

**ARTIKEL SKRIPSI**  
**PENENTUAN DOSIS OPTIMUM KOAGULAN UNTUK MENUR5UNKAN**  
**KADAR *TOTAL SUSPENDED SOLID* (TSS) PADA AIR LIMBAH**  
**TAMBANG BATUBARA**

**OLEH:**  
**KEZIA DESTINA SASIN**  
**1926007**



**PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN**  
**FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN**  
**INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL**

**2023**

## ABSTRAK

### **PENENTUAN DOSIS OPTIMUM KOAGULAN UNTUK MENURUNKAN KADAR *TOTAL SUSPENDED SOLID* (TSS) PADA AIR LIMBAH TAMBANG BATUBARA**

**Kezia Destina Sasin**  
**Program Studi Teknik Lingkungan**  
**Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Nasional Malang**  
Email : [kezia.destina14@gmail.com](mailto:kezia.destina14@gmail.com)

Pada PT. Mandiri Intiperkasa penanganan air asam tambang hanya dilakukan dengan memompakan air dari kolam penampungan (*sump*) yang terakumulasi di dasar tambang kemudian ditampung ke kolam pengendap lumpur (*settling pond 25*), pada *settling pond* tersebut perlakuan pemberian koagulan tawas dan *greenhydro* yang bertujuan untuk menetralkan pH dan menurunkan TSS. Tujuan dari penelitian ini adalah Mengetahui dosis optimum dan efektivitas penggunaan Alumunium Sulfat (Tawas) dan *Greenhydro* pada pengolahan air limbah kegiatan penambangan batubara di *settling pond 25* PT Mandiri Intiperkasa. Hasil dosis optimum proses koagulasi-flokulasi menggunakan Alumunium Sulfat (Tawas) dalam menurunkan kadar *Total Suspended Solid* (TSS) pada air limbah tambang yaitu dengan dosis sebesar 0,03 gr/l dapat menurunkan kadungan TSS dari 1.131 mg/l menjadi 37,3 mg/l. Hasil dosis optimum proses koagulasi-flokulasi menggunakan koagulan *Greenhydro* dalam menurunkan kadar *Total Suspended Solid* (TSS) pada air limbah tambang yaitu dengan dosis sebesar 0,2 ml/l dapat menurunkan kadungan TSS dari 1.131 mg/l menjadi 232 mg/l. Efektivitas penurunan metode koagulasi-flokulasi menggunakan Alumunium Sulfat (Tawas) ini efektif dalam menurunkan TSS bagi Perusahaan pertambangan batubara. Dengan efektivitas sebesar 95,4%. Sedangkan menggunakan *Greenhydro* didapatkan efektivitasnya sebesar 76%. Penelitian lanjutan untuk menentukan dosis optimum dengan variasi dosis koagulan air limbah tambang yang sama walaupun dengan TSS yang berbeda. Penelitian selanjutnya disarankan menggunakan koagulan jenis lain yang dapat menurunkan kadar total suspended solid pada air limbah tambang.

**Kata Kunci: TSS, Dosis Optimum, Koagulan, Air Limbah Tambang**

## ABSTRACT

### DETERMINING THE OPTIMUM DOSAGE OF COAGULANTS TO REDUCE TOTAL SUSPENDED SOLID (TSS) LEVELS IN COAL MINE WASTEWATER

Kezia Destina Sasin

*Environmental Engineering Study Program*

*Faculty of Civil Engineering and Planning, National Institute of Technology Malang*

Email: [kezia.destina14@gmail.com](mailto:kezia.destina14@gmail.com)

PT. Mandiri Intiperkasa handles acid mine water only by pumping water from a holding pond (sump) which has accumulated at the bottom of the mine and then collecting it into a sludge settling pond (settling pond 25), in the settling pond the treatment is given alum and greenhydro coagulants which aim to neutralize the pH and lowers TSS. The aim of this research is to determine the optimum dose and effectiveness of using Aluminum Sulphate (Tawas) and Greenhydro in wastewater treatment for coal mining activities at settling pond 25 PT Mandiri Intiperkasa. The results of the optimum dose of the coagulation-flocculation process using Aluminum Sulfate (Tawas) in reducing Total Suspended Solid (TSS) levels in mine wastewater, namely with a dose of 0.03 gr/l can reduce the TSS content from 1,131 mg/l to 37.3 mg /l. The results of the optimum dose of the coagulation-flocculation process using Greenhydro coagulant in reducing Total Suspended Solid (TSS) levels in mine wastewater, namely a dose of 0.2 ml/l can reduce the TSS content from 1,131 mg/l to 232 mg/l. The effectiveness of reducing the coagulation-flocculation method using Aluminum Sulfate (Tawas) is effective in reducing TSS for coal mining companies. With an effectiveness of 95.4%. Meanwhile, using Greenhydro found the effectiveness to be 76%. Further research to determine the optimum dose with varying doses of the same mine wastewater coagulant even with different TSS. Further research suggests using other types of coagulants that can reduce the total suspended solid levels in mine wastewater.

