

Optimalisasi Dosis Koagulan Dan Peningkatan Kinerja *Pac* (*Poly Aluminium Klorida*) Dengan Penambahan Kaustik Soda Dalam Proses Pengolahan Air Bersih Di Pdam Bandarmasih Kota Banjarmasin Menggunakan Metode *Jar Test*

Alfian Nor^{1,a}, Idzani Muttaqin^{2,b}, Ice Trianiza^{3,c}

^{1 2 3}Program Studi Teknik Industri, Universitas Islam Kalimantan MAB,

Jl. Adhyaksa No. 2 Kayutangi Banjarmasin, 70123

alfiannor195@gmail.com

Abstrak

Proses penambahan koagulan harus dilakukan secara efisien karena proses koagulasi ini merupakan proses yang menghabiskan biaya terbesar dari serangkaian proses pengolahan air yang ada di PDAM Bandarmasih. Jika dosis penambahan koagulan dilakukan secara berlebihan, akan menyebabkan biaya penggunaan bahan kimia koagulan menjadi membengkak sehingga membebani pengeluaran PDAM.

Metode dalam penelitian ini yang akan digunakan yaitu dengan metode analitik dimana data dari hasil uji coba beberapa dosis koagulan *Poli Aluminium Klorida* (PAC) yang digunakan pada kegiatan *jar test* diteliti untuk dijadikan dasar dalam menentukan jumlah atau dosis koagulan *Poli Aluminium Klorida* (PAC) yang paling optimal.

Hasil penelitian sebagai berikut :Dosis optimum koagulan PAC (Poly Aluminium Klorida) untuk pengolahan air bersih di PDAM Bandarmasih sebesar 48 mg/l dengan parameter kekeruhan hasil jar test sebesar 1,44 NTU untuk metode jar test 1 dan 0,88 NTU untuk metode jar test 2. Penambahan kaustik soda / soda ash berpengaruh terhadap peningkatan hasil uji jar test untuk tingkat kekeruhan dan efisiensi pengolahan. Dimana dengan menambahkan kaustik soda / soda ash, nilai parameter kekeruhan menjadi lebih kecil (0,88 NTU) dan nilai efisiensi pengolahan menjadi lebih besar (95%). Peningkatan hasil uji jar test disebabkan karena adanya peningkatan pH air yang akan di olah menjadi 7,3 dimana kondisi pH air tersebut masuk kedalam kondisi pH optimal kinerja koagulan PAC (Poly Aluminium Klorida) yang berada di kisaran pH 7,1 sampai dengan 7,5.

Kata kunci : Peningkatan Kinerja, Metode *Jar Test*

Latar belakang

Sebagai salah satu sumber penyangga kehidupan, air memegang peranan vital di setiap sendi kehidupan manusia. Didalam kehidupan, air memiliki berbagai fungsi antara lain: mengatur suhu tubuh, sumber mineral alami, pembentuk cairan darah, dan berperan penting dalam berbagai proses pencernaan. Sumber air di bumi dapat diperoleh dari berbagai sumber seperti sungai, danau, waduk, dan mata air. Tiap sumber air, memiliki kualitas air yang berbeda- beda dari segi fisik, warna maupun kandungan kimia didalamnya. Dari tiap sumber air tersebut, sungai merupakan salah satu sumber air permukaan yang sering dimanfaatkan oleh manusia dalam memenuhi kebutuhan hidupnya sehari hari. Begitu pula untuk wilayah Banjarmasin, sungai merupakan sumber air baku yang digunakan oleh PDAM Bandarmasih dalam memproduksi air bersih yang akan di distribusikan keseluruh masyarakat Banjarmasin. Akan tetapi, kondisi kualitas air sungai saat ini telah jauh mengalami penurunan terutama dari sisi kekeruhannya. Jika mengacu kepada standar kekeruhan yang ada, air sungai di Banjarmasin jauh berada dibawah standar baku mutu yang ditetapkan sehingga harus dilakukan pengolahan terlebih dahulu. Metode penjernihan air yang digunakan di PDAM Bandarmasih, yaitu dengan cara menambahkan koagulan kedalam air yang akan diolah dan diaduk secara merata yang biasa disebut proses koagulasi. Proses penambahan koagulan harus dilakukan secara efisien karena proses koagulasi ini merupakan proses yang menghabiskan biaya terbesar dari serangkaian proses

pengolahan air yang ada di PDAM Bandarmasih. Jika dosis penambahan koagulan dilakukan secara berlebihan, akan menyebabkan biaya penggunaan bahan kimia koagulan menjadi membengkak sehingga membebani pengeluaran PDAM.

