

## Efektivitas Koagulan Terhadap Penurunan Energi Potensial Pada Pengolahan Air Di PDAM Tirta Pakuan Kota Bogor

### *Effectiveness Of Coagulan On Water Treatment in PDAM Tirta Pakuan Bogor City*

Wita Pradiani<sup>1</sup>, Hernawan Andriana<sup>2</sup>, Asep Yoga Suningrat<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Program Studi Analisis Kimia, Sekolah Tinggi Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam  
Email: pradianiwita@gmail.com<sup>1</sup>

---

---

#### Abstrak

Pada proses pengolahan air baku menjadi air bersih perlu ditambahkan koagulan untuk menghilangkan kekeruhan apabila kekeruhan melebihi batas persyaratan yang ditetapkan. Koagulan yang biasa digunakan untuk pengolahan air bersih yaitu koagulan Poli Aluminium Klorida (PAC), Aluminium Sulfat dan Feri Klorida. Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari efektivitas Poli Aluminium Klorida (PAC) pada pengolahan air sungai Cisadane di PDAM Tirta Pakuan Bogor dengan tingkat kekeruhan rendah dan tinggi. Contoh uji air sungai Cisadane diambil pada hari yang berbeda dengan tingkat kekeruhan yang berbeda. Penentuan dosis optimum koagulan dilakukan dengan cara pemberian variasi dosis yang berbeda. Parameter uji karakteristik air baku dan air hasil uji jar test, untuk uji kekeruhan diukur dengan turbidimeter, total padatan terlarut diukur dengan konduktometer, pH diukur dengan pH meter, Fe dan Mn diukur dengan spektrofotometer dan at organik menggunakan metode titrasi kemudian data percobaan yang diperoleh dibandingkan dengan persyaratan Permenkes No 92/Menkes/iv/2010. Dari hasil penelitian diperoleh dosis optimum koagulan Poli Aluminium Klorida (PAC) pada kekeruhan rendah 30,2 NTU sebesar 14 mg/L, Aluminium Sulfat sebesar 22 mg/L dan Feri Klorida sebesar 16 mg/L, Sedangkan pada kekeruhan tinggi 681 NTU dosis optimum untuk koagulan PAC sebesar 35 mg/L, Aluminium Sulfat sebesar 45 mg/L dan Feri Klorida sebesar 40 mg/L. Koagulan yang lebih efektif untuk pengolahan air baku sungai Cisadane di PDAM Tirta Pakuan Kota Bogor adalah koagulan Poli Aluminium Klorida (PAC). Karena Poli Aluminium Klorida lebih efektif menurunkan energi potensial sebagai energi penghalang pada proses Agregasi

**Kata Kunci:** Koagulasi, Energi Potensial, Poli Aluminium Chloride (PAC)

#### Abstract

*In the processing of raw water into clean water need to add coagulant to remove turbidity when the turbidity exceeds the limit specified requirements. Coagulant commonly used for water treatment that Poly Aluminum Chloride (PAC), Aluminium Sulfate and Ferry Chloride. This study aims to determine the optimum dose of coagulant Poly Aluminum Chloride (PAC), Aluminum Sulfate and Ferry Chloride and to compare its effectiveness in water treatment Cisadane in PDAM Tirta Pakuan Bogor with different turbidity levels. Cisadane river water sample taken on different days with different turbidity levels. Determination of the optimum dose of coagulant is done by providing different dosage variations. Test parameter and characteristics of raw ait water jar test result of the test, to test the turbidity measured by the turbidimeter total dissolved solids measured by conductometer, pH measured by pH meter, Fe and Mn measured by spectrophotometer and organic substance using titration method. Then the experimental data obtained were compared with the requirements of Permenkes No. 492/Menkes/iv/2010. Of the result obtained optimum dose at low turbidity coagulant Poly Aluminum Chloride (PAC) 30,2 NTU at 14 mg/L and Ferry Chloride at 16 mg/L. While high turbidity of 681 NTU, the optimum dose for coagulant Poly Aluminum Chloride (PAC) at 35 mg/L, Aluminum Sulfate at 5 mg/L and Ferry Chloride at 40 mg/L. Coagulant more effective water treatment raw cisadane river in the PDAM Tirta Pakuan Bogor is coagulant Poly Aluminum Chloride(PAC). Because Poly Aluminium chloride is more effective in reducing potential energy as a barrier energy in the aggregation process.*

**Keywords:** Defects, DMAIC, Quality Control, Quality, Six Sigma

---

---

©Integrasi Universitas Muhammadiyah Palembang  
p-ISSN 2528-7419  
e-ISSN 2654-5551

## Pendahuluan

Kebutuhan air bersih semakin meningkat baik dari sisi jumlah maupun kualitas. Ketersediaan air bersih tersebut bergantung pada keberadaan sumber air bersih yang semakin sedikit akibat berkurangnya lahan resapan air oleh pesatnya pembangunan, pemakaian air tanah yang tak terkontrol dan pencemaran dari limbah industri.

Salah satu sumber air baku yang digunakan oleh PDAM Tirta Pakuan Kota Bogor untuk memenuhi kebutuhan masyarakat akan air bersih adalah air sungai Cisadane. Umumnya air sungai mengandung padatan tersuspensi, baik organik maupun anorganik yang mengeruhkan air, oleh sebab itu, air sungai harus diolah terlebih dahulu. Dalam pengolahan air baku menjadi air bersih, zat koagulan perlu ditambahkan untuk menghilangkan kekeruhan apabila kekeruhan dan warna melebihi yang ditetapkan.

Menurut Hammer (1977), koagulasi adalah suatu istilah yang berasal dari bahasa latin *coagulate* yang berarti bergerak bersama. Proses koagulasi adalah proses destabilisasi muatan partikel sehingga menjadi bermuatan netral. Pada sistem pengolahan air, koagulasi terjadi pada unit pengadukan cepat. Setelah proses koagulasi, partikel-partikel terdestabilisasi dapat membentuk gumpalan sehingga terbentuk flok. Dengan kata lain proses flokulasi adalah proses pertumbuhan flok (partikel terdestabilisasi) menjadi flok dengan ukuran yang lebih besar (Makroflok).

Bahan koagulan yang dapat digunakan contohnya Poli Aluminium Klorida (PAC), Aluminium Sulfat dan Feri Klorida.

