



Optimalisasi Penjernihan Air PDAM Tirta Meulaboh Menggunakan Aluminium Sulfat (Tawas) dan Poly Aluminium Chloride (PAC)

Marlinda^{1*}, Rita Hartati², Yusi Hidjrawan³, Kasmawati⁴

^{1,2,3,4}Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik Universitas Teuku Umar, Jln Alue Penyareng Meureubo
Aceh Barat 23615 Indonesia

*Corresponding author: Marlinda@utu.ac.id

ARTICLE INFO

Received: 31-10-2022
Revision: 29-03-2023
Accepted: 07-04-2023

Keywords:

Coagulant
PAC
Alum
Turbidity

ABSTRACT

This research aimed to determine the optimum coagulant that can be used to purify PDAM Tirta Meulaboh water which often has a cloudy color during the rainy season. The coagulants used are PAC and Tawas with the chemical formula $Al_2(SO_4)_3$ and Poly Aluminum Chloride is known as PAC with the chemical formula $Aln(OH)mCl(3n-m)$. The test was carried out by mixing 10 grams of alum and PAC which were dissolved in 1000 mL of water/aquades each. The treatment was carried out by dissolving each 1 mL in 1000 mL of PDAM water sample equal to 10 ppm. Variations in the addition of PAC/alum to each container were 10, 20, 30, 40, 50 and 60 ppm. Furthermore, rapid mixing was carried out at a speed of 100-150 rpm and slow at 20 rpm. The results showed that 10 ppm of PAC added to the sample produced turbidity of 5.2 NTU and pH 7.8, 20 ppm: 4.1 NTU and pH 7.5, 30 ppm: 3.8 NTU pH 7.3, 40 ppm : 2.3 NTU pH 7.2, 50 ppm: 1.5 NTU pH 7.1, 60 ppm: 0.8 NTU and pH 7.0. Samples added with 10 ppm of alum produced turbidity of 5.5 and pH 6.8, 20 ppm: 5.1 pH 6.7, 30 ppm: 4.5 pH 6.6, 40 ppm: 3.2 pH 6.6, 50 ppm: 4.3 pH 6.4 and 60 ppm: 5.0 pH 6.3. The conclusions from this study indicate that PAC and alum coagulants can affect turbidity and pH levels of water, the optimal addition of PAC coagulant to purify water is 20 ppm, while the optimal addition of alum coagulant to purify water is 30 ppm.

1. PENDAHULUAN

Air merupakan kebutuhan pokok bagi keberlangsungan hidup manusia. Air dalam kehidupan sehari-hari digunakan sebagai kebutuhan dasar rumah tangga maupun industri. Air biasanya diperoleh masyarakat di Kabupaten Aceh Barat dari sungai, sumur gali dan sumur bor. Namun air yang diperoleh dari sungai, sumur gali maupun sumur bor kebiasaan tidak layak untuk dikonsumsi karena berwarna keruh dan berbau, sehingga kebanyakan masyarakat di Kabupaten Aceh Barat memasang instalasi Air bersih dari PDAM Tirta Meulaboh.

PDAM Tirta Meulaboh merupakan perusahaan daerah penyuplai air bersih untuk masyarakat daerah Aceh Barat, yang mana saat ini perusahaan ini adalah satu-satunya perusahaan yang menyediakan sarana air bersih yang ada di kabupaten Aceh barat, namun air bersih yang diterima masyarakat masih sering keruh berwarna kekuning-kuningan terutama pada waktu musim hujan, sehingga jika musim hujan masyarakat mau menggunakan air harus dijernihkan terlebih dahulu.

Banyak metode yang dapat dilakukan untuk menjernihkan air, salah satu alternatif yang bisa dilakukan untuk menjernihkan air yang keruh dan kekuning-kuningan menggunakan koagulan yaitu proses pengikatan partikel-partikel koloid dalam air yang bisa menggumpal menjadi flok yang selanjutnya akan mengalami pengendapan [1]. Proses penjernihan air dengan menambahkan koagulan bisa dilakukan dengan cara manual dan otomasi, proses manual dilakukan dengan mencampuri air yang akan dijernihkan dengan ditambahkan bahan koagulan yang sudah dipastikan dosis tertentu sampai ditemukan dosis maksimum untuk menjernihkan air. Koagulasi merupakan proses penjernihan air yang berwarna kekuning-kuningan atau keruh yang ditambahkan suatu zat kimia, dimana hasil pengadukan zat kimia tersebut akan membentuk flok atau zat padat yang melayang-layang berukuran kecil berupa koloid yang

melayang-layang dalam air. Proses koagulasi bertujuan untuk mengubah padatan-padatan yang tersuspensi/koloid dalam air yang keruh agar bisa dipisahkan dengan memperbesar diameter partikel tersuspensi [2]. Koagulasi dilakukan dengan menambahkan zat kimia berupa koagulan membentuk padatan-padatan kecil yang bisa mengendap. Koagulan yang bermuatan positif akan mengikat butiran koloid yang bermuatan negatif yang cukup besar sehingga mudah diendapkan [3].