Metodologi Penelitian

Metode dalam penelitian ini yang akan digunakan yaitu dengan metode analitik dimana data dari hasil uji coba beberapa dosis koagulan *Poli Aluminium Klorida* (PAC) yang digunakan pada kegiatan *jar test* diteliti untuk dijadikan dasar dalam menentukan jumlah atau dosis koagulan *Poli Aluminium Klorida* (PAC) yang paling optimal. Untuk mengumpulkan data penelitian yang akan digunakan dalam penulisan tugas akhir ini, penulis menggunakan dua teknik metode penelitian, yaitu penelitian *Library Research* (Penelitian Kepustakaan) dan *Field Research* (Penelitian Lapangan).

Analisa Data dan Hasil Penelitian

Data yang digunakan untuk kegiatan analisis dalam tugas akhir ini didapat dari hasil pengujian di laboratorium dengan metode *jar test*, setelah itu dilakukan kegiatan observasi dan analisa data. Kegiatan observasi merupakan suatu proses penelitian dengan mengamati perubahan suatu kondisi dari bahan-bahan pengamatan yang dilakukan di laboratorium Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM) Bandarmasih.

Penambahan Kaustik Soda (NaOH)

Penambahan kaustik soda (NaOH) dilakukan untuk menaikkan pH air yang akan di olah menggunakan *jar test* dengan tujuan agar pH air mendekati kondisi pH optimum kerja koagulan *PAC* (Poly Aluminium Klorida) yaitu sekitar 7,1 – 7,5. Penambahan kaustik soda dilakukan sebelum proses penambahan kogulan *PAC* (Poly Aluminium Klorida). Tahapan proses penambahan kaustik soda (NaOH) dilakukan sebagai berikut :

1. Sampel air yang akan di

- tambahkan kaustik soda (NaOH) di letakkan ke dalam gelas kimia 500 ml dan diukur nilai pH awalnya.
2. Masing- masing gelas kimia ditambahkan kaustik soda (NaOH) sebanyak 8 mg dan diaduk dengan kecepatan 140 rpm selama 1 menit agar tercampur.
 3. Setelah itu dilakukan pengukuran pH air, setelah pH air berada di antara pH 7,1 – 7,5 dapat dilanjutkan ke tahapan proses jar test.

Uji Jar Test

Sebelum melakukan pengujian jar test, terlebih dahulu dilakukan pengukuran parameter air yang akan diolah yaitu kekeruhan dan pH air. Selanjutnya dilakukan uji jar test terhadap sampel air mengikuti urutan sebagai berikut:

1. Sampel air yang akan diolah, dibagi kedalam 6 buah gelas kimia ukuran 1000 ml atau biasa disebut dengan gelas *jar test*.
2. Masing-masing gelas *jar test* kemudian diberi koagulan PAC (Poly Aluminium Klorida) dengan dosis yang berbeda-beda.
3. Setelah pembubuhan koagulan PAC (Poly Aluminium Klorida), dilakukan pengadukan cepat dengan kecepatan pengadukan 140 rpm selama 1 menit.
4. Setelah diaduk cepat selama 1 menit, pengadukan diperlambat sampai 40 rpm selama 9 menit dengan maksud untuk meniru proses flokulasi. Setelah itu dihentikan untuk dilihat proses pengendapan.
5. Proses pengendapan dilakukan selama 20 menit.

6. Setelah prose pengendapan selama 20 menit, dilakukan pengukuran parameter kekeruhan dan pH air hasil jar test untuk mengetahui dosis penambahan koagulan PA
7. (Poly Aluminium Klorida) di gelas mana yang paling optimum.

