

Optimasi Penggunaan NaOH dan Poly Aluminium Chloride pada Pengolahan Air Asam Tambang Batubara, Tanjung Enim, Sumatera Selatan

Alieftiyani Paramita Gobel¹, Nur Athiyya², Nadia Thereza³, Muhamad Hidayatul Ilham⁴, Chairunnisa Van Gobel⁵

¹Prodi Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya, Indonesia

²PT. Mitra Jaya Rejeki

³Prodi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya, Indonesia

⁴Prodi Ilmu Komunikasi, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya, Indonesia

⁵PT. Agrinas Jaladri Nusantara (Persero)

Email: ^{1*}alieftiyani@gmail.com, ²nur.athiyyah@pt-mjr.com, ³nadia.thereza@gmail.com,

⁴muhamadhidayatulilham@fisip.unsri.ac.id, ⁵ichagobel@gmail.com

Abstract

High rainwater runoff in coal mining areas has a significant effect on the intensity of acid mine drainage (AMD) formation. Therefore, efforts to treat AAT during the rainy season by applying active methods must consider efficient and effective aspects. Based on these conditions, this study will analyze the aspects of using an effective dose of NaOH in neutralizing the degree of acidity (pH) of AAT and analyze the use of an effective dose of Poly Aluminium Chloride (PAC) according to environmental quality standards regulated in South Sumatra Governor Regulation No. 8 of 2012 concerning Quality Standards for Coal Mining Liquid Waste. Sampling of AAT is carried out at the inlet of the coal mining settling pond, then the AAT sample is carried out to improve quality using NaOH and PAC materials using the jar test method. The formulation of the optimum dosage of NaOH and PAC to improve the quality of AAT using linear statistical analysis with a range of water pH values of 6 - 9. The results showed that the quality of AAT at the inlet of the settling pond had an initial pH of 4.9 and TSS 3716 mg l⁻¹ and after treatment using NaOH and PAC there was an increase in the quality of AAT with pH and TSS meeting the water quality standards that are safe to flow into the river.

Keywords: Acid Mine Drainage, Sodium Hydroxide, Poly Aluminium Chloride, pH, TSS.

Abstrak

Limpasan air hujan yang tinggi pada area penambangan batubara berpengaruh signifikan terhadap intensitas pembentukan Air Asam Tambang (AAT). Oleh karena itu, upaya pengolahan AAT saat musim penghujan dengan penerapan metode aktif harus mempertimbangkan aspek yang efisien dan efektif. Berdasarkan kondisi tersebut, maka penelitian ini akan menganalisis aspek penggunaan dosis NaOH yang efektif dalam menetralkan derajat keasaman (pH) AAT dan menganalisis penggunaan dosis Poly Aluminium Chloride (PAC) yang efektif sesuai standar baku mutu lingkungan yang diatur pada Peraturan Gubernur Sumatera Selatan No. 8 Tahun 2012 Tentang Baku Mutu Limbah Cair Pertambangan Batubara. Sampling AAT dilakukan pada inlet di settling pond penambangan batubara, kemudian sampel AAT dilakukan peningkatan kualitas menggunakan bahan NaOH dan PAC dengan metode jar test. Formulasi dosis penggunaan NaOH dan PAC yang optimum untuk meningkatkan kualitas AAT menggunakan analisis statistik linier dengan rentang nilai pH air 6 – 9. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kualitas AAT pada inlet settling pond memiliki pH awal sebesar 4,9 dan TSS 3716 mg l⁻¹ dan setelah dilakukan pengolahan menggunakan NaOH dan PAC terjadi peningkatan kualitas AAT dengan pH dan TSS memenuhi standar baku mutu air yang aman untuk dialirkan ke sungai.

Kata kunci : Air Asam Tambang , Natrium Hidroksida , Poly Aluminium Chloride, pH, TSS.