**Keywords:** TSS, Optimum Dose, Coagulant, Mine waste water

#### PENDAHULUAN

Kegiatan penambangan batubara ditanah air ini tentunya memiliki dampak bagi makhluk hidup dan lingkungan sekitarnya (Tandiarrang et al, 2016). Salah satu masalah yang dihadapi oleh industri pertambangan adalah adanya air asam tambang. Keputusan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 113 Tahun 2003 tentang Baku Mutu Air Limbah Bagi Usaha dan atau Kegiatan Pertambangan Batubara disebutkan bahwa baku mutu untuk pH antara 6-9, TSS maksimal 400 Mg/l, Fe (Besi) maksimal 7 Mg/l dan Mn (Mangan) maksimal 4 Mg/l.

Pada PT. Mandiri Intiperkasa penanganan air asam tambang hanya dilakukan dengan memompakan air dari kolam penampungan (sump) yang terakumulasi di

dasar tambang kemudian ditampung ke kolam pengendap lumpur (settling pond 25), pada settling pond tersebut terdapat beberapa kompartemen, dikompartemen 2 dilakukan perlakuan pemberian koagulan tawas dan greenhydro yang bertujuan untuk menetralkan pH dan menurunkan TSS.

Berdasarkan penelitian Ningsih (2011), pemanfaatan tawas dosis 70 mg/l dengan kadar rata-rata sebelum pemberian tawas sebesar 292,3 mg/l setelah pemberian tawas menjadi 51 mg/l dengan persentase sebesar 82%. Menurut penelitian Harahap (2017) Efektivitas penggunaan Aluminium Sulfat (tawas) untuk menurunkan kadar konsentrasi parameter TSS dengan dosis yang telah ditentukan PT. X adalah sebesar 86,74 %. Pada penelitian Rahma dan Rahminiani (2021) penggunaan tawas

untuk sampel air limbah batubara 1000 ml dengan dosis 0,03 g/l mampu menurunkan TSS sekitar 65,47%, sedangkan penambahan dosis 0,05 g/l menurunkan sekitar 73,68%. Kecepatan yang digunakan adalah 100 rpm selama 2 menit.

Pengolahan yang dilakukan PT Mandiri Intiperkasa yaitu dengan menambahkan bahan kimia dengan dosis tertentu, namun dosis yang digunakan masih belum efektif untuk menurunkan kadar TSS pada settling pond 25. Penelitian 3 ini diharapkan menjadi kajian terhadap permasalahan air limbah tersebut sehingga dapat menentukan dosis optimum koagulan tawas dan polimer organik sesuai perhitungan settling pond dalam metode jar test di laboratorium pada setiap pengolahan air asam tambang.

Rumusan masalah dalam penelitian ini adalah: (1) Bagaimana dosis optimum koagulan *Aluminium Sulfat* (Tawas) dan *Greenhydro* pada pengolahan air limbah kegiatan penambangna batubara di *settling pond* 25 PT Mandiri Intiperkasa? (2) Bagaimana efektivitas penggunaan koagulan *Aluminium Sulfat* (Tawas) dan *Greenhydro* pada pengolahan air limbah kegiatan penambangna batubara di *settling pond* 25 PT Mandiri Intiperkasa?

Tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini, yaitu: (1) Mengetahui dosis optimum penggunaan *Aluminium Sulfat* (Tawas) dan *Greenhydro* pada pengolahan air limbah kegiatan penambangna batubara di *settling pond* 25 PT Mandiri Intiperkasa. (2) Mengetahui efektivitas penggunaan *Aluminium Sulfat* (Tawas) dan *Greenhydro* pada pengolahan air limbah kegiatan penambangna batubara di *settling pond* 25 PT Mandiri Intiperkasa.

Menurut KepMen LH No. 113 Tahun 2003, batubara adalah bahan bakar hidrokarbon padat yang terbentuk dari tetumbuhan dalam lingkungan bebas oksigen dan terkena pengaruh panas secara tekanan yang berlangsung lama. Usaha dan atau kegiatan pertambangan batubara adalah serangkaian kegiatan penambangan dan kegiatan pengolahan/pencucian batubara. Sistem

penambangan yang banyak ditemukan dalam penambangan batubara adalah sistem tambang terbuka. Hal ini dikarenakan sebagian besar cadangan batubara terdapat pada dataran rendah atau pada topografi yang landai dengan kemiringan lapisan batubara yang kecil yaitu  $<30^\circ$  (Luthfia, 2020). . Sistem tambang terbuka melakukan pembukaan lahan dan penggalian tanah serta batuan penutup. Tanah dan batuan tersebut akan ditimbun terlebih dahulu pada disposal area yang nantinya akan ditimbun kembali pada lubang bekas galian sebelumnya (*backfilling*).

