

Optimasi Dosis Koagulan Untuk Pengolahan Air Sungai Suko

Optimization of Coagulant Dosage for Suko River Water Treatment

Syarifah Aini^{a*}, Hari Dwi Wahyudi^a, Kukuh Priyono^a

^a *Jurusan Teknik Sipil, Universitas Widya Dharma Klaten*

Jl. Ki Hajar Dewantara, Klaten 57438, Jawa Tengah, Indonesia

Artikel histori :

Diterima 26 Februari 2021
Diterima dalam revisi 30 Maret 2021
Diterima 6 April 2021
Online 13 April 2021

ABSTRAK: Sungai Suko, Desa Drono, Kecamatan Ngawen, Kabupaten Klaten, terletak di dekat pemukiman penduduk dan pabrik tahu, kemungkinan air mengalami pencemaran cukup tinggi, yang disebabkan oleh limbah pabrik dan rumah tangga. Air sungai ini dapat diolah menjadi air bersih dengan proses koagulasi dengan metode *Jar Test* menggunakan koagulan tawas, *Poly Aluminium Chloride* (PAC) dan kaporit. Tujuan dari penelitian adalah untuk mengetahui dosis optimum koagulan dalam pengolahan air sungai Suko menjadi air bersih dengan metode *Jar test* dan mengetahui koagulan mana yang paling cocok digunakan dalam mengolah air sungai Suko menjadi air bersih. Penelitian ini menggunakan percobaan *Jar Test* untuk menentukan dosis koagulan optimum dalam mengolah air sungai Suko menjadi air bersih. Sampel air sebelum percobaan diuji kualitasnya yang meliputi parameter fisik yaitu suhu, warna, bau, kekeruhan dan parameter kimia yaitu Fe, kesadahan, CO₂, alkalinitas, pH, COD, BOD, kemudian hasil percobaan akan diketahui tingkat kejernihan airnya. Hasil penelitian menunjukkan kadar tawas optimum percobaan adalah 120 ppm yaitu dengan menambahkan 6 mL tawas ke dalam 500 mL air, kadar PAC optimum percobaan adalah 200 ppm yaitu dengan menambahkan 10 mL *Poly Aluminium Chloride* ke dalam 500 mL air, dan kadar kaporit optimum percobaan adalah 160 ppm yaitu dengan menambahkan 8 mL kaporit ke dalam 500 mL air.

Kata Kunci: *Jar Test*; tawas; PAC; kaporit; kejernihan

ABSTRACT: Sungai Suko, Drono village, Ngawen sub-district, Klaten district, is located near residential area and tofu factory, the possibility of water contamination is quite high, which is caused by household waste. This river water can be processed into clean water by a coagulation process of the Jar Test method using coagulant alum, PAC and chlorine. The purpose of this study was to determine the optimum dose of coagulant in processing Suko river water into clean water using the Jar test method and knowing which coagulant is most suitable for processing the Suko river water into clean water. This research method is to use the Jar Test experiment to determine the optimum coagulant dose in processing Suko river water into clean water. The quality of the water samples before the experiment were tested which included the physical parameters, i.e. temperature, color, odor, and turbidity, also the chemical parameters, i.e. Fe, hardness, CO₂, alkalinity, pH, COD, BOD, then the experimental results will determine the level of water clarity. The results showed that the optimum alum content in the experiment was 120 ppm by adding 6 mL of alum to 500 mL of water, the optimum level of PAC in the experiment is 200 ppm by adding 10 mL of PAC to 500 mL of water, and the optimum chlorine level in the experiment is 160 ppm by adding 8 mL of chlorine to 500 mL of water.

Keywords: Jar Test; alum; PAC; kaporit; clarity

1. Pendahuluan

Air adalah kebutuhan yang sangat penting bagi manusia, begitu juga dengan seluruh makhluk hidup yang ada di bumi ini. Manusia melakukan berbagai upaya untuk memenuhi kebutuhan air bersih untuk dikonsumsi, baik untuk air

minum, maupun untuk kebutuhan rumah tangga lainnya (Usman, 2000).