1. PENDAHULUAN

Salah satu dampak penting dari kegiatan pertambangan batubara dengan sistem terbuka yaitu adanya pengaruh air hujan dan air tanah terhadap pembentukan Air Asam Tambang (AAT). Hal ini dipengaruhi oleh tingkat kelarutan logam dalam air pada suasana air asam dan sebaliknya pada suasana air yang basa terjadi pengendapan logam [1], [2], [3]. Secara umum, pembentukan AAT dipengaruhi oleh keterdapatannya mineral sulfida terutama mineral pirit (FeS_2) yang tersingkap dan selanjutnya terjadi pelarutan oleh air. Sifat air yang mengalir secara bebas jika tidak dibendung maka air tersebut akan mengalir membawa bahan pencemar dan mencemari lingkungan di sekitar area penambangan bahkan di luar area penambangan. Proses pembendungan AAT dilakukan dengan membuat *sump* untuk menampung air limpasan dari hujan dan air tanah kemudian air dari *sump* perlu dilakukan pengolahan untuk meningkatkan kualitas AAT. Proses pengolahan AAT dilakukan pada Kolam Pengendapan Lumpur (KPL). Hal tersebut dilakukan untuk memastikan bahwa AAT hasil pengolahan sebelum dialirkan ke aliran sungai umum telah memenuhi standar baku mutu lingkungan yang berlaku berdasarkan aturan Pemerintah No. 22 Tahun 2021 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup.

Pengolahan AAT dapat dilakukan secara aktif dan pasif, namun pemilihan metode aktif lebih banyak diterapkan karena proses pemulihannya AAT akan mudah dalam pemantauan dan cepat tingkat keberhasilannya. Pada umumnya pengolahan aktif dilakukan dengan memberikan beberapa bahan aktif seperti kapur tohor (CaO), NaOH , $\text{Ca}(\text{OH})_2$, Na_2CO_3 , dan KOH disetiap saluran terbuka *inlet* serta *outlet* sesuai dengan kebutuhan. Permasalahan pada AAT selain meningkatkan pH, permasalahan lain adalah tingginya konsentrasi padatan tersuspensi dalam air sehingga mempengaruhi pengukuran TSS yang tinggi pada musim penghujan. Maka diperlukan suatu bahan koagulan atau flokulasi yang dapat mengendapkan padatan tersuspensi dalam AAT. Bahan material yang digunakan diantaranya aluminium Sulfat ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$) atau Tawas, Poly Aluminium Chloride (PAC), Ferric Chloride (FeCl_3) dan Ferric Sulfate ($\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$) dan CaO serta koagulan organik lainnya. Ketepatan penggunaan bahan material tersebut di atas dalam meningkatkan pH dan TSS sangat dipertimbangkan untuk dapat menyelesaikan permasalahan AAT, terutama pada musim penghujan.

Parameter pengendalian kualitas air terdiri atas 3 parameter, yaitu parameter fisik, kimia dan biologi:

1. Parameter fisika, yaitu parameter kualitas air yang dapat dianalisis atau diamati berdasarkan karakteristik fisik dan visual. Contoh suhu, bau, warna, rasa, kekeruhan, dan TSS (Total Suspended Solid);
2. Parameter kimia, yaitu parameter kualitas air yang ditinjau dari komposisi unsur atau senyawa kimia yang terkandung di dalamnya, baik senyawa organik maupun senyawa anorganik. Contoh pH, alkalinitas, kesadahan, TDS (Total Dissolved Solid), oksigen terlarut, BOD (Biological Oxygen Demand), COD (Chemical Oxygen Demand), logam berat (besi, mangan, timbal, raksa, krom, tembaga, dll) dan senyawa kimia lainnya;
3. Parameter biologi, yaitu parameter kualitas air yang ditinjau dari kandungan mikroorganisme di dalamnya, yang dapat berupa virus, jamur, ganggang, dan bakteri patogen.

Saat musim penghujan, kuantitas limpasan AAT meningkat dan kualitas menurun. Sehingga pada musim penghujan, banyak perusahaan yang menyesuaikan penggunaan bahan material yang efektif dan efisien dalam menghadapi kondisi tersebut. Pada lokasi

penelitian, kebijakan penggunaan NaOH dan PAC menjadi pilihan dalam pengolahan AAT pada musim penghujan dengan debit air tinggi sebesar 1.286.000 liter/hari dengan TSS sebesar 3716 mg l^{-1} . Kondisi tersebut mendorong perusahaan untuk mendapatkan penyelesaian yang efektif dan efisien pada proses pengolahan AAT. Berdasarkan penelitian Elgatania Dwi Apriastut, et al tahun 2017 menyatakan harga NaOH lebih mahal dibandingkan bahan kimia berbahan kalsium (Ca) seperti kapur, namun pada penggunaan kapur memiliki efek samping yaitu adanya jumlah lumpur yang dihasilkan lebih banyak dibandingkan dengan penggunaan NaOH [4]. Lain halnya dengan penggunaan NaOH yang merupakan basa kuat sehingga dapat mempercepat dalam proses pengendapan karena mudah larut dalam air. Selanjutnya penelitian yang dilakukan oleh Arsita Tampubolon, et al tahun 2017 juga menyatakan bahwa *Poly Aluminium Chloride* (PAC) merupakan koagulan yang paling efektif dibandingkan aluminium sulfat atau tawas dalam menurunkan konsentrasi TSS dan pH [5].