Air limbah usaha dan atau kegiatan pertambangan batu bara adalah air yang berasal dari kegiatan penambangan atau bara dan air buangan yang berasal dari kegiatan pengolahan/pencucian batubara (KepMen LH No. 113/2003). Air asam tambang (AAT) atau Acid Mine Drainage (AMD) merupakan air lindian, rembesan yang ber-pH rendah yang keluar dari batuan yang mengandung mineral sulfida yang teroksidasi reaksi oksidasi ini selain dapat menurunkan pH air, juga meningkatkan kadar sulfat yang selanjutnya mampu meluruhkan dan membawa logam berat yang terkandung dalam batuan yang dilalui oleh air asam ini. Menurut Afrianty (2014) Pada pertambangan batubara, terdapat dua tipe sistem penambangan yaitu, penambangan terbuka (open pit mining) dan pertambangan bawah tanah (underground mining). Baik pertambangan bawah tanah maupun pertambangan terbuka dapat menyebabkan terlepasnya unsur-unsur kimia tertentu seperti Fe dan S dari senyawa pirit yang menghasilkan air buangan bersifat asam (Acid Mine Drainage).

Operator tambang batubara harus memenuhi standar kinerja untuk reklamasi tanah bekas tambang, terutama yang berhubungan dengan air asam tambang. Oleh karena itu, pengolahan air asam tambang perlu dilakukan agar efluen air limpasan dari bekas tambang yang masuk ke perairan tidak mencemari lingkungan. Standar efluen atau baku mutu air limbah kegiatan penambangan menurut Keputusan Menteri Lingkungan Hidup

RI Nomor 113 Tahun 2003 diberikan pada Tabel 2.1 Sedangkan standar efluen atau baku mutu untuk kegiatan pengolahan/pencucian batubara sama dengan Tabel 2.1 hanya saja kadar maksimum nilai residu tersuspensinya adalah 400 mg/l, dan volume air limbah maksimum adalah 2 m<sup>3</sup> per ton produk batubara.

Tabel 2.1 Baku Mutu Air Limbah Kegiatan Penambangan Batubara

Parameter	Satuan	Kadar Maksimum
pH	-	6-9
Residu Tersuspensi	Mg/l	400
Besi (Fe)	Mg/l	7
Mangan (Mn)	Mg/l	4

Sumber: Keputusan Menteri Lingkungan Hidup RI Nomor 113 Tahun 2003

## METODOLOGI

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Maret-April 2023. Lokasi penelitian dilaksanakan di PT Mandiri Intiperkasa, sedangkan uji sampel dilakukan di Laboratorium PT Mandiri Intiperkasa. Ada dua jenis data yang digunakan dalam pengumpulan data pada penelitian ini yaitu data primer dan data sekunder yang dapat dilihat pada tabel dibawah ini:

Tabel 3.1 Data yang dibutuhkan

Jenis Data	Objek Data	Sumber Data
Primer	1. Konsentrasi TSS 2. pH 3. Dosis Tawas 4. Dosis <i>Greenhydro</i> 5. Kecepatan pengadukan	Uji Lab
Sekunder	1. Luas <i>cactchment area</i> 2. Luas <i>Settling Pond</i>	PT Mandiri Intiperkasa

- |                          |
|--------------------------|
| 3. Debit                 |
| 4. Waktu Pengendapan     |
| 5. Kecepatan Pengendapan |

Variabel bebas pada penelitian ini adalah: Dosis Koagulan, Kecepatan pengadukan, dan waktu pengadukan. Variabel terikatnya adalah TSS dan pH.

Teknik pengumpulan data dilakukan melalui studi literatur berupa jurnal dan wawancara dengan pihak yang berkaitan dengan penelitian lapangan secara langsung, serta melakukan uji sampel air limbah di laboratorium.

Penelitian yang dilakukan ini merupakan penelitian eksperimen dalam skala laboratorium untuk mengetahui dosis optimum koagulan dalam proses koagulasi-flokulasi.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### *Settling Pond 25*

Settling pond 25 memiliki 12 kompartemen yang memiliki fungsi untuk menangkap dan menahan air ketika tanah dan kotoran lain dalam air mengendap menjadi sedimen. Settling pond 25 memiliki kedalaman 3 m dengan luas area sebesar 6,5 Ha dan total volume 12 kompartemen sebesar 83268,97 m<sup>3</sup>.

#### a. Inlet *settling pond 25*

Air limbah yang dihasilkan dari kegiatan pertambangan, air yang dikelola merupakan air hujan yang melimpas di areal tambang. Air tersebut kemudian dikumpulkan di dalam sump sebelum dipompakan keluar menuju ke settling pond untuk dikelola. Dalam hal ini, pengolahan yang dilakukan adalah dengan pemberian dan/atau penambahan kapur aktif / kapur gamping untuk menaikkan nilai pH air dan dialirkan ke beberapa kompartemen untuk optimalisasi pengendapan material tersuspensi sehingga nilai TSS dapat memenuhi baku mutu yang berlaku. Air limbah yang berasal dari sump kemudian dipompa menggunakan pompa menuju kolam

pengendapan dengan menggunakan 1 sampai dengan 3 pompa Gambar 4.1 Settling Pond 25 22 tergantung debit air limbah yang dihasilkan. Pada inlet inilah dilakukan perlakuan koagulasi-flokulasi dengan membubuhkan koagulan *Alumunium Sulfat* (Tawas) dan *Greenhydro*.

b. Outlet

Air limbah hasil penambangan batubara di areal sump PT. Mandiri Intiperkasa diolah terlebih dahulu sebelum dibuang ke badan air permukaan. Pengolahan air limbah batubara yang dilakukan menggunakan teknologi pengolahan aktif yaitu dengan menambahkan bahan kimia koagulan Aluminium Sulfat (tawas) dan koagulan Greenhydro, bahan kimia ini dibutuhkan dalam rangka proses koagulasi-flokulasi untuk mengendapkan sedimen terlarut.