Beberapa sumber air yang tersedia, penduduk Indonesia sebagian besar menggunakan air permukaan terutama air sungai dan air sumur. Berdasarkan penelitian yang dilakukan Kementerian Lingkungan Hidup (KLH) pada

*Corresponding Author: 0272-322363 Fax. 0272-323288
Email: aini07931@gmail.com

tahun 2014 bahwa 70 – 75 % sungai di 33 provinsi Indonesia telah tercemar. Polutan dominan yang mencemari sungai berasal dari limbah domestik yang berasal dari rumah tangga. Untuk meningkatkan kebutuhan dasar masyarakat mengenai kebutuhan air bersih, maka perlu diterapkan teknologi yang sesuai dengan tingkat penguasaan teknologi dalam masyarakat itu sendiri. Salah satu alternatif yakni menggunakan teknologi pengolahan air sederhana dengan mengolah air sungai menjadi air bersih dengan proses koagulasi (Sutrisno, 2010).

Wathoni *et al.* (2020) melakukan penelitian tentang “Pengaruh Penambahan Flokulan dan Koagulan Menggunakan Metode *Jar Test* terhadap Kualitas Air Baku”, menyimpulkan bahwa penambahan flokulan dan koagulan dengan metode *Jar Test* ini dapat menurunkan kadar pH 10% dan Turbidity 95% dalam air baku. Demikian juga penelitian yang dilakukan oleh Budiman *et al.*, (2008) tentang “Kinerja Koagulan *Poly Aluminium Chloride* (PAC) dalam Penjernihan Air Sungai Kalimas Surabaya” menghasilkan kesimpulan penelitian terbaik pada kadar PAC 50 ppm, waktu pengadukan 10 menit, dan kecepatan pengadukan 100 rpm di mana nilai turbiditas hasil penjernihan air sungai 0,7 NTU, TSS 96,4 mg/L, pH larutan 6,53, dan TDS-mg/L.

Merujuk kedua jurnal di atas, penelitian ini dilakukan dengan mengambil sampel air dari Sungai Suko, Desa Drono, Kecamatan Ngawen, Kabupaten Klaten. Lokasi sungai ini terletak di dekat jalan raya, pemukiman penduduk dan pabrik tahu, air sungai mengalami pencemaran sebagai akibat dari limbah rumah tangga dan limbah pabrik tahu, ditunjukkan dengan hasil uji sampel awal COD 63,5 mg/L dan BOD 7, 42 mg/L.

Pada penelitian ini digunakan koagulan tawas, kaporit dan PAC untuk mengolah air sungai Suko menjadi air bersih dengan proses koagulasi yang menggunakan metode *Jar Test*. *Jar test* adalah suatu metode pengujian untuk mengetahui kemampuan suatu koagulan dan menentukan kondisi operasi (dosis) optimum pada proses penjernihan air dan air limbah. Metode *jar test* mensimulasikan proses koagulasi dan flokulasi untuk menghilangkan padatan tersuspensi (*suspended solid*) dan zat-zat organik yang dapat menyebabkan masalah kekeruhan, bau dan rasa (Husaini *et al.*, 2018).

Rumusan masalah penelitian ini adalah bagaimana pengolahan air sungai dengan metode *Jar Test* menjadi air bersih serta koagulan apa yang paling cocok untuk digunakan dalam mengolah air Sungai Suko menjadi air bersih. Koagulan yang digunakan adalah tawas, kaporit dan PAC, karena jenis koagulan ini sering digunakan dan banyak beredar di pasaran, serta ramah lingkungan (Eckenfelder and Wesley, 2000).

Batasan masalah dalam penelitian ini adalah pengolahan air sungai Suko menjadi air bersih hanya sampai pengolahan dengan menggunakan metode *Jar Test*, Koagulan yang digunakan adalah tawas, kaporit dan *poly aluminium chloride* (PAC).

Tujuan dari penelitian adalah untuk mengetahui dosis optimum koagulan dalam pengolahan air sungai Suko menjadi air bersih dengan metode *Jar Test* dan mengetahui

koagulan mana yang paling cocok digunakan dalam mengolah air sungai Suko menjadi air bersih.

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi kepada khasanah ilmu pengetahuan tentang pengolahan air sungai menjadi air bersih dengan jalan proses koagulasi dengan metode *Jar Test*.

Kebaruan dalam penelitian ini adalah terletak pada sampel air baku yang mempunyai parameter kualitas air dengan COD 63,5 mg/L dan BOD 7,42 mg/L, dapat diolah menjadi air bersih dengan metode *Jar Test*, dan mencari koagulan yang cocok untuk mengolah air baku tersebut.