Penelitian yang telah dilakukan hingga saat ini belum ada yang membahas mengenai optimasi penggunaan NaOH dan PAC pada pengolahan limbah AAT. Lingkup penelitian yang dilakukan hingga saat ini masih banyak membahas penggunaan kapur tohor (CaO) untuk menurunkan pH seperti pada penelitian Aron Purba, et.al tahun 2024 menunjukkan dosis yang efisien dan optimum sebesar 1 g l^{-1} [6]. Penelitian oleh Jovanda Ego Prisitama, et.al. 2023 pengolahan AAT secara aktif menggunakan kapur tohor menunjukkan bahwa dengan metode titrasi, didapatkan rata-rata dosis optimum kapur tohor (CaO) dari hasil regresi linier untuk meningkatkan pH dan menurunkan kadar logam sebanyak 55,83 kg/hari dengan konsentrasi kapur tohor 1 g l^{-1} [7]. Kebutuhan kapur tohor juga dipengaruhi oleh karakteristik AAT dan tingginya limpasan air [7], [8], [9].

Sedangkan penelitian mengenai penggunaan PAC di lingkungan AAT dilakukan oleh Maudy. M. E. Jadid, et.al. 2019 menyatakan untuk mendapatkan kinerja PAC yg optimal dalam mengendapkan residu tersuspensi perlu dilakukan pada pH netral dalam rentang 6-9 [10]. Selanjutnya penelitian Irwan Ferdian pada tahun 2020 menunjukkan dosis PAC sebesar 0.03 g l^{-1} dapat menurunkan konsentrasi TSS dari 577 mg l^{-1} menjadi 10.8 mg l^{-1} dengan waktu pengadukan selama 2 menit. Selanjutnya penelitian yang dilakukan pada limbah industri lainnya menyatakan bahwa penggunaan PAC sebagai koagulan lebih baik dibandingkan aluminium Sulfat ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$) atau tawas [11], [12].

Berdasarkan studi literatur dan permasalahan yang dihadapi pada Lokasi penelitian maka penulis menyimpulkan bahwa penelitian ini akan fokus untuk menganalisis penggunaan NaOH sebagai bahan alkalinitas tinggi untuk meningkatkan pH dan penggunaan PAC sebagai koagulan menurunkan konsentrasi TSS di dalam air. Konsentrasi pengamatan pada penelitian ini dilakukan merujuk kepada nilai pH karena terdapat hubungan yang berkaitan antara nilai pH dan konsentrasi logam Fe dan Mn dalam AAT. Manakala pH AAT naik maka logam Fe dan Mn pada air menurun, karena pada kondisi pH rendah tingkat kelarutan logam tinggi, sebaliknya pH netral tingkat kelarutan logam akan berkurang [13],[9].

2. METODOLOGI PENELITIAN

Pengolahan air asam tambang (AAT) pada kolam pengendapan lumpur (KPL) AL 10, Tanjung Enim, Sumatera Selatan dilakukan dengan metode aktif menggunakan NaOH dan koagulan Poly Aluminium Chlorida (PAC). Penelitian secara eksperimen di laboratorium untuk mengetahui dosis yang optimum untuk pengolahan AAT. Pengambilan sampel berasal dari inlet KPL AL 10 kemudian dilakukan pengujian dengan alat *jar test* dengan kecepatan tinggi selama 5 menit. Percobaan peningkatan pH dan

penurunan TSS dilakukan dengan titrasi bahan NaOH dengan variasi 10ml, 15ml, 20ml dan 25ml sedangkan PAC ditambahkan kemudian dengan variasi 20, 30, 50, dan 100 ml dalam 1 liter AAT. Percobaan peningkatan kualitas AAT mengacu pada standar baku mutu air limbah pada kegiatan pertambangan menurut Peraturan Gubernur Sumatera Selatan No. 8 Tahun 2012 seperti pada Tabel 1. Selanjutnya pengamatan dan pengambilan data dengan pengukuran pH dilakukan menurut SNI SNI 06-6989.11-2004 dan TSS menurut SNI No 06-6989.3-2004. Kemudian hasil percobaan laboratorium dilakukan konversi berdasarkan debit pompa aktual pada inlet sebesar 1.286.000 liter per hari.

