

# 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

*(A Comparison The Use Of Poly Aluminium Chloride (PAC) With Aluminium Sulfat To Against A Decrease Total Suspended Solid (Tss) At Settling Pond PT. Multi Harapan Utama Job Site Loa Gagak Kutai Kartanegara Regency East Kalimantan)*

Arsita Tampubolon, Shalaho Dina Devy, Windhu Nugroho  
Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Mulawarman, Samarinda  
[arsitatampubolon95@gmail.com](mailto:arsitatampubolon95@gmail.com)

## Abstrak

Aktivitas penambangan batubara yang dilakukan dengan metode tambang terbuka maupun tambang bawah tanah telah menyebabkan beberapa dampak negatif. Salah satunya adalah *Total Suspended Solid* (TSS). Kadar TSS tinggi akan memberi dampak bagi lingkungan dan masyarakat sekitar. Oleh karena itu untuk menurunkan kadar TSS dilakukan *treatment* pada *settling pond*, dengan menggunakan *Poly Aluminium Chloride* (PAC) dan Aluminium Sulfat sebagai koagulan yang bertujuan untuk menurunkan kadar TSS sesuai baku mutu Peraturan Daerah Provinsi Kalimantan Timur Nomor 02 Tahun 2011 yakni 300 mg/L. Proses penurunan kadar TSS dapat dilakukan dengan menggunakan metode Gravimetri (SNI 06-69893-2004) dengan menambahkan *Poly Aluminium Chloride* (PAC) dan Aluminium Sulfat ke dalam sampel air. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh perbandingan penggunaan *Poly Aluminium Chloride* (PAC) dan Aluminium Sulfat. Dari hasil pengujian diperoleh dosis untuk PAC 25 mg untuk uji lapangan-lab dan 30 mg uji setelah hujan serta aluminium Sulfat 55 mg untuk uji lapangan-lab, dan setelah hujan per liter serta uji di *inlet*. Di kompartemen 3 untuk PAC 25 mg (lapangan), 35 mg (lab) dan 45 mg uji setelah hujan per liter serta Aluminium Sulfat 60 mg (lapangan), 65 mg (lab), dan 55 mg uji setelah hujan per liter. Persentase keefektifitasan PAC terhadap Aluminium Sulfat didapatkan pada pengujian di *inlet*, uji langsung lapangan didapat keefektifitasan PAC sebesar 36,4 %, uji laboratorium 36,8 %, dan pengujian setelah hujan sebesar 43,0 %. Pada pengujian di kompartemen 3, uji langsung lapangan didapat keefektifitasan PAC sebesar 33,5 % uji laboratorium 38,9 %, dan pengujian setelah hujan sebesar 45,2 %.

**Kata Kunci:** *Poly Aluminium Chloride* (PAC), Aluminium Sulfat, TSS

## Abstract

*The coal mining activity done by using the open pit mining or underground mining method has caused several negative impacts. One of negative impacts is Total Suspended Solid (TSS). High levels of TSS will give an impact for environment and local communities. Therefore, to lose TSS content do a treatment at settling pond by using Poly Aluminium Chloride (PAC) and Aluminium Sulfat as coagulant which aims to reduce levels of TSS based on quality standard of Peraturan Daerah Provinsi Kalimantan Timur Nomor 02 Tahun 2011 that is 300 mg/L. The process to decreased levels of TSS can be done with gravimetri method (SNI 06-69893-2004), which adding Poly Aluminium Chloride (PAC) and Aluminium Sulfat in to water sample. This testing performed to determine the influence of a comparison the use of Poly Aluminium Chloride (PAC) and Aluminium Sulfat to decreased levels of TSS. From the results of tests obtained dosage of PAC 25 mg to field-laboratory and 30 mg after rain, as well as Aluminium Sulfat obtained dosage 55 mg (test field-laboratory-after rain) per liter in the inlet. In compartement 3, dosage of PAC 25 mg (field), 35 mg (laboratory), 45 mg (after rain) per liter as well as Aluminium Sulfat obtained dosage 60 mg (field), 65 mg (laboratory), 55 mg (after rain) per liter. The percentage of PAC effectiveness against Aluminium Sulfat be obtained 36,4 % in the test field, 36,8 % test of laboratory, and 43,0 % test after rain in the inlet. In the compertement 3, the test field was found effectiveness of PAC 33,5 %, 38,9% test of laboratory, and 45,2 % test after rain.*