Zat kimia yang bisa digunakan untuk menjernihkan air diantaranya Aluminium sulfat atau sering disebut tawas dengan rumus kimianya $Al_2(SO_4)_3$ dan Poly Aluminium Chloride dikenal dengan PAC dengan rumus kimianya $Aln(OH)mCl(3n-m)$, karena kedua jenis zat kimia tersebut mampu menjernihkan air dengan cara mengkoagulasikan partikel-partikel tersuspensi atau dispersi koloid dalam air yang keruh menjadi padatan-padatan atau flok yang bisa mengendap [4] Tawas dan PAC bermanfaat untuk meningkatkan kualitas air seperti menjernihkan air, mengurangi kekeruhan dan mampu mengurangi bahan organik [5]. Tawas berupa kristal berwarna putih dan berbentuk gelatin yang memiliki sifat yang dapat menarik partikel-partikel kecil dalam air menjadi partikel lebih besar berbentuk flok yang menjadi semakin berat dan mudah mengendap [6]. Tawas dikenal juga dengan nama alum merupakan senyawa *Aluminium Sulfat* dengan rumus kimia $Al_2(SO_4)_3 \cdot 12H_2O$. Pembuatan tawas dapat dilakukan dengan melarutkan material yang mengandung Al_2O_3 dengan larutan Asam Sulfat. Tanah Kaolin berupa tanah liat merupakan salah satu sumber alternatif yang bisa kita jumpai di alam yang bisa dibuat menjadi tawas dengan mereaksikan kaolin dengan asam sulfat yang akan menghasilkan aluminium sulfat. Sedangkan tawas berbentuk padat bisa diperoleh dari proses kristalisasi larutan jenuh dari aluminium sulfat [7] [8]. *Poly Aluminium Chloride* (PAC) adalah suatu persenyawaan anorganik kompleks antara ion hidroksil (OH) dengan ion-ion aluminium yang mengalami klorinasi bertahap. Reaksi klorinasi tersebut sebagai pembentuk *poly-nuclean* (atom berinti banyak) dengan rumus umum $Aln(OH)mCl(3n-m)$ [9]. PAC berbentuk padat dan cair sebagai monomer dan polimer dengan berat molekul yang rendah berupa hidroksi aluminium dan koloid yang larut [10]. Beberapa keunggulan PAC diantaranya bisa bekerja ditingkat pH yang bervariasi karena kandungan basa dalam PAC cukup menambah gugus hidroksil dalam air sehingga dalam netralisasi tingkatan pH tidak terlalu berpengaruh. PAC lebih cepat membentuk flok daripada koagulan biasa karena terdapat gugus aktif aluminat yang akan bekerja efektif dalam mengikat koloid serta ikatannya diperkuat dengan rantai polimer dari gugus polielektrolit sehingga gumpalan floknya menjadi lebih padat, penambahan gugus hidroksil dalam rantai koloid yang hidrofobik akan menambah berat molekul meskipun memakai wadah pengendapan yang kecil [11].

Penelitian sejenis yang pernah dilakukan oleh [12], menyimpulkan bahwa semakin tinggi nilai kekeruhan maka pemakaian dosis tawas yang dibutuhkan untuk pengolahan air bersih juga semakin tinggi. Selanjutnya penelitian [13], menyimpulkan bahwa pada air permukaan penggunaan koagulan tawas dapat memberikan hasil effluent yang lebih baik dari pada menggunakan koagulan PAC. Sedangkan penelitian [14], melakukan perbandingan PAC dengan Tawas untuk aspek kekeruhan dan pH menghasilkan bahwa koagulan PAC lebih cepat menurunkan kekeruhan dibanding tawas, sehingga penggunaan PAC tidak sebanyak dibandingkan dengan Aluminium sulfat.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui perbandingan koagulan PAC dan tawas yang optimum dalam penjernihan air PDAM TIRTA Meulaboh yang keruh dan kekuning-kuningan pada musim hujan.