Untuk dosis koagulan yang digunakan diperoleh dengan menghitung kadar koagulan PAC (Poly Aluminium Klorida) yang terkandung dalam pekatan larutan PAC (Poly Aluminium Klorida) dengan konsentrasi 12% yang dtambahkan pada proses jar test. Cara menghitung dosis koagulan dijabarkan sebagai berikut :

Gelas jar test 1 ditambahkan larutan PAC 12% sebanyak 0.20 ml/L sehingga dosis PAC adalah :

$$\begin{aligned} &= 1000 \text{ ml} \times 0,20 \text{ ml larutan PAC} \times 12 \% \text{ konsentrasi PAC} \\ &= 1000 \times 0,20 \times 0,12 \\ &= 24 \text{ mg/liter} \end{aligned}$$

1. Gelas jar test 2 ditambahkan larutan PAC 12% sebanyak 0.25 ml/L sehingga dosis PAC adalah :

$$\begin{aligned} &= 1000 \text{ ml} \times 0,25 \text{ ml larutan PAC} \times 12 \% \text{ konsentrasi PAC} \\ &= 1000 \times 0,25 \times 0,12 \\ &= 30 \text{ mg/liter} \end{aligned}$$

2. Gelas jar test 3 ditambahkan larutan PAC 12% sebanyak 0.30 ml/L sehingga dosis PAC adalah :

$$\begin{aligned} &= 1000 \text{ ml} \times 0,30 \text{ ml larutan PAC} \times 12 \% \text{ konsentrasi PAC} \\ &= 1000 \times 0,30 \times 0,12 \\ &= 36 \text{ mg/liter} \end{aligned}$$

3. Gelas jar test 4 ditambahkan larutan PAC 12% sebanyak 0.25 ml/L sehingga dosis PAC adalah :

$$\begin{aligned} &= 1000 \text{ ml} \times 0,35 \text{ ml larutan PAC} \times 12 \% \text{ konsentrasi PAC} \\ &= 1000 \times 0,35 \times 0,12 \\ &= 42 \text{ mg/liter} \end{aligned}$$

4. Gelas jar test 5 ditambahkan larutan PAC 12% sebanyak 0.40 ml/L sehingga

dosis PAC adalah :
 $= 1000 \text{ ml} \times 0,40 \text{ ml larutan PAC} \times 12 \% \text{ konsentrasi PAC}$
 $= 1000 \times 0,40 \times 0,1$
 $= 48 \text{ mg/liter}$

Gelas jar test 6
 ditambahkan larutan PAC
 12% sebanyak 0.45 ml/L
 sehingga dosis PAC adalah :

$= 1000 \text{ ml} \times 0,45 \text{ ml larutan PAC} \times 12 \% \text{ konsentrasi PAC}$
 $= 1000 \times 0,45 \times 0,12$
 $= 54 \text{ mg/liter}$

Hasil Uji Jar Test

Pengujian jar test yang dilakukan di laboratorium PDAM Bandarmasih dilakukan dengan 2 metode berdasarkan bahan yang ditambahkan kedalam proses jar test. Metode pertama, jar test dilakukan dengan menambahkan koagulan PAC (Poly Aluminium Klorida) dengan dosis berbeda-beda antara 24 – 54 mg/l. Metode kedua dengan menambahkan kaustik soda / soda ash terlebih dahulu kedalam air yang akan di olah setelah itu ditambahkan koagulan PAC (Poly Aluminium Klorida) dengan dosis antara 24 – 54 mg/l. Yang membedakan 2 metode tersebut adalah adanya penambahan kaustik soda / soda ash terlebih dahulu sebelum penambahan koagulan. Untuk hasil pengujian jar test 2 metode tersebut adalah sebagai berikut. Hasil Uji Jar Test Metode 1 Pengujian jar test metode 1 dilakukan sesuai dengan pengujian standar jar test, dimana air yang akan di olah, di ukur parameter awalnya setelah itu ditambahkan koagulan PAC (Poly Aluminium Klorida) dengan dosis 24 mg/l, 30 mg/l, 36 mg/l, 42 mg/l, 48 mg/l dan 54 mg/l. Setelah penambahan koagulan, dilakukan proses pengadukan cepat dengan kecepatan putaran 140 rpm selama 1 menit dilanjutkan dengan pengadukan lambat dengan kecepatan 40 rpm selama 9 menit. Setelah proses pengadukan, dilanjutkan dengan proses pengendapan selama 20 menit.

