

Optimasi Penggunaan Dosis Koagulan Alum dan *Poly Aluminium Chloride* (Pac) dalam Pengelolaan Limbah Cair Batubara

Aditya Anugrah Nur Ramadhan*¹, Muhammad Ramli¹, Asta Arjunoarwan Hatta¹

¹Departemen Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin
Jl. Poros Malino km. 6, Bontomarannu (92172) Gowa, Sulawesi Selatan

*Email: ramadhanaan15d@student.unhas.ac.id

DOI: 10.25042/jpe.052022.01

Abstrak

Setiap pertambangan batubara diharuskan mengolah terlebih dahulu air limbah yang dihasilkan sebelum dibuang ke lingkungan. Proses pengelolaan limbah cair batubara yang umum digunakan untuk memenuhi baku mutu tersebut adalah pengendapan padatan tersuspensi dengan penambahan koagulan. Penggunaan dosis koagulan yang tidak tepat dapat mempengaruhi keefektifan koagulan dalam membuat parameter pada air sesuai dengan baku mutu yang ditetapkan oleh pemerintah. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan dosis yang tepat dari beberapa koagulan dalam pengelolaan limbah cair batubara. Pada studi ini, dilakukan *jar test* untuk mengetahui nilai TSS dan pH akhir pada sampel yang telah diberi perlakuan berupa penambahan variasi dosis koagulan alum dan PAC, yaitu 50, 100 dan 150 ppm. Dosis optimum diperoleh dengan menggunakan analisis interpolasi kuadratik. Hasil analisis menunjukkan bahwa dosis optimum Dosis optimal pada Alum adalah 25 ppm sedangkan pada PAC adalah 23 ppm. Dosis koagulan dan nilai TSS memiliki hubungan yang signifikan dimana penambahan jumlah dosis akan menurunkan nilai TSS dengan rata-rata presentasi penurunan TSS sebesar 94,55% pada Alum dan 98,88% pada PAC. Dosis koagulan dan nilai pH memiliki hubungan yang signifikan dimana penambahan jumlah dosis akan menurunkan nilai pH dengan presentasi penurunan pH sebesar 9,74% pada Alum dan 16,41% pada PAC

Abstract

Optimizing the Use of Alum and Poly Aluminium Chloride (PAC) Coagulant Doses for Coal Liquid Waste Management. All of the mining industry is required to process the waste water before dispose it to the environment. Coal waste water treatment that commonly used to fulfil government's regulation is sedimentation of suspended solid by adding coagulant. Incorrect use of coagulant dosage can interfere the effectiveness of coagulant in correcting the parameters of water correspond with government's regulation. This research aims to determine the optimum dosage from a couple of coagulants in water treatment. This research use jar test method to determine TSS and pH value from samples that has been added by coagulants (Alum and PAC) with certain variance of dosages, those are 50, 100, 150 ppm. Optimum dosage was determined by using quadratic interpolation analysis. The result shows that the optimum dosage in alum is 25 ppm and 23 ppm in PAC. The dosage of coagulant has significant relation to TSS value where the increasing of dosage will decrease TSS value with 94.55% in alum and 98.88% in PAC. The dosage of coagulant has also significant relation to pH value where the increasing of dosage will decrease pH value with 9.74% in Alum and 16.41% in PAC

Kata Kunci: Limbah cair batubara, jar test, koagulan, TSS, pH

1. Pendahuluan

Kegiatan pertambangan, terutama tambang terbuka, merupakan kegiatan yang berpotensi menimbulkan dampak yang signifikan terhadap lingkungan hidup [1]. Dampak-dampak yang ditimbulkan akibat adanya aktifitas pertambangan yaitu kerusakan habitat dan biodiversity di sekitar lokasi pertambangan, terbentuknya limbah tambang dan *tailing*, terbentuknya air limbah dan air asam tambang, pemaparan bahan kimia ditempat, toksitas logam berat dan kesehatan masyarakat di sekitar tambang [2].

Pada sistem pertambangan terbuka sangat berpotensi terbentuk air asam tambang

karena sifatnya berhubungan langsung dengan udara bebas sehingga faktor-faktor yang dapat membentuk air asam tambang akan semakin mudah bereaksi [3].