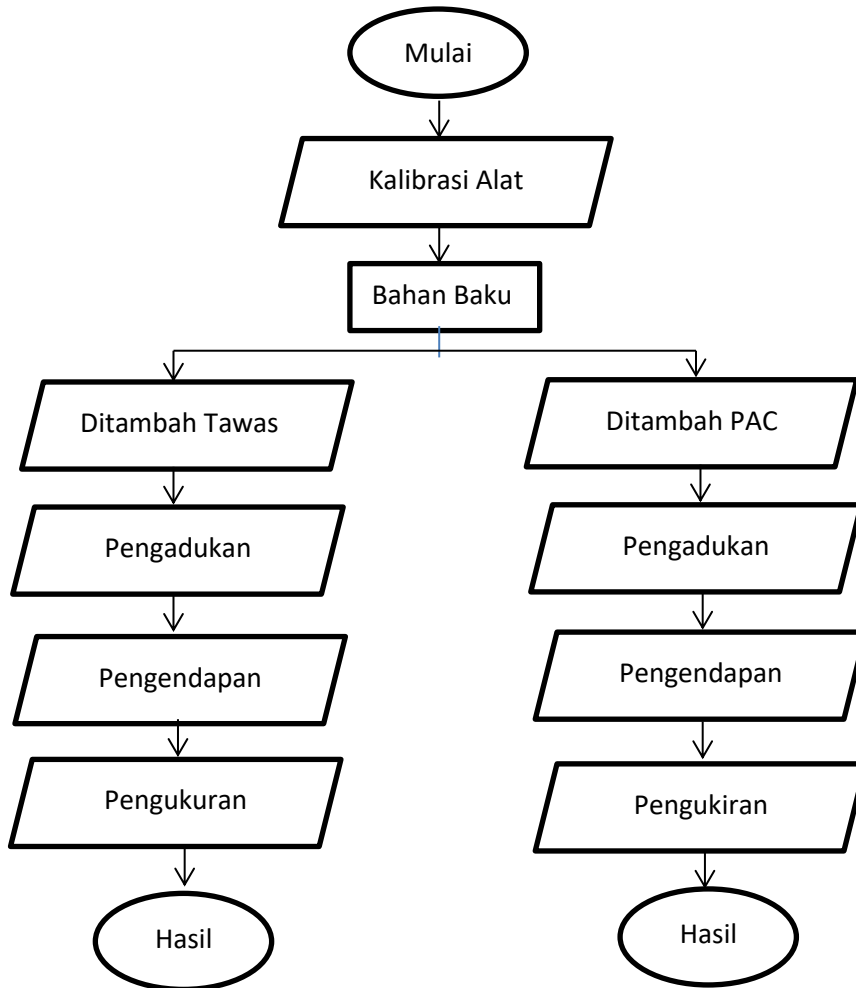
2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan untuk melihat komposisi yang optimum dalam penjernihan air menggunakan metode *Jar tes* untuk melihat komposisi optimal pada penambahan koagulan untuk menghasilkan jumlah endapan yang terbentuk. Selanjutnya dilakukan pengujian kekeruhan dengan menggunakan turbidimeter dan dilanjutkan dengan pengukuran pH. Komposisi koagulan optimum yang diamati berupa jumlah yang optimal yang digunakan untuk menjernihkan air berupa PAC dan tawas yang ditambahkan ke dalam air. Sampel air yang digunakan berupa air PDAM Tirta Meulaboh diambil saat sedang musim hujan.

Alat yang digunakan untuk mengukur kekeruhan air adalah turbidimeter. Sebelum dipakai alat tersebut harus dikalibrasi terlebih dahulu. Cara pemakaiannya dengan memasukkan ke dalam tabung nephelometer. Selanjutnya alat dibiarkan sampai nilai pembacaannya stabil dan dicatat hasilnya. Pengukuran pH (*Power of hydrogen*) dilakukan menggunakan pH meter. Perlakuan mengukur pH air dilakukan dengan cara memasukkan/mencelupkan sensor dari pH meter ke dalam air yang ingin diukur pHnya, selanjutnya akan muncul di layar pada pH meter berupa angka, tunggu hingga hasil pembacaannya stabil baru bisa dicatat hasil dari pengukuran pHnya [15].

Komposisi PAC dan tawas yang digunakan masing-masing sebanyak 10 gram. Kedua bahan kimia tersebut dilarutkan dalam air/aquades masing-masing sebanyak 1000 mL. Masing-masing larutan yang sudah diaduk siap untuk dilakukan perbandingan. Perlakuan perbandingan antar PAC dengan tawas dilakukan dengan dilarutkan masing-masing setiap 1mL dalam 1000 mL sampel air PDAM sama dengan 10 ppm. Variasi penambahan PAC/tawas setiap wadah sebanyak 10 ppm, 20 ppm, 30 ppm, 40 ppm, 50 ppm dan 60 ppm. Setelah pencampuran setiap sampel akan dilakukan pengadukan cepat dengan kecepatan 100-150 rpm dalam waktu satu menit untuk setiap wadah. Pengadukan cepat ini dilakukan untuk penyebaran PAC atau tawas dalam sampel supaya kinerja koagulan jadi lebih efektif dan sempurna. Selanjutnya dilakukan pengadukan lambat pada kecepatannya rotasinya 20 rpm dalam waktu 10-15 menit. Selanjutnya didiamkan selama kira-kira 10-15 menit untuk melihat endapan-endapan terbentuk dengan sempurna. Kemudian dilakukan pengamatan terhadap masing-masing sampel hingga terbentuk flok yang mengendap sampai air menjadi bening.