**Keywords :** *Poly Aluminium Chloride* (PAC), Aluminium Sulfat, TSS

## PENDAHULUAN

Lingkungan dengan segala jenis sumber daya yang dimiliki tentunya sangat berperan salah satunya adalah sumber daya air. Kegiatan penambangan batubara tentunya memiliki dampak bagi makhluk hidup dan lingkungan sekitarnya, baik yang bersifat positif atau yang negatif. Terdapat 4 parameter kualitas air yang harus di penuhi menurut peraturan Kementerian Lingkungan Hidup No 113 tahun 2003 yakni pH, TSS (*Total Suspended Solid*), Fe, dan Mn. Parameter fisik yang digunakan dalam penelitian ini adalah zat padat (*Total Suspended Solid*). Padatan tersuspensi total (TSS) adalah bahan-bahan tersuspensi (diameter > 1 $\mu$ m) yang tertahan pada saringan Millipore dengan diameter pori 0,45  $\mu$ m.

Tujuan penelitian ini yaitu untuk menentukan jumlah kebutuhan PAC (*Poly Aluminium Chloride*) dan Aluminium Sulfat sebagai koagulan terhadap penurunan kandungan *Total Suspended Solid* (TSS) dalam *settling pond* PT. Kaltim Diamond Coal sesuai dengan standar baku mutu Peraturan Daerah Provinsi Kalimantan Timur Nomor 02 Tahun 2011 dan menentukan koagulan yang paling efektif untuk penurunan *Total Suspended Solid* (TSS).

Penelitian ini dilakukan di Kuasa Pertambangan PT Kaltim Diamond Coal, secara administrasi terletak di Loa Gagak, Kutai Kartanegara Provinsi Kalimantan Timur. Sedangkan secara geografis letak wilayah tersebut dibatasi oleh Bujur Timur dan Lintang Selatan, sebagai berikut: 117<sup>o</sup> 03'29,7" BT- 117<sup>o</sup> 03'34,8" dan 0<sup>o</sup> 31'56,3" LS- 0<sup>o</sup> 32'06,4" LS.

### Pengertian limbah

Limbah adalah konsekuensi logis dari setiap pendirian suatu industri walaupun tidak semua industri menghasilkan limbah (Kristanto, 2002).

Untuk baku mutu air limbah sesuai Dengan Peraturan Daerah Provinsi Kalimantan Timur Nomor 02 Tahun 2011 Tentang Pengolahan Kualitas Air Dan Pengendalian Pencemaran Air maka baku mutu air limbah bagi kegiatan industri pertambangan batubara dibedakan menjadi 2 yakni :

#### 1. Dari proses pencucian batubara

**Tabel 1.** Klasifikasi Parameter Air Limbah Pada Proses Pencucian Batubara

No	Parameter	Kadar Maksimum (mg/L)	Beban Pencemaran (Kg/Ton)	Metode Uji
1	TSS	200	0,3	SNI 06-6989.3-2004
2	Besi Total (Fe)	7	0,0105	SNI 6989.5-2009
3	Mangan Total (Mn)	4	0,006	SNI 6989.5-2009
4	pH	6,0 – 9,0		SNI 06-6989.11-2004
5	Debit air limbah maksimum	1,5 m <sup>3</sup> per ton batubara yang dicuci		

#### 2. Dari kegiatan pertambangan batubara

**Tabel 2.** Klasifikasi Parameter Air Limbah Pada Kegiatan Pertambangan Batubara

No	Parameter	Kadar Maksimum (mg/L)	Metode Uji
1	TSS	300	SNI 06-6989.3-2004
2	Besi Total (Fe)	7	SNI 6989.5-2009
3	Mangan Total (Mn)	4	SNI 6989.5-2009
4	pH	6,0 – 9,0	SNI 06-6989.11-2004

Sumber: PERDA Kalimantan Timur Nomor 02 Tahun 2011

### Padatan

Padatan di dalam air terdiri dari bahan padat organik maupun anorganik yang larut, mengendap maupun tersuspensi. Bahan ini akan mengendap pada dasar air, yang lambat laun akan menimbulkan pendangkalan pada dasar wadah penerima.