Menurut Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No. 133 Tahun 2003, limbah cair usaha dan atau kegiatan pertambangan batubara adalah air yang berasal dari kegiatan pertambangan batubara dan air buangan yang berasal dari kegiatan pengelolaan/pencucian batubara. Kualitas fisika pada air limbah tambang batubara adalah kekeruhan, *suspended solid* merupakan bagian dari total zat padat/solid sekitar 40% dalam keadaan terapung, zat padat tersuspensi dapat mengembang dan dapat membentuk tumpukan lumpur yang berbau bila dibuang [4].

Sesuai dengan Keputusan Menteri Lingkungan Hidup nomor 113 tahun 2003 tentang baku mutu air limbah bagi usaha dan atau kegiatan pertambangan batubara, setiap pertambangan batubara diharuskan mengolah terlebih dahulu air limbah yang dihasilkan sebelum dikembalikan ke lingkungan.

Proses pengelolaan limbah cair batubara yang umum digunakan untuk memenuhi baku mutu tersebut adalah proses koagulasi. Koagulasi merupakan proses menurunkan atau menetralkan muatan listrik pada partikel-partikel tersuspensi atau zeta-potensialnya [5]. Penetralkan muatan partikel oleh koagulan hanya mungkin terjadi jika muatan partikel mempunyai konsentrasi yang cukup untuk mengadakan gaya tarik-menarik antar partikel koloid [6].

Namun, penggunaan koagulan dalam proses tersebut tidak boleh kurang ataupun berlebih. Hal ini dikarenakan, seiring dengan peningkatan kekeruhan, alkalinitas, dan zat organik menyebabkan peningkatan dosis koagulan. Sebaliknya, pH memiliki hubungan negatif terhadap dosis koagulan. Hubungan antara kekeruhan, pH, dan dosis koagulan berbentuk kurva U (parabola terbuka) [7]. Oleh karena itu, penentuan dosis koagulan yang optimal untuk menghasilkan parameter air yang sesuai dengan standar baku mutu menjadi fokus penelitian ini.

2. Metode Penelitian

2.1. Alat dan Bahan

Peralatan yang digunakan selama penelitian ini berlangsung adalah sebagai berikut:

1. *Flocculator* dengan 6 pengaduk
2. Ember
3. pH meter
4. Pipet ukur dan bulb
5. Spatula kaca untuk keperluan pengadukan
6. Spatula besi untuk mengambil bahan-bahan kimia
7. Neraca Digital
8. *Beaker glass* 500 ml
9. TSS meter
10. Botol sampel sebagai wadah penyimpanan sampel.

Bahan-bahan yang digunakan selama penelitian ini berlangsung adalah sebagai berikut:

1. *Aquades*
2. Alum $Al_2(SO_4)_3$
3. *Poly Aluminium Chloride* (PAC)

PAC merupakan koagulan anorganik yang tersusun dari polimer makromolekul dengan kelebihan seperti memiliki tingkat adsorpsi yang kuat, mempunyai kekuatan lekat, tingkat pembentukan flok-flok tinggi walau dengan dosis kecil, memiliki tingkat sedimentasi yang cepat, cakupan penggunaannya luas, merupakan agen penjernih air yang memiliki efisiensi tinggi, cepat dalam proses, aman, dan konsumsinya cukup pada konsentrasi rendah [8]. PAC merupakan pengganti alum padat yang efektif dan berguna karena dapat menghasilkan koagulasi air dengan kekeruhan yang berbeda dengan cepat, menggenerasi lumpur lebih sedikit, dan meninggalkan lebih sedikit residu aluminium pada air yang diolah [9].

Keuntungan koagulan PAC yaitu sangat baik untuk menghilangkan kekeruhan dan warna, memadatkan dan menghentikan penguraian flok, membutuhkan kebasahan rendah untuk hidrolisis, sedikit berpengaruh pada pH, menurunkan atau menghilangkan kebutuhan penggunaan polimer, serta mengurangi dosis koagulan sebanyak 30-70% [8].