Tabel 1. Standar Baku Mutu Air Limbah Kegiatan Pertambangan Batubara

Parameter	Satuan	Kadar Maksimum
pH	-	6-9
TSS	mgl ⁻¹	300
Fe	mgl ⁻¹	7
Mn	mgl ⁻¹	4

Sumber : Peraturan Gubernur Sumatera Selatan No. 8 Tahun 2012

Tahap penelitian yang dilakukan terdiri dari tahap studi literatur, pengambilan data, pengolahan dan analisis data, pembahasan dan penarikan kesimpulan seperti pada Gambar 1. Rincian penjelasan dalam pengolahan dan analisis data sebagai berikut:

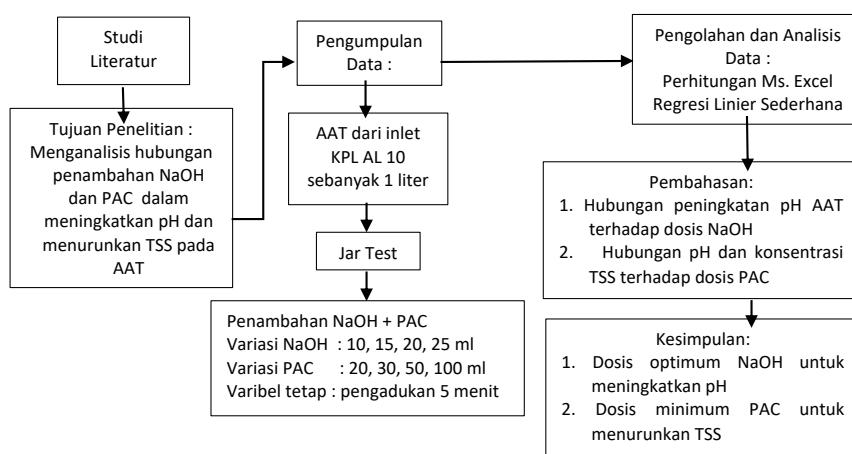
1. Tahap pengolahan data menggunakan *software* Microsoft Excel dan metode statistik dengan persamaan linier untuk memperoleh dosis yang optimum. Persamaan untuk model regresi linier sederhana yang digunakan seperti pada persamaan (1) berikut:

$$Y = a + bx \quad (1)$$
2. Tahap analisis hasil percobaan kemudian dilakukan analisis regresi untuk memprediksi hubungan antara variable X terhadap variabel terikat Y[14]. Nilai kekuatan hubungan (R) dapat dikelompokkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Hubungan Nilai R dan Tingkat Korelasi Data

Nilai R	Tingkat Korelasi
0,00-0,20	sangat lemah
0,21-0,4	lemah
0,41-0,70	Kuat
0,71-0,90	sangat kuat
0,91-0,99	sempurna

Sumber : Astria H.,dkk.,2016



Gambar 1. Bagan Alir Penelitian
 Sumber gambar : penulis, 2024

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil pengujian di laboratorium menunjukkan bahwa kualitas AAT di KPL AL 10 belum sesuai dengan standar baku mutu air lingkungan yang ditetapkan seperti pada Tabel 3. Parameter pH yang rendah yaitu 4,9 dan kandungan padatan tersuspensi yang tinggi dalam AAT sebesar 3716 mg l^{-1} terlihat pada AAT yang sangat keruh kecoklatan seperti pada Gambar 2. Nilai TSS yang tinggi ini dipengaruhi dapat dipengaruhi oleh tingginya air limpasan sehingga terjadi erosi pada tanah dan terbawa oleh air limpasan tersebut [15], [16].

