tabel 1 dapat dilihat bahwa terjadi penurunan kadar krom pada limbah cair penyamakan kulit. Penurunan kadar krom tertinggi dialami oleh variabel penambahan koagulan 75% serbuk biji asam jawa ditambah dengan 25% kitosan pada kecepatan pengadukan sebesar 25 rpm dengan efisiensi penurunan kadar krom sebesar 95,86%. Sedangkan penurunan kadar krom terendah dialami oleh variabel penambahan koagulan 100% kitosan dan kecepatan pengadukan sebesar 45 rpm dengan efisiensi penurunan kadar krom sebesar 54,43%. Hubungan antara perbandingan rasio penambahan koagulan dan penurunan kadar krom disajikan pada Gambar 1.



**Gambar 1.** Grafik kadar krom vs dosis koagulan

Gambar 1 terlihat bahwa penambahan koagulan dengan rasio perbandingan 75% asam jawa ditambah dengan 25% kitosan dapat menurunkan kadar krom dengan efektif. Berdasarkan data tersebut dapat diartikan bahwa serbuk biji asam jawa lebih efektif dalam penurunan kadar krom jika dibandingkan dengan kitosan. Hal ini dikarenakan biji asam jawa mengandung polisakarida dan selulosa yang berfungsi untuk menjaring mini flok, sehingga lebih banyak penambahan dosis biji asam jawa yang digunakan maka penurunan kadar krom akan semakin baik. Hubungan antara kecepatan pengadukan terhadap penurunan kadar krom dapat dilihat pada Gambar 2.



**Gambar 2.** Grafik kadar krom vs kecepatan pengadukan

Pada Gambar 2 terlihat bahwa pada kecepatan pengadukan 45 rpm terjadi kenaikan konsentrasi krom, lalu pada pengadukan 65 rpm konsentrasi krom akan menurun. Dari grafik pada Gambar 2 dapat dilihat bahwa penurunan kadar krom terbaik dialami oleh kecepatan pengadukan 25 rpm. Berdasarkan data tersebut dapat diartikan bahwa dalam

penurunan kadar krom dibutuhkan pengadukan yang semakin lambat yaitu pada pengadukan 25 rpm.

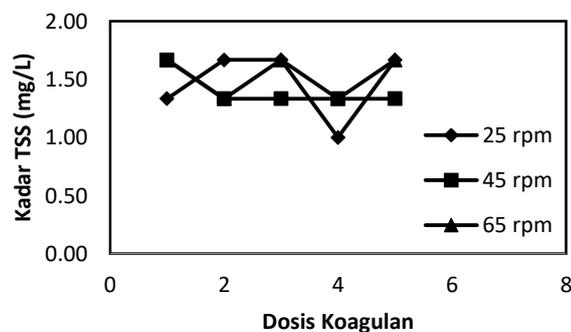
### 3.2. Pengaruh Perbandingan Koagulan Dan Kecepatan Pengadukan Pada Penurunan Nilai TSS

Nilai TSS yang terdapat didalam limbah cair penyamakan kulit sebelum dilakukan pengolahan adalah sebesar 21 mg/L. Setelah melalui proses pengolahan, limbah cair penyamakan kulit diuji nilai TSS yang masih terdapat didalam limbah. Pengujian nilai TSS dilakukan dengan menyaring dan menimbang padatan yang masih terlarut didalam sampel. Dari proses pengujian didapatkan nilai TSS pada setiap sampel yang ditunjukkan pada Tabel 2.