2. Metode Penelitian

2.1 Alat, Bahan dan Tempat

Alat dalam penelitian ini adalah neraca analitik, flokulator. Bahan yang digunakan adalah air sungai Suko, PAC, tawas, kaporit, aquadest, kertas pH merk universal. Percobaan penelitian ini dilakukan di laboratorium Penyehatan dan Lingkungan Universitas Sebelas Maret Surakarta.

2.2 Pengambilan Sampel

Pengambilan air sampel berlokasi di sungai Suko, desa Drono, kecamatan Ngawen, kabupaten Klaten. Lokasi sungai Suko ini terletak di dekat jalan raya, pemukiman penduduk dan pabrik tahu, jadi kemungkinan air mengalami pencemaran cukup tinggi. Penyebab lain di antaranya limbah rumah tangga, baik limbah organik maupun limbah anorganik.

Sampel air diambil dari lokasi menggunakan jerigen air yang berjumlah 2 buah (± 10 liter) pada bulan Januari 2019. Pengambilan dilakukan dari permukaan air dengan hati-hati sehingga kondisi air yang diambil sesuai dengan kondisi air di lapangan. Metode yang digunakan adalah:

- Menjaga agar endapan di dasar sungai tidak ikut terbawa.
- Menggunakan jerigen yang bersih dan tidak mengandung zat-zat kimia yang mudah larut, hal tersebut dilakukan untuk menghindari kesalahan analisis.

2.3 Persiapan Bahan dan Desain Percobaan

Setelah air diambil dari sungai Suko maka dilakukan uji sampel dengan beberapa parameter kualitas air antara lain uji fisika yaitu suhu, warna, bau, kekeruhan, dan uji kimia yaitu Fe, kesadahan total, CO₂, alkalinitas, pH, COD dan BOD.

Langkah percobaan dimulai dengan melakukan uji *Jar Test* dengan menambahkan koagulan tawas yaitu pertama adalah mengisi enam buah gelas beker 600 mL masing-masing dengan 500 mL air sungai kemudian mengukur pH nya dengan kertas pH. Kedua adalah memasukkan larutan tawas ke dalam masing-masing gelas beker sebanyak (4, 6, 8, 10, 12, 14) mL, kemudian dilakukan pengadukan cepat selama 1 menit, setelah itu pengadukan lambat selama 5 menit dan mendiarkannya selama 10 menit sehingga terbentuk endapan. Ketiga adalah membuat tabel kadar tawas, pH dan tingkat kejernihan. Keempat adalah menghitung dosis optimum koagulan yang bisa memberikan endapan terbanyak tiap 1 liter air.

Dosis optimum koagulan = $(b \times a) / c$
 a = volume air sampel (mL)
 b = volume koagulan (mL)
 c = dosis koagulan (g/L) (SNI, 2000)

Percobaan dengan koagulan PAC dan kaporit, langkah percobaannya sama dengan langkah-langkah percobaan dengan uji koagulan tawas, dengan hasil pengujian yang berbeda.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Pengujian Sampel Air Sungai Suko

Hasil pengujian awal air sungai Suko dapat dilihat pada **Tabel 1**.

Tabel 1. Hasil pengujian sampel air Sungai Suko

Parameter	Sampel Air Baku	Standar Permenkes RI No.416/MENKES/PER/IX/1990	Keterangan
Uji Fisika			
Suhu	24°C	27 - 28°C	Tidak Memenuhi
Warna	Coklat	Tidak Bewarna	Tidak Memenuhi
Bau	Amis	Tidak Berbau	Tidak Memenuhi
Kekeruhan	Agak Keruh	Jernih	Tidak Memenuhi
Uji Kimia			
Fe	0 mg/L	0,0 - 0,1 mg/L	Memenuhi
Kesadahan Total	5,6°D	Maks. 28°D	Memenuhi
CO ₂	4 mg/L	Maks. 10 mg/L	Memenuhi
Alkalinitas	87 mg/L	Maks. 500 mg/L	Memenuhi
pH	6	5,5 - 8,5	Memenuhi
COD	63,2 mg/L	Maks 12 mg/L	Tidak Memenuhi
BOD	7,42 mg/L	Maks 6 mg/L	Tidak Memenuhi