Poli Aluminium Klorida (PAC) merupakan penjernih air cepat yaitu polimer dari garam aluminium klorida yang dipergunakan sebagai koagulan atau flokulan dalam proses penjernihan air.

Aluminium Sulfat ( $Al_2(SO_4)_3 \cdot 14H_2O$ ) merupakan koagulan yang banyak sekali digunakan untuk menghilangkan padatan tersuspensi dan bersifat stabil (Eckenfelder, 1989). Ion Al berperan sebagai elektrolit positif pada destabilisasi partikel koloid dan senyawa  $Al(OH)_3$  dalam bentuk presipitan berfungsi sebagai inti flok, sedangkan ion kompleks  $[Al(H_2O)_4(OH)_2]^+$  berfungsi sebagai jembatan antar partikel.

Feri Klorida atau besi (III) Klorida memiliki rumus kimia  $FeCl_3$ . Feri Klorida berbentuk hablur atau serbuk, berwarna hitam kehijauan, bebas warna jingga dari garam

hidrat dan larut dalam air (George, 1997). Senyawa ini umum digunakan dalam produksi air minum, pengolahan limbah, sebagai katalis, baik di industri maupun di laboratorium. Memiliki titik lebur yang relatif rendah dan mendidih pada  $315^\circ C$ .

Air yang akan diolah dengan cara pembubuhan koagulan adalah air yang mempunyai kekeruhan dan warna di atas standar yang telah ditetapkan.

Penggunaan koagulan Poli Aluminium Klorida (PAC), Aluminium Sulfat dan Feri Klorida dalam pengolahan air bersih dapat dibandingkan efektivitasnya dan ditentukan dosis optimumnya melalui uji jar test. Uji jar test merupakan cara yang paling tepat untuk menentukan kondisi optimum koagulasi, flokulasi dan sedimentasi dari berbagai kualitas air baku. Setelah dilakukan uji jar test, dihasilkan air jernih yang selanjutnya dilakukan pengujian kekeruhan, TDS, pH, Fe, Mn dan organik. Hasil pengujian kemudian dibandingkan dengan persyaratan Permenkes No.492 /Menkes/IV/2010 tentang syarat-syarat dan pengawasan kualitas air minum. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan dosis optimum koagulan Poli Aluminium Klorida (PAC), Aluminium Sulfat dan Feri Klorida serta membandingkan efektivitasnya pada pengolahan air sungai Cisadane di PDAM Tirta Pakuan Kota Bogor.

## Bahan dan Alat

### Bahan

Bahan yang digunakan pada penelitian ini meliputi bahan uji dan bahan kimia. Bahan uji adalah air sungai Cisadane di daerah Cipaku, Bogor, Jawa Barat, yang diambil dari kran air baku Instalasi Pengolahan Air (IPA) PDAM Cipaku dan air hasil jar test pada dosis optimum. Bahan kimia yang digunakan antara lain Poli Aluminium Klorida (PAC) pekat, Aluminium Sulfat, Feri Klorida, Larutan Standar Formazin,  $KClO_4$  0,01 N, Larutan Buffer (pH 4,7, dan 9), Larutan Standar Induk Fe 1000 mg/L, Hidroksilamina Hidroklorida 10%, Buffer Asetat, 1,10-Orthophenanthroline, Larutan Standar Induk Mn 1000 mg/L, Larutan Khusus Mn, Larutan  $H_2O_2$ , Amonium Persulfat,  $H_2SO_4$  N,  $KMnO_4$  0,01 N, Asam Oksalat 0,01 N dan air suling.

### Alat

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini antara lain Turbidimeter merk HACH model 2100N. Konduktometer merk HACH model Sension5, pH meter merk Mettler

Toledo Seven Compact, jar tester, spektrofotometer, neraca analitik, transpipet, kaca arloji, tabung reaksi, piala gelas 1 L, piala gelas 50 mL, piala gelas 100 mL, labu ukur 50 mL, labu ukur 100 mL, Erlenmeyer asah, buret digital, pipet tetes, corong, pemanas, gegap besi dan sarung tangan.

### Metode Penelitian

Penelitian dilakukan dengan menggunakan tiga koagulan yang berbeda, yaitu koagulan Poli Aluminium Klorida (PAC), Aluminium Sulfat dan Feri Klorida. Penentuan dosis optimum koagulan dilakukan dengan cara pemberian variasi dosis yang berbeda. Contoh uji diambil pada hari yang berbeda dengan tingkat kekeruhan yang berbeda. Parameter uji yang digunakan untuk pengujian karakteristik air baku dan air hasil uji jar test. Untuk uji kekeruhan diukur menggunakan turbidimeter, total padatan terlarut (TDS) diukur menggunakan konduktometer, pH diukur menggunakan pH meter, Fe dan Mn diukur menggunakan spektrofotometer dan zat organik menggunakan metode titrasi.

### Pembuatan Larutan Koagulan

Larutan Koagulan Poli Aluminium Klorida (PAC), Aluminium Sulfat dan Feri Klorida dibuat dengan konsentrasi 1%. Untuk PAC cair yaitu dengan mengambil 1 mL PAC pekat lalu diencerkan dengan air suling dalam labu takar 100 mL, Untuk Aluminium Sulfat padat yaitu dengan menimbang 1 gram Aluminium Sulfat padat lalu diencerkan dengan air suling sampai tanda batas labu takar 100 mL. Untuk Feri Klorida padat yaitu dengan menimbang 1 gram Feri Klorida padat lalu diencerkan dengan air suling dalam labu takar 100 ml. Kemudian dari larutan koagulan tersebut dibuat variasi dosis koagulan untuk tingkat kekeruhan air baku (< 70 NTU dan 70 - 1000 NTU)

### Pengambilan Sampel Air Baku

Sampel air baku berasal dari air sungai Cisadane yang diambil dari keran air baku di Instalasi Air Baku (IPA) Cipaku. Sampel air baku ditampung dalam drigen besar, dihomogenkan dengan pengadukan, kemudian dilakukan analisa karakteristik air baku sebelum dilakukan jar test.