Tabel 3. Kualitas Air KPL AL 10

Parameter	Air Inlet	Baku Mutu Air Pergub Sumsel No. 8 Tahun 2012
pH	4,9	6 – 9
TSS	3716	300
Fe	5,63	7
Mn	3,7	4

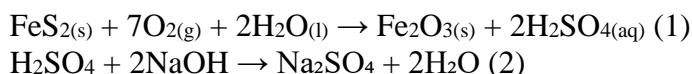
Sumber: penulis, 2024



Gambar 2. Kondisi sampel AAT dari *inlet* KPL AL 10
Sumber gambar : penulis

3.1 Optimasi Penambahan NaOH terhadap nilai pH

Air asam tambang (AAT) terbentuk karena adanya pelarutan mineral sulfida seperti FeS_2 (pyrite) dengan air dan oksigen, sehingga mengandung asam sulfat (H_2SO_4) dan logam-logam berat seperti Fe dan Mn seperti pada persamaan 1, sedangkan proses penetralan asam sulfat dengan NaOH seperti pada persamaan 2.



Hasil pengujian peningkatan pH menggunakan titrasi NaOH ditunjukkan pada Tabel 4 bahwa dengan pemberian dosis NaOH sebesar 10 ml mampu meningkatkan pH AAT menjadi 10,16 ml. Peningkatan secara drastis ini terjadi karena Natrium Hidroksida (NaOH) merupakan basa kuat yang sangat efektif dalam meningkatkan derajat keasaman (pH) air pada pH rendah secara cepat dengan dosis minimum jika dibandingkan dengan penggunaan kapur $\text{Ca}(\text{OH})_2$ yang membutuhkan dosis lebih banyak karena karakteristik kapur merupakan basa sedang. Namun ketika pemberian NaOH dengan jumlah yang berlebih seperti 20 mL dan 25 mL, hasil pengujian menunjukkan nilai pH air tidak mengalami peningkatan yang signifikan. Hal ini terjadi karena karena NaOH dapat dengan cepat bereaksi pada pH rendah, sedangkan dengan adanya peningkatan konsentrasi NaOH dalam AAT maka akan terjadi kejemuhan serta ketidaksetimbangan

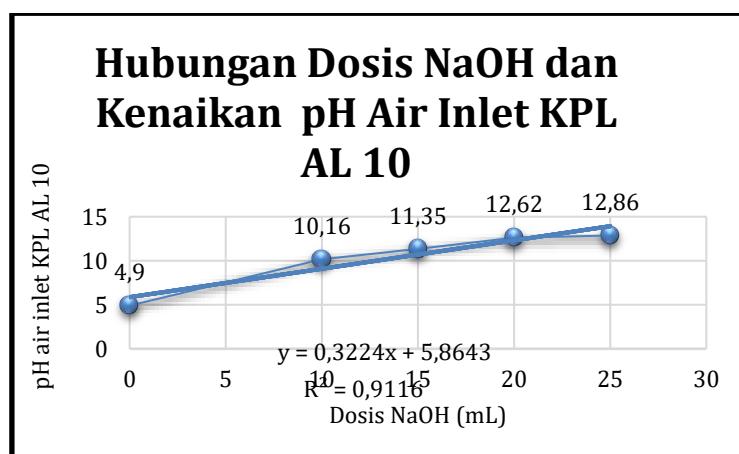
reaksi kimia sehingga proses menjadi lambat bahkan berhenti. Hal ini sejalan dengan penelitian Elgatania Dwi Apriastuti, et al. 2017 yang menyatakan bahwa penambahan NaOH dengan dosis yang berlebihan akan meningkatkan kandungan logam dalam AAT bekas penambangan timah [4].

Tabel 4. Hasil Uji Coba Air Inlet KPL AL 10 dengan NaOH

Dosis NaOH	pH Air
0 ml	4,9
10 ml	10,16
15 ml	11,35
20 ml	12,62
25 ml	12,86

Sumber : penulis, 2024

Berdasarkan Tabel 4 dihasilkan persamaan regresi linier sederhana untuk mendapatkan formulasi yang optimum perihal hubungan penggunaan NaOH dengan peningkatan pH dalam satuan liter AAT. Berdasarkan grafik analisis diperoleh persamaan linier antara kenaikan pH dengan dosis NaOH yaitu $y = 0,32241x + 5,864324$, dengan tingkat keereatan hubungan sangat kuat ditunjukkan dengan nilai R Square yaitu = 0,91 atau 91% seperti pada Gambar 3. Pada Gambar 3 variabel y merupakan nilai pH dan variabel x merupakan dosis NaOH yang dibutuhkan. Berdasarkan persamaan linier yang diperoleh diketahui bahwa hubungannya berbanding lurus, dengan semakin meningkat dosis yang digunakan maka semakin meningkat juga nilai pH hasil penetralan.