**Tabel 3.** Klasifikasi Padatan di Perairan Berdasarkan Ukuran Diameter

Klasifikasi Padatan	Ukuran Diameter ( $\mu$ m)	Ukuran Diameter (mm)
Padatan terlarut	< 10 <sup>-3</sup>	< 10 <sup>-6</sup>
Koloid	10 <sup>-3</sup> – 1	10 <sup>-6</sup> - 10 <sup>-3</sup>
Padatan tersuspensi	>1	> 10 <sup>-3</sup>

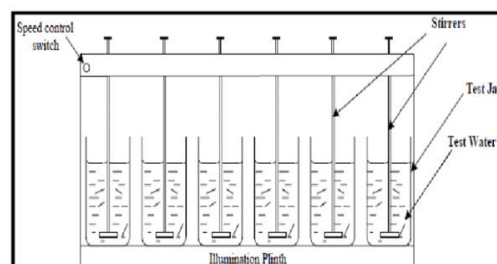
### Total Suspended Solid

*Total Suspended Solid* (TSS) yaitu jumlah berat dalam mg/L kering lumpur yang ada di dalam air limbah setelah mengalami penyaringan dengan membran dengan ukuran 0,45 mikron (Mustofa, 2000).

$$\text{TSS (mg/L)} = \frac{\text{berat padatan kering (mg)} \times 1000 \text{ ml/L}}{\text{mL sampel}}$$

### Jar-Test

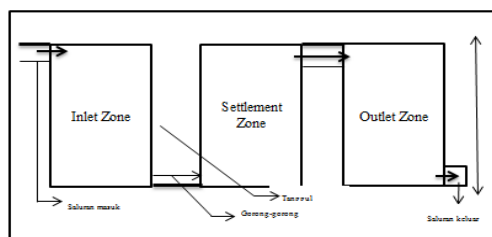
Untuk mengetahui tingkat kekeruhan suatu sampel air, maka kita bisa menggunakan alat laboratorium yang bernama *Jar-Test*. *Jar Test* ini juga dapat digunakan untuk mengetahui kinerja koagulasi dan flokulasi secara simulasi di laboratorium.



**Gambar 1.** Alat Jar-Test

### Settling Pond (Kolam Pengendapan)

Kolam pengendapan dirancang dengan baik, dibangun, dioperasikan dan dipelihara untuk meningkatkan kualitas air limbah.



Gambar 2. Desain *Settling Pond*

## METODOLOGI

Penelitian ini dilakukan dalam beberapa tahap, yaitu tahap pra lapangan, tahap penelitian lapangan dan tahap pasca lapangan (analisis data).

### Tahap Pra Lapangan

Pada tahap pra lapangan ini hal-hal yang dilakukan antara lain:

1. Studi Literatur  
Bertujuan untuk mencari informasi yang berkaitan dengan *Total Suspended Solid* baik asal mula padatan suspensi, ukuran partikel, baku mutu TSS sesuai peraturan daerah, hingga koagulan untuk penurunan TSS itu sendiri.
2. Survei awal  
Merupakan tahap peninjauan lokasi penelitian. Survei ini meliputi pemilihan lokasi yang akan dijadikan daerah penelitian, setelah melakukan survei, rencana penelitian selama di lapangan dapat dibuat lebih baik.

### Tahap Penelitian Di Lapangan

Tahap ini ditunjukkan untuk memperoleh data yang akan dianalisis. Pengambilan data dilapangan meliputi:

1. Pengambilan Sampel Air di *Settling Pond*
2. Pengujian langsung sampel air
3. Pengawetan Contoh Uji

Pengujian sampel air dilakukan secara langsung dilapangan dan dilaboratorium dari air di *inlet* dan kompartemen 3. Sampel diuji dibagi atas PAC dan Aluminium Sulfat yang masing-masing diuji 10 sampel dengan dosis yang berbeda-beda.