### Jar Test

Pada percobaan ini dilakukan pada sampel air sungai Cisadane dengan tingkat kekeruhan yang berbeda-beda dengan penambahan variasi dosis koagulan yang berbeda. Pada table 1 disajikan variasi dosis koagulan yang dilakukan dalam penelitian ini.

**Tabel 1** Variasi Dosis Koagulan

Koagulan	Kekeruhan Air Baku	Variasi Dosis Koagulan( mg/L)
PAC	< 70 NTU 70 - 1000 NTU	10, 12, 14, 16, 18, 20, 22, 24, 26 10, 15, 20,25, 30, 35, 40, 45, 50
Aluminiu m Sulfat	< 70 NTU 70 - 1000 NTU	10, 12, 14, 16, 18, 20,22,24, 26 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50
Feri Klorida	< 70 NTU 70 - 1000 NTU	10, 12, 14, 16, 18, 20, 22,24, 26 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50

Air sungai Cisadane sebanyak 1 L ditambahkan koagulan. Alat uji Jar dioperasikan dengan kecepatan pengadukan 150 rpm selama 1 menit (proses koagulasi), dilanjutkan 50 rpm selama 10 menit (proses flokulasi), setelah itu pengadukan dihentikan selama 10 menit untuk mengendapkan flok (proses sedimentasi). Berdasarkan uji air hasil jar test akan diperoleh satu nilai konsentrasi atau dosis optimum koagulan. Dosis optimum koagulan ditentukan dari nilai kekeruhan yang mencapai < 5 NTU pertama kali. Kekeruhan < 5 NTU merupakan persyaratan Permenkes No. 92/Menkes/IV/2010. Kemudian dilakukan pengujian terhadap TDS, pH, Fe, Mn dan at organik. Efektivitas koagulasi dihitung dengan persamaan:

$$\text{Efektivitas Koagulasi (\%)} = \left| \frac{A-B}{A} \right| \times 100 \%$$

A = Hasil sebelum jar test

B = Hasil setelah jar test

### Pengukuran Kekeruhan

Metode : SNI 06-6989.25-2005

Prinsip :

Intensitas cahaya yang dihamburkan oleh sampel air di bawah kondisi tertentu, dibandingkan dengan intensitas cahaya yang dihamburkan oleh suspensi standar yang direferensikan. Semakin besar intensitas cahaya yang dihamburkan, semakin besar nilai kekeruhan.

Pengukuran Contoh:

Contoh air dimasukkan ke dalam kuvet sampai garis putih lalu dibersihkan kuvet dengan tisu, dimasukkan kuvet ke dalam turbidimeter

yang telah dikalibrasi, ditunggu sampai diperoleh nilai kekeruhan yang konstan.

#### **Pengukuran TDS**

Metode : SNI 06-6989.27-2005

Prinsip:

Mengukur kapasitas ion total dari larutan sampel yang konsentrasi pengukurannya dinyatakan dalam mg/L dari ion-ionnya.

Pengukuran Contoh

Contoh uji sebanyak 50 ml dimasukkan ke dalam piala gelas 100 mL yang telah dibilas dengan air suling lalu dibilas dengan contoh uji yang akan dianalisis, elektroda dicelupkan ke dalam contoh uji tersebut, ditekan tombol READ kemudian ditekan tombol TDS maka konsentrasi TDS dapat diketahui.

#### **Pengukuran pH**

Metode: SNI 06-6989.11-2004

Prinsip:

Pengukuran pH berdasarkan pengukuran aktivitas ion hidrogen secara potensiometri/elektrometri dengan menggunakan alat pH-meter. Derajat keasaman adalah nilai negatif dari logaritma konsentrasi ion hidrogen (H<sup>+</sup>) yang terdapat di dalam larutan.

Pengukuran contoh:

Sebanyak 50 mL contoh uji dimasukkan ke dalam piala gelas 100 mL. Dichelupkan elektroda ke dalam contoh, ditekan tombol READ ditunggu sampai pH-meter menunjukkan nilai pH yang konstan. Nilai yang tertera pada alat dicatat.

#### **Penetapan Kadar Besi (Fe)**

Prinsip:

Besi dijadikan bentuk terlarut dengan cara direduksi menjadi fero (Fe<sup>2+</sup>) dengan cara mendidihkan larutan dalam suasana asam dengan adanya hidroksilamin. Fero dengan 1,10-Orthophenanthroline membentuk kompleks berwarna jingga. Tiga molekul phenanthroline membentuk senyawa khelat dengan ion-ion Fe<sup>2+</sup> kemudian diukur serapannya dengan spektrofotometer pada panjang gelombang 510 nm

Pengerjaan Deret Standar Besi:

Larutan standar induk besi 1000 mg/L diencerkan menjadi larutan besi 100 mg/L dengan cara larutan standar induk besi 1000 mg/L dipipet sebanyak 10 mL, dimasukkan ke dalam labu ukur 100 mL, kemudian ditambahkan air suling sampai tanda tera dan dihomogenkan. Larutan besi 100 mg/L diencerkan menjadi larutan besi 10 mg/L dengan cara dipipet sebanyak 10 mL, dimasukkan ke dalam labu ukur 100 mL, ditambahkan air suling sampai tanda

tera dan dihomogenkan. Larutan standar besi 10 mg/L tersebut kemudian dibuat deret standar dengan konsentrasi 0; 0,04; 0,08; 0,16; 0,2; 0,3 dan 0,4 mg/L dengan cara dipipet masing-masing sebanyak 0; 0,08; 1,6; 2; 3 dan mL, kemudian dimasukkan ke dalam labu ukur 100 mL. Ke dalam masing-masing labu ukur ditambahkan 5 mL hidroksilamin hidroklorida 10 %, 2 mL 1,10-Orthophenanthroline, 10 mL buffer asetat dan air suling sampai tanda tera lalu dihomogenkan. Larutan kemudian diukur absorbansinya dengan spektrofotometer pada panjang gelombang 510 nm.

Pengukuran Contoh

Contoh uji dipipet sebanyak 50 mL, dimasukkan ke dalam labu ukur 100 mL, ditambahkan 5 mL hidroksilamin hidroklorida 10 %, 2 mL 1,10-Orthophenanthroline, 10 mL buffer asetat, ditera dengan air suling lalu dihomogenkan. Kemudian diukur absorbansinya dengan spektrofotometer pada panjang gelombang 510 nm.