Gambar 3. Grafik Dosis NaOH pada Air Inlet KPL AL 10

Sumber gambar : penulis

Berdasarkan persamaan yang diperoleh, maka kebutuhan penggunaan NaOH dapat untuk menaikkan pH dengan nilai 6 – 9 dapat dirincikan berdasarkan persamaan regresi linier seperti pada Tabel 5. Berdasarkan Tabel 5 hasil analisis tersebut menunjukkan bahwa untuk menetralkan 1liter AAT dengan pH dari 4,9 ke pH 6 diperlukan larutan NaOH sebanyak 0,42 ml.

Tabel 5. Kebutuhan NaOH dalam Skala Laboratorium Untuk Meningkatkan pH

pH	Dosis(ml)
6	0,4208
7	3,5224
8	6,6240
9	9,7257

Sumber : penulis, 2024

Untuk perhitungan konversi kebutuhan NaOH di lapangan dengan debit air 1.286.000 liter/hari maka saran untuk perusahaan berdasarkan aspek ekonomis hanya perlu menggunakan dosis minimal 0,4208 untuk menaikkan pH menjadi pH 6 merujuk pada Tabel 6. Pertimbangan minimal ini telah memenuhi baku mutu lingkungan sesuai Peraturan Gubernur Sumatera Selatan No. 8 Tahun 2012 dengan *range* nilai pH 6 – 9.

Tabel 6. Kebutuhan NaOH dalam Skala Lapangan pada Inlet KPL AL 10

pH	Dosis (liter)
6	518,8
7	4529,8
8	8518,46
9	12507,25

Sumber : penulis, 2024

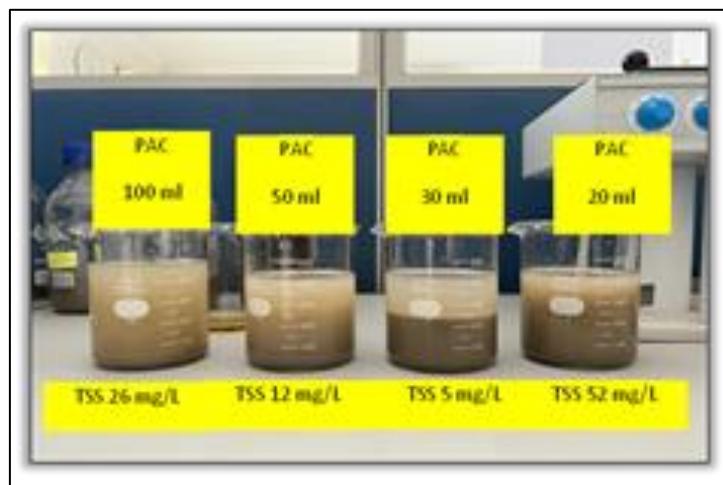
3.2 Optimasi Penambahan PAC dalam Menurunkan Total Suspended Solid (TSS)

Hasil percobaan pada AAT menunjukkan dengan penambahan PAC 20 ml dan 30 ml dengan pH air masing-masing 10,16 dan 11,35 terjadi penurunan TSS yang signifikan dari 3716 mg l^{-1} menjadi 52 mg l^{-1} dan 5 mg l^{-1} setelah diendapkan selama 5 menit merujuk pada Tabel 7. Namun dengan penambahan PAC 50 ml dan 100ml dengan pH 12 tidak terjadi flokulasi dan tidak terlihat padatan yang mengendap ditunjukkan pada Gambar 4.

Tabel 7. Hasil Uji Coba Air Inlet KPL AL 10 dengan PAC

NaOH pada AAT	pH Air	Penambahan PAC	Konsentrasi TSS (mg l^{-1})
0 ml	4,9	0 ml	3716
10 ml	10,16	20 ml	55
15 ml	11,35	30 ml	5
20 ml	12,62	50 ml	12
25 ml	12,86	100 ml	26