Setelah itu, air hasil jar test di uji untuk mengetahui kandungan parameter air yaitu kekeruhan dan pH. Hasil uji jar test metode 1 ditampilkan pada tabel 1 berikut :

Tabel 1. Hasil Pengujian Jar Test Metode 1

TABEL HASIL PENGUJIAN JAR TEST						
NO SAMPEL	PARAMETER AWAL		DOSIS KOAGULAN PAC (mg/l)	PARAMETER HASIL JAR TEST		EFISIENSI KOAGULAN (%)
	KEKERUHAN (NTU)	pH		KEKERUHAN (NTU)	pH	
1	19	6.5	24	3.28	6.3	83%
2	19	6.5	30	2.43	6.3	87%
3	19	6.5	36	1.88	6.3	90%
4	19	6.5	42	1.71	6.3	91%
5	19	6.5	48	1.44	6.3	92%
6	19	6.5	54	1.76	6.3	91%

Berdasarkan tabel 1, diketahui bahwa hasil pengukuran kekeruhan air hasil jar test berbeda-beda sesuai dengan dosis koagulan PAC (Poly Aluminium Klorida) yang ditambahkan. Perbandingan antara tingkat kekeruhan dengan dosis koagulan yang ditambahkan dapat dilihat pada gambar 2 berikut :

Hasil Uji Jar Test Metode 2

Pada pengujian jar test metode 2 dilakukan penambahan kaustik soda / soda ash sebanyak 8 mg/l terlebih dahulu kesetiap gelas jar test dan dilakukan pengadukan selama 3 menit agar kaustik soda / soda ash tercampur sempurna dengan air yang akan di olah. Setelah itu dilakukan uji jar test sesuai dengan pengujian standar, dimana air yang akan di olah, di ukur parameter awalnya setelah itu ditambahkan koagulan PAC (Poly Aluminium Klorida) dengan dosis 24 mg/l, 30 mg/l, 36 mg/l, 42 mg/l, 48 mg/l dan 54 mg/l. Setelah penambahan koagulan, dilakukan proses pengadukan cepat dengan kecepatan putaran 140 rpm selama 1 menit dilanjutkan dengan pengadukan lambat dengan kecepatan 40 rpm selama 9 menit. Setelah proses pengadukan, dilanjutkan dengan proses pengendapan selama 20 menit. Setelah itu, air hasil jar test di uji untuk mengetahui kandungan parameter air yaitu kekeruhan dan pH. Hasil uji jar test metode 1 ditampilkan pada tabel 2 berikut :

Tabel 2. Hasil Pengujian Jar Test Metode 2

TABEL HASIL PENGUJIAN JAR TEST DENGAN PENAMBAHAN KAUSTIK SODA / SODA ASH							
NO SAMPEL	DOSIS SODA ASH (mg/l)	PARAMETER AWAL		DOSIS KOAGULAN PAC (mg/l)	PARAMETER HASIL JAR TEST		EFISIENSI KOAGULAN (%)
		KEKERUHAN (NTU)	pH		KEKERUHAN (NTU)	pH	
1	8	19	7.4	24	2.87	7.3	85%
2	8	19	7.4	30	2.05	7.3	89%
3	8	19	7.4	36	1.63	7.3	91%
4	8	19	7.4	42	1.08	7.3	94%
5	8	19	7.4	48	0.88	7.3	95%
6	8	19	7.4	54	1.12	7.3	94%