Perhitungan:

$$\text{Kadar Fe (mg/L)} = \frac{\text{Absorbansi} - \text{Intersep}}{\text{Sluga}}$$

#### **Penetapan Kadar Mangan (Mn)**

Metode : APHA 21 st Edition Th.2005

Prinsip:

Oksida senyawa mangano oleh persulfat membentuk permanganat berlangsung dengan adanya AgNO<sub>3</sub>. Warna yang dihasilkan stabil dalam waktu kurang dari 2 jam jika ada kelebihan dan bila ada at organic. Intensitas warna yang terbentuk diukur dengan spektrofotometer pada panjang gelombang 525 nm.

Pengerjaan Deret Standar Mangan

Larutan standar induk mangan 1000 mg/L diencerkan menjadi larutan mangan 100 mg/L dengan cara larutan standar induk mangan 1000 mg/L dipipet sebanyak 10 mL, dimasukkan ke dalam labu ukur 100 mL, kemudian ditambahkan air suling sampai tanda tera dan dihomogenkan. Larutan mangan 100 mg/L diencerkan menjadi larutan mangan 10 mg /L dengan cara dipipet sebanyak 10 mL, dimasukkan ke dalam labu ukur 100 mL, ditambahkan air suling sampai tanda tera dan dihomogenkan.

Larutan standar mangan 10 mg/L tersebut kemudian dibuat deret standar dengan konsentrasi 0; 0,05; 0,1; 0,2; 0,3; 0,4 dan 0,5 mg/L dengan cara dipipet masing-masing sebanyak 0; 0,5; 1; 2; 3; dan 5 mL, kemudian dimasukkan ke dalam labu ukur 100 mL, Ditambahkan 5 mL

larutan khusus Mn dan air suling sampai tanda tera lalu dihomogenkan. Larutan kemudian dipindahkan ke dalam Erlenmeyer lalu dididihkan, ditambahkan 1 tetes H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> dan 1 gram amonium persulfat hingga larut sempurna. Larutan didinginkan kemudian dipindahkan ke labu ukur 100 mL dan ditambahkan air suling sampai tanda tera lalu dihomogenkan. Larutan kemudian diukur absorbansinya dengan spektrofotometer pada panjang gelombang 525 nm.

Pengukuran Contoh:

Contoh sebanyak 50 mL dimasukkan ke dalam Erlenmeyer 250 mL, kemudian ditambahkan 5 mL larutan khusus Mn, ditambahkan 1 tetes H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> dan 1 gram amonium persulfat. Dididihkan dengan alat pemanas listrik hingga larut sempurna. Larutan didinginkan kemudian dipindahkan ke labu ukur 100 mL dan ditambahkan air suling sampai tanda tera lalu dihomogenkan. Larutan kemudian diukur absorbansinya dengan spektrofotometer pada panjang gelombang 525 nm.

Perhitungan:

$$\text{Kadar Mn (mg/L)} = \frac{\text{Absorbansi}_{-} \cdot \text{Intersep}}{\text{Slope}}$$

#### Penetapan Kadar Zat Organik (Angka KMnO<sub>4</sub>)

Metode :SNI 06-989.27-2005

Prinsip:

Zat organik dapat dioksidasi oleh KMnO<sub>4</sub> dalam suasana asam dan panas . Sisa KMnO<sub>4</sub> direduksi oleh oksalat asam oksalat berlebih dan kelebihan oksalat dititrasi kembali oleh KMnO<sub>4</sub>

Standarisasi Larutan KMnO<sub>4</sub> 0,01 N

Dipipet sebanyak 10 mL larutan asam oksalat 0,01 N, dimasukkan ke dalam Erlenmeyer, ditambahkan 5 mL H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 4 N, dipanaskan sampai suhu 80 oC kemudian dititrasi segera dengan KMnO<sub>4</sub> 0,01 N sampai terbentuk warna merah muda seulas.

Menentukan Normalitas KMnO<sub>4</sub>

Sebanyak 100 mL air suling dimasukkan kedalam Erlenmeyer asah, ditambahkan 10 mL larutan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 4 N dan 5 mL larutan KMnO<sub>4</sub> 0,01 N, dipanaskan, dihitung 5 menit dari mendidih, ditambahkan 10 ml larutan asam oksalat (sedikit demi sedikit dari buret sampai warna merah hilang), dititrasi dengan KMnO<sub>4</sub> 0,01 N sampai titik akhir warna merah muda seulas.

Pengerjaan Contoh:

Contoh sebanyak 100 mL dimasukkan ke dalam Erlenmeyer asah, ditambahkan 10 mL larutan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 4 N dan 10 mL larutan KMnO<sub>4</sub> 0,01 N, dipanaskan, dihitung 5 menit dari mendidih,

ditambahkan 10 mL larutan asam oksalat (sedikit demi sedikit dari buret sampai warna merah hilang), dititrasi dengan KMnO<sub>4</sub> 0,01 N sampai titik akhir warna merah muda seulas

Perhitungan

$$N_{KMnO_4} = \frac{V_{\text{Asam Oksalat}} \times N_{\text{Asam Oksalat}}}{V_{KMnO_4}}$$

Keterangan:

N KMnO<sub>4</sub> = Konsentrasi Larutan KMnO<sub>4</sub>

V KMnO<sub>4</sub> = Volume Larutan KMnO<sub>4</sub>

N Asam Oksalat = Konsentrasi Larutan Asam Oksalat

V Asam Oksalat = Volume Larutan Asam Oksalat

Kadar Zat Organik Sebagai Angka KMnO<sub>4</sub> (mg/L)

$$\frac{[(V_{\text{sebelum dipanaskan KMNO}_4} + V_{\text{titar KMNO}_4}) \times N_{KMNO_4}] - (V_{\text{as oksalat}} \times N_{\text{as oksalat}})] \times \text{Bst KMNO}_4 \times 1000 \text{ L/ml}}{mL \text{ Contoh}}$$

Keterangan:

Bst KMnO = 31,616 gram/ mol ekuivalen

#### Hasil dan Pembahasan

Karakteristik Air Sungai Cisadane sebelum Jar Test

**Tabel 2.** Hasil Analisis Air Sungai Cisadane sebelum Jar Test

Sampel	Kkeruhan (mg/L)	TDS (mg/L)	pH (mg/L)	Fe (mg/L)	Mn (mg/L)	Zat Organik (Angka KMnO <sub>4</sub> ) (mg/L)
1	30,2	63,8	7,28	0,219	0,135	4,39
2	40,3	59,1	7,41	0,307	0,148	5,62
3	536	50,5	6,91	1,693	0,24	11,02
4	681	58,2	7,12	1,725	0,296	11,98
Standar 1	-	1000	6,5 - 8,5	5	2	10
Standar 2	5	1000	6,5 - 8,5	0,3	0,1	10

Keterangan:

Standar 1 ; SK Gubernur Jawa Barat No. 6 Tahun 1999

Standar 2 ; Permenkes No. 492/ Menkes/ IV/2010

Dari Tabel 2 dapat dilihat bahwa karakteristik air sungai Cisadane yang meliputi kekeruhan, TDS, Ph, Fe, Mn masih berada dalam batas baku mutu kualitas air baku berdasarkan Surat Keputusan Gubernur Jawa Barat No. 6 Tahun 1999 (Lampiran 1). Untuk parameter

kekeruhan, besi (pada kekeruhan 40,3; 536; 681 NTU) dan mangan tidak memenuhi persyaratan Permenkes No 492/Menkes/Per/2010 (Lampiran 1), sedangkan untuk parameter zat organik (11,02 mg/L dan 11,98 mg/L) tidak memenuhi persyaratan standar 1 dan standar 2, sehingga agar memenuhi persyaratan tersebut perlu dilakukan proses pengolahan air terlebih dahulu.

### Dosis Optimum Koagulan

**Tabel 3.** Dosis Optimum Koagulan yang diperlukan pada Berbagai Kekeruhan

Pada (NTU)	Dosis (mg/L)		
		PAC	Aluminiu m Sulfat
30,2	14	22	16
40,3	18	24	20
536	30	40	35
681	35	45	40

Dosis pemakaian koagulan ditentukan dari hasil uji jar test, yaitu pada saat kekeruhan pertama kali turun di bawah 5 NTU, bukan dari tingkat kekeruhan terendah. Hal ini dilakukan karena setelah proses koagulasi, flokulasi dan sedimentasi, masih ada proses lain yang dapat menurunkan kekeruhan, yaitu penyaringan. Bila dua atau lebih dosis koagulan menghasilkan kekeruhan di bawah 5 NTU, maka dipilih pH air yang tinggi. Batas minimum pH air bersih menurut Permenkes No 492/Menkes/iV/2010 ialah 6,5 maka dosis koagulan dipilih yang menghasilkan air bersih dengan pH di atas 6,5. Dari Tabel 3 dapat diketahui perbedaan pemakaian dosis optimum koagulan. Pada kekeruhan rendah 30,2 NTU, dosis optimum PAC yang digunakan sebesar 14 mg/L. Untuk Aluminium Sulfat sebesar 22 mg/L dan untuk Feri Klorida sebesar 16 mg/L. Pada kekeruhan tinggi 681 NTU, dosis optimum PAC yang digunakan sebesar 35 mg/L. Untuk Aluminium Sulfat sebesar 45 mg/L dan untuk Feri Klorida sebesar 40 mg/L. Hal ini menunjukkan bahwa dosis optimum pemakaian koagulan PAC lebih rendah dibandingkan dengan Aluminium Sulfat dan ferri Klorida.

### Efektivitas Koagulan Terhadap Kekeruhan

**Tabel 4** Efektivitas Koagulan Terhadap Kekeruhan

Koagulan	Dosis (mg/L)	Kekeruhan (NTU)		Efektifitas (%)
		Sebelum	Sesudah	
Kekeruhan Rendah				
PAC	14	30,2	4,19	86,12
Aluminium Sulfat	22	30,2	4,60	84,76

Feri Klorida	16	30,2	4,28	85,82
Kekeruhan Tinggi				
PAC	30	536	4,39	99,18
Aluminium Sulfat	40	536	4,84	99,09
Feri Klorida	35	536	4,91	99,08

Pada Tabel 4 dapat diketahui bahwa koagulan Poli Aluminium Klorida (PAC) lebih efektif dalam menurunkan kekeruhan dibandingkan dengan koagulan Aluminium Sulfat dan Feri Klorida,

Perbedaan pemakaian dosis koagulan tersebut disebabkan karena PAC merupakan polimer anorganik dengan bobot molekul tinggi dan sangat mudah dihidrolisis menghasilkan polihidroksida dengan rantai molekul yang panjang dan muatan listrik yang besar dalam larutan sehingga akan semakin banyak mendestabilisasi koloid dibandingkan dengan Aluminium Sulfat dan Feri Klorida yang merupakan koagulan anorganik nonpolimer. Dari percobaan yang dilakukan PAC lebih cepat membentuk flok, yang diakibatkan ikatan rantai polimer sehingga cepat membentuk gumpalan koagulan, namun koagulan Feri Klorida mampu menghasilkan flok yang lebih kuat dibandingkan flok yang terbentuk oleh koagulan PAC dan Aluminium Sulfat karena mempunyai kemampuan adsorbs yang cukup besar.

### Efektivitas Koagulan Terhadap pH

Hasil analisis efektivitas koagulan terhadap pH dapat dilihat pada Tabel 5.

**Tabel 5.** Efektifitas Koagulan Terhadap pH

Koagulan	Dosis (mg/L)	pH		Efektivitas (%)
		Sebelum	Setelah	
Kekeruhan Rendah				
PAC	14	7,28	<b>7,18</b>	1,37
Aluminium Sulfat	22	7,28	<b>7,12</b>	2,19
Feri Klorida	16	7,28	<b>6,70</b>	7,96
Kekeruhan Tinggi				
PAC	30	6,91	<b>6,85</b>	0,86
Aluminium Sulfat	40	6,91	<b>6,63</b>	4,05
Feri Klorida	35	6,91	<b>6,47</b>	6,36

Pada Tabel 5 dapat dilihat bahwa dengan penambahan dosis PAC 1 mg/L dan 30 mg/L menghasilkan penurunan pH 7,18 dan 6,85. Untuk Aluminium Sulfat dengan penambahan dosis 22 mg/L dan 40 mg/L menghasilkan pH 7,18 dan 6,63. Dengan penambahan kedua koagulan tersebut, nilai pH masih memenuhi batas persyaratan Permenkes No. 492/Menkes/iV/2010, yaitu sebesar 6,5 - 8,5. Sedangkan pada penambahan koagulan Feri Klorida dengan dosis 30 mg/L menghasilkan pH sebesar 6,47. Nilai pH tersebut tidak memenuhi

batas minimum baku mutu Permenkes No.492/Menkes/iv/2010.