Sumber : penulis, 2024



Gambar 4. Air Inlet KPL AL 10 Setelah Pemberian PAC

Sumber gambar: penulis

Pada Gambar 4 di atas dengan penambahan PAC 50 ml dan 100 ml menunjukkan tidak terbentuknya flok dengan penambahan PAC disebabkan pH yang tinggi. Hal ini didukung dengan penelitian sebelumnya yang menyatakan bahwa terdapat hubungan antara derajat keasaman (pH) terhadap proses koagulasi, jika proses koagulasi dilakukan tidak pada rentang pH optimum maka proses koagulasi akan maksimal. Hal ini sejalan

dengan penelitian mengenai berbagai macam jenis koagulan, seperti tawas memiliki rentang pH 5,5 – 8 [17], [11], PAC koagulan yang optimum rentang pH antara 6.5 – 8.5 [18],[12]. Selain pH, dosis PAC yang tinggi tidak memberikan efektifitas pada proses koagulasi-flokulasi. Hal ini disebabkan oleh koagulan PAC memiliki derajat polimerisasi yang tinggi artinya senyawa dalam PAC memiliki massa molekul yang besar sehingga mudah bereaksi dengan partikel-partikel di dalam air [18]. Oleh karena itu berdasarkan hasil percobaan di laboratorium, maka optimasi penggunaan PAC optimum per liter AAT adalah 20ml/liter.

Nilai pH AAT yang terbentuk sebesar pH 10,16 namun dengan penambahan PAC pH air akan turun sehingga PAC dapat bekerja dengan optimal sesuai dengan pH optimumnya. Hal ini juga di dukung oleh penelitian Nur, M.F, et.al tahun 2020 yang menjelaskan PAC dalam air akan menghasilkan Al(OH)_3 dan ion H^+ sehingga jika konsentrasi PAC dalam air tinggi maka akan meningkatkan pelepasan ion H^+ dari asam klorida tersebut. Hal ini dijelaskan dengan reaksi $\text{Al}_2(\text{OH})_3]^{3+} + 3\text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{Al}(\text{OH})_3 + 3\text{H}^{3+}$. Selanjutnya kondisi ini dipilih sebagai kondisi optimum karena dengan jumlah AAT sebanyak 1 liter dengan waktu pengadukan selama 5 menit, penambahan NaOH sebanyak 10 ml dan PAC sebanyak 20 ml, pH air meningkat dan konsentrasi TSS menurun sangat signifikan.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian di laboratorium menunjukkan optimasi penggunaan NaOH dan PAC di dalam 1 liter AAT yaitu masing-masing 10 ml NaOH dan 20 ml PAC. Dosis ini memberikan efek yang sangat signifikan terhadap peningkatan pH dan penurunan TSS di dalam 1 liter AAT selama 5 menit. Saran untuk penelitian selanjutnya diperlukan detail analisis optimasi pada masing-masing peningkatan pH dan penurunan PAC secara langsung di lapangan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada pihak Universitas Sriwijaya yang telah memberikan bantuan melalui hibah penelitian Tahun Anggaran DIPA BLU 2024 dan pihak Perusahaan PT. PAMA (Persero) yang telah memberikan kesempatan melakukan penelitian di KPL 10 AL, Tanjung Enim, Sumatera Selatan

REFERENCES

- Amalina, Y.N, Salimin Zainus, Sudarno. 2015. Pengaruh pH dan Waktu Proses dalam Penyisihan Logam Berat Cr, Fe, Zn, Cu, Mn, dan Ni dalam Air Limbah Industri Elektroplating dengan Proses Oksidasi Biokimia. Jurnal Teknik Lingkungan, 4(3).
- Förstner, U. (2020). Inorganic sediment chemistry and elemental speciation. In Sediments (pp. 61-105). CRC Press
- Nadhirawaty, R., Santo, Y., Wicaksono, D. A., Sholikah, U. 2023. Penurunan Kadar Besi (Fe) Dan Mangan (Mn) Pada Air Asam Tambang PT. X Menggunakan Variasi Konsentrasi Bacillus Cereus & Variasi Dosis Kapur Ca(OH)_2 . Bioprospek: Jurnal Ilmiah Biologi, 15(2) : 27-34.
- Apriastuti,E.D., Pitulima, J., Mardiah. 2017. Pengaruh Penambahan NaOH dan Ca(OH)_2 Terhadap Penurunan Kadar Logam Berat (Fe) di Kolong Tambang 23 Desa Kimhin Kecamatan Sungailiat. Jurnal Mineral, 2(2), 1 – 6.