**Proses Koagulasi-Flokulasi**

**1. Proses yang Terjadi di Lapangan**

Pada Settling Pond 25 air yang masuk berasal dari sump yang menampung air dari kegiatan penambangan, selain itu juga berasal dari limpasan PIT dan limpasan air hujan, mengakibatkan nilai TSS menjadi tinggi sehingga dilakukan pengolahan menggunakan proses koagulasi-flokulasi. Usaha pengendalian terhadap air limbah tambang yang sudah dilakukan oleh perusahaan yaitu usaha pengolahan dan pemeliharaan (Maintenance) pada settling pond 25. Usaha pengelolaan air limbah tambang yang dilakukan antara lain dengan mengalirkan air limbah tambang ke dalam settling pond 25 melalui pompa dari sump. Saat konsentrasi TSS tinggi akan dilakukan proses pengelolaan berupa penambahan koagulan. Pada proses koagulasi-flokulasi, koagulan yang digunakan adalah Alumunium Sulfat (tawas) dan Greenhydro dengan menggunakan aliran hidrolis.

**2. Proses Penelitian**

Percobaan 3 dosis yang berbeda untuk masing-masing koagulan dilakukan dengan percobaan

koagulasi flokulasi menggunakan alat jar test. Sejumlah 1 liter air limbah ditambahkan dengan koagulan sesuai dosis yang telah ditentukan kemudian dilakukan pengadukan cepat pada proses koagulasi 100 rpm selama 1 menit yang bertujuan untuk mencampur koagulan dengan air sehingga terjadi netralisasi muatan koloid oleh koagulan dan pengadukan lambat pada proses flokulasi 50 rpm selama 20 menit agar partikel-partikel tersebut bergabung satu sama lain membentuk flok yang lebih besar. Variasi dosis dari masing-masing koagulan per 1 liter contoh air limbah dapat dilihat pada tabel dibawah ini:

Tabel 4.1 Variasi Dosis Koagulan yang Diujicobakan

Koagulan	Variasi		
	1	2	3
<i>Alumunium Sulfat</i> (Tawas)	0,02 gr	0,03 gr	0,04 gr
<i>Greenhydro</i>	0,2 ml	0,3 ml	0,4 ml

Untuk 1 jenis koagulan, 3 gelas kimia masing-masing berisi 1 L contoh air limbah diletakkan pada jar test dan ditambahkan koagulan masing-masing dengan dosis variasi 1,2, dan 3. Pengadukan mula-mula dilakukan pada kecepatan 100 rpm selama 1 menit, dilanjutkan dengan kecepatan 50 rpm selama 20 menit, kemudian dibiarkan selama beberapa saat tanpa pengadukan untuk membiarkan flok mengendap. Hasil yang diperoleh kemudian dipisahkan dari endapan untuk kemudian diperiksa kandungan TSS menggunakan alat spektrofotometer Hach DR900.

**Hasil Pengukuran Awal Konsentrasi TSS**

Dilakukan pengukuran awal untuk mengetahui konsentrasi awal TSS pada air asam tambang. Pada penelitian ini dilakukan pemeriksaan konsentrasi TSS dan pH terhadap sampel Inlet Settling Pond 25. Adapun hasil pemeriksaan konsentrasi TSS dan pH dapat dilihat pada tabel dibawah ini:

Tabel 4.2 Hasil Pemeriksaan Konsentrasi TSS dan pH

Sampel	Waktu	Parameter	Satuan	Nilai	Baku Mutu
SP 25	Minggu 1	TSS	Mg/l	718	300
	Minggu 2			553	
	Minggu 3			2124	
SP 25	Minggu 1	pH	-	7	6-9
	Minggu 2				
	Minggu 3				

Dapat kita lihat dari tabel 4.2 diatas bahwa kualitas TSS air pada Settling Pond 25 belum memenuhi persyaratan KepMen LH No. 113 Tahun 2003 yaitu 300 mg/l untuk TSS dan 6-9 untuk pH. Untuk parameter TSS belum memenuhi baku mutu.