Penurunan nilai pH air setelah jar test dengan koagulan PAC sangat kecil dan cenderung dipertahankan pada pH 7 walaupun dosis yang ditambahkan berlebihan. Hal ini disebabkan karena PAC mempunyai range pH yang cukup lebar untuk menurunkan kekeruhan dan PAC lebih bersifat basa dibandingkan Aluminium Sulfat dan Feri Klorida. Oleh karena itu dengan menggunakan PAC tidak diperlukan adanya pengaturan besarnya pH untuk proses koagulasi dan flokulasi.

#### **Efektivitas Koagulan Terhadap Total Padatan Terlarut TDS**

Hasil analisis efektivitas koagulan terhadap total padatan terlarut (TDS) dapat dilihat pada tabel 6

**Tabel 6. Efektivitas Koagulan Terhadap Total Padatan Terlarut (TDS)**

Koagulan	Dosis (mg/L)	TDS (mg/L)	
		Sebelum	Setelah
Kekeruhan Rendah			
PAC	14	63,8	64,2
Aluminium Sulfat	22	63,8	66,5
Feri Klorida	16	63,8	72,4
Kekeruhan Tinggi			
PAC	30	50,5	51,8
Aluminium Sulfat	40	50,5	58,5
Feri Klorida	35	50,5	60,8

Total padatan terlarut (TDS) di dalam air biasanya disebabkan oleh bahan anorganik berupa ion-ion serta sedikit bahan organik. TDS berpengaruh terhadap kualitas air seperti rasa, kesadahan, sifat-sifat korosif dan tendensi terhadap pelapisan atau pembentukan kerak.

Dari Tabel 6 dapat dilihat bahwa setelah dilakukan jar test diperoleh kadar total padatan terlarut lebih besar dibandingkan sebelum jar test, total padatan terlarut dengan pembubuhan koagulan Feri Klorida pada kekeruhan rendah dan kekeruhan tinggi memiliki kadar TDS yang lebih besar dibandingkan dengan koagulan PAC dan Aluminium Sulfat dan masih memenuhi standar baku mutu Permenkes No.492/Menkes/iv/2010 yaitu < 1000 mg/L

#### **Efektivitas Koagulan Terhadap Kadar Besi (Fe)**

Hasil analisis efektivitas koagulan terhadap kadar besi dapat dilihat pada table 7

**Tabel 7. Efektivitas Koagulan Terhadap Kadar Besi (Fe)**

Koagulan	Dosis	Besi (mg/L)	Efektivitas
----------	-------	-------------	-------------

	(mg/L)			(%)
		Sebelum	Setelah	
Kekeruhan Rendah				
PAC	14	0,219	0,027	87,67
Aluminium Sulfat	22	0,219	0,029	86,75
Feri Klorida	16	0,219	0,042	80,82
Kekeruhan Tinggi				
PAC	30	1,693	0,031	98,16
Aluminium Sulfat	40	1,693	0,054	96,81
Feri Klorida	35	1,693	0,237	86,00

Berdasarkan Tabel 7 dapat dilihat bahwa koagulan poli Aluminium Klorida (PAC) pada dosis optimum lebih efektif dalam menurunkan kadar besi dibandingkan koagulan Aluminium Sulfat dan Feri Klorida, yaitu diperoleh efektivitas kadar besi (Fe) sebesar 87,67 % pada kekeruhan rendah dan 98,16% pada kekeruhan tinggi. Penurunan kadar besi tersebut dapat disebabkan air yang mengandung besi teroksidasi oleh oksigen serta partikel-partikel koloid yang bermuatan negatif akan tertarik oleh kation dari koagulan yang dibubuhkan sehingga akan menggumpal menjadi partikel yang besar yang akhirnya mengendap. Efektivitas Koagulan Terhadap Kadar Mangan (Mn)

Hasil analisis efektivitas koagulan terhadap kadar mangan dapat dilihat pada table 8.

**Tabel 8. Efektivitas Koagulan Terhadap Kadar Mangan (Mn)**

Koagulan	Dosis (mg/L)	Mangan (mg/L)		Efektivitas (%)
		Sebelum	Setelah	
Kekeruhan Rendah				
PAC	14	0,135	0,050	64,44
Aluminium Sulfat	22	0,135	0,042	68,88
Feri Klorida	16	0,135	0,058	57,03
Kekeruhan Tinggi				
PAC	30	0,24	0,095	60,41
Aluminium Sulfat	40	0,24	0,061	74,58
Feri Klorida	35	0,24	0,067	72,08

Dari table 8 dapat diketahui bahwa baik pada kekeruhan rendah maupun kekeruhan tinggi, koagulan Aluminium Sulfat pada dosis optimum lebih efektif dalam menurunkan kadar mangan dibandingkan dengan koagulan PAC dan Feri Klorida. Pada kekeruhan rendah Aluminium Sulfat dapat memberikan penurunan kadar mangan sebesar 68,88 %, sedangkan pada kekeruhan tinggi sebesar 74,58 %. Hal tersebut dapat terjadi karena pada proses aerasi, air yang mengandung mangan dioksidasi oleh udara. Kadar mangan yang dipersyaratkan Permenkes No.492/Menkes/iv/2010 sebesar 0,1 mg/L

,pabila kadar Mn > 0,1 mg/L akan mempengaruhi rasa, kadar Mn < 0,2 mg/L akan mempengaruhi rasa dan dapat meninggalkan noda pada

pakaian. Pengaruh kadar mangan bagi kesehatan jika melebihi batas persyaratan yang ditentukan dapat menyebabkan kerusakan pada hati.

#### **Efektivitas Koagulan Terhadap Kadar Zat Organik (Angka KMnO<sub>4</sub>)**

Hasil analisis efektivitas koagulan terhadap kadar zat organik dapat dilihat pada Tabel 9.