- Tampubolon, A., Devy, S. D., Nugroho, W. 2017. Perbandingan Penggunaan Poly Aluminium Chloride (Pac) Dengan Aluminium Sulfat Terhadap Penurunan Total Suspended Solid (TSS) Pada Settling Pond Di PT. Multi Harapan Utama Job Site Loa Gagak Kabupaten Kutai Kartanegara Kalimantan Timur. Jurnal Teknologi Mineral FT UNMUL, 5(1) : 43-50
- Purba, A., Indrajaya, F., Aulia, N. S. 2024. Analisis Penggunaan Kapur Tohor (Cao) Untuk Meningkatkan Kualitas Air Limbah Tambang di CV. BK Provinsi Kalimantan Tengah. Jurnal Teknika, 8(1): 1 – 6
- Prisitama, J. E., Magdalena, H., Devy, S. D., Winarno, A., Hasan, H. 2023. Efektivitas Kapur Tohor Terhadap Peningkatan pH dan Penurunan Kadar Logam Fe dan Mn di Settling Pond 11 PT. Alam Jaya Pratama Site Bara Kumala Sakti Kecamatan Loa Kulu, Kabupaten Kutai Kartanegara, Provinsi Kalimantan Timur. Prosiding Nasional Rekayasa Teknologi Industri dan Informasi XVIII Tahun 2023 (ReTII) November 2023 : 915-924.
- Matofani, M., Rianti, L., Pratama, I.S. 2025. Analisis Teknis dan Ekonomis Pada Pengelolaan Air Asam Tambang Menggunakan Kapur Tohor di KPL 01 Al Cik Ayib PT. Bukit Asam, Tbk. Jurnal Cakrawala Ilmiah 4(5).
- Ferdian, I. 2020. Analisis Keberhasilan Penanganan Air Asam Tambang Berdasarkan Parameter pH, TSS, Fe dan Mn pada KPL AL 01 PT Bukit Asam, Tbk. Prosiding Seminar Nasional Lahan Suboptimal ke-8 Tahun 2020, Palembang 20 Oktober 2020.
- Maudy, M. E. Jadid, Ummatrasa, R. A, Bambang Widiono. 2019. Pengaruh Jumlah Kapur dan PAC Terhadap Penurunan Kadar Cu, Tss, Turbidity dan pH Pada Air Asam Tambang. Distilat, 5(2) : 69-75.
- Prameswara, M. I dan Sa'diyah, K. 2024. Pengaruh Rasio Penambahan Aluminium Sulfat ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$) Pada Pengolahan Limbah Cair Pusat Perbelanjaan Secara Koagulasi-Flokulasi. Distilat, 10(1):219-232. DOI: <https://doi.org/10.33795/distilat.v10i1.4187>
- Sisnayanti, E. Winoto, Yhopie, S. Aprilyanti. 2021. Penggunaan Tawas dan PAC Terhadap Kekeruhan dan pH Air Baku PDAM Tirta Musi Palembang. Jurnal Univ PGRI, 6(2) : 107 – 116.
- Gobel, A. P. 2018. Efektifitas pemanfaatan fly ash batubara sebagai adsorben dalam menetralisir air asam tambang pada settling pond penambangan banko PT. Bukit Asam (Persero), Tbk. Jurnal Mineral, Energi, dan Lingkungan, 2(1) : 1-11.
- Astria, H., Muludi, Kurnia., Andini, Ain, E. 2016. Implementasi Metode Regresi Linier Sederhana pada Penyajian Hasil Prediksi Pemakaian Air Bersih PDAM Way Rilau Kota Bandar Lampung dengan Sistem Informasi Geografis. Jurnal Informatika Mulawarman, 11(2).
- Osok, R. M., Talakua, S. M., & Gaspersz, E. J. 2018. Analisis Faktor-Faktor Erosi Tanah, Dan Tingkat Bahaya Erosi Dengan Metode Rusle Di Das Wai Batu Merah Kota Ambon Provinsi Maluku. Jurnal Budidaya Pertanian, 14(2) : 89-96.
- Astuti, N., Murti, S. H., Widayani, P. 2024. Kajian Total Suspended Solid (TSS) Pada Waduk Gajah Mungkur Berdasarkan Analisis Citra Landsat. Jurnal Fisika Flux, 21(1).
- S. Ningsih dan T. Harmawan. 2022. Pengaruh Penambahan $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ Terhadap Derajat Keasaman Air Baku pada Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM) Tirta Keumueneng Langsa. Quimica: Jurnal Kimia Sains dan Terapan, 4(1) : 20–23.
- Nur, M. F. M., H. N. P., & Ningsih, E. 2020. Kombinasi Koagulan dan Flokulasi dalam Pengolahan Air Limbah Industri Farmasi. Seminar Nasional Sains dan Teknologi Terapan VII, 339–344.