### Tahap Pasca Lapangan

Pada tahap ini, dilakukannya pengujian di laboratorium pada sampel yang telah di ambil. Pengujian yang akan dilakukan di laboratorium meliputi sesuai SNI yang meliputi:

1. Persiapan kertas saring
2. Pengujian di Laboratorium

### Tahap Pengolahan Data

Tahap pengolahan data merupakan tahap lanjutan yang harus dilakukan setelah semua data selesai dikumpulkan. Data-data yang terkumpul akan disajikan dalam susunan yang baik dan rapi untuk diolah sesuai dengan rumus perhitungan yang ada seperti berikut.

1. Hasil nilai TSS diperoleh saat pengujian di laboratorium dihitung sesuai persamaan
2. Dosis optimum koagulan dihitung dengan menggunakan persamaan dari analisis secara statistik yaitu regresi linear sederhana.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Curah Hujan

Data curah hujan yang digunakan adalah data sekunder yang menggunakan data hujan pada tahun 2006 – 2015.

Tabel 4. Data Curah Hujan Pada Tahun 2006-2015

Bulan	Tahun (mm/tahun)									
	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Jan	61,0	52,0	88,4	74,0	44,5	48,0	70,0	28,0	52,0	50,0
Feb	42,0	72,0	51,3	28,5	115,0	25,5	46,0	0,0	46,0	64,0
Mar	132,1	72,0	25,1	73,0	40,0	33,9	59,3	0,0	34,3	60,0
Apr	56,5	94,4	61,6	89,0	51,0	125	60,0	66,9	45,0	45,0
Mei	77,1	30,9	42,2	35,0	48,0	50,0	75,0	32,2	43,0	67,0
Juni	35,4	57,0	47,9	15,2	34,5	25,0	29,8	48,1	26,0	70,0
Juli	11,3	43,4	47,0	7,5	31,6	23,0	40,0	18,0	12,0	64,0
Agt	35,6	50,8	13,0	67,0	49	0,0	25,5	30,6	24,0	58,0
Sept	47,2	38,5	21,4	48,0	55,7	49,0	26,0	70,8	23,0	55,0
Okt	39,4	79,0	86,0	52,0	130,6	65,0	54,7	40,5	23,0	43,0
Nov	51,2	20,0	55,0	48,5	28,7	32,0	34,0	5,7	23,0	50,0
Des	20,3	35,7	52,0	38,5	50,0	51,0	56,0	139,9	51,0	85,0
Rata2	50,8	53,8	49,2	48,0	56,6	44,0	48,0	40,1	33,5	59,3

Sumber : PT Kaltim Diamond Coal

### Sumber Air Sampel

Air sampel yang digunakan dalam pengujian berasal dari *settling pond*. Sumber-sumber air tambang yang mengalir ke *settling pond* adalah sebagai berikut:

- Aliran air dari pit A
- Aliran air dari pit B

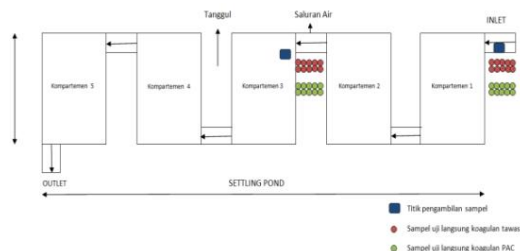
### Settling Pond 4

Pengambilan air sampel untuk melakukan pengujian TSS dan pH di ambil pada *settling pond* 4 (SP 4) di PT Kaltim Diamond Coal. SP 4 sendiri terdiri dari 5 kompartemen.



Gambar 3. *Settling Pond* SP 4 PT. Kaltim Diamond Coal

Pada penelitian ini dilakukan pengukuran dan pengambilan sampel pada *inlet* dan kompartemen 3 berikut desain *settling pond* 4 dan letak titik pengambilan sampel air tambang dapat dilihat pada gambar 4.



Gambar 4. Desain *Settling Pond* SP 4

Gambar diatas medeskripsikan pengujian yang dilakukan. Untuk pengujian langsung pada *inlet* menggunakan 2 koagulan yakni PAC dan tawas yang masing-masing memakai 10 sampel per koagulan.

