

TEKNOLOGI PERTANIAN

PERBANDINGAN PENGGUNAAN POLY ALUMINIUM CHLORIDE (PAC) DAN ALUMINIUM SULPHATE (TAWAS) PADA PROSES PENGOLAHAN AIR BERSIH DI PDAM JEMBER
COMPARISON USE OF POLY ALUMINUM CHLORIDE (PAC) AND ALUMINIUM SULPHATE (ALUM) THE PROCESSING OF WATER IN PDAM JEMBER

Dewi Sofiah*, Sri Wahyuningsih, Elida Novita

Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Jember

Jln. Kalimantan 37 Kampus Tegalboto, Jember 68121

*E-mail : dewisofiah49@gmail.com

ABSTRACT

Water treatment installation located in Jember region managed by the Regional Water Company (PDAM). The PDAM Jember still use two types of coagulant in installation water treatment (IPA Tegal Besar and IPA Tegal Gede. Coagulant used for IPA Tegal Besar using Poly Aluminum Chloride (PAC) and IPA Tegal Gede used liquid alum coagulant. Water treatment conducted by coagulation – flocculation method. This research was conducted in PDAM Jember to know which coagulant was more effective and economical based on the variables examined in the process of coagulation-flocculation. Results from this research was the use of PAC coagulant was more effective than liquid alum in the process of coagulation - flocculation in the both IPA to decrease of turbidity, temperature, TDS, TSS and pH. The use of PAC was more economical than liquid alum.

Keywords: water treatment, coagulant, coagulation flocculation.

How to cite: Sofiah D, Wahyuningsih S, Novita E. 2015. *Perbandingan Penggunaan Poly Aluminium Chloride (PAC) Dan Aluminium Sulphate (Tawas) Cair Pada Proses Pengolahan Air Bersih Di PDAM Jember: Berkala Ilmiah Teknologi Pertanian* 1(1): xx-xx

PENDAHULUAN

Instansi pengolahan air bersih yang terdapat di wilayah Jember dikelola oleh Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM). PDAM Jember memanfaatkan air Sungai Bedadung sebagai air baku yang akan dikelola menjadi air bersih. Pengolahan air bersih di PDAM Jember mengacu pada Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 492/MENKES/PER/IV/2010 tentang persyaratan dan pengawasan kualitas air. Banyak cara pengolahan air bersih untuk mencapai standar kualitas tersebut. Beberapa cara yang digunakan di PDAM Jember adalah proses koagulasi-flokulasi, sedimentasi, filtrasi dan desinfeksi.

Pada proses koagulasi – flokulasi yang perlu diperhatikan adalah jenis koagulan, jenis partikel dan kualitas air baku. Koagulan diketahui sangat efektif menghilangkan residu terlarut dalam air pada proses penjernihan air. Jenis koagulan tersebut antara lain alum atau tawas ($Al_2(SO_4)_3$), *Poly Aluminium Chlorida* (PAC), biji kelor dan masih banyak lagi jenis koagulan yang biasa digunakan. *Poly Aluminium Chloride* (PAC) adalah suatu persenyawaan organik kompleks, ion hidroksil serta ion aluminium bertaraf klorinasi yang berlainan sebagai pembentuk *polynuclear* dan bentuk umumnya $Alm(OH)nCl(3m-n)$ (Rumapea, 2009). Senyawa *Aluminium Sulfat* ($Al_2(SO_4)_3$) atau tawas merupakan bahan koagulan, yang paling banyak digunakan karena bahan ini paling ekonomis (murah), mudah didapatkan di pasaran serta mudah penyimpanannya (Budi, 2006).

Saat ini PDAM Jember masih menggunakan dua jenis koagulan pada Unit pengolahan air yang berbeda dengan menggunakan air baku dari Sungai Bedadung. Koagulan yang digunakan untuk Unit Tegal Besar menggunakan *Poly Aluminium Chloride* (PAC) dan Unit Tegal Gede menggunakan koagulan tawas cair. Penggunaan kedua jenis koagulan tersebut belum dilakukan analisis terhadap tingkat efektifitas dan nilai ekonomisnya. Berdasarkan pada hasil penelitian Sugiarto (2007) tentang perbandingan penggunaan *Poly Aluminium Chloride* (PAC) dan tawas di IPA Jurug PDAM Surakarta yang menyatakan bahwa penggunaan koagulan PAC lebih efektif dilihat dari aspek kualitas air dan aspek biaya.