2.2. Pengambilan Sampel

Pengambilan sampel menggunakan metode *grab sampling* atau pengambilan sampel secara langsung. Sampel diambil secara langsung sebanyak 6,5 L. Sampel diperoleh dari genangan air yang terbentuk pada lokasi penelitian yang merupakan bekas tambang batubara. Lokasi penelitian terletak di Desa Lanne, Kecamatan Tondong Tallasa, Kabupaten Pangkajene Kepulauan, Provinsi Sulawesi Selatan. Koordinat lokasi pengambilan sampel terletak pada 4°49'54.2"S dan 119°46'15.1"E.

2.3. Preparasi Sampel

Sebelum dilakukan pengujian dengan metode *jar test*, Sampel harus dipreparasi terlebih dahulu. Satu-satunya cara untuk menentukan koagulan mana yang terbaik pada air tertentu adalah dengan melakukan percobaan *jar-test* di laboratorium [10]. Berikut adalah tahapan dalam proses preparasi sampel:

1. Menghomogenkan sampel dengan cara diaduk secara perlahan. Proses pengadukan dilakukan selama ± 30 detik.
2. Mengukur nilai TSS dan pH sampel sebagai data awal. Data tersebut dapat

dijadikan sebagai pembanding dengan kondisi akhir sampel.

- Membagi sampel ke dalam beberapa *beaker glass* 500 ml dengan jumlah sesuai dengan jumlah variasi dosis yang akan digunakan yaitu 0, 50, 100, dan 150 ppm untuk masing-masing koagulan.

2.4. Analisis Laboratorium

Pengaruh dosis koagulan terhadap perubahan parameter air dalam limbah cair batubara perlu untuk diketahui terlebih dahulu dengan menggunakan metode *jar test*. Pemilihan metode tersebut dengan berdasarkan aspek kemudahan dalam proses pengujian, tidak membutuhkan waktu yang lama, dan ketersediaan alat. Proses pengujian dilakukan di Instalasi Penjernihan Air Pandang-pandang, PDAM Gowa.

Berikut adalah tahapan analisis laboratorium menggunakan metode *Jar test* dengan standar Instalasi Penjernihan Air Pandang-pandang, PDAM Gowa:

- Membuat larutan koagulan dilakukan. Larutan koagulan dapat dibuat dengan menambahkan 10 mg PAC/alum kemudian dilarutkan dalam 1000 ml aquades. Setelah larutan koagulan jadi, maka perbandingannya adalah untuk setiap 1 ml yang dilarutkan dalam 1000 ml air limbah sama dengan 10 ppm [11].
- Mencampurkan larutan koagulan ke dalam masing-masing sampel sesuai dengan dosis yang ditetapkan, yaitu 50, 100, dan 150 ppm.
- Melakukan proses pengadukan cepat dengan kecepatan 120 rpm selama 1 menit dengan menggunakan Flocculator. Hal ini bertujuan untuk mempercepat mekanisme destabilisasi partikel pada sampel, sehingga partikel yang ada pada sampel dapat mengendap. Mekanisme yang berhubungan dengan waktu pengendapan flok yaitu adanya kontak yang dihasilkan dari partikel yang mempunyai kecepatan mengendap yang lebih besar bergabung dengan partikel yang mempunyai kecepatan mengendap yang lebih kecil, sehingga memiliki kecepatan mengendap yang lebih besar serta waktu pengendapan yang lebih cepat [12].
- Melakukan proses pengadukan lambat dengan kecepatan 40 rpm selama 10 menit dengan menggunakan Flocculator.

- Mengangkat air limbah dari alat Flocculator dan mendiampkannya selama 10 menit untuk membiarkan flok-flok yang terbentuk mengendap pada dasar beaker glass.
- Mengukur data parameter akhir yaitu pH dan TSS dari masing-masing sampel.

2.5. Pengolahan Data

Setelah data akhir didapatkan melalui jar test, langkah berikutnya adalah menganalisis dosis optimum dengan menggunakan interpolasi. Jenis interpolasi yang digunakan adalah interpolasi kuadrat. Berikut adalah bentuk umum dari interpolasi kuadrat:

$$f_2(x) = b_0 + b_1(x - x_0) + b_2(x - x_0)(x - x_1) \quad (1)$$

Dimana konstanta persamaan diatas ditentukan dengan rumus berikut:

$$b_0 = f(x_0) \quad (2)$$

$$b_1 = \frac{f(x_1) - f(x_0)}{x_1 - x_0} \quad (3)$$

$$b_2 = \frac{(f(x_2) - f(x_1)/x_2 - x_1) - (f(x_1) - f(x_0)/x_1 - x_0)}{x_2 - x_0} \quad (4)$$

dimana b_0 , b_1 , dan b_2 adalah variabel konstanta.