Pengukuran kekeruhan dapat dilakukan dengan menentukan Total Suspended Solid (TSS) diukur dengan peralatan khusus optik. Pemantauan tingkat kekeruhan diamati dengan menyinari cahaya pada tabung sampel yang akan diamati, cahaya disinari melewati tabung reaksi yang berisi sampel. Semakin tinggi tingkat hamburan cahaya maka semakin tinggi juga tingkat kekeruhan air. Satuan kekeruhan bisa dipakai unit pengukuran NepHelometric Turbidity Unit (NTU). Nilai kekeruhan yang rendah diperoleh jika tingkat kejernihan airnya tinggi, begitu juga sebaliknya jika nilai kekeruhan yang tinggi akan mengartikan bahwa tingkat kejernihan air yang rendah [16]. Pengukuran pH dapat dilakukan dengan menggunakan alat ukur pH. Untuk menentukan komposisi koagulan yang optimal pada pengujian *Jar tes* maka setiap pengujian harus sesuai syarat kekeruhan <5 NTU dan nilai pH yang diperoleh harus antara 6,5-8,5. Selengkapnya dapat dilihat pada diagram alir berikut:



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Kekeruhan

Hasil pengamatan dari pengujian kekeruhan dengan koagulan tawas dan PAC yang sudah diperoleh dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 1: Hasil Pengamatan kekeruhan untuk Koagulan PAC

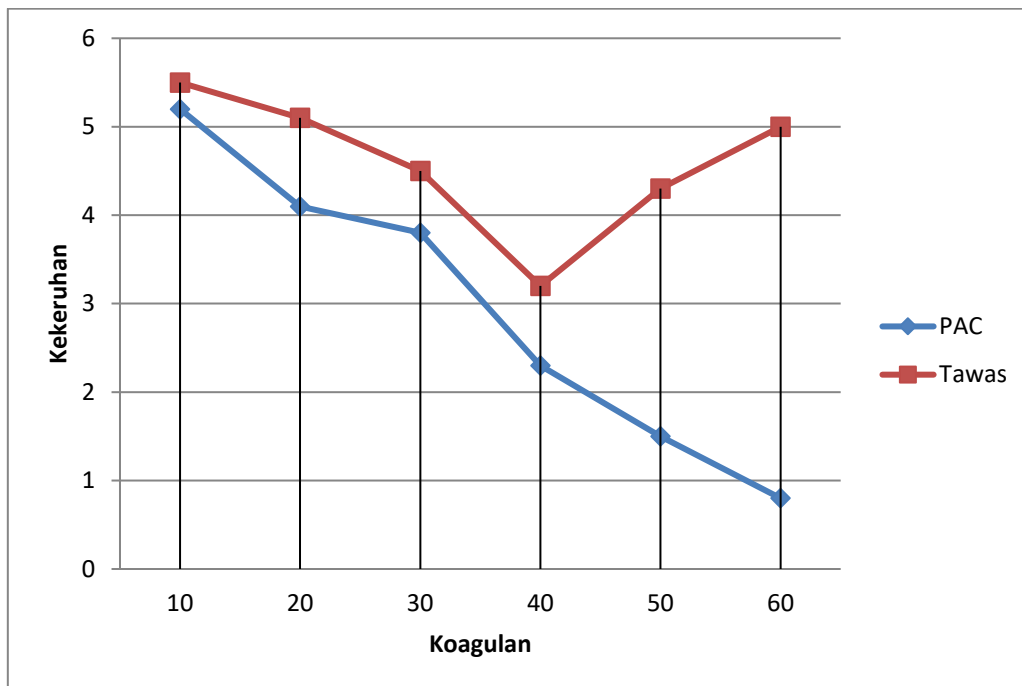
Koagulan (ppm)	Kekeruhan (NTU)
10	5,2
20	4,1
30	3,8
40	2,3
50	1,5
60	0,8

Pada Tabel 1 dapat dilihat bahwa penambahan koagulan PAC sebanyak 10 ppm menghasilkan kekeruhan lebih tinggi daripada yang lain yaitu sebesar 5,2 NTU, sedangkan tingkat kekeruhan yang paling rendah diperoleh pada pencampuran koagulan sebesar 60 ppm yaitu sebesar 0,8. Penjernihan air dengan pencampuran koagulan PAC sebanyak 20 ppm sudah bisa menghasilkan kekeruhan sebesar 4.1 NTU. Hal ini menunjukkan bahwa tingkat kekeruhan air berpengaruh terhadap penambahan koagulan PAC. PAC di dalam air akan terurai menjadi Aluminium Hidroksida dan Asam Klorida [14].