Dengan demikian tujuan dari penelitian ini adalah menentukan efektifitas koagulan PAC dan tawas cair dalam proses koagulasi – flokulasi.

METODOLOGI PENELITIAN

Waktu dan Tempat Penelitian. Penelitian ini dilaksanakan di PDAM Jember dan di Laboratorium Teknik Pengendalian dan Konservasi Lingkungan Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember. Penelitian ini dimulai pada bulan Januari sampai Maret 2015 pada musim hujan.

Alat dan Bahan. Peralatan yang digunakan dalam penelitian meliputi oven merk Memmert dengan tipe UNB 400; Beaker Glass Pyrex ukuran 500 ml; Turbidimeter TN-100; pH meter Calibration Check HI 233; eksikator merk Duran; Flokulator Health H-FL-6 Flocculator; Cawan; Stopwatch; Neraca Analitik OHAUS; TDS meter merk Hanna WaterProof EC; Pipet; Termometer; Kertas saring 0,45 μ . Sedangkan bahan yang digunakan pada penelitian ini terdiri atas Tawas Cair, *Poly Aluminium Chloride* (PAC), Aquades dan Air baku sungai.

Tahapan Penelitian. Tahap pertama penelitian ini adalah pengambilan sampel. Sampel yang digunakan di ambil dari air sungai Bedadung yang di alirkan melalui pipa ke *intake* untuk pengolahan air bersih di PDAM Jember. Kemudian di ukur parameter kekeruhan, suhu, pH, *Total Dissolved Solid* (TDS) dan *Total Suspended Solid* (TSS). Tahap kedua adalah poses koagulasi – flokulasi dengan pengadukan cepat selama 40 detik dengan kecepatan 400 rpm. Tahap kedua pengadukan lambat untuk pembentukan flok-flok selama 7 menit dengan kecepatan 200 rpm. Tahap ketiga proses sedimentasi atau pengendapan selama 20 menit. Kemudian pengukuran yang dilakukan setelah proses koagulasi-flokulasi meliputi pengukuran pH, suhu, kekeruhan, TDS dan pengukuran TSS. Tahap ketiga adalah analisis data dengan menggunakan uji t, persamaannya sebagai berikut:

$$t_{hitung} = \frac{(\bar{X}_1 - \bar{X}_2)}{\sqrt{\frac{(\sum X_1^2 - \frac{(\sum X_1)^2}{n_1}) + (\sum X_2^2 - \frac{(\sum X_2)^2}{n_2})}{n_1 + n_2 - 2}} \cdot \frac{n_1 + n_2}{n_1 \times n_2}} \dots \dots \dots (1)$$

Keterangan:

\bar{X}_1, \bar{X}_2 = mean sampel;

X_1, X_2 = data sampel;

n_1, n_2 = jumlah sampel (Hasan, 2010; 147).

Nilai efisiensi parameter TSS dan kekeruhan dihitung efisiensi dengan rumus sebagai berikut:

$$Eff (\%) = \frac{\text{nilai awal} - \text{nilai akhir}}{\text{nilai awal}} \times 100\% \dots \dots \dots (2)$$

Keterangan :

Eff (%) = Efisiensi dalam persentase

Nilai awal = Nilai parameter sebelum pengolahan

Nilai akhir = Nilai parameter sesudah pengolahan

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kualitas Air Bersih Hasil Proses Koagulasi – Flokulasi Parameter Pendukung. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui kualitas air sebelum dan sesudah proses koagulasi-flokulasi.

Tabel 1. Kualitas Air Sebelum Proses Koagulasi – Flokulasi

No.	Parameter	Satuan	Syarat Kualitas Air	Unit Tegal Besar				Unit Tegal Gede	
				Waktu Pengambilan				Pagi	Sore
				Pagi		Sore			
1.	Kekeruhan	NTU	5	38,7 - 470	41,4 - 520	25,3 - 108	23,1 - 173		
2.	Suhu	°C	Suhu Udara = 3	25,2 - 28,6	26,0 - 33,2	26 - 30,8	25 - 30,4		
3.	pH		6,5 - 8,5	6,7 - 8,1	6 - 8	6,7 - 8,2	6,6 - 8,3		
4.	TDS	mg/l	500	64 - 132	51 - 140	69 - 121	54 - 129		
5.	TSS	mg/l	50	45 - 356	8 - 416	22 - 127	25 - 272		