**Tabel 2.** Data nilai TSS pada setiap sampel

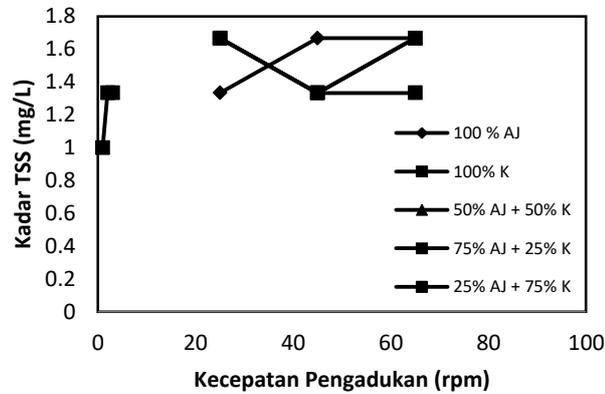
Kecepatan Pengadukan	Dosis Koagulan	TSS (mg/L)	Penurunan (%)
	Limbah Awal	21	
25 rpm	100 % AJ	1,33	93,65
	100% K	1,67	92,06
	50% AJ + 50% K	1,67	92,06
	75% AJ + 25% K	1,00	95,24
	25% AJ + 75% K	1,67	92,06
45 rpm	100 % AJ	1,67	92,06
	100% K	1,33	93,65
	50% AJ + 50% K	1,33	93,65
	75% AJ + 25% K	1,33	93,65
	25% AJ + 75% K	1,33	93,65
65 rpm	100 % AJ	1,67	92,06
	100% K	1,33	93,65
	50% AJ + 50% K	1,67	92,06
	75% AJ + 25% K	1,33	93,65
	25% AJ + 75% K	1,67	92,06
Note :	AJ = Asam Jawa K = Kitosan		

Pada Tabel 2 dapat dilihat bahwa terjadi penurunan nilai TSS pada limbah cair penyamakan kulit. Penurunan nilai TSS tertinggi dialami oleh variabel penambahan koagulan 75% serbuk biji asam jawa serta 25% kitosan pada kecepatan pengadukan sebesar 25 rpm dengan efisiensi penurunan nilai TSS sebesar 95,24%. Hubungan antara perbandingan rasio penambahan koagulan dan penurunan nilai turbiditas disajikan pada Gambar 3.



**Gambar 3.** Grafik nilai TSS vs dosis koagulan

Grafik pada Gambar 3 menunjukkan bahwa semua dosis koagulan dapat menurunkan nilai TSS dengan sangat baik. Namun pada penambahan koagulan 75% biji asam jawa dengan 25% kitosan lebih efektif dalam penurunan nilai TSS. Penurunan nilai TSS pada semua dosis koagulan juga telah mencapai 92%. Hubungan antara kecepatan pengadukan terhadap penurunan nilai turbiditas dapat dilihat pada Gambar 4.



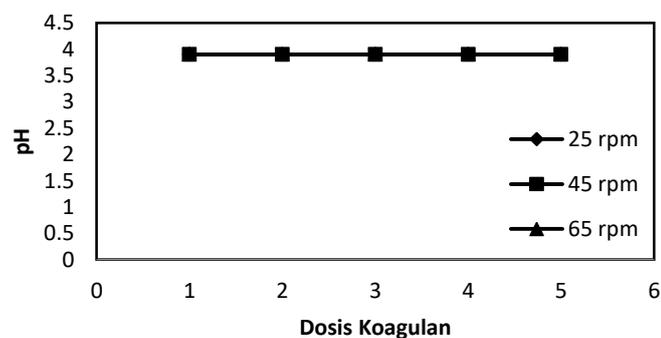
**Gambar 4.** Grafik nilai TSS vs kecepatan pengadukan

Pada Gambar 4 dapat dilihat bahwa pada setiap kecepatan nilai TSS telah mengalami penurunan yang baik. Namun pada kecepatan pengadukan 25 rpm dapat menurunkan nilai TSS dengan lebih baik. Semakin cepat proses pengadukan maka semakin baik penurunan nilai TSS yang terjadi. Namun apabila telah mencapai kecepatan pengadukan yang optimum pada pengadukan 45 rpm maka akan terjadi kenaikan kembali pada nilai TSS. Berdasarkan data tersebut dapat diartikan bahwa dalam penurunan nilai turbiditas dibutuhkan pengadukan yang semakin lambat.