Setelah fungsi kuadrat pada tiap parameter di masing-masing koagulan telah didapatkan, maka Langkah selanjutnya adalah menentukan titik potong antara fungsi kuadrat TSS dengan $f_2(x) = 300$. Dimana $f_2(x) = 300$ adalah nilai maksimum TSS sesuai dengan standar baku mutu. Sedangkan pada fungsi kuadrat pH tidak dilakukan Langkah tersebut.

Langkah terakhir adalah menentukan titik dosis optimum. Dikarenakan fungsi yang terbentuk merupakan fungsi kuadratik, maka x (Dosis Optimum) pada fungsi dimana $f_2(x) = 300$, dihitung menggunakan rumus berikut:

$$x_{1,2} = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a} \quad (5)$$

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Parameter Awal Sampel

Hasil pengukuran parameter awal sampel dapat dilihat pada Tabel 1. Berdasarkan data pada Tabel 1 terlihat bahwa kandungan padatan terlarut (TSS) pada sampel adalah sebesar 477 mg. Nilai tersebut melebihi dari standar baku mutu yang ditetapkan pemerintah, yaitu < 300 mg/l. Sedangkan, untuk nilai pH adalah sebesar

6,5, sehingga nilai pH pada sampel sudah memenuhi baku mutu, yaitu berada pada rentang 6 – 9.

Tabel 1. Parameter awal sampel

No	Parameter	Jumlah
1	Total Suspended Solid (TSS)	477 mg/l
2	Potential Hydrogen (pH)	6,5
3	Turbidity	954 NTU

3.2. Analisis Laboratorium

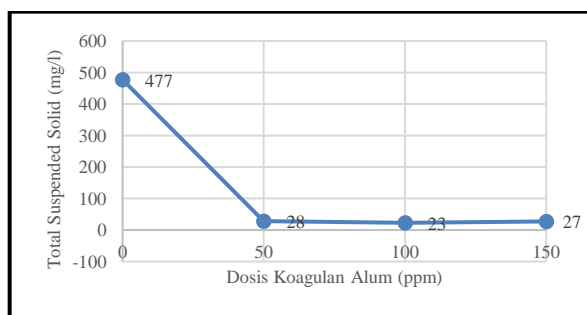
Setelah data parameter awal didapatkan, dilakukan *jar test* untuk mendapatkan data parameter akhir sampel. Hal ini dilakukan untuk melihat pengaruh dosis terhadap perubahan nilai parameter yang terjadi pada sampel.

1. Pengaruh dosis Alum terhadap penurunan TSS.

Berikut adalah data nilai TSS akhir dari hasil jar test dengan menggunakan koagulan Alum:

Tabel 2. Data perubahan nilai TSS pada sampel menggunakan koagulan Alum

No	Dosis (ppm)	TSS Akhir (mg/l)
1	0	477
2	50	28
3	100	23
4	150	27



Gambar 1. Grafik pengaruh dosis koagulan alum terhadap TSS

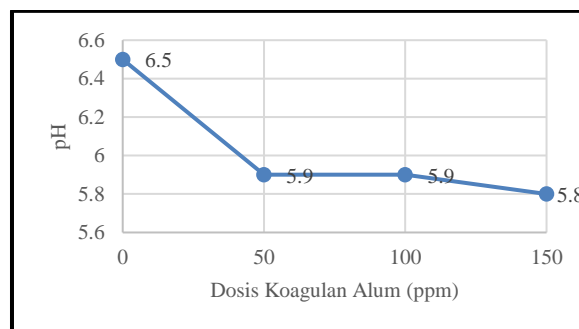
Pada Gambar 1 terlihat bahwa terjadi penurunan nilai TSS yang signifikan pada sampel dengan perubahan dosis koagulan. Dimana pada penambahan dosis 50 ppm menurunkan nilai TSS menjadi sebesar 28 mg/l (persentasi penurunan TSS = 94,13%), pada

dosis 100 ppm menurunkan nilai TSS menjadi sebesar 23 mg/l (persentasi penurunan TSS = 95,17%), dan pada dosis 150 ppm menurunkan TSS menjadi sebesar 27 mg/l (persentasi penurunan TSS = 94,34%). Pada tiap penambahan dosis menghasilkan nilai TSS yang sesuai dengan standar yang ditetapkan yaitu < 300 mg/l.