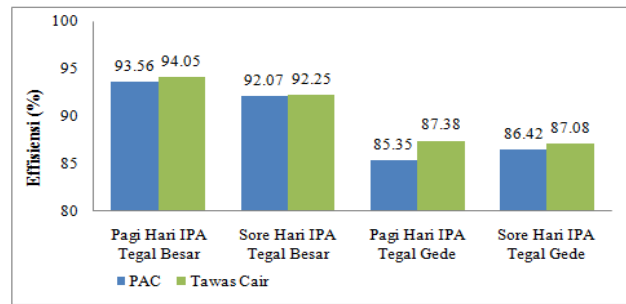
Tabel 2. Kualitas Air Sesudah Proses Koagulasi – Flokulasi

No.	Parameter	Satuan	Syarat Kualitas Air	Unit Tegal Besar				Unit Tegal Gede			
				PAC		Tawas Cair		PAC		Tawas Cair	
				Pagi	Sore	Pagi	Sore	Pagi	Sore	Pagi	Sore
1.	Kekeruhan	NTU	5	3,3 - 6,4	3,8 - 6,6	3,9 - 7,9	4,4 - 7,3	3,2 - 5,8	2,9 - 5,9	3,6 - 6,9	3,5 - 7,7
2.	Suhu	°C	Suhu Udara = 3	26 - 37	25,6 - 30,5	25,7 - 28	25 - 30	24,9 - 31	25 - 31	25,5 - 28	25,7 - 30
3.	pH		6,5 - 8,5	5,7 - 7,7	5,9 - 7,8	5,3 - 7,7	5,7 - 7,5	6,6 - 7,9	6,7 - 8,1	5,5 - 7,5	5,7 - 7,8
4.	TDS	mg/l	500	96 - 138	81 - 142	101 - 156	83 - 144	75 - 133	72 - 129	83 - 136	79 - 139
5.	TSS	mg/l	50	4 - 25	5 - 20	4 - 17	4 - 15	4 - 25	5 - 16	4 - 14	5 - 16

Data pada tabel di atas menunjukkan bahwa terjadi penurunan jika dibandingkan dengan data sebelum proses koagulasi – flokulasi, yang akan dijelaskan di bawah ini:

Total Dissolved Solid (TDS). Pengukuran TDS yang ditunjukkan dalam Tabel 4.2 berbeda antara pagi dan sore hari serta antara penggunaan koagulan PAC dan tawas cair. Hal tersebut dikarenakan perbedaan jumlah senyawa organik dan anorganik dalam air. Namun, terjadi kenaikan nilai TDS antara sebelum dan sesudah proses koagulasi – flokulasi. Kenaikan nilai TDS tersebut di akibatkan oleh adanya penambahan koagulan PAC dan tawas cair pada proses koagulasi – flokulasi karena di dalam koagulan PAC dan tawas cair terdapat senyawa alumunium yang larut dalam air. Hal ini di dukung oleh pernyataan Khafila (2014), Alumunium pada PAC dan tawas cair bereaksi dengan air menyebabkan padatan terlarut bertambah tinggi.

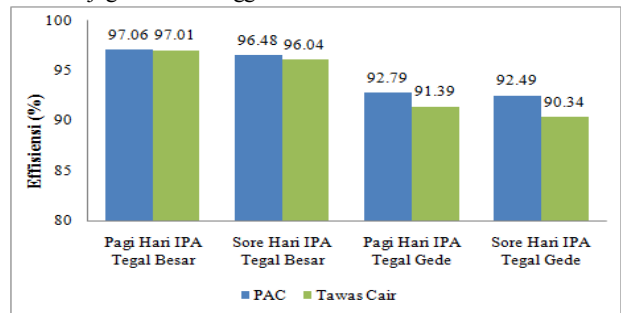
Total Suspended Solid (TSS). Pengukuran Total Suspended Solid (TSS) menggunakan metode gravimetri.