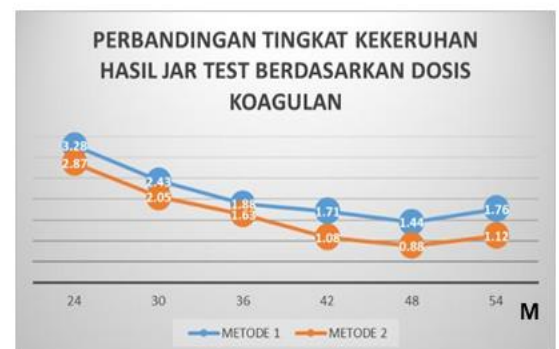
Berdasarkan tabel 4, diketahui bahwa hasil pengukuran kekeruhan air hasil jar test berbeda-beda sesuai dengan dosis koagulan PAC (Poly Aluminium Klorida) yang ditambahkan. Perbandingan antara tingkat kekeruhan dengan dosis koagulan yang ditambahkan dapat dilihat pada gambar 3 berikut.

Berdasarkan hasil pengujian jar test yang telah dilakukan. Diketahui jika tingkat kekeruhan air hasil jar test dipengaruhi oleh jumlah dosis koagulan PAC (Poly Aluminium Klorida) yang ditambahkan. Penambahan dosis koagulan yang paling optimum adalah penambahan dosis yang menghasilkan tingkat kekeruhan terendah atau nilai efisiensi pengolahan tertinggi. Berdasarkan hasil uji jar test dengan 2 buah metode yang telah dilakukan, diketahui bahwa dosis optimum penambahan koagulan PAC (Poly Aluminium Klorida) pada metode 1 adalah sebanyak 48 mg/l dengan tingkat kekeruhan hasil pengolahan sebesar 1.44 NTU. Untuk hasil uji jar test metode 2, diketahui bahwa dosis optimum penambahan koagulan PAC (Poly Aluminium Klorida) sebesar 48 mg/l dengan tingkat kekeruhan hasil pengolahan sebesar 0.88 NTU. Perbandingan hasil uji jar test metode 1 dan metode 2 dapat dilihat pada tabel 3 berikut :

Tabel 3. Perbandingan Hasil Uji Jar Test Metode 1 Dan Metode 2

PERBANDINGAN HASIL UJI JAR TEST						
NO SAMPEL	PARAMETER HASIL JAR TEST					
	METODE 1			METODE 2		
	KEKERUHAN (NTU)	pH	EFISIENSI KOAGULAN (%)	KEKERUHAN (NTU)	pH	EFISIENSI KOAGULAN (%)
1	3.28	6.3	83%	2.87	7.3	85%
2	2.43	6.3	87%	2.05	7.3	89%
3	1.88	6.3	90%	1.63	7.3	91%
4	1.71	6.3	91%	1.08	7.3	94%
5	1.44	6.3	92%	0.88	7.3	95%
6	1.76	6.3	91%	1.12	7.3	94%

Berdasarkan tabel.3, terdapat perbedaan antara tingkat kekeruhan yang dihasilkan dari uji jar test metode 1 dan metode 2. Dimana dengan dosis penambahan koagulan yang sama, hasil uji jar test metode 2 menunjukkan hasil yang lebih baik jika dilihat dari nilai kekeruhan yang dihasilkan dari uji jar test metode 2 lebih kecil dari uji jart test metode 1. Perbandingan antara nilai kekeruhan hasil jar test dapat dilihat pada gambar 4 berikut.



Gambar 1. Grafik Perbandingan Kekeruhan Berdasarkan Dosis Koagulan

Berdasarkan tabel 4. terdapat perbedaan tingkat efisiensi pengolahan yang dihasilkan dari uji jar test metode 1 dan metode 2. Dari hasil uji jar test yang dilakukan, tingkat efisiensi yang dihasilkan dari metode 2 lebih besar dibandingkat metode 1 menggunakan dosis koagulan yang sama, metode 2 memiliki tingkat efisiensi tetinggi dengan nilai efisiensi pengolahan optimum sebesar 95%. Hal ini disebabkan karena adanya penambahan kaustik soda / soda ash yang menyebabkan pH air yang akan diolah naik menjadi 7,3 (tabel 4.3). Kenaikan pH air ini menyebabkan kinerja koagulan PAC (Poly Aluminium Klorida) menjadi lebih maksimal karena pH optimal untuk koagulan PAC (Poly Aluminium Klorida)

berkisar antara 7,1 – 7,5 sehingga nilai efektifitas koagulan menjadi meningkat. Selain itu, jika melihat parameter kekeruhan yang dihasilkan, jar test metode 2 dengan penambahan kaustik soda / soda ash menunjukkan nilai kekeruhan terkecil sebesar 0,88 NTU (Gambar 4.3).