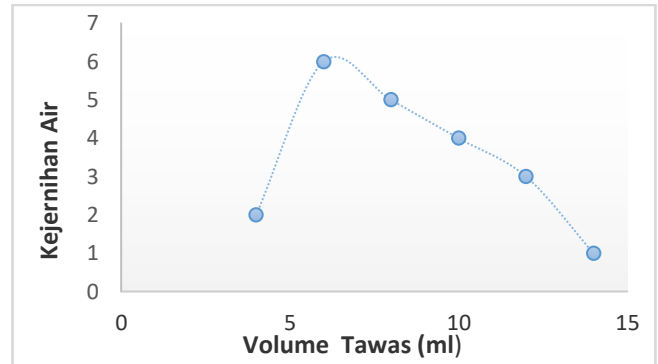
Tabel 1 menunjukkan bahwa beberapa parameter kimia sudah memenuhi standar baku mutu air sungai yaitu pH, kesadahan total, CO₂ dan Fe dan yang belum adalah COD, BOD. Sedangkan parameter fisika untuk suhu, warna, bau, kekeruhan belum memenuhi baku mutu air sungai sesuai Permenkes RI No.416/MENKES/PER/IX/1990, maka air sungai Suko perlu diolah terlebih dahulu menggunakan proses koagulasi dengan metode *Jar Test*.

3.2 Pengujian Sampel Air Sungai Suko dengan Koagulan Tawas

Hasil pengujian pengolahan air sungai Suko dengan proses koagulasi dengan koagulan tawas dapat dilihat dalam **Tabel 2**.

Tabel 2. Hasil pengujian dengan koagulan tawas

Sampel	1	2	3	4	5	6
pH awal	6	6	6	6	6	6
Volume tawas (mL)	4	6	8	10	12	14
Kejernihan	2	6	5	4	3	1
pH akhir	6	6	6	6	6	6



Gambar 1. Hubungan antara kadar tawas dengan kejernihan air.

Keterangan tingkat kejernihan :

- | | |
|-----------------|------------------|
| 1. Sangat keruh | 4. Cukup keruh |
| 2. Keruh | 5. Jernih |
| 3. Agak keruh | 6. Sangat jernih |

Gambar 1 dapat dilihat bahwa dengan penambahan volume tawas 6 ml dihasilkan tingkat kejernihan dengan angka 6, ini menunjukkan bahwa penambahan koagulan tawas 6 mL menghasilkan kejernihan air yang maksimal, data ini dapat digunakan untuk menghitung Dosis Tawas Optimum (DTO).

Tawas berfungsi untuk mengendapkan kotoran dengan cara mengikat kotoran terlebih dahulu membentuk gumpalan-gumpalan yang akan mengendap di dasar wadah. Jika volume tawas ditambahkan terlalu banyak, maka apabila kotoran yang diikat sudah mengendap seluruhnya, tawas akan menjadi pengotor dalam air tersebut.

Data perhitungan Dosis Tawas Optimum (DTO)

Volume air sampel : 500 mL (a)

Volume tawas : 6 mL (b)

Dosis tawas : 10 g/L (c)

Dosis tawas Optimum (DTO)

$$DTO = \frac{b \times c}{a} = \frac{6 \text{ mL} \times 10 \text{ g/L}}{500 \text{ mL}} = 0,12 \text{ g/L}$$

$$= 120 \text{ mg/L} \dots \dots \dots (1)$$

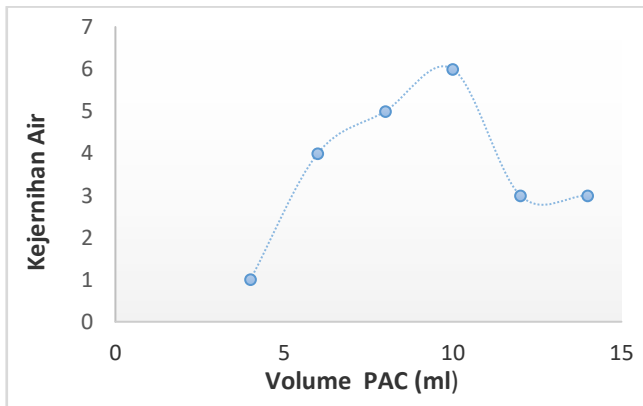
Dari hasil perhitungan kadar tawas optimum percobaan adalah 120 ppm yaitu dengan menambahkan 6 mL tawas ke dalam 500 mL air. Ini berarti bahwa dengan menambahkan koagulan tawas lebih dari 6 mL ke dalam 500 mL air Sungai Suko akan menyebabkan air menjadi keruh karena kotoran yang diikat sudah mengendap seluruhnya, sedangkan tawas yang berlebih akan menjadi pengotor bagi air tersebut. Hasil penelitian Agung (2006) menjelaskan kondisi terbaik untuk koagulan tawas dicapai pada konsentrasi 200 ppm dengan menambahkan flukolan polielektroлит sebesar 8 mL per 500 mL sampel air. Hasil percobaan yang dilakukan mendekati dengan hasil penelitian sebelumnya, maka DTO hasil percobaan dianggap dapat dipertanggungjawabkan.