Gambar 1. Perbandingan Efisiensi (%) TSS

Perbedaan nilai efisiensi TSS proses koagulasi – flokulasi dengan penambahan koagulan PAC dan tawas cair. Nilai efisiensi TSS penambahan PAC lebih rendah daripada penambahan tawas cair. Hal itu karena tawas lebih mudah terlarut dalam air, sehingga partikel suspensi dapat di ikat lebih banyak.

Kekeruhan. Perbedaan nilai kekeruhan disebabkan adanya perbedaan jumlah padatan tersuspensi (TSS) dalam air. Menurut Effendi (2003; 61) menyatakan bahwa padatan tersuspensi berkorelasi positif dengan kekeruhan. Semakin tinggi padatan tersuspensi, maka nilai kekeruhan juga semakin tinggi.



Gambar 2. Perbandingan Efisiensi (%) Kekeruhan

Penambahan koagulan dapat menurunkan nilai kekeruhan air dengan proses koagulasi – flokulasi. Ikatan antar partikel akan membentuk flok yang semakin lama akan semakin besar dan stabil yang kemudian akan mengendap perlahan sehingga air akan jernih dengan kualitas air yang meningkat dan menurunkan kekeruhan mencapai 95%. Hal ini didukung hasil penelitian Notodarmodjo (2008) yang mengemukakan bahwa PAC dapat menurunkan kekeruhan pada air baku hingga mencapai nilai 96%.

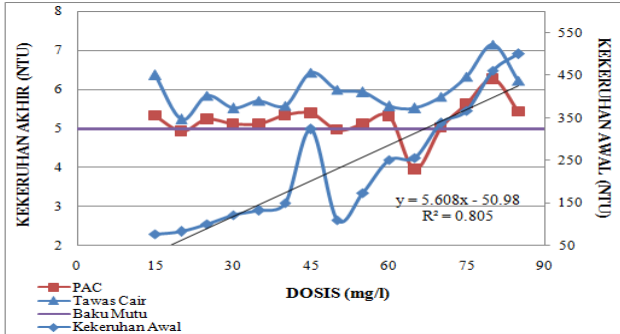
Penggunaan PAC dan Tawas Cair Terhadap Tingkat Kekeruhan Air Di IPA Tegal Besar. Penggunaan data kekeruhan dan dosis diperoleh grafik yang menunjukkan kenaikan dosis untuk masing – masing nilai kekeruhan awal air baku. Sehingga, parameter kekeruhan menjadi faktor penentuan efektifitas antara PAC dan tawas. Pemilihan koagulan sangat penting agar tercapainya proses koagulasi – flokulasi yang baik.

Tabel 3. Hasil Perhitungan Nilai Kekeruhan Akhir (NTU) Pada Pagi Hari Di IPA Tegal Besar

No.	X_1 (Tawas Cair)	X_1^2	X_2 (PAC)	X_2^2
Jumlah	89.28	534.73	78.18	410.68
Mean	5.95	35.65	5.21	27.38
Jumlah sampel (n)	15		15	
t hitung	4,191		4,191	

Berdasarkan perhitungan tersebut didapatkan nilai t hitung sebesar 4,191. Nilai t tabel dengan taraf nyata atau α yang digunakan 5% (0,05)

dan jumlah data sebanyak 28, maka nilai t tabel sebesar 2,048. Jika nilai - t tabel \leq t hitung \leq t tabel, maka tidak terdapat perbedaan antara koagulan PAC dan koagulan tawas pada proses koagulasi- flokulasi. Jika t hitung $>$ t tabel atau t hitung $<$ - t tabel, maka terdapat perbedaan antara koagulan PAC dan koagulan tawas pada proses koagulasi - flokulasi (Hasan, 2010; 143-144). Dari hasil perhitungan bahwa t hitung yaitu 4,191 $>$ t tabel yaitu 2,048 yang menunjukkan terdapat perbedaan antara koagulan PAC dan koagulan tawas pada proses koagulasi- flokulasi.