### Proses Pengolahan Air Limbah Tambang dengan Metode Koagulasi-Flokulasi menggunakan Tawas dan Greenhydro

Koagulan yang digunakan adalah Alumunium Sulfat (tawas) dan greenhydro. Dosis koagulan tawas yang digunakan sebesar 0,02 gr, 0,03 gr, dan 0,04 gr. Dosis koagulan Greenhydro yang digunakan adalah 0,2 ml, 0,3 ml, dan 0,4 ml. Metode koagulasi-flokulasi untuk mengurangi kadar pencemar dalam air limbah tambang menggunakan 1 liter air limbah dengan metoda pengadukan secara mekanis menggunakan jar test dan sistem batch. Perlakuan yang diberikan terhadap air limbah dengan metode koagulasi-flokulasi merupakan kombinasi variasi dosis koagulan dengan kecepatan pengadukan yang digunakan yaitu 100 rpm selama 1 menit dan 50 rpm selama 20 menit. Proses pengolahan air limbah dengan metode koagulasi-flokulasi dapat dilihat pada gambar dibawah ini



Pada gambar diatas proses koagulasi-flokulasi kemudian dilanjutkan dengan proses sedimentasi yang dilakukan dengan 15 menit pengendapan. Untuk mengetahui efektifitas metode koagulasi-flokulasi menggunakan Alumium Sulfat (tawas) dan Greenhydro, maka dilakukan pengukuran terhadap kadar TSS. Pengujian Koagulasi-Flokulasi dilakukan pengulangan 3 kali selama 3 minggu, untuk mencari nilai rata-rata dosis optimum dan efektifitas koagulan.

### Konsentrasi TSS setelah Proses Koagulasi-Flokulasi dengan Tawas

Nilai rata-rata TSS yang dihasilkan setelah proses koagulasi dengan dosis 0,02 gr dalam penelitian ini 136 mg/l. Nilai rata-rata TSS yang dihasilkan setelah proses koagulasi-flokulasi dengan dosis 0,03 gr dalam penelitian ini yaitu 31 mg/l. Nilai rata-rata TSS yang dihasilkan setelah proses koagulasi-flokulasi dengan dosis 0,04 gr dalam penelitian ini sebesar 144 mg/l.

Nilai TSS setelah proses koagulasi-flokulasi dengan dosis 0,02 gr tawas memiliki nilai terendah sebesar 143 mg/l pada kecepatan 50 rpm selama 20 menit. Pada dosis 0,03 gr memiliki nilai terendah sebesar 29 mg/l pada kecepatan 50 rpm selama 20 menit. Pada dosis 0,04 gr memiliki nilai terendah sebesar 21 mg/l

pada kecepatan 50 rpm selama 20 menit. Seiring dengan peningkatan dosis yang diberikan, maka semakin besar nilai penurunan TSS. Perlakuan koagulasi-flokulasi terbaik terhadap kandungan TSS terjadi pada dosis 0,03 gr. Dosis 0,03 gr TSS memiliki nilai penyisihan yang paling besar, sedangkan pada dosis 0,04 gr memiliki nilai penyisihan paling rendah dibandingkan dosis 0,03 gr dan 0,02 gr. Hal ini disebabkan oleh penambahan dosis pada proses koagulasi-flokulasi yang melebihi batas optimum. Sehingga dosis koagulan yang diberikan sudah tidak optimal, maka dari itu peran dosis yang awalnya sebagai penyisihan TSS dapat menjadi pengotor dari sampel yang diujikan. Naiknya kembali kadar TSS diakibatkan karena restabilisasi partikel koloid akibat dari dosis yang berlebih dan tidak dapat membentuk flok yang lebih besar menyebabkan peningkatan Kembali kadar TSS pada sampel. (Reynold, 1996).

#### **Konsentrasi TSS setelah Proses Koagulasi-Flokulasi dengan *Greenhydro***

Nilai rata-rata TSS yang dihasilkan setelah proses koagulasi dengan dosis 0,2 ml dalam penelitian ini 232 mg/l. Nilai rata-rata TSS yang dihasilkan setelah proses koagulasi-flokulasi dengan dosis 0,3 ml dalam penelitian ini yaitu 294,3 mg/l. Nilai rata-rata TSS yang dihasilkan setelah proses koagulasi-flokulasi dengan dosis 0,4 ml dalam penelitian ini sebesar 302,6 mg/l.

Nilai TSS setelah proses koagulasi-flokulasi dengan dosis 0,2 ml *greenhydro* memiliki nilai terendah sebesar 61 mg/l pada kecepatan 50 rpm selama 20 menit. Pada dosis 0,3 ml memiliki nilai terendah sebesar 51 mg/l pada kecepatan 50 rpm selama 20 menit. Pada dosis 0,4 ml memiliki nilai terendah sebesar 19 mg/l pada kecepatan 50 rpm selama 20 menit. Seiring dengan peningkatan dosis yang diberikan, maka semakin besar nilai penurunan TSS. Perlakuan koagulasi-flokulasi terbaik terhadap kandungan TSS terjadi pada dosis 0,2 ml dengan rata-rata TSS yang dihasilkan 208 mg/l. Dosis 0,2 ml TSS memiliki nilai penyisihan yang paling besar, sedangkan pada

dosis 0,4 ml memiliki nilai penyisihan paling rendah dibandingkan dosis 0,2 ml dan 0,3 ml.