Tabel 2. Hasil Pengamatan Kekeruhan untuk Koagulan Tawas

Koagulan (ppm)	Kekeruhan (NTU)
10	5,5
20	5,1
30	4,5
40	3,2
50	4,3
60	5,0

Pada Tabel 2 menunjukkan bahwa penambahan koagulan berupa tawas berpengaruh dengan kekeruhan air, sebagaimana hasil pengamatan pada berbagai variasi jumlah koagulan yang digunakan akan berbeda juga dengan hasil kekeruhan air yang berbeda-beda. Penambahan koagulan tawas sebanyak 10 ppm menghasilkan nilai kekeruhan sebesar 5,5 NTU sedangkan pada penambahan 60 ppm menghasilkan kekeruhan sebesar 5,0 NTU. Hal ini menunjukkan bahwa tawas mampu untuk mempengaruhi kekeruhan air dikarenakan tawas merupakan disperse koloid dan bermuatan positif yang mampu mengikat partikel yang bermuatan negatif sehingga menyebabkan terbentuknya padatan yang bisa mengendap menghasilkan kekeruhan air yang keruh dapat berkurang [17]. Jumlah koagulan 40 menghasilkan nilai kekeruhan lebih kecil daripada jumlah yang lain yaitu sebanyak 3,2 NTU, sedangkan pada penambahan 50 ppm dan 60 ppm menghasilkan nilai tingkat kekeruhan air terus meningkat daripada jumlah sebelumnya (40ppm) karena ada terjadinya proses adsorpsi kation yang berlebihan pada permukaan-permukaan koloid yang terbentuk dan bermuatan negatif dengan muatan negatif berlawanan Al^{3+} dari Aluminium Sulfat [18].



Gambar 1. Grafik perbandingan kekeruhan koagulan PAC dengan Tawas

Berdasarkan Gambar 1 menunjukkan bahwa banyaknya koagulan ditambahkan baik PAC maupun Tawas mampu menurunkan nilai kekeruhan air yang diperoleh. Pada penambahan 10 ppm PAC bisa menghasilkan nilai kekeruhan air sebesar 5,2 ppm sedangkan pada penambahan 10 ppm koagulan tawas menghasilkan nilai kekeruhan sebesar 5,5 ppm. Sedangkan untuk penambahan koagulan yang paling tinggi yaitu sebesar 60 ppm untuk koagulan PAC memperoleh nilai kekeruhan air sebesar 0,8 ppm dan nilai kekeruhan air pada penambahan tawas 60 ppm menjadi 5,0 ppm. Penurunan nilai kekeruhan pada koagulan PAC sejalan terus menurun yaitu semakin banyak koagulan ditambahkan

akan semakin menurunkan nilai kekeruhan air sedangkan pada penambahan koagulan tawas penurunan nilai kekeruhan dari jumlah penambahan 10, 20, 30 dan 40 seiringan semakin menurun sedangkan pada penambahan 50 dan 60 ppm nilai kekeruhan menjadi bertambah banyak lagi. Hal ini terjadi karena semakin banyak tawas yang ditambahkan maka larutan air akan semakin jenuh sehingga tawas tidak mampu meningkatkan kekeruhannya. Penambahan PAC yang paling optimal yang diperoleh pada penambahan koagulan PAC sebesar 20 ppm dengan kekeruhan air mencapai 4,1 sedangkan pada penambahan koagulan tawas yang paling optimal adalah sebesar 30 ppm dengan nilai kekeruhan sebesar 4,5 karena pada penambahan tersebut nilai kekeruhan yang diperoleh sudah mampu mempengaruhi nilai kekeruhan air di bawah nilai mutu baku yang diizinkan yaitu sebesar 5 NTU. Diantara kedua koagulan yang diuji kekeruhan air maka PAC menjadi koagulan yang lebih optimal karena lebih mampu menurunkan kekeruhan air yang diuji hal ini sesuai penelitian yang dilakukan oleh [19], menyimpulkan bahwa jenis koagulan yang paling efektif dalam menjernihkan air adalah PAC. Hal ini sesuai dengan yang dipaparkan oleh [21], jika menggunakan PAC pembentukan flok menjadi lebih cepat dan berukuran lebih besar sehingga secara umum PAC lebih disukai daripada tawas (aluminium sulfat) dalam menurunkan kekeruhan air. Penelitian yang dilakukan oleh [20] menyimpulkan bahwa koagulan PAC lebih cepat menurunkan kekeruhan dibanding tawas. Sehingga penggunaan PAC tidak sebanyak dibandingkan dengan Aluminium sulfat