2. Pengaruh dosis Alum terhadap penurunan pH
Berikut adalah data nilai pH akhir dari hasil jar test dengan menggunakan koagulan alum:

Tabel 3. Data perubahan nilai pH pada sampel menggunakan koagulan Alum

No	Dosis (ppm)	pH Akhir (mg/l)
1	0	6.5
2	50	5.9
3	100	5.9
4	150	5.8



Gambar 2. Grafik pengaruh dosis koagulan alum terhadap pH

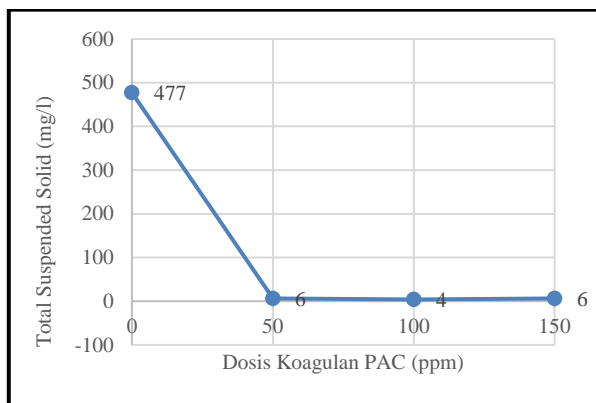
Pada Gambar 2 disajikan penurunan nilai pH yang signifikan terhadap peningkatan dosis koagulan. Pada penambahan dosis sebesar 50 ppm dan 100 ppm menurunkan nilai pH menjadi sebesar 5.9 (persentasi penurunan pH = 9,23%) dan pada penambahan dosis 150 ppm menurunkan nilai pH menjadi 5.8 (persentasi penurunan pH = 10,77%). Penambahan ketiga dosis tersebut masing-masing menghasilkan nilai pH dibawah dari standar yang ditetapkan yaitu pada kisaran 6 – 9.

3. Pengaruh dosis PAC terhadap penurunan TSS

Berikut adalah data nilai TSS akhir dari hasil jar test dengan menggunakan koagulan PAC:

Tabel 4. Data perubahan nilai TSS pada sampel menggunakan koagulan PAC

No	Dosis (ppm)	TSS Akhir (mg/l)
1	0	477
2	50	6
3	100	4
4	150	6



Gambar 3. Grafik hubungan dosis koagulan PAC terhadap TSS

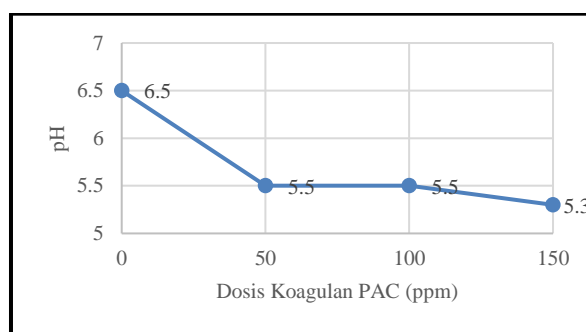
Pada Gambar 3, terlihat bahwa nilai TSS juga mengalami penurunan yang signifikan seperti pada koagulan alum. Penambahan dosis 50 ppm menurunkan nilai TSS menjadi 6 mg/l (persentasi penurunan TSS = 98,74%), Dosis 100 ppm menurunkan nilai TSS menjadi 4 mg/l (persentasi penurunan TSS = 99,16%), dan pada dosis 150 ppm menurunkan TSS menjadi 6 mg/l (persentasi penurunan TSS = 98,74%). Koagulan PAC dapat bekerja optimal pada kondisi pH basa [13]. Nilai TSS yang dihasilkan pada koagulan ini juga sesuai dengan standar yang ditetapkan. PAC mengandung spesies kation Al_{13} ($[AlO_4Al_{12}(OH)_{24}(H_2O)_{12}]^{7+}$) yang dapat membantu pengendapan dengan mekanisme kompresi lapisan ganda [14]. Spesies Al_{13} ini nantinya akan membentuk flok dengan ukuran besar saat terhidrolisis dan akan membawa partikel-partikel koloid dengan mekanisme sweep flocc [11]. Koagulan PAC yang dipakai terbukti dapat digunakan untuk mengolah air limbah batubara, dimana dosis optimal untuk setiap koagulan merupakan jumlah yang tepat untuk mendestabilisasi partikel koloid dalam air limbah [15].