## **PEMBAHASAN**

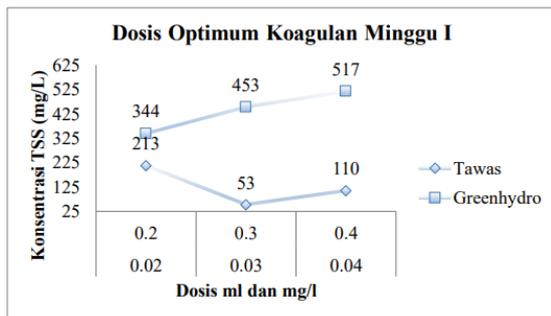
### **Dosis Optimum**

Tawas adalah koagulan yang lebih mudah terlarut (*dissolved*) dalam air, sehingga dapat mengikat lebih banyak partikel suspensi. Walaupun air sampel didiamkan lebih dari satu minggu, namun sifat tawas yang mudah larut menyebabkan partikel koagulan dalam air bekerja optimal menurunkan TSS (Ramadhani et al., 2013). Penambahan tawas juga berpengaruh terhadap penurunan TSS selama proses koagulasi. Penurunan TSS dapat terjadi karena pada proses koagulasi, kekokohan partikel ditiadakan sehingga padatan tersuspensi yang sukar untuk mengendap akan membentuk flok yang mudah mengendap dan mudah dipisahkan dari limbah cair tersebut (Nurlina, et al, 2015). Pada penelitian ini, koagulan tawas lebih unggul dalam menurunkan kadar TSS dibandingkan dengan koagulan *Greenhydro*.

*Greenhydro* adalah salah satu merek dagang koagulan polimer organik dari PT. *Green Chemicals*. *Greenhydro* merupakan campuran dari koagulan organik yang memiliki formulasi khusus sehingga mampu menjernihkan air dengan menggabungkan dan mengendapkan partikel padatan yang tersuspensi di dalam air. *Greenhydro* memiliki pH yang netral dan aman untuk lingkungan, tetapi pada penelitian ini penurunan TSS menggunakan koagulan ini kurang efektif dibandingkan dengan koagulan tawas.

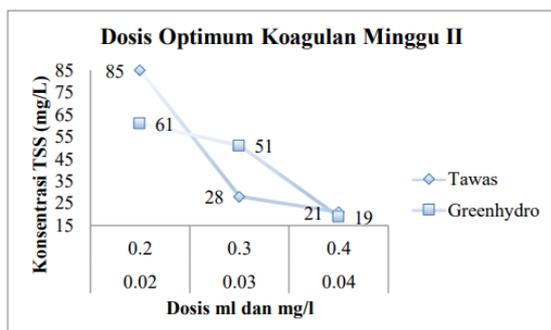
### **1. Sampel Minggu Pertama**

Dosis optimum pada sampel minggu pertama, dapat diketahui melalui grafik hubungan variasi dosis koagulan *Aluminium Sulfat* (Tawas) dan *Greenhydro* terhadap TSS pada gambar di bawah ini:



Terjadi penurunan TSS pada penambahan dosis koagulan sebesar 0,03 gr kemudian TSS mengalami kenaikan pada penambahan dosis 0,04 gr, hal ini disebabkan karena dosis yang diberikan melebihi dosis optimum, kekeruhan kembali naik karena koloid telah dinetralkan semuanya dan mengendap dengan dosis yang optimum, sehingga kelebihan koagulan akan menyebabkan kekeruhan karena tidak berinteraksi dengan partikel koloid lain yang berbeda muatan (Nur, et al, 2020). Hasil uji jar test menggunakan koagulan greenhydro, dapat dilihat dari grafik bahwa semakin banyak dosis koagulan yang digunakan maka TSS semakin meningkat. Pada dosis 0,2 ml greenhydro terjadi penurunan TSS dari 718 mg/l menjadi 344 mg/l, namun pada dosis 0,3 ml hingga 0,4 ml TSS mengalami kenaikan kembali, hal ini disebabkan karena dosis koagulan yang melebihi dosis optimum sehingga koloid menjadi restabilisasi (Khoiro et al.,2021).

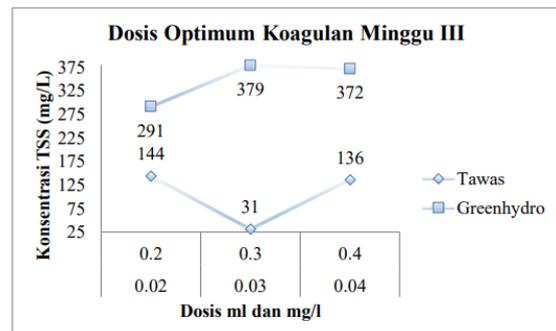
## 2. Sampel Minggu Kedua



Gambar diatas merupakan grafik hubungan variasi dosis koagulan Alumunium Sulfat (Tawas) dan Greenhydro (sampel minggu kedua). Berdasarkan gambar 4.9 dapat diketahui bahwa TSS menunjukkan penurunan setelah penambahan koagulan masing-masing pada dosis 0,04 gr/l dan 0,4 ml/l. Pada minggu

kedua ini, tidak ada terjadi hujan sehingga TSS awal yang dihasilkan tidak begitu tinggi. Tercapainya penurunan kadar TSS pada air limbah, disebabkan oleh adanya kemampuan tawas untuk mengikat padatan tersuspensi. Sehingga padatan tersuspensi mampu diikat oleh zat koagulan tawas dan pada akhirnya padatan tersuspensi membentuk flok. Dengan terbentuknya flok pada padatan tersuspensi ini akan mempengaruhi berat jenis air akan lebih kecil terhadap berat jenis padatan tersuspensi, akibatnya padatan yang telah membentuk flok dan flok menjadi besar setelah itu flok mengendap secara gravitasi (Nurlina, et al, 2015).