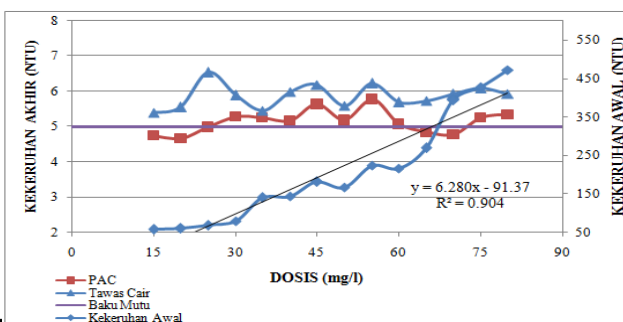
Gambar 3. Nilai Kekeruhan Awal dan akhir (NTU) Penggunaan PAC dan Tawas Cair Pada Pagi Hari Di IPA Tegal Besar

Hasil nilai kekeruhan penggunaan PAC mendekati nilai baku mutu, yang artinya bahwa penggunaan PAC lebih efektif dalam menurunkan kekeruhan air baku tersebut. Hal ini karena endapan yang dihasilkan oleh PAC lebih banyak dan lebih padat, sedangkan endapan yang dihasilkan oleh tawas cair berbentuk agregat yang tidak terlalu padat. Menurut Rumapea (2009) menyebutkan bahwa PAC lebih cepat membentuk flok diakibatkan gugus aktif alumina bekerja efektif mengikat koloid yang diperkuat rantai polimer dari gugus polielektrolit sehingga gumpalan floknya menjadi lebih padat. Pemberian dosis koagulan meningkat sesuai dengan besarnya nilai kekeruhan awal air baku. Hal ini karena, semakin besar nilai kekeruhan awal air baku, maka semakin banyak pula pemberian dosis pada proses koagulasi – flokulasi. Jika ditarik garis secara linear didapatkan persamaan $y = 5,608x - 50,98$ dengan $R^2 = 0,805$ dengan R mendekati 1. Hal tersebut menunjukkan terdapat hubungan yang erat antara nilai kekeruhan awal dengan nilai dosis yang diberikan.

Tabel 4. Hasil Perhitungan Nilai Kekeruhan Akhir (NTU) Pada Sore Hari Di IPA Tegal Besar

No.	X ₁ (Tawas Cair)	X ₂	X ₁ (PAC)	X ₂
Jumlah	82.13	483.17	71.96	371.24
Mean	5.87	34.51	5.14	26.52
Jumlah sampel (n)	14		14	
t hitung	5,934		5,934	

Berdasarkan perhitungan tersebut didapatkan nilai t hitung sebesar 5,934. Nilai t tabel dengan taraf nyata atau α yang digunakan 5% (0,05) dan jumlah data sebanyak 28, maka nilai t tabel sebesar 2,056. Dari hasil perhitungan bahwa t hitung yaitu 5,934 $>$ t tabel yaitu 2,056 yang menunjukkan terdapat perbedaan antara koagulan PAC dan koagulan tawas pada proses koagulasi- flokulasi.



Gambar 4. Nilai Kekeruhan Awal dan Akhir (NTU) Penggunaan PAC dan Tawas Cair Pada Sore Hari Di IPA Tegal Besar

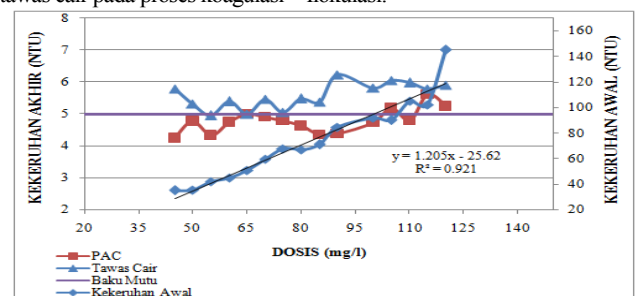
Pada nilai kekeruhan yang relatif sama yaitu 5,77 NTU penggunaan dosis PAC dan tawas cair berbeda yaitu penggunaan PAC sebesar 55 mg/l dan tawas cair sebesar 65 mg/l. Hal ini karena penggunaan PAC lebih cepat dalam membentuk flok daripada tawas cair. Namun secara keseluruhan penggunaan PAC lebih baik daripada tawas cair. Hal ini disebabkan PAC memiliki muatan listrik positif yang tinggi sehingga PAC dengan mudah menetralkan muatan listrik pada permukaan koloid dan dapat mengatasi serta mengurangi gaya tolak menolak elektrostatik antar partikel sampai sekecil mungkin. Rata – rata nilai dosis yang diberikan pada kekeruhan awal relatif sama dengan pagi hari sebesar 15 – 80 mg/l. Hal ini karena nilai kekeruhan awal air baku pada pagi dan sore hari relatif sama yang diakibatkan intensitas hujan yang relatif sama. Jika ditarik garis secara linear hubungan antara nilai dosis dan kekeruhan pada sore hari didapatkan persamaan $y = 6,280x - 91,37$ dengan $R^2 = 0,904$ dengan R mendekati 1. Dapat disimpulkan bahwa semakin besar nilai kekeruhan awal air baku, maka semakin banyak pula pemberian dosis pada proses koagulasi – flokulasi