### Bahan Koagulan

#### PAC (*Poly Aluminium Chloride*)

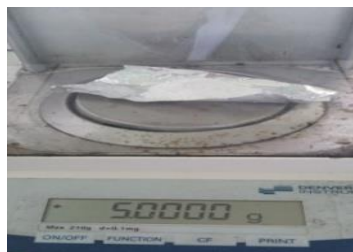
PAC biasanya dijual dalam bentuk bubuk/serbuk dan cairan. Dalam penelitian ini jenis PAC yang digunakan dalam bentuk serbuk. PAC sendiri memiliki serbuk berwarna putih sampai kuning pucat dan tidak berbau. pHnya dalam keadaan 20 °C sekitar 3,5 – 4,5, titik didih 100 °C, serta titik bekunya -20 °C.



Gambar 5. Koagulan PAC

#### Aluminium Sulfat (Tawas)

Tawas merupakan salah satu koagulan yang paling lama dikenal dan paling luas digunakan. Tawas dapat dibeli dalam bentuk cairan dengan konsentrasi 8,3 % atau dalam bentuk kering (berupa balok, granula, atau bubuk). Untuk titik didih tawas sekitar 260 °C dan titik leleh 86,5 °C.



Gambar 6. Penimbangan Aluminium Sulfat

### Hasil Uji Kadar *Total Suspended Solid* (TSS)

#### Hasil uji kadar TSS di *Inlet*

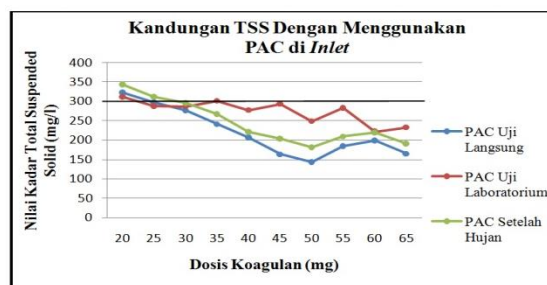
Sampel pengujian di *inlet* berasal dari sampel uji langsung di lapangan dan uji di laboratorium dengan PAC dan Aluminium Sulfat.

Hasil pengujian kadar TSS dengan menambahkan PAC dapat dilihat pada tabel 4.2

Tabel 5. Hasil Uji Kadar TSS Dengan PAC

No Sampel	Dosis koagulan	Hasil Pengujian Kadar TSS (mg/L)		
		PAC Uji Langsung	PAC Uji Lab	PAC Setelah Hujan
1	20 mg	324	312	344
2	25 mg	298	288	312
3	30 mg	288	287	296
4	35 mg	242	301	268
5	40 mg	198	277	222
6	45 mg	164	293	204
7	50 mg	144	249	182
8	55 mg	186	283	210
9	60 mg	200	222	220
10	65 mg	166	233	192

Nilai perubahan TSS air di *Inlet* dengan penambahan PAC didapatkan grafik yakni :



Gambar 7. Grafik Hasil Uji Kadar TSS Dengan PAC Pada *Inlet*

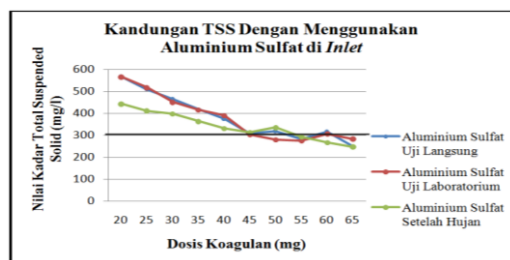
Dari grafik hasil pengujian diatas dapat dilihat bahwa terjadi penurunan kadar TSS setiap perlakuan pengujian. Rata-rata uji langsung di lapangan dan uji lab didapatkan bahwa hasil kadar TSS berada di bawah standar baku mutu air yakni 300 mg/L.