## 3. Sampel Minggu Ketiga



Berdasarkan grafik dapat diketahui bahwa penambahan koagulan Tawas dan greenhydro menunjukkan penurunan TSS yang tidak stabil. Dosis optimum koagulan tawas berada pada 0,03 gr/l dan dosis optimum greenhydro berada pada 0,2 ml/l. Penurunan yang tidak stabil pada grafik tersebut berarti jika dosis koagulan yang ditambahkan melebihi dari titik tersebut maka penurunan TSS akan berkurang. Semakin tinggi dosis koagulan tidak menjamin semakin baiknya penyisihan TSS. TSS contoh air setelah dikoagulasi dengan Tawas sebanyak 0,03 g/L adalah 31 mg/l, lebih baik dibandingkan TSS contoh air setelah dikoagulasi dengan Tawas sebanyak 0,04 g/L, yaitu 136 mg/l. Pada Grafik Hubungan Dosis Koagulan dan Penyisihan TSS di atas, dapat dilihat bahwa penyisihan justru menurun pada dosis koagulan terbesar. Hal ini kemungkinan diakibatkan karena muatan permukaan seluruh partikel koloid yang ada berubah dari negatif ke positif sehingga terjadi kestabilan kembali (Kristijarti, et al, 2013).

## KESIMPULAN DAN SARAN

Hasil penelitian ini dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Proses koagulasi flokulasi paa air limbah tambang dosis optimum dan penurunan *total suspended solid* (TSS) dihasilkan:
  - Koagulan *Alumunium Sulfat* (Tawas) dosis optimum 0,03 gr/l, kandungan TSS dari 1.131 mg/l menjadi 37,3 mg/l
  - Koagulan *Greenhydro* dosis optimum 0,2 mg/l, kandungan TSS dari 1.131 mg/l menjaei 232 mg/l.
2. Metode koagulasi flokulasi pada air limbah tambang menggunakan Alumunium Sulfat (Tawas) efektifitas sebesar 95,4%, sedangkan menggunakan *Greenhydro* efektifitasnya sebesar 76%  
Adapun saran yang dapat dibereikan oleh peneliti, adalah sebagai berikut:
  1. Penelitian lanjutan untuk menentukan dosis optimum dengan variasi dosis koagulan air limbah tambang yang sama walaupun dengan parameter uji yang berbeda.
  2. Penelitian selanjutnya disarankan menggunakan koagulan jenis lain yang dapat menurunkan kadar *total suspended solid* pada air limbah tambang.
  3. Menghitung gradien kecepatan pengadukan mekanis yang dapat membantu proses koagulasi-flokulasi dilapangan.

## UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengatutkan terima kasih yang setinggi-tingginya dan setulus-tulusnya pada yang terhormat ibu Anis Artiyani, ST., MT Pembimbing I dan Bapak Dr. Ir. Hery Setyobudiarso, Msc., Pembimbing II yang telah banyak mencurahkan perhatian, bimbingan dan arahan kepada penulis sejak perencanaan penelitian sampai penulisan skripsi ini.

## DAFTAR PUSTAKA

Akcil, A., & Koldas, S. (2006). *Acid Mine Drainage (AMD): causes, treatment and*

*case studies. Journal of cleaner production*, 14(12-13), 1139-1145.

Ali, M. S. (2011). *Remediation of acid mine waters. Mine Water–Managing the Challenges*, 253-257.

Aryanto, R. (2015). *Kajian Pengelolaan Air Asam Tambang dengan menggunakan Metode Aerobic Wetland dan Pengaruhnya terhadap Baku Mutu Air pada Site Lati PT. Berau Coal (Doctoral dissertation, UPN “Veteran” Yogyakarta).*

Buzzi, D. C., Viegas, L. S., Silvas, F. P., Espinosa, D. C., Rodrigues, M. A. S., Bernardes, A. M., & Tenório, J. A. S. (2011). *The use of microfiltration and electro dialysis for treatment of acid mine drainage.*

Coil, D., McKittrick, E., Mattox, A., Hoagland, N., Higman, B., & Zamzow, K. (2014). *Acid mine drainage. Ground Truth Trekking*, 1.

Gaikwad, R. W., & Gupta, D. V. (2007). *Acid mine drainage (AMD) management. I Control Pollution*, 23(2), 285-297.

Gautama, R. S. (2012). *Pengelolaan air asam tambang. Institut Teknologi Bandung, Bandung.*

Harfani, E. Y. (2007). *Evaluasi Pengelolaan Lingkungan PT. Bukit Baiduri Energi Di Kalimantan Timur (Doctoral dissertation, Tesis, Program Magister Ilmu Lingkungan: Universitas Diponegoro).*

Herniwanti. (2020). *Pengelolaan Limbah Air Asam Tambang.* FP. Aswaja

Hidayat, L. (2017). *Pengelolaan Lingkungan Areal Tambang Batubara. Adhum: Jurnal Penelitian dan Pengembangan Ilmu Administrasi dan Humaniora*, 7(1), 44-52.