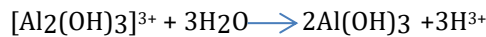
3.2 Kadar pH

Hasil pengamatan untuk uji pH dari tawas dan PAC dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 3. Hasil Pengamatan pH untuk Koagulan PAC

Koagulan (ppm)	pH
10	7,8
20	7,5
30	7,3
40	7,2
50	7,1
60	7,0

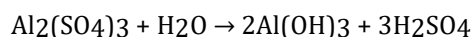
Berdasarkan tabel di atas juga menunjukkan bahwa koagulan PAC dapat mempengaruhi pH air jika ditambahkan koagulan PAC ke dalam air yang ingin diketahui perubahan pHnya. Pada penambahan 10 ppm menghasilkan pH air sebesar 7,8 sedangkan pada penambahan koagulan sebesar 60 ppm menghasilkan pH air sebesar 7,0. Perubahan pH air ini dikarenakan semakin besar kadar koagulan yang ditambahkan maka mengakibatkan semakin banyak ion H⁺ akan dilepaskan dalam air. Seperti yang terjadi pada reaksi kimia PAC berikut[23]:

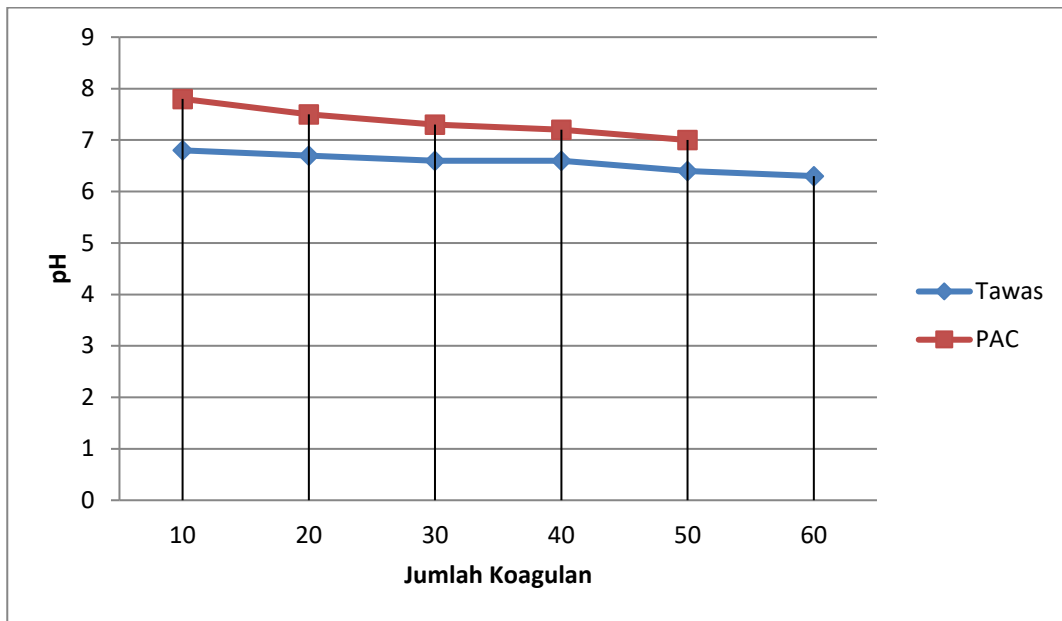


Tabel 4: Hasil Pengamatan pH untuk Koagulan Tawas

Koagulan (ppm)	pH
10	6,8
20	6,7
30	6,6
40	6,6
50	6,4
60	6,3

Pada tabel di atas menunjukkan pH air akan terpengaruh saat penambahan tawas. Data yang diperoleh pada penambahan 10 ppm menghasilkan pH sebesar 6,8 sedangkan pada penambahan 60 ppm diperoleh nilai pH sebesar 6,3. Walaupun nilainya tidak jauh peningkatannya namun setiap tingkat penambahan koagulan tawas bisa memperoleh nilai yang bervariasi kecuali pada penambahan koagulan sebesar 30 ppm dan 40 ppm dengan nilai pH sebesar 6,6. Tawas yang dilarutkan dalam air baku akan diperoleh senyawa asam berupa H₂SO₄ sehingga senyawa tawas bisa menurunkan kadar pH air. Reaksi nya menjadi [22]:





Gambar 2. Grafik perbandingan pH koagulan PAC dengan Tawas

Hasil pengamatan yang diperoleh untuk pengukuran pH menunjukkan bahwa koagulan tawas dan PAC bisa mempengaruhi nilai pH dari air. Seperti dilihat pada gambar di atas semakin tinggi jumlah koagulan yang ditambahkan dalam air maka semakin rendah pH air yang diamati. Pada penambahan koagulan PAC sebesar 10 ppm nilai pH air sebesar 7,8 sedangkan pada air yang ditambahkan koagulan tawas 10 ppm nilai pH nya sebesar 6,8. Sedangkan pada penambahan koagulan paling yaitu sebesar 60 ppm pada koagulan PAC menghasilkan pH sebanyak 7,0 dan pada penambahan koagulan tawasnya pHnya sebesar 6,3. Nilai pH pada penambahan tawas relatif lebih kecil daripada pada koagulan PAC. Penambahan yang paling stabil pH air yang ditambahkan PAC dan tawas yang paling optimal adalah sebesar 60 ppm. Hal ini dikarenakan adanya senyawa H_2SO_4 yang mempengaruhi senyawa H_2O sehingga menurunkan nilai pH air. Larutan asam yang didasarkan atas aktivitas ion hidrogen (H^+), H^+ dan OH^- berasal dari ionisasi molekul H_2O , pengukuran hydrogen (H^+) dinyatakan dalam satuan pH diartikan logaritma dari kebalikan kegiatan ion H^+ yang ditulis [22]:

$$pH = -\log (H^+) \text{ atau } pH = \log \frac{1}{(H^+)}$$

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengamatan yang sudah dilakukan dapat disimpulkan bahwa penambahan koagulan PAC yang optimal dalam menjernihkan air ada sebesar 20 ppm, sedangkan penambahan koagulan tawas yang optimal dalam menjernihkan air adalah sebesar 30 ppm.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Ayundyahrini M., Rusdhianto E.A.K, Nurlita G. Estimasi Dosis Aluminium Sulfat pada Proses Penjernihan Air Menggunakan Metode Genetic Algorithm. *JURNAL TEKNIK POMITS* Vol. 2, No. 2, pp. 390-305 September 2013.
- [2] Yusuf. Penjernihan air dengan proses koagulasi dan flokulasi menggunakan ferri sulfat. *Jurnal Teknosia* no. 2 no. 17 pp. 52-56. September 2016.
- [3] Haslindah, A. and Zulkifli (2012) "Analisis jumlah koagulan (tawas/ $Al_2(SO_4)_3$) yang digunakan dalam proses penjernihan air pada PDAM instalasi I Ratulangi Makassar," *ILTE*, Vol. 7 No. 13, p. 974-976 April 2012.
- [4] Margaretha, Mayasari, R., Syaiful and Subroto. Pengaruh kualitas air baku terhadap dosis dan biaya koagulan aluminium sulfat dan poly aluminium chloride, *Jurnal Teknik Kimia*, vol 18. No. 4, pp. 21-30. 2012.
- [5] Liani, R. 2020. Pengaruh Campuran Kapur, Tawas dan PAC (Poly Aluminium Chloride) Dengan Dosis Yang Berbeda Terhadap pH Air Gambut. Skripsi. Universitas Riau. Pekanbaru
- [6] Burgess, J., Meeker, M., Minton, J. and O'Donohue, M. International research agency perspectives on potable water reuse. *Environmental Science: Water Research & Technology*. The Royal Society of Chemistry, Vol. 1 No. 5, pp. 563-580. Agustus 2015.
- [7] Jalaluddin dan Jamaluddin, Toni, *Pemanfaatan Kaolin Sebagai Bahan Baku Pembuatan Aluminium Sulfat dengan Metode Adsorp*, *Jurnal sistem teknik industri*, Vol 6, No 5 pp. 71-80 November 2015.
- [8] Ismayanda M.H. 2011. Produksi Aluminium Sulfat dari Kaolin dan Asam Sulfat Dalam Reaktor Berpengaduk Menggunakan Proses Kering. *Jurnal Rekayasa Kimia dan Lingkungan* Vol. 8 No. 1. Pp. 47-52. Desember 2011
- [9] Thompson, R., 1995. Industrial inorganic chemicals: Production and uses. *The Royal Society of Chemistry, Cambridge CB4 4WF, UK*