**Tabel 9.** Efektivitas Koagulan Terhadap Kadar at Organik (Angka KMnO<sub>4</sub>)

Koagulan	Dosis (mg/L)	Zat Organik (Angka KMnO <sub>4</sub> ) (mg/L)		Efektivitas (%)
		Sebelum	Setelah	
Kekeruhan Rendah				
PAC	14	4,39	1,30	70,38
Aluminium Sulfat	22	4,39	1,37	68,79
Feri Klorida	16	4,39	1,34	69,47
kekeruhanTinggi				
PAC	30	11,98	2,82	76,46
Aluminium Sulfat	40	11,98	4,53	62,18
Feri Klorida	35	11,98	3,79	68,36

Pada Tabel 9 dapat diketahui bahwa PAC memiliki kemampuan menurunkan zat organik lebih besar dibandingkan dengan koagulan Aluminium Sulfat dan feri Klorida, pada kekeruhan rendah memberikan efektivitas sebesar 70,38% dan pada kekeruhan tinggi sebesar 76,46%, sedangkan koagulan Aluminium Sulfat memberikan penurunan kadar zat organik yang lebih kecil dibandingkan koagulan PAC dan Feri Klorida, yaitu pada kekeruhan rendah sebesar 68,79% dan kekeruhan tinggi sebesar 62,18 %. Penurunan kadar zat organik tersebut disebabkan oleh ikut teradsorpsi zat organik yang terlarut dalam air dan kemudian mengendap bersama flok.

Salah satu sifat koloid memiliki sifat Elektrik, yaitu membentuk suatu permukaan bermuatan listrik bila berhubungan dengan medium polar seperti air. Muatan dapat diperoleh dari ionisasi, adsorpsi ion, disolusi ion, elektroforesis. Salah satu faktor penting yang

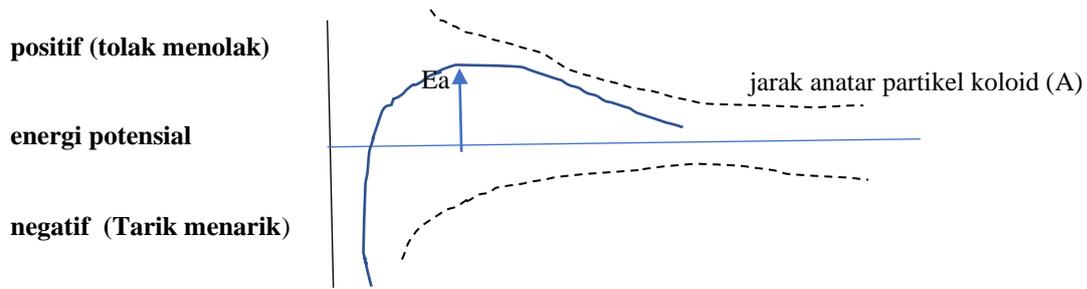
mempengaruhi stabilitas koloid adalah muatan permukaan koloid tersebut. Dengan adanya muatan ini, maka partikel -partikel tersebut akan tolak menolak dan mencegah terjadinya agregasi yang dapat menyebabkan pengendapan. Besarnya muatan pada permukaan partikel juga dipengaruhi oleh konsentrasi elektrolit pada medium pendispersi. Penambahan kation pada partikel dengan muatan permukaan negatif akan menetralkan muatan dan dapat menyebabkan pengendapan.

**Tabel 10.** Konsentrasi minimum berbagai jenis ion yang dapat menyebabkan terjadinya pengendapan dispersi koloid Arsen(III) sulfide yang berkonsentrasi 1.85 gram per liter

Kation	Konsentrasi minimum yang menyebabkan pengendapan (mol per liter)
Monovalen : Li <sup>+</sup> Na K	58 x 10 <sup>-3</sup>
	51 x 10 <sup>-3</sup>
	50 x 10 <sup>-3</sup>
Divalen Mg <sup>2+</sup> Ca <sup>2+</sup> Zn <sup>2+</sup>	0.72 x 10 <sup>-3</sup>
	0.65 x 10 <sup>-3</sup>
	0.68 x 10 <sup>-3</sup>
Trivalen Co <sup>3+</sup> Al <sup>3+</sup>	0.080 x 10 <sup>-3</sup>
	0.093 x 10 <sup>-3</sup>

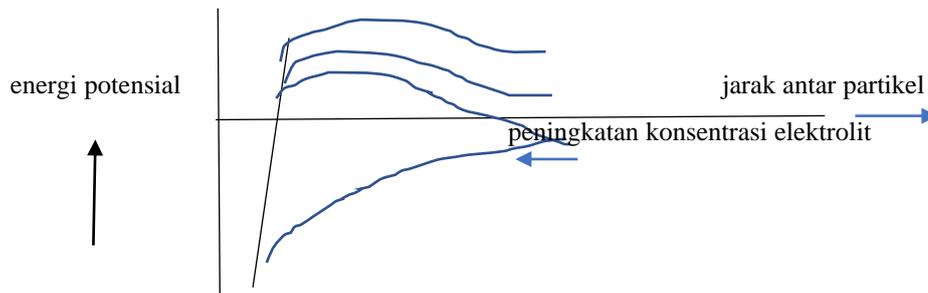
Dari Tabel 10.terlihat bahwa makin besar muatan kation, makin efisien kation tersebut menyebabkan terjadinya pengendapan. Perbandingan konsentrasi kation trivalen: bivalen:monovalen yang diperlukan agar terjadi pengendapan berturut turut adalah 1: 100: 700. Hal inilah yang menyebabkan mengapa ion Al<sup>3+</sup> sangat efektif dalam membentuk pengendapan.

Kestabilan koloid dari segi perubahan energi yang berlangsung ketika dua partikel koloid saling mendekat satu dengan yang lain. Gambar 1. menunjukkan secara grafik plot VA dan VR sebagai fungsi jarak antara dua partikel koloid. Pada gambar juga diperlihatkan kurva potensial total V(= VB + VA). Dari gambar kurva tampak bahwa dalam kasus ini terdapat suatu energi penghalang ER yang mencegah kedua partikel koloid tersebut untuk beragregasi. Juga dalam kasus yang khusus ini apabila energi penghalang dilewati, maka kedua partikel akan mengalami gaya Tarik menarik yang kuat dan akan membentuk agregat.