Hasil pengujian kadar TSS dengan menambahkan Aluminium Sulfat dapat dilihat pada tabel 6:

Tabel 6. Hasil Uji Kadar TSS Dengan Aluminium Sulfat

No Sampel	Dosis koagulan	Hasil Pengujian Kadar TSS (mg/L)		
		Aluminium Sulfat Uji Langsung	Aluminium Sulfat Uji Lab	Aluminium Sulfat Setelah Hujan
1	20 mg	568	567	444
2	25 mg	509	518	412
3	30 mg	466	451	398
4	35 mg	418	416	364
5	40 mg	374	390	332
6	45 mg	309	304	314
7	50 mg	319	279	336
8	55 mg	282	275	294
9	60 mg	317	306	268
10	65 mg	249	283	248

Nilai perubahan kadar TSS air di *Inlet* dengan penambahan Aluminium Sulfat didapatkan grafik sebagai berikut:



**Gambar 8.** Grafik Hasil Uji Kadar TSS Dengan Aluminium Sulfat Pada *Inlet*

Dari grafik hasil pengujian kadar TSS rata-rata terjadi penurunan kadar TSS baik uji langsung lapangan dan uji. Untuk uji lab, penurunan kadar TSS cenderung stabil seiring penambahan dosis. Kadar TSS pada sampel air setelah hujan dalam penambahan dosis TSS turun, hanya pada dosis 50 mg TSS mengalami kenaikan

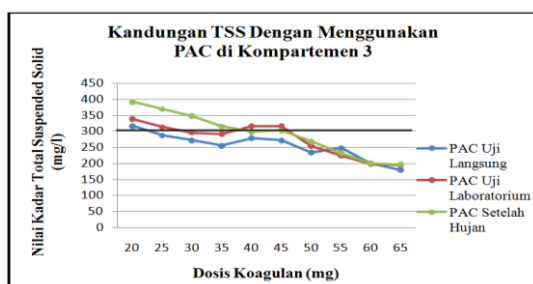
### Hasil Uji Kadar TSS Di Kompartemen 3

Hasil pengujian kadar TSS dengan menambahkan PAC dapat dilihat pada tabel 7:

**Tabel 7.** Hasil Uji Kadar TSS Dengan PAC

No Sampel	Dosis koagulan	Hasil Pengujian Kadar TSS (mg/L)		
		PAC Uji Langsung	PAC Uji Lab	PAC Setelah Hujan
1	20 mg	317	338	392
2	25 mg	288	313	370
3	30 mg	272	296	348
4	35 mg	255	291	316
5	40 mg	279	316	298
6	45 mg	272	315	302
7	50 mg	234	254	268
8	55 mg	248	224	232
9	60 mg	200	199	200
10	65 mg	180	195	196

Nilai perubahan kadar TSS didapatkan grafik yang digambarkan sebagai berikut :



**Gambar 9.** Grafik Hasil Uji Kadar TSS dengan PAC di Kompartemen 3

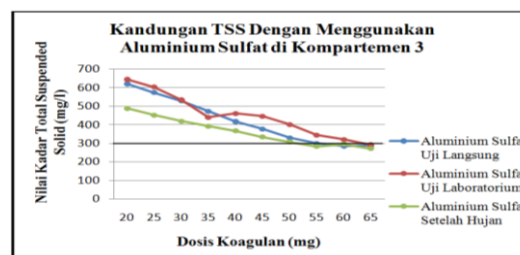
Dari grafik hasil pengujian kadar TSS, penambahan dosis koagulan rata-rata menurunkan kadar TSS. Hasil uji langsung hanya dosis 20 mg berada diatas standar baku mutu yakni 317 mg/L. Untuk uji lab pada dosis 40 mg-45 mg kadar TSS mengalami kenaikan dan turun lagi. Sampel air setelah hujan dalam penambahan dosis terjadi penurunan TSS.