Penggunaan PAC dan Tawas Cair Terhadap Tingkat Kekeruhan Air Di IPA Tegal Gede. Perlakuan penggunaan PAC dan tawas cair yang dilakukan di IPA Tegal Gede sama dengan perlakuan yang dilakukan di IPA Tegal Besar. Parameter yang sangat berpengaruh dari hasil penelitian ini yaitu kekeruhan. Nilai kekeruhan yang didapatkan digunakan untuk penentuan efektifitas antara PAC dan tawas.

Tabel 5. Hasil Perhitungan Nilai Kekeruhan Akhir (NTU) Pada Pagi Hari Di IPA Tegal Gede

No.	X ₁ (Tawas Cair)	X ₂	X ₁ (PAC)	X ₂
Jumlah	83.53	467.37	71.65	344.23
Mean	5.57	31.16	4.78	22.95
Jumlah sampel (n)	15		15	
t hitung	5,599		5,599	

Berdasarkan perhitungan tersebut didapatkan nilai t hitung sebesar 5,599. Nilai t tabel dengan taraf nyata atau α yang digunakan 5% (0,05) dan jumlah data sebanyak 28, maka nilai t tabel sebesar 2,048. Dari hasil perhitungan bahwa t hitung yaitu 5,599 $>$ t tabel yaitu 2,048 yang menunjukkan terdapat perbedaan antara koagulan PAC dan koagulan tawas cair pada proses koagulasi – flokulasi.



Gambar 5. Nilai Kekeruhan Awal dan Akhir (NTU) Penggunaan PAC dan Tawas Pada Pagi Hari Di IPA Tegal Gede

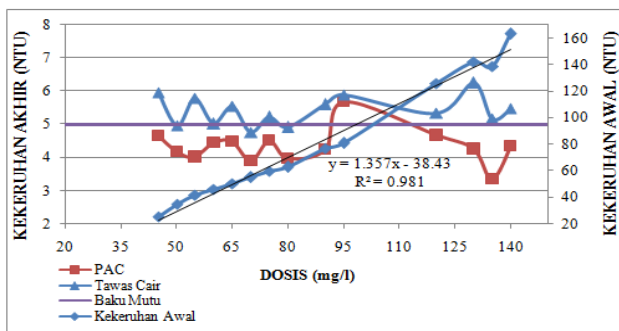
Pada pemberian dosis 65 mg/l nilai kekeruhan hasil pengukuran sama yaitu sebesar 5 NTU. Hal ini menunjukkan pada dosis 65 mg/l merupakan dosis yang optimum. Namun, terjadi kenaikan pada dosis selanjutnya untuk penggunaan tawas cair dan terjadi penurunan nilai kekeruhan untuk penggunaan PAC. Hal tersebut karena konsumsi tawas cair yang terlalu banyak. PAC tidak keruh bila pemakaiannya berlebih, sedangkan tawas cair bila dosis berlebihan bagi air akan keruh, akibat dari flok yang berlebihan. Maka penggunaan PAC di bidang penjernihan air lebih praktis. PAC lebih cepat membentuk flok daripada koagulan biasa. Rata – rata nilai dosis yang diberikan pada kekeruhan awal sebesar 40 – 140 mg/l. Terdapat perbedaan pada pemberian dosis di IPA Tegal

Gede, karena disesuaikan dengan penggunaan yang biasa digunakan pada pengolahan air bersih IPA Tegal Gede PDAM Jember. Jika ditarik garis secara linear hubungan antara nilai dosis dan kekeruhan pada sore hari didapatkan persamaan $y = 1,205x - 25,62$ dengan $R^2 = 0,921$ dengan R mendekati 1. Hal ini menunjukkan semakin besar nilai kekeruhan awal air baku, maka semakin banyak pula pemberian dosis pada proses koagulasi – flokulasi