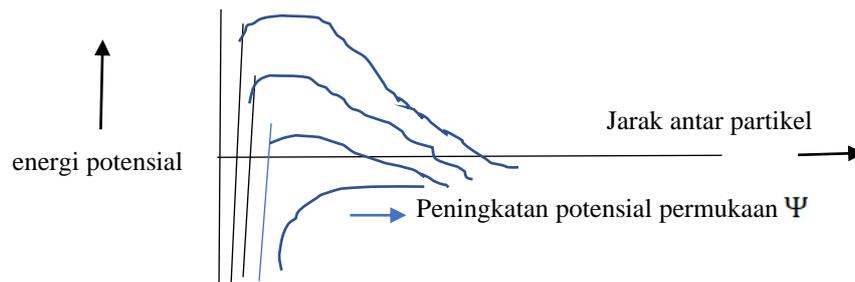
Pada Gambar 2. Pengaruh peningkatan konsentrasi elektrolit terhadap energi potensial. Pada gambar ini dapat dilihat bahwa peningkatan konsentrasi elektrolit akan menurunkan energi penghalang dan apabila konsentrasi makin

ditingkatkan energi tersebut akan hilang sama sekali, sistem koloid akan makin tidak stabil dan apabila konsentrasi terus ditingkatkan dapat terjadi pengendapan.



Pada Gambar 3. Menunjukkan pengaruh besar muatan pada permukaan partikel (dinamakan potensial permukaan  $\Psi_0$ ) terhadap kestabilan secara keseluruhan. Dari kurva jelas terlihat

bahwa peningkatan muatan pada permukaan akan meningkatkan kesabilan. Karena mobilitas secara langsung berhubungan dengan muatan permukaan.



**Simpulan**

Berdasarkan hasil penelitian disimpulkan pada kekeruhan rendah dan tinggi, koagulan Poli Aluminium Klorida (PAC) lebih efektif untuk pengolahan air baku sungai Cisadane di PDAM Tirta Pakuan Kota Bogor dengan memberikan efektivitas penurunan kekeruhan sebesar 86,12% dan 99,18% ; pH sebesar 1,37% 1,80% ;TDS sebesar 64,2 % dan 51,8%; kadar besi sebesar 87,67% dan 98,16%; kadar mangan sebesar

64,44% dan 60,41% ; zat organic (angka  $KMnO_4$ ) sebesar 70,38% dan 76,46%. Hal ini karena Poli Aluminium Klorida (PAC) merupakan polimer anorganik dengan bobot molekul tinggi dan sangat mudah dihidrolisis menghasilkan polihidroksida dengan rantai molekul yang panjang dan muatan listrik yang besar dalam larutan sehingga akan semakin banyak menurunkan energi potensial sebagai energi penghalang dalam proses agregasi.

**Daftar Pustaka**

- Alearts, G. dan S.S.Santika. 198. Metode Penelitian Air. Usaha Nasional Surabaya.
- American Public Health Association.2005, *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. Ed ke-21. Washington: APHA.*
- Asmadi, Khayan, HeruSubaris & Kasjono. 2011. Teknologi Pengolahan Air Minum. Penerbit Gosyen Publishing. Yogyakarta.
- Bird,T,1985, 'Kimia Fisik Untuk Universitas, Penerbit: PT Gramedia Jakarta
- Djubaedah, E dan S. Harjanto. 1994. Penanganan Limbah Cair Pada Tapioka secara Kimia. Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Industri Hasil Pertanian Departemen Perindustrian dan Perdagangan Bogor.
- Effendi H. 2003. Telaah Kualitas Air bagi Pengolahan Sumber Daya dan Lingkungan Perairan. Yogyakarta: Kanisius.
- George, Hammond. 1997. Kimia Organik. Institut Teknologi Bandung. Bandung.
- Hammer M.J.1997. *Water and Wastewater Technology. New Jersey : Prentice — Hall.*
- Hudson, Herbertt. Jr. 1981. *Water Clarification Processes Practical Design and Evaluation. Van Nostrand Reinhold Company.*
- Laboratorium Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM). 1991. Standar Operation Prosedur. PDAM Tirta Pakuan Bogor.
- Laboratorium Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM). 2005. Standar Operation Prosedur . PDAM Tirta Pakuan Bogor.
- Pemerintah Provinsi Jawa Barat . 1999. Surat Keputusan Gubernur Jawa Barat No 6 Tahun 1999 Tentang Baku Mutu Limbah Cair Bagi Kegiatan Industri Di Jawa Barat. Jawa Barat.
- Republik Indonesia. 2010. Permenkes RI No.492/Menkes/Per/iV/2010 Tentang Syarat-syarat dan Pengawasan Kualitas Air Minum. Jakarta.
- Saeni, M. S. 1989. Kimia Lingkungan. Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi Pusat Antar Universitas Ilmu Hayat. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Skoog, D. A, West D. M, Holler F. J, Crouch S.R. 2004. *Fundamentals of Analytical Chemistry eighth edition. UK; Thomson Brooks.*
- SNI 06-6989.11-2004. 2004.Air dan Air Limbah- Cara Uji derajat Keasaman (pH) dengan menggunakan alat pH meter. Badan Standarisasi Nasional
- SNI 06-6989.25-2005. 2005. Air dan Air Limbah- Cara Uji Kekeruhan . Badan Standarisasi Nasional
- SNI 06-6989.27-2005. Air dan Air Limbah- Cara Uji Total Padatan Terlarut (TDS). Badan Standarisasi Nasional
- SNI 06-6989.27-2005.2005. Air dan Air Limbah - Cara Uji zat Organik (Angka KMnO4). Badan Standarisasi Nasional.
- Underwood, A,L dan R,A. Day .Jr.1981. Analisis Kimia Kuantitatif. Erlangga. Jakarta.
- Wenas, R. 1991. Penelitian Proses Koagulasi dan Flokulasi untuk Pengembangan Industri dan Perdagangan . Departemen Perindustrian dan Perdagangan. Ujung Pandang.
- Winarno. F.G. 1986.Air Untuk Industri Pangan. PT. Gramedia. Jakarta.