- [10] Wang, J., Song J., Jun L. and Xin Z. Comparison of three aluminum coagulants for phosphorus removal. *Journal of Water Resource and Protection*, Vol. 6. No. 10, pp. 902–908. Juli 2014.
- [11] Rahimah Z, Heliyanur H, Isna S. Pengolahan Limbah Deterjen Dengan Metode Koagulasi Flokulasi Menggunakan Koagulan Kapur dan PAC Jurnal Konversi Vol. 5 No. 2. Pp. 52-59 Oktober 2016.
- [12] Nurjannah R. Elida N. Sri W 2015. Penentuan Dosis Koagulan pada Musim Hujan di PDAM JEMBER UNIT TEGAL GEDE. Repository Universitas Jember Berkala Ilmiah Pertanian. <http://repository.unej.ac.id/handle/123456789/71377> diakses tanggal 15 Oktober 2022
- [13] Rosariawari F dan Muhammad M. Efektifitas PAC dan Tawas Untuk Menurunkan Keekeruhan Pada Air Permukaan. *Jurnal Ilmiah Teknik Lingkungan* Vol. 5 No. 1 1-10 Desember 2013.
- [14] Sisnayati, Eddyanto W, Yhopie, Selvia A. Perbandingan Penggunaan Tawas dan PAC Terhadap Keekeruhan dan pH Air Baku PDAM TIRTA MUSI PALEMBANG. *Jurnal REDOKS* Vol. 6 No. 2. 107-116 Desember 2021.
- [15] Elakiadra E., Budijono, Sampe H. Pengujian Formulasi Kapur, Tawas dan PAC (*Poly Aluminium Chloride*) Untuk Meningkatkan Kualitas Air Gambut Kabupaten Bengkalis, Siak dan Kampar. *Jurnal Sumberdaya dan Lingkungan Akuatik Vol.2, No.1, 192-203 April 2021*
- [16] Purba, R. H., Mubarak, & Galib, M. Sebaran Total Suspended Solid (Tss) Di Kawasan Muara Sungai Kampar Kabupaten Pelalawan Provinsi Riau. *Jurnal Perikanan Dan Kelautan*, Vol 23. No.1, 21–30. Juni 2018.
- [17] Noraida. Pola Penambahan Larutan Tawas untuk Penurunan Keekeruhan Air Sungai Martapura. *Jurnal Kesehatan*, Vol. 9. No. 2, pp. 208-213 Agustus 2018.
- [18] Fitriyanti, R. Penggunaan Aluminium Sulfat Untuk Menurunkan Keekeruhan Dan Warna Pada Limbah Cair Stockpile Batubara Dengan Metode Koagulasi Dan Flokulasi. *Journal of Chemical Information and Modeling*, Vol. 2. No 1, 42–47 Juni 2017
- [19] Ramadhani S, Alexander T.S. dan Bambang R. W. 2013. Perbandingan Efektivitas Tepung Biji Kelor (*Moringa oleifera* Lamk), *Poly Aluminium Chloride* (PAC), dan Tawas sebagai Koagulan untuk Air Jernih. *Jurnal Keteknik Pertanian Tropis dan Biosistem* Vol. 1 No. 3. pp. 186-193 Oktober 2013
- [20] Sisnayati, Eddyanto W , Yhopie , Selvia A. Perbandingan Penggunaan Tawas dan PAC Terhadap Keekeruhan dan pH Air Baku PDAM TIRTA MUSI PALEMBANG. *Jurnal UnivPGRI*. Vol 6. No 2, pp. 107-116. Desember 2021
- [21] The New Zealand Water and Waste Association, 2013. *Standard for the supply of polyaluminium chloride for use in water treatment*. Second Edition. Published by: Water New Zealand Website: www.waternz.org.nz
- [22] Tandiarang J, Shalaho D. D, Tommy T. Pengolahan Air Asam Tambah di PT Kaltim Diamond Coal Kecamatan Loa Kulu Kabupaten Kutai Kartanegara Kalimantan Timur (*Research Ratio Employing Aluminium Sulfat (AL₂(SO₄)₃) And Calcium Hidroksida (Ca(OH)₂) In Processing Acid Mine Drainage At PT Kaltim Diamond Coal Subdistri Loa Kulu Regency Kutai Kartanegara East Kalimantan Province*). *Jurnal Teknologi Mineral*, Vol. 4 No. 1, 23–30. Desember 2016
- [23] Nur, M. F. M., Naufal P. H., & Erlinda N. Kombinasi Koagulan dan Flokulan dalam Pengolaha Air Limbah Industri Farmasi. Seminar Nasional Sains Dan Teknologi Terapan VII, Intitut Teknologi Adhi Tama Surabaya, 339–344. 15 Oktober 2020.