Berdasarkan hasil jar test yang telah dilakukan, terdapat perbedaan kondisi larutan hasil jar test berdasarkan jumlah dosis koagulan PAC (Poly Aluminium Klorida) yang ditambahkan dan metode jar test yang digunakan. Perbedaan kondisi larutan hasil jar test ditampilkan pada tabel .4 dan .5 berikut.

Tabel 4. Kondisi Larutan Hasil Jar Test Metode 1

KONDISI LARUTAN HASIL JAR TEST METODE 1			
No. SAMPEL	KEKERUHAN (NTU)	EFISIENSI KOAGULAN (%)	KONDISI LARUTAN
1	3.28	83%	Larutan berwarna sedikit keruh dengan terdapat sedikit partikel pengotor yang masih mengambang. Di bagian dasar gelas terdapat sedikit lapisan endapan kotoran berwarna cokelat.
2	2.43	87%	Larutan berwarna agak bening dengan terdapat sedikit partikel pengotor yang masih mengambang. Di bagian dasar gelas terdapat endapan kotoran berwarna cokelat dengan ketebalan sekitar 0.5 cm.
3	1.88	90%	Larutan berwarna bening dan masih terlihat ada partikel pengotor yang masih mengambang. Di bagian dasar gelas terdapat endapan kotoran berwarna cokelat dengan ketebalan sekitar 1 cm.
4	1.71	91%	Larutan berwarna bening dan masih terlihat ada partikel pengotor yang masih mengambang. Di bagian dasar gelas terdapat endapan kotoran berwarna cokelat dengan ketebalan sekitar 1 cm.
5	1.44	92%	Larutan berwarna bening dan masih terlihat ada partikel pengotor yang masih mengambang. Di bagian dasar gelas terdapat endapan kotoran berwarna cokelat dengan ketebalan sekitar 1 cm.
6	1.76	91%	Larutan berwarna bening dan masih terlihat ada partikel pengotor yang masih mengambang. Di bagian dasar gelas terdapat endapan kotoran berwarna cokelat dengan ketebalan sekitar 1 cm.

Tabel 5. Kondisi Larutan Hasil Jar Test Metode

KONDISI LARUTAN HASIL JAR TEST METODE 2			
No. SAMPEL	KEKERUHAN (NTU)	EFISIENSI KOAGULAN (%)	KONDISI LARUTAN
1	2.87	85%	Larutan berwarna agak bening dengan terdapat sedikit partikel pengotor yang masih mengambang. Di bagian dasar gelas terdapat endapan kotoran berwarna cokelat dengan ketebalan sekitar 0.5 cm.
2	2.05	89%	Larutan berwarna agak bening dengan terdapat sedikit partikel pengotor yang masih mengambang. Di bagian dasar gelas terdapat endapan kotoran berwarna cokelat dengan ketebalan sekitar 0.5 cm.
3	1.63	91%	Larutan berwarna bening dan masih terlihat ada partikel pengotor yang masih mengambang. Di bagian dasar gelas terdapat endapan kotoran berwarna cokelat dengan ketebalan sekitar 1 cm.
4	1.08	94%	Larutan berwarna bening dan masih terlihat ada partikel pengotor yang masih mengambang. Di bagian dasar gelas terdapat endapan kotoran berwarna cokelat dengan ketebalan sekitar 1 cm.
5	0.88	95%	Larutan berwarna bening, partikel pengotor yang masih mengambang sudah tidak terlihat. Di bagian dasar gelas terdapat lapisan tebal endapan kotoran berwarna cokelat.
6	1.12	94%	Larutan berwarna bening dan masih terlihat ada partikel pengotor yang masih mengambang. Di bagian dasar gelas terdapat endapan kotoran berwarna cokelat dengan ketebalan sekitar 1 cm.