4. Pengaruh dosis PAC terhadap penurunan pH

Berikut adalah data nilai pH akhir dari hasil *jar test* dengan menggunakan koagulan PAC:

Tabel 5. Data perubahan nilai pH pada sampel menggunakan koagulan PAC

No	Dosis (ppm)	pH
1	0	6.5
2	50	5.5
3	100	5.5
4	150	5.3



Gambar 4. Grafik hubungan dosis koagulan PAC terhadap pH

Pada Gambar 4, dapat kita lihat bahwa terjadi penurunan nilai pH yang signifikan. Dosis 50 ppm dan dosis 100 ppm menurunkan nilai pH menjadi 5,5, (persentasi penurunan pH = 15,38%) dan pada dosis 150 ppm menurunkan pH menjadi 5,3 (persentasi penurunan TSS = 18,46%). Penambahan ketiga dosis tersebut masing-masing menghasilkan nilai pH dibawah dari standar yang ditetapkan yaitu pada kisaran 6 – 9.

3.3. Analisis Interpolasi Kuadratik

Fungsi kuadratik dari dosis terhadap tiap parameter (TSS dan pH) dapat ditentukan, sehingga dosis optimum didapatkan dengan mencari akar dengan nilai terkecil dari fungsi kuadratik.

1. Fungsi dosis Alum terhadap TSS

Tabel 6. Nilai x dan $f_2(x)$ ke- n pada fungsi dosis Alum terhadap TSS

n	x_n	$f(x_n)$
0	0	477
1	50	28
2	100	23

Tabel 7. Nilai $b_0, b_1,$ dan b_2 pada fungsi dosis Alum terhadap TSS

n	b_n
0	477
1	-8,98
2	0,0888

Dengan mensubstitusikan $x_0, x_1, b_0, b_1,$ dan b_2 ke Pers. (1), maka:

$$f_2(x) = 477 - 8,98(x - 0) + 0,0888(x - 0)(x - 50)$$

$$f_2(x) = 477 - 13,42x + 0,0888x^2 \quad (5)$$

2. Fungsi dosis Alum terhadap pH

Tabel 8. Nilai x dan $f_2(x)$ ke- n pada fungsi dosis Alum terhadap pH

n	x_n	$f(x_n)$
0	0	6,5
1	50	5,9
2	100	5,9

Tabel 9. Nilai $b_0, b_1,$ dan b_2 pada fungsi dosis Alum terhadap pH

n	b_n
0	6,5
1	-0,18
2	0,00012

Dengan mensubstitusikan $x_0, x_1, b_0, b_1,$ dan b_2 ke Pers. (1), maka:

$$f_2(x) = 6,5 - 0,18(x - 0) + 0,00012(x - 0)(x - 50)$$

$$f_2(x) = 6,5 - 50,18x + 0,00012x^2 \quad (6)$$

3. Fungsi dosis PAC terhadap TSS

Tabel 10. Nilai x dan $f_2(x)$ ke- n pada fungsi dosis PAC terhadap TSS

n	x_n	$f(x_n)$
0	0	477
1	50	6
2	100	4

Tabel 11. Nilai $b_0, b_1,$ dan b_2 pada fungsi dosis PAC terhadap TSS

n	b_n
0	477
1	-9,42
2	0,0938

Dengan mensubstitusikan $x_0, x_1, b_0, b_1,$ dan b_2 ke Pers. (1), maka:

$$f_2(x) = 477 - 9,42(x - 0) + 0,0938(x - 0)(x - 50)$$

$$f_2(x) = 477 - 14,11x + 0,0938x^2 \quad (7)$$

4. Fungsi dosis PAC terhadap pH

Tabel 12. Nilai x dan $f_2(x)$ ke- n pada fungsi dosis PAC terhadap pH

n	x_n	$f(x_n)$
0	0	6,5
1	50	5,5
2	100	5,5

Tabel 13. Nilai $b_0, b_1,$ dan b_2 pada fungsi dosis PAC terhadap pH

n	b_n
0	6,5
1	-0,02
2	0,0002

Dengan mensubstitusikan $x_0, x_1, b_0, b_1,$ dan b_2 ke Pers. (1), maka:

$$f_2(x) = 6,5 - 0,02(x - 0) + 0,0002(x - 0)(x - 50)$$

$$f_2(x) = 6,5 - 50,02x + 0,0002x^2 \quad (8)$$

3.4. Penentuan Dosis Optimum

Berdasarkan hasil pengujian, diketahui bahwa rata-rata persentasi penurunan nilai TSS lebih besar dibandingkan rata-rata persentasi penurunan pH, yaitu 95,18% - 98,74% untuk persentasi penurunan TSS dan 10,77% - 18,46% untuk persentasi penurunan pH. Oleh karena itu, parameter TSS yang menjadi indikator utama dalam penentuan dosis optimum koagulan. Oleh karenanya, nilai standar baku mutu parameter TSS (200 mg/l) disubstitusikan ke persamaan dosis terhadap TSS. Sehingga:

1. Fungsi dosis terhadap TSS pada Alum

Dengan mensubstitusikan $f_2(x) = 200$ ke dalam Pers. (1), maka:

$$f_2(x) = 477 - 13,42x + 0,0888x^2$$

$$0 = 277 - 13,42x + 0,0888x^2 \quad (9)$$

Sehingga, akar-akar $x_{1,2}$ pada Pers. (1) adalah sebagai berikut:

$$x_{1,2} = \frac{-(-13,42) \pm \sqrt{(-13,42)^2 - 4(0,0888)(277)}}{2(0,0888)}$$

$$x_1 = 25 \text{ dan } x_2 = 126$$

Jadi, Dosis optimum penggunaan koagulan pada saat TSS < 200 mg/l adalah sebesar 25 ppm.

2. Fungsi dosis terhadap TSS pada PAC

Dengan mensubstitusikan $f_2(x) = 200$ ke dalam Pers. (1), maka:

$$\begin{aligned} f_2(x) &= 477 - 14,11x + 0,0938x^2 \\ 0 &= 277 - 14,11x + 0,0938x^2 \end{aligned} \quad (10)$$

Sehingga, akar-akar $x_{1,2}$ pada persamaan di atas adalah sebagai berikut:

$$x_{1,2} = \frac{-(-14,11) \pm \sqrt{(-14,11)^2 - 4(0,0938)(277)}}{2(0,0938)}$$

$$x_1 = 23 \text{ dan } x_2 = 127$$

Jadi, Dosis optimum penggunaan koagulan pada saat TSS < 300 mg/l adalah sebesar 14 ppm. Kemudian, nilai dosis optimum disubstitusikan ke dalam fungsi dosis terhadap pH (persamaan 6 dan 8). Hal ini bertujuan untuk melihat apakah dosis optimum yang didapatkan menghasilkan nilai pH yang sesuai dengan baku mutu. Oleh karena itu:

1. Nilai pH yang dihasilkan pada dosis 25 ppm Alum

$$\begin{aligned} f_2(x) &= 6,5 - 50,18x + 0,00012x^2 \\ f_2(x) &= 6,3 \end{aligned}$$

Jadi, nilai pH yang dihasilkan adalah 6,3. Nilai pH yang dihasilkan pada dosis 25 ppm Alum memenuhi baku mutu yang ditetapkan.

2. Nilai pH yang dihasilkan pada dosis 23 ppm PAC

$$\begin{aligned} f_2(x) &= 6,5 - 50,02x + 0,0002x^2 \\ f_2(x) &= 6,1 \end{aligned}$$

Jadi, nilai pH yang dihasilkan adalah 6,1. Nilai pH yang dihasilkan pada dosis 23 ppm PAC memenuhi baku mutu yang ditetapkan.