Hasil pengujian kadar TSS dengan menambahkan Aluminium Sulfat dapat dilihat pada tabel 8 sebagai berikut :

**Tabel 8.** Hasil Uji Kadar TSS Dengan Aluminium Sulfat

No Sampel	Dosis koagulan	Hasil Pengujian Kadar TSS (mg/L)		
		Aluminium Sulfat Uji Langsung	Aluminium Sulfat Uji Lab	Aluminium Sulfat Setelah Hujan
1	20 mg	621	646	488
2	25 mg	574	605	452
3	30 mg	529	535	420
4	35 mg	473	441	392
5	40 mg	417	462	368
6	45 mg	378	476	334
7	50 mg	330	402	308
8	55 mg	300	345	284
9	60 mg	286	321	296
10	65 mg	288	292	272

Nilai perubahan kadar TSS dengan penambahan Aluminium Sulfat didapatkan grafik:



**Gambar 10.** Grafik Hasil Uji Kadar TSS Dengan Aluminium Sulfat di Kompartemen 3

Pengaruh Aluminium Sulfat terhadap kadar TSS di kompartemen 3 mengalami penurunan. Pada uji langsung dan lab rata-rata kadar TSS belum mencapai baku mutu air yakni 300 mg/L. Hanya dosis 60 mg dan 65 mg kadar TSS berada dibawah baku mutu. TSS pada sampel air setelah hujan mencapai baku mutu air saat penambahan dosis 55 mg – 65 mg sebesar 284 mg/L, 296 mg/L, dan 272 mg/L.

Dari tabel-tabel dan grafik hasil kadar TSS dapat dilihat bahwa kedua koagulan dapat menurunkan kadar TSS sesuai dengan PERDA Kalimantan Timur Nomor 02 Tahun 2011 tentang standar baku mutu air yakni 300 mg/L. Pemberian dosis yang bervariasi mempengaruhi kadar akhir TSS. Faktor-faktor yang mempengaruhi kadar TSS dalam pengujian bisa di sebabkan beberapa faktor yaitu:

1. Masalah dengan perbedaan suhu. Suhu termasuk parameter proses pengendapan (Indrati dkk, 2001). Saat pengujian langsung di lapangan, sampel secara langsung terpapar dengan sinar matahari yang mengakibatkan kenaikan suhu. Beda hal saat pengujian di laboratorium yang suhunya sesuai dengan kondisi ruang lab. Suhu air saat dilapangan 44°C dan di laboratorium 24°C. Peningkatan suhu akan meningkatkan kecepatan gerak partikel sehingga semakin banyak tumbukan antar partikel yang dapat terjadi yang akhirnya mempercepat terbentuknya flok.

- Waktu pengadukan yang tidak lama saat uji laboratorium dan penimbangan kertas saring.
- Kurangnya ketelitian saat penambahan dosis koagulan pada sampel uji dan penimbangan kertas saring.

#### Hasil Pengukuran pH Sampel Air di *Settling Pond* 4

Air asam tambang adalah air yang terbentuk di lokasi penambangan dengan pH rendah (pH <6) sehingga menimbulkan masalah bagi kualitas air.

Sampel uji yang dipakai untuk pengukuran pH adalah sampel yang dipakai uji TSS sebelumnya sehingga diketahui pengaruh dosis koagulan terhadap penurunan kadar TSS dan pH.

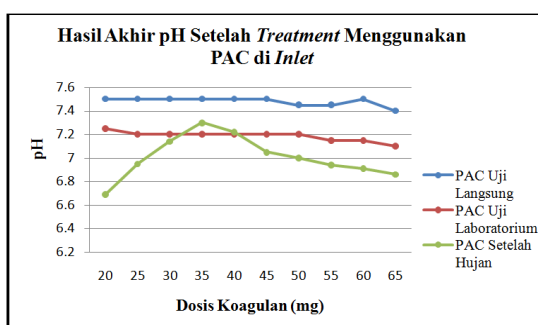
#### pH Air di *Inlet* Setelah *Treatment*

Rata-rata pH awalnya sampel air di *Inlet* yakni 6,9 dan setelah hujan 5,85. Hasil akhir pH menggunakan koagulan PAC pada tabel 9.