### 3.3. Pengaruh Perbandingan Koagulan Dan Kecepatan Pengadukan Pada Penurunan Nilai pH

Limbah cair penyamakan kulit sebelum dilakukan proses pengolahan mengandung pH 3,9 sehingga tidak perlu dilakukan penambahan bahan untuk penyesuaian pH. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh Enrico [8] menyatakan bahwa koagulan dari biji asam jawa mampu bekerja secara optimal pada kondisi pH 4.

Setelah dilakukan proses pengolahan limbah ternyata tidak terjadi perubahan pH pada air limbah. Nilai pH yang terkandung didalam setiap limbah cair dengan berbagai macam dosis koagulan yang ditambahkan dapat dilihat pada Gambar 5.



**Gambar 5.** Grafik pH vs dosis koagulan

Grafik pada Gambar 5 menunjukkan bahwa tidak adanya perubahan yang terjadi pada pH limbah cair penyamakan kulit setelah melalui proses pengolahan. Namun nilai pH tersebut belum memenuhi baku mutu limbah cair sesuai dengan Peraturan Gubernur Jawa Timur No.52 Tahun 2014. Dalam baku mutu limbah cair penyamakan kulit tertulis bahwa pH yang diperbolehkan berkisar antara 6,0 – 9,0. Oleh karena itu sebelum dibuang ke badan air atau sungai harus dilakukan penyesuaian pH agar memenuhi persyaratan diatas.

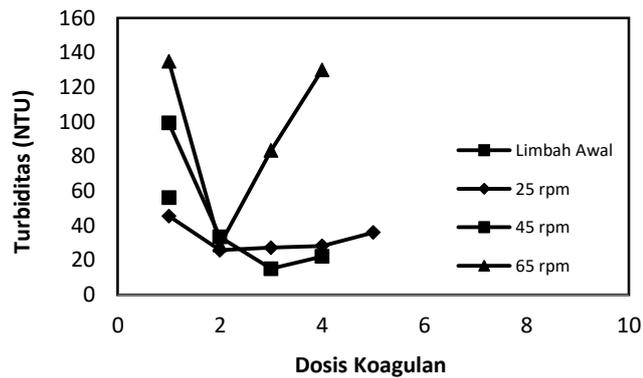
### 3.4. Pengaruh Perbandingan Koagulan Dan Kecepatan Pengadukan Pada Penurunan Nilai Turbiditas

Nilai turbiditas yang terdapat didalam limbah cair penyamakan kulit sebelum dilakukan pengolahan adalah sebesar 56,1 NTU. Setelah melalui proses pengolahan, limbah cair penyamakan kulit diuji nilai turbiditas yang masih terdapat didalam limbah. Pengujian nilai turbiditas dilakukan menggunakan alat turbidimeter. Dari proses pengujian didapatkan nilai turbiditas pada setiap sampel yang ditunjukkan pada Tabel 3.