4. KESIMPULAN

Dosis koagulan dan nilai TSS memiliki hubungan yang signifikan. Penambahan jumlah dosis akan menurunkan nilai TSS dengan presentasi penurunan TSS sebesar 95,18% pada alum dan 98,74% pada PAC. Dosis koagulan dan nilai pH memiliki hubungan yang signifikan. Penambahan jumlah dosis akan menurunkan nilai pH dengan presentasi penurunan pH sebesar 10,77% pada alum dan 18,46% pada PAC. Dosis optimal pada Alum adalah 25 ppm sedangkan pada PAC adalah 23 ppm.

Ucapan Terimakasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Laboratorium Lingkungan Tambang, Universitas Hasanuddin dan Laboratorium Kulaitas Air IPA Pandang-pandang, Gowa atas bantuannya dalam penyusunan artikel dan proses analisis sampel penelitian ini.

Referensi

- [1] R. S. Gautama, *Konsep Pengelolaan Lingkungan Pertambangan Endapan Marjinal*. Bandung: ITB, 2014.
- [2] UNEP, "Land Use, Land-Use Change and Forestry. IPCC Special Reports on Climate Change," Arendul, 1999.
- [3] G. Samudro and S. Sumiyati, "Pengolahan Air Limbah Kegiatan Penambangan Batubara menggunakan Biokoagulan: Studi Penurunan kadar TSS, Total Fe dan Total Mn Menggunakan Biji Kelor," *J. Prespitasi*, vol. 7, no. 2, pp. 57–61, 2010.
- [4] H. Effendi, *Telaah Kualitas Air*. Yogyakarta: Penerbit Kanisius, 2003.
- [5] J. M. Ebeling and S. R. Ogden, "Application of Chemical Coagulation Aids for the Removal of Suspended Solids (TSS) and Phosphorus from the Microscreen Effluent Discharge of an Intensive Recirculating Aquaculture System," *N. Am. J. Aquac.*, vol. 66, pp. 198–207, 2004.
- [6] D. Risdianto, "Optimisasi Proses Koagulasi Flokulasi untuk Pengolahan Air Limbah Industri Jamu (Studi Kasus PT. Sido Muncul)," Universitas Diponegoro, Semarang, 2007.
- [7] M. Ayundyahrini and N. Rusdhianto, E. A. K. Gamayanti, "Estimasi Dosis Aluminium Sulfat pada Proses Penjernihan Air Menggunakan Metode Genetic Algorithm," *J. Tek. POMITS*, vol. 2, no. 2, 2013.
- [8] S. Yuliaty, "Proses Koagulasi-Flokulasi pada Pengolahan Tersier Limbah Cair PT Capsugel Indonesia," Institut Pertanian Bogor, 2006.
- [9] S. Malhotra, "Poly Aluminium Chloride as an Alternative Coagulant," 1994.

- [10] P. Gebbie, "A Dummy's Guide to Coagulants," 2005.
- [11] J. Lin, C. Huang, C. M. Chin, and J. R. Pan, "The origin of Al(OH)₃-rich and Al₁₃-aggregate flocs composition in PACl coagulation," 2009.
- [12] Degremont, *Water Treatment Handbook Fifth Edition*. New York: John Willey and Son, 1979.
- [13] Wulan, "Peningkatan Efisiensi Penggunaan Koagulan Pada Unit Pengelolaan Air Limbah Batubara," *J. Tek. Kim. Indones.*, vol. 8, no. 2, pp. 44–49, 2008.
- [14] C. Hu, L. Huijuan, Q. Jiuhui, W. Dongsheng, and R. Jia, "Coagulation Behavior of Aluminium Salts in Eutrophic Water: Significance of Al₁₃ Species and pH Control," *Env. Sci Technol*, vol. 40, no. 1, 2006.
- [15] P. Wulan, Dianursanti., M. Gozan, and W. A. Nugroho, "Optimasi Penggunaan Koagulan Pada Pengolahan Air Limbah Batubara," 2010.