3.3 Pengujian Sampel Air Sungai Suko dengan Koagulan PAC

Untuk hasil pengujian terdapat pada **Tabel 3** di bawah ini.

Tabel 3. Hasil pengujian dengan koagulan PAC

Sampel	1	2	3	4	5	6
pH awal	6	6	6	6	6	6
Volume tawas (mL)	4	6	8	10	12	14
Kejernihan	1	4	5	6	3	3
pH akhir	6	6	6	6	6	6



Gambar 2. Hubungan antara kadar PAC dengan kejernihan air

Gambar 2 dapat dilihat bahwa dengan penambahan volume PAC 10 mL dihasilkan tingkat kejernihan dengan angka 6, ini menunjukkan bahwa penambahan koagulan PAC 10 mL menghasilkan kejernihan air yang maksimal, data ini dapat digunakan untuk menghitung dosis PAC Optimum.

PAC berfungsi untuk mengendapkan kotoran dengan cara mengikat kotoran terlebih dahulu membentuk gumpalan yang akan mengendap di dasar wadah. Jika volume PAC yang ditambahkan terlalu banyak, maka apabila kotoran yang diikat sudah mengendap seluruhnya, PAC akan menjadi pengotor dalam air tersebut.

Data perhitungan dosis PAC Optimum

Volume air sampel : 500 mL (a)
 Volume PAC : 10 mL (b)
 Dosis PAC : 10 g/L (c)
 Dosis PAC Optimum (DPACO)

$$DPACO = \frac{bxc}{a} = \frac{10mL \times 10g/L}{500mL} = 0,2 g/L$$

$$= 200 mg/L (200 ppm).....(2)$$

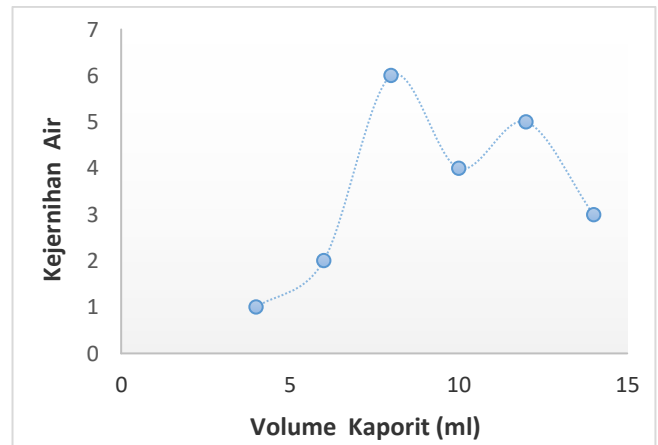
Dari hasil perhitungan kadar PAC optimum percobaan adalah 200 ppm yaitu dengan menambahkan 10 mL PAC ke dalam 500 mL air. Hasil penelitian Agung (2006) menjelaskan kondisi terbaik untuk koagulan PAC dicapai pada konsentrasi 250 ppm dengan menambahkan flukolan sebesar 12 mL per 500 mL sampel air. Hasil percobaan yang dilakukan mendekati dengan hasil penelitian sebelumnya, maka dosis optimum PAC hasil percobaan dianggap dapat dipertanggungjawabkan.

3.4 Pengujian Sampel Air Sungai Suko dengan Koagulan Kaporit

Hasil pengujian pengolahan air sungai Suko dengan proses koagulasi dengan koagulan kaporit dapat dilihat dalam **Tabel 4**.

Tabel 4. Hasil pengujian dengan koagulan kaporit

Sampel	1	2	3	4	5	6
pH awal	6	6	6	6	6	6
Volume tawas (mL)	4	6	8	10	12	14
Kejernihan	1	2	6	4	5	3
pH akhir	6	6	6	6	6	6



Gambar 3. Hubungan antara kadar kaporit dengan kejernihan air.