Hillel, D., & Hatfield, J. L. (Eds.). (2005). *Encyclopedia of Soils in the Environment (Vol. 3).* Amsterdam: Elsevier.

Indra, H., Lepong, Y., Gunawan, F., & Abfer-tiawan, M. S. (2014). *Penerapan Metode Active dan Passive Treatmen dalam*

- Pengelolaan Air Asam Tambang Site Lati*. Jurnal Sylva Lestari, 1(1), 1-9.
- Irawan, S. N., Mahyudin, I., Razie, F., & Susilawati, S. (2016). *Kajian Penanggulangan Air Asam Tambang Pada Salah Satu Perusahaan Pemegang Ijin Usaha Pertambangan Di Desa Lemo, Kabupaten Barito Utara, Kalimantan Tengah*. *EnviroScienteeae*, 12(1), 50-59.
- Johnson, D. B., & Hallberg, K. B. (2005). *Acid mine drainage remediation options: a review*. *Science of the total environment*, 338(1-2), 3-14.
- Juari, S. S. (2006). *Potensi Penggunaan Hidrotalsit dalam Remediasi Air Asam Tambang di Lahan Gambut*. In *Seminar Nasional RPKLT Pertanian UGM (Vol. 1)*.
- Keputusan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 113 Tahun 2003 tentang Baku Mutu Air Limbah Bagi Usaha dan atau Kegiatan Pertambangan Batubara.
- Marganingrum, D., & Noviardi, R. (2009). *Pencemaran air dan tanah di kawasan pertambangan batubara di PT. Berau Coal, Kalimantan Timur*. *Riset Geologi dan Pertambangan*, 20(1), 11-20.
- McLemore, V. T. (Ed.). (2008). *Basics of metal mining influenced water (Vol. 1)*. SME.
- Mindasari, L. (2007). *Dampak Kegiatan Pertambangan Batubara PT. Tambang Batubara Bukit Asam (PT. BA) (Persero)*.
- Nugraha, F. A., Kirmi, H., & Haryanto, B. (2020). *Analisis Pengolahan Air Asam Tambang pada Media Tandan Sawit dan Kompos dengan Sistem Anaerobic Wetland Aliran Bawah Permukaan di PT. Berau Coal*. *SPECTA Journal of Technology*, 4(2), 13-22.
- PIRAMID Consortium. (2003). *Passive in-situ remediation of acidic mine/industrial drainage. Final Report*. University of Newcastle Upon Tyne, Newcastle Upon Tyne UK. 39pp.
- Rianti, L., & Saputra, D. A. A. R. (2022). *Analisis Penetrulan Air Asam Tambang Dengan Metode Aktif Menggunakan Powerbase Di PIT Timur PT Dizamarta Powerindo Kabupaten Lahat Provinsi Sumatera Selatan*. *Jurnal Ilmiah Hospitality*, 11(2), 1421-1426.
- Said, N. I. (2022). *Teknologi Pengolahan Air Asam Tambang Batubara; Alternatif Pemilihan Teknologi*. *Jai*, 7 (2), 119–138.
- Siagian, J. J. G., Yusuf, M., & Iskandar, H. (2020). *Analisis Kualitas Air Asam Tambang Di PT. Bara Batin Pratama (Nan Riang Group), Kecamatan Muara Tembesi, Kabupaten Batanghari, Provinsi Jambi Untuk Memenuhi Baku Mutu Lingkungan (Doctoral dissertation, Sriwijaya University)*.
- Sipahutar, R. (2013). *Analisis Pengelolaan Limbah Air Asam Tambang Di Iup Tambang Air Laya Pt. Bukit Asam*. Universitas Sriwijaya. Palembang.
- Skousen, J., Rose, A., Geidel, G., Foreman, J., Evans, R., & Hellier, W. (1998). *Handbook of technologies for avoidance and remediation of acid mine drainage*. National Mine Land Reclamation Center, Morgantown, 131.
- Sucahyo, A. P. A., Bargawa, W. S., Nurcholis, M., & Cahyadi, T. D. (2018). *Penerapan wetland untuk pengelolaan air asam tambang*. *Journal Technology of Civil, Electrical, Mechanical, Geology, Mining and Urban Design, Kurvatek*, doi, 10.
- Sugiono, S. (2016). *Metode penelitian kuantitatif, kualitatif, dan r & d*. Bandung: Alfabeta.
- Sukandarrumidi. (2009). *Batubara dan Pemanfaatannya*. Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Ward, C. R., & Suárez-Ruiz, I. (2008). *Introduction to applied coal petrology*. *Applied coal petrology*, 1-18.
- Zipper, C., & Skousen, J. (2014). *Passive treatment of acid mine drainage*. *Acid Mine Drainage, Rock Drainage, and Acid Sulfate Soils: Causes, Assessment, Prediction, Prevention, and Remediation*, 339-353.