Kesimpulan

Berdasarkan hasil uji jar test di laboratorium PDAM Bandarmasih kota Banjarmasin, didapatkan hasil penelitian sebagai berikut :

1. Dosis optimum koagulan PAC (Poly Aluminium Klorida) untuk pengolahan air bersih di PDAM Bandarmasih sebesar 48 mg/l dengan parameter kekeruhan hasil jar test sebesar 1,44 NTU untuk metode jar test 1 dan 0,88 NTU untuk metode jar test 2.
2. Penambahan kaustik soda / soda ash berpengaruh terhadap peningkatan hasil uji jar test untuk tingkat kekeruhan dan efisiensi pengolahan. Dimana dengan menambahkan kaustik soda / soda ash, nilai parameter kekeruhan menjadi lebih kecil (0,88 NTU) dan nilai efisiensi pengolahan menjadi lebih besar (95%). Peningkatan hasil uji jar test disebabkan karena adanya peningkatan pH air yang akan di olah menjadi 7,3 dimana kondisi pH air tersebut masuk kedalam kondisi pH optimal kinerja koagulan PAC (Poly Aluminium Klorida) yang berada di kisaran pH 7,1 sampai dengan 7,5.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Anonim. 2010. Peraturan Pemerintah Menteri Kesehatan No. 492 Tahun 2010 tentang Persyaratan Kualitas Air Minum.
- [2] Al-Layla, M. Anis et al. 1978. *Water Supply Engineering Design*. Ann Arbor Science Publishers Inc. Michigan. USA.
- [3] Darmasetiawan, Martin. 2001. Teori dan Perencanaan Instalasi Pengolahan Air. Bandung : Yayasan Suryono.
- [4] Ignasius D.A. Sutapa. 2014. Optimalisasi Dosis Koagulan Aluminium Sulfat Dan Poli-Aluminium Klorida (Pac) Untuk Pengolahan Air Sungai Tanjung Dan Krueng Raya. Jurnal.
- [5] Kawamura. S. 1991. *Integrated Design of Water Treatment Facilities*. New York : John Wiley and Sons. Inc.
- [6] Kirk-Othmer Encyclopedia of Chemical Technology 5th edition ([online](#), account needed), John Wiley & Sons. Accessed [November 21, 2005](#).
- [7] Muhammad haykal nur ramadhansyah. 2017. Perbandingan Kebutuhan Koagulan $Al_2(SO_4)_3$ Dan Pac Untuk Pengolahan Air Bersih Di Water Treatment Plant Pdam Kota Bandung. Jurnal
- [8] Notoatmodjo, S. 2007. Kesehatan Masyarakat Ilmu dan Seni. Jakarta : Rineka Cipta.
- [9] Peavy, Howard S et al. 1985. *Environmental Engineering*. McGraw-Hill. Singapura.
- [10] Rizka Mayasari dan Merisha Hastarina. 2018. Optimalisasi Dosis Koagulan Aluminium Sulfat Dan Poli Aluminium Klorida (Pac) (Studi Kasus Pdam Tirta Musi Palembang). Jurnal. L
- [11] Riyadil Afdal, Fadhilah. 2017. Optimasi Penggunaan Koagulan Pc300 Dan flokulan A100 Untuk Proses Pengolahan Air Limbah Tambang Di Wwtp01 Pt. Mitrabara Adiperdana, Tbk. Jurnal.
- [12] Septyn Anggun Lestari. 2018. Efektivitas Penggunaan Bahan Koagulan Dalam Proses Perencanaan Pengolahan Bangunan Air Minum. Jurnal
- [13] Schroeder, E.D. 1977. *Water and Wastewater Treatment*. New York.
- [14] Sutrisno. 2004. *Teknologi Penyediaan Air Bersih*. Jakarta: PT Rineka Cipta
- [15] Wityasari, Nurani. 2015. Penentuan Dosis Optimum Pac (Poly Aluminium Chloride) Pada Pengolahan Air Bersih Di Ipa Tegal Besar Pdam Jember. Jurnal.
- [16] Wibisono, M.S. 2005. *Pengantar Ilmu Kelautan*. PT Grasindo anggota IKAPI. Jakarta.