Gambar 3 dapat dilihat bahwa dengan penambahan volume kaporit 8 mL dihasilkan tingkat kejernihan dengan angka 6, ini menunjukkan bahwa penambahan koagulan kaporit 8 mL menghasilkan kejernihan air yang maksimal, data ini dapat digunakan untuk menghitung dosis kaporit optimum.

Kaporit berfungsi untuk mengendapkan kotoran dengan cara mengikat kotoran terlebih dahulu membentuk gumpalan yang akan mengendap di dasar wadah. Jika volume kaporit di tambahkan terlalu banyak, maka apabila kotoran yang diikat sudah mengendap seluruhnya, kaporit akan menjadi pengotor air tersebut.

Data perhitungan Dosis Kaporit Optimum

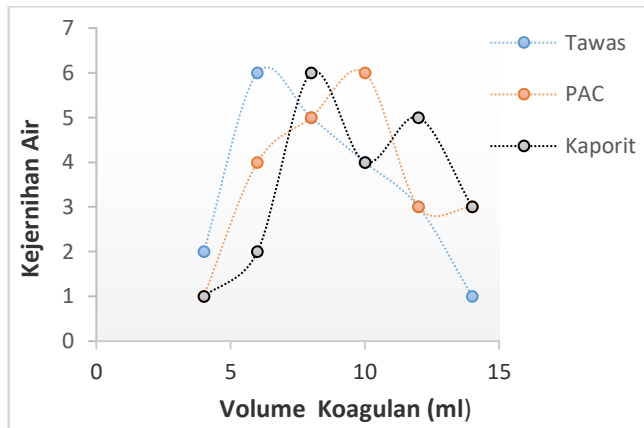
Volume air sampel : 500 mL (a)
 Volume kaporit : 8 mL (b)
 Dosis kaporit : 10 g/L (c)
 Dosis Kaporit Optimum (DKO)

$$DKO = \frac{bxc}{a} = \frac{8mL \times 10g/L}{500mL} = 0,16 g/L$$

$$= 160 mg/L.....(3)$$

Dari hasil perhitungan kadar kaporit optimum percobaan adalah 160 ppm yaitu dengan menambahkan 8 ml kaporit ke dalam 500 mL air. Hasil penelitian Putra *et.al* (2009) menjelaskan kondisi optimum untuk koagulan kaporit dicapai pada konsentrasi 50 ppm dengan menambahkan kaporit 4 mL ke dalam 300 mL air. Hasil percobaan yang dilakukan mendekati dengan hasil penelitian sebelumnya.

3.5 Analisa Perbandingan Koagulan



Gambar 4. Hubungan antara volume koagulan dengan kadar kejernihan air

Gambar 4 dapat dianalisa bahwa dengan penambahan koagulan tawas 6 mL ke dalam 500 ml air sungai Suko mampu menjernihkan air Sungai Suko dengan tingkat kejernihan (6) bila dibandingkan dengan pemberian koagulan kaporit 8 mL ke dalam 500 ml air sungai Suko, dan pemberian koagulan PAC sebanyak 10 mL ke dalam 500 mL air sungai Suko. Hal ini menunjukkan bahwa pemberian koagulan tawas lebih sedikit dibandingkan pemberian koagulan yang lain.

Setiap jenis koagulan memiliki kadar optimum yang berbeda, hal ini dikarenakan setiap koagulan memiliki kemampuan dalam mereduksi polutan dalam air yang berbeda-beda, sehingga dalam pencapaian tingkat kejernihan air pun berbeda.

Ketika koagulan direaksikan dengan air limbah, partikel-partikel koloid yang terdapat dalam limbah tersebut akan membentuk agregasi atau penggabungan partikel kecil untuk membentuk partikel yang lebih besar, sebagai akibat dari adanya perbedaan muatan antara partikel koloid dengan koagulan, pengadukan lambat menyebabkan flok-flok tersebut akan saling bergabung membentuk flok yang lebih besar. Flok-flok yang terbentuk mempunyai berat molekul yang lebih besar dari molekul air, sehingga flok tersebut akan dengan mudah mengendap. Penambahan koagulan dengan dosis yang tepat akan dapat menurunkan kadar polutan yang ada di dalam air (Risdiyanto, 2007).