**Tabel 3.** Data nilai turbiditas pada setiap sampel

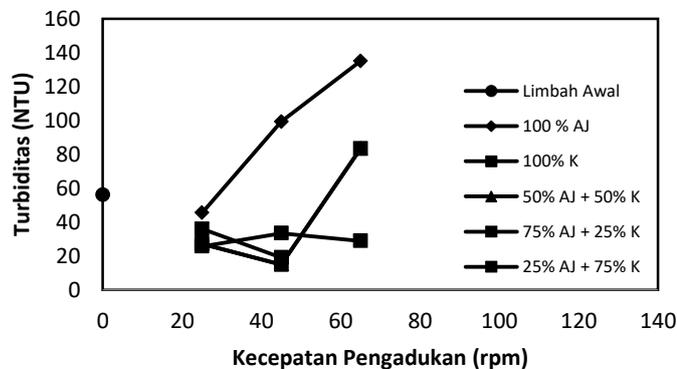
Kecepatan Pengadukan	Dosis Koagulan	Turbiditas (NTU)	Penurunan (%)
	Limbah Awal	56,1	
25 rpm	100 % AJ	45,5	18,89
	100% K	25,7	54,19
	50% AJ + 50% K	27,2	51,52
	75% AJ + 25% K	28,2	49,73
	25% AJ + 75% K	36	35,83
45 rpm	100 % AJ	99,3	-77,01
	100% K	33,4	40,46
	50% AJ + 50% K	15	73,26
	75% AJ + 25% K	22,1	60,61
65 rpm	25% AJ + 75% K	19,1	65,95
	100 % AJ	135	-140,64
	100% K	28,9	48,48
	50% AJ + 50% K	83,4	-48,66
	75% AJ + 25% K	130	-131,73
	25% AJ + 75% K	75	-33,68984
Note :	AJ = Asam Jawa K = Kitosan		

Pada Tabel 3 dapat dilihat bahwa terjadi penurunan nilai turbiditas pada limbah cair penyamakan kulit. Penurunan nilai turbiditas tertinggi dialami oleh variabel penambahan koagulan 50% serbuk biji asam jawa serta 50% kitosan dan kecepatan pengadukan sebesar 45 rpm dengan efisiensi penurunan nilai turbiditas sebesar 73,26%. Sedangkan penurunan nilai turbiditas terendah dialami oleh variabel penambahan koagulan 100% serbuk biji asam jawa dan kecepatan pengadukan sebesar 25 rpm dengan efisiensi penurunan 18,89%. Hubungan antara perbandingan rasio penambahan koagulan dan penurunan nilai turbiditas disajikan pada Gambar 6.



**Gambar 6.** Grafik nilai turbiditas vs dosis koagulan

Grafik pada Gambar 6 menunjukkan bahwa penambahan koagulan 100% kitosan lebih efektif dalam penurunan nilai turbiditas daripada penambahan koagulan 100% serbuk biji asam jawa. Pada penambahan koagulan 100% serbuk biji asam jawa nilai turbiditas lebih tinggi daripada limbah cair pada saat belum dilakukan proses pengolahan. Dari grafik tersebut terlihat bahwa kitosan lebih berperan pada penurunan nilai turbiditas. Hal ini terjadi karena kitosan mampu mengikat zat-zat organik yang terdapat dalam air limbah, sehingga membentuk senyawa kompleks dan mudah diendapkan. Dengan semakin banyaknya endapan yang terbentuk menyebabkan penurunan jumlah polutan dalam air, sehingga semakin lama air nampak semakin jernih atau tingkat kekeruhannya semakin berkurang [9]. Hubungan antara kecepatan pengadukan terhadap penurunan nilai turbiditas dapat dilihat pada Gambar 7.



**Gambar 7.** Grafik nilai turbiditas vs kecepatan pengadukan

Pada Gambar 7 dapat dilihat bahwa pada kecepatan pengadukan 25 rpm dapat menurunkan nilai turbiditas dengan baik. Sedangkan pada kecepatan pengadukan 65 rpm nilai turbiditas tidak dapat turun dan justru lebih cenderung naik. Berdasarkan data tersebut dapat diartikan bahwa dalam penurunan nilai turbiditas dibutuhkan pengadukan yang semakin lambat.

Kondisi optimum terjadi pada penambahan koagulan 75% biji asam jawa dengan 25% kitosan pada kecepatan 25 rpm dapat menurunkan kadar krom mencapai 95,86%, penurunan nilai TSS mencapai 95,24%, serta penurunan turbiditas mencapai 49,73%.