Table 6. Hasil Perhitungan Nilai Kekeruhan Akhir (NTU) Pada Sore Hari Di IPA Tegal Gede

No.	X_1 (Tawas Cair)	X_2^2	X_2 (PAC)	X_1^2
Jumlah	75.90	414.05	60.70	266.72
Mean	5.42	29.57	4.34	19.05
Jumlah sampel (n)	14		14	
t hitung	5,930		5,930	

Berdasarkan perhitungan tersebut didapatkan nilai t hitung sebesar 5,930. Nilai t tabel dengan taraf nyata atau α yang digunakan 5% (0,05) dan jumlah data sebanyak 28, maka nilai t tabel sebesar 2,056. Dari hasil perhitungan bahwa t hitung yaitu 5,930 > t tabel yaitu 2,056 yang menunjukkan terdapat perbedaan antara koagulan PAC dan koagulan tawas cair pada proses koagulasi – flokulasi.



Gambar 6. Nilai Kekeruhan Awal dan Akhir (NTU) Penggunaan PAC dan Tawas Pada Sore Hari Di IPA Tegal Gede

Pada dosis 95 mg/l terjadi kenaikan baik untuk penggunaan PAC ataupun penggunaan tawas cair. Kenaikan itu diakibatkan restabilisasi partikel koloid akibat dari dosis yang berlebih. Restabilisasi pada umumnya diiringi oleh pembalikan partikel koloid dari negatif menjadi positif akibat penyerapan dari dosis yang berlebih (Akhtar *et al.*, 1997). Rata – rata nilai dosis yang diberikan pada kekeruhan awal relatif sama dengan pagi hari yaitu sebesar 40 – 140 mg/l. Jika ditarik garis secara linear hubungan antara nilai dosis dan kekeruhan pada sore hari didapatkan persamaan $y = 1,357x - 38,43$ dengan $R^2 = 0,981$. Sehingga, dengan nilai R mendekati 1 terdapat hubungan yang erat antara dosis dengan kekeruhan awal.

SIMPULAN

Dari hasil penelitian pada proses koagulasi – flokulasi penggunaan PAC lebih efektif daripada tawas cair, hal tersebut dapat dilihat dari rata – rata nilai efisiensi kekeruhan penggunaan PAC sebesar 95% dalam menurunkan kekeruhan air baku dan rata – rata nilai efisiensi kekeruhan penggunaan tawas cair sebesar 93%.

DAFTAR PUSTAKA

- Akhtar, W., Muhammad, R., dan Iqbal, A. 1997. Optimum Design of Sedimentation Tanks Based on Settling Characteristics of Karachi Tannery Wastes. *Journal Water, Air, and Soil Pollution*. Volume 98: 199-211
- Budi, S. S. 2006. *Penurunan Fosfat dengan Penambahan Kapur (Lime), Tawas dan Filtrasi Zeolit pada Limbah Cair (Studi Kasus RS Bethesda Yogyakarta)*. Tesis Magister. Semarang: UNDIP
- Effendi, H. 2003. *Telaah Kualitas Air Bagi Pengelolaan Sumber Daya dan Lingkungan Perairan*. Yogyakarta: Kanisius
- Hasan, I. 2010. *Analisis Data Penelitian Dengan Statistik*. Jakarta: PT Bumi Aksara
- Khafila, R. I. 2014. *Optimasi Koagulan Pada Proses Koagulasi Flokulasi Pengolahan Air Bersih Di PDAM Unit Tegal Gede*. Skripsi. Jember: Fakultas Teknologi Pertanian
- Notodarmodjo, S., Adriana A., dan Anne J. 2004. Kajian Unit Pengolahan Menggunakan Media Berbutir dengan Parameter Kekeruhan, TSS, Senyawa Organik dan pH. *Jurnal*. Volume 36: 2
- Rumapea, N. 2009. *Penggunaan Kitosan dan Polyaluminium Chloride (PAC) untuk menurunkan kadar logam besi (Fe) dan Seng (Zn) dalam Air Gambut*. Tesis. Medan: USU
- Sugiarto, B. 2007. *Perbandingan Biaya Penggunaan Koagulan Alum dan PAC Di IPA Jurug PDAM Surakarta*. Tugas Akhir. Surakarta: Universitas Sebelas Maret