Hasil analisa perbandingan koagulan menunjukkan bahwa koagulan tawas memberikan hasil signifikan dibandingkan kedua koagulan lainnya, dengan diperoleh dosis tawas optimum 120 mg/L untuk pengolahan proses koagulasi air Sungai Suko. Bila dibandingkan dengan penelitian sebelumnya, hasil dari penelitian ini hampir sama dengan penelitian yang dilakukan oleh Agung (2006) yang berkesimpulan bahwa hasil analisa pengolahan air saluran pematasan Kebon Agung dengan menggunakan instalasi pengolahan air mini didapatkan bahwa untuk jenis koagulan tawas ini mempunyai kecenderungan yang lebih baik bila dibandingkan dengan koagulan PAC.

4. Kesimpulan

Dari penelitian ini didapatkan kesimpulan bahwa pengolahan air sungai Suko menjadi air bersih dengan metode *Jar Test* menggunakan kogulan tawas dengan dosis optimum 120 mg/L, koagulan kaporit dengan dosis optimum 160 mg/L, dan koagulan PAC dengan dosis optimum 200 mg/L. Koagulan tawas lebih cocok untuk menjernihkan air sungai suko dibandingkan dengan koagulan PAC dan kaporit, dengan dosis tawas optimum 120 mg/L.

Penelitian ini masih memerlukan proses lanjutan yaitu proses filtrasi atau penyaringan dengan metode saringan pasir cepat. Pengujian kekeruhan air masih hanya dengan visualisasi yaitu mengukur dengan angka tingkat kejernihan skala 1 sampai 6, oleh karena itu dibutuhkan pengukuran tingkat kekeruhan yang lebih valid.

Ucapan Terima kasih

Peneliti mengucapkan terima kasih kepada Universitas Widya Dharma Klaten atas dana yang diberikan melalui skim Penelitian Intern Perguruan Tinggi tahun 2020, dan tak lupa semua pihak yang ikut membantu dalam penelitian ini.

Daftar Pustaka

- Agung, T. (2006). Penentuan Dosis Optimum Koagulan untuk Mengolah Air Kali Kebon Agung menjadi Air Bersih. *Jurnal Rekayasa Perencanaan*. Vol. 3. No.1.
- Budiman, A., Wahyudi, C., Irawati, W., Hendarso, H. (2008). Kinerja Koagulan Poly Aluminium Chloride (PAC) dalam Penjernihan Air Sungai Kalimas Surabaya Menjadi Air Bersih. *Widya Teknik* Vol. 7. No. 1. 25-34.
- Eckenfelder Jr, W. Wesley. (2000). *Industrial Water Pollution Control* 3th ed. Singapore: Mc Graw Hill Book Co.
- Husaini, Cahyono, S.S., Suganal, Hidayat K.N. (2018). Perbandingan Koagulan Hasil Percobaan dengan Koagulan Komersial Menggunakan Metode Jar Test. *Jurnal Teknologi Mineral dan Batubara* Vol. 14, No. 1. 31 – 45.
- Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia No.416/Menkes/Per/IX/1990 untuk Air Bersih.
- Putra, S., Randjono, S., Arifiansyah, T. (2009). Optimasi Tawas dan Kapur untuk Koagulasi Air Keruh dengan Penanda I-131. *Seminar Nasional V SDM Teknologi Nuklir* ISSN 1978-0176. Sekolah Tinggi Teknologi Nuklir BATAN. Yogyakarta.
- Risdiyanto, D. (2007). Optimasi Proses Koagulasi Flokulasi untuk Pengolahan Air Limbah Industri Jamu (Studi Kasus PT. Sido Muncul). *Thesis Magister Teknik Kimia*. Program Pasca Sarjana Universitas Diponegoro, Semarang.
- SNI 19-6449-2000. *Metode Pengujian Koagulasi-Flokulasi dengan Jar Test*. Badan Standarisasi Nasional.
- Sutrisno, T. (2010). *Teknologi Penyediaan Air Bersih*. PT. Rineka Cipta. Jakarta.

Wan Usman. (2000). Air Sebagai Sumber Daya Alam dan Aspek Ekonominya. Jurnal No.1. Universitas Terbuka.
Wathoni, A.Z., Ulfindrayani, I.F., Hidayat, K. (2020). Pengaruh Penambahan Flokulan dan Koagulan

Menggunakan Metode Jar Test terhadap Kualitas Air Baku. Jurnal Industry Xplore Vol.5. No.2.