#### 4. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat diambil kesimpulan bahwa semakin banyak perbandingan penambahan koagulan biji asam jawa maka penurunan kadar

krom, TSS, serta pH, akan semakin baik. Namun pada penurunan turbiditas dibutuhkan perbandingan penambahan koagulan kitosan yang lebih banyak. Pada pengadukan lambat penurunan kadar krom, TSS serta turbiditas akan semakin naik. Pada pengadukan 45 rpm terjadi kondisi optimal pengadukan. Sedangkan pada pengadukan 65 rpm kadar krom, TSS, turbiditas mulai menurun. Kondisi optimal dicapai pada perbandingan penambahan koagulan 75% biji asam jawa dan 25% kitosan pada kecepatan pengadukan 25 rpm dengan penurunan kadar krom mencapai 95,86%, penurunan nilai TSS mencapai 95,24%, serta penurunan turbiditas mencapai 49,73%. Saran pada penelitian selanjutnya perlu dilakukan pengujian nilai BOD dan COD sehingga dapat diketahui apakah koagulan campuran dari biji asam jawa dan kitosan mampu menurunkan nilai BOD dan COD pada air limbah penyamakan kulit.

## REFERENSI

- [1] Sugihartono, S., 2016, *Pemisahan krom pada limbah cair industri penyamakan kulit menggunakan gelatin dan flokulan anorganik*, Majalah Kulit, Karet, dan Plastik, Vol. 32, No. 1, 21.
- [2] Fitri Ayu, W., dan Tuhi Agung, R., 2015, *Pemanfaatan Biji Asam Jawa (Tamarindus Indica) Sebagai Koagulan Alternatif Dalam Proses Pengolahan Air Sungai*, Envirotek : Jurnal Ilmiah Teknik Lingkungan, Vol. 7, No. 2, 85–91.
- [3] Hendrawati, H., Sumarni, S., dan Nurhasni., 2015, *Penggunaan Kitosan sebagai Koagulan Alami dalam Perbaikan Kualitas Air Danau*, Jurnal Kimia VALENSI, Vol. 1, No. 1, 1–11.
- [4] Agusnar, H., 2003, *Analisa Keefektifan Penggunaan Kitosan Untuk Menurunkan Kadar Logam Berat*, Jurnal Sains Kimia, Vol. 7, No. 1, 7–10.
- [5] Julio, A. W., 2017, *Uji Kemampuan Biji Asam Jawa (Tamarindus indica) Sebagai Biokoagulan Dengan Variasi Kecepatan Pengadukan dan Dosis Untuk Menurunkan Kadar Chemical Oxygen Demand (COD), Total Suspended Solid (TSS) dan Kekeruhan Pada Limbah Cair Industri Penyamakan Kulit*, Laporan Skripsi Jurusan Teknik Lingkungan, Universitas Brawijaya, Malang.
- [6] Hendriarianti, E., Suhastri, H., 2011, *Penentuan Dosis Optimum Koagulan Biji Asam Jawa (Tamarindus Indica L.) Dalam Penurunan TSS dan COD Limbah Cair Industri Penyamakan Kulit di Kota Malang*, Jurnal Spectra, Vol. 9, No. 17, 12-22.
- [7] W, Tanjung Kusuma, Hadiwidodo, M. P., 2017, *Menggunakan Kitosan Dari Limbah Cangkang Keong Sawah (Pila Ampullacea) Sebagai Nano Biokoagulan Dalam Pengolahan Limbah Cair Pt . Phapros , Tbk Semarang*, Vol. 6, No. 1, 1–7.
- [8] Enrico, B., 2008, *Pemanfaatan Biji Asam Jawa (Tamarindus Indica) Sebagai Koagulan Alternatif dalam Proses Penjernihan Limbah Cair Industri Tahu*, Tesis, Sekolah Pasca Sarjana. Universitas Sumatera Utara, Medan.
- [9] Takwanto, A., Mustain, A., Sudarminto, H. P., 2018, *Penurunan Kandungan Polutan pada Lindi dengan Metode Elektrokoagulasi-Adsorpsi Karbon Aktif*, Jurnal Teknik Kimia dan Lingkungan, Vol. 2, No. 1, 11-16.