**Tabel 9.** Hasil Akhir pH Air Dengan PAC

No Sampel	Dosis koagulan	Hasil Pengujian pH Air		
		PAC Uji Langsung	PAC Uji Lab	PAC Setelah Hujan
1	20 mg	7,5	7,25	6,69
2	25 mg	7,5	7,2	6,95
3	30 mg	7,5	7,2	7,14
4	35 mg	7,5	7,2	7,30
5	40 mg	7,5	7,2	7,22
6	45 mg	7,5	7,2	7,05
7	50 mg	7,45	7,2	7,00
8	55 mg	7,45	7,15	6,94
9	60 mg	7,5	7,15	6,91
10	65 mg	7,4	7,1	6,86

Nilai perubahan pH air di *Inlet* dengan penambahan PAC didapatkan grafik yakni :



**Gambar 11.** Grafik Hasil pH Air Dengan PAC Pada *Inlet*

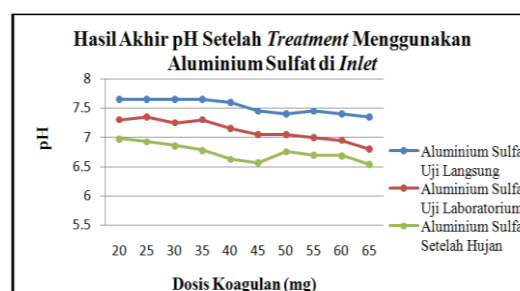
Dari grafik di atas dapat dilihat bahwa baik uji secara langsung di lapangan dan lab dapat mempertahankan keadaan pHnya dalam penambahan dosis. Sampel air setelah hujan menaikan pH setiap penambahan dosis hingga saat dosis 40 mg pH mengalami penurunan.

Hasil akhir pH menggunakan koagulan Aluminium Sulfat dapat dilihat pada tabel 10.

**Tabel 10.** Hasil Akhir pH Air Dengan Aluminium Sulfat

No Sampel	Dosis koagulan	Hasil Pengujian pH Air		
		Aluminium Sulfat Uji Langsung	Aluminium Sulfat Uji Lab	Aluminium Sulfat Setelah Hujan
1	20 mg	7,65	7,3	6,98
2	25 mg	7,65	7,35	6,93
3	30 mg	7,65	7,25	6,86
4	35 mg	7,65	7,3	6,78
5	40 mg	7,6	7,15	6,63
6	45 mg	7,45	7,05	6,57
7	50 mg	7,4	7,05	6,76
8	55 mg	7,45	7	6,70
9	60 mg	7,4	6,95	6,69
10	65 mg	7,35	6,8	6,64

Nilai perubahan pH air di *Inlet* dengan penambahan Aluminium Sulfat didapatkan grafik yang digambarkan sebagai berikut :



**Gambar 12.** Grafik Hasil pH Air dengan Aluminium Sulfat Pada *Inlet*

Berdasarkan grafik diatas, penambahan dosis Aluminium Sulfat baik uji langsung, lab, serta sampel air setelah hujan menaikan pH air 7,65, 7,3, dan 6,98 dari pH awalnya pada dosis 20 mg. Seiring dengan penambahan dosis hingga 60 mg, kondisi pH air menurun menjadi 7,35 pada uji langsung dan 6,8 pada uji lab serta 6,64.

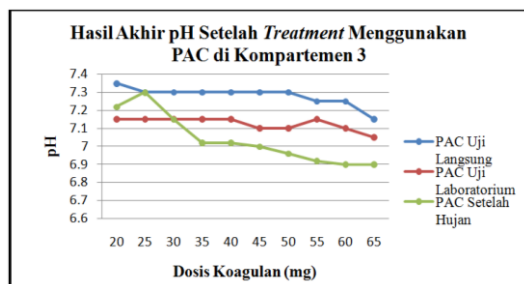
#### pH Air di *Kompartemen 3* Setelah *Treatment*

Rata-rata pH awalnya sampel air di *Inlet* yakni 7,1 dan 6,34. Hasil akhir pH menggunakan koagulan PAC dapat dilihat pada tabel 11.

**Tabel 11.** Hasil Akhir pH Air Dengan PAC

No Sampel	Dosis koagulan	Hasil Pengujian pH Air		
		PAC Uji Langsung	PAC Uji Lab	PAC Setelah Hujan
1	20 mg	7,35	7,15	7,22
2	25 mg	7,3	7,15	7,30
3	30 mg	7,3	7,15	7,15
4	35 mg	7,3	7,15	7,02
5	40 mg	7,3	7,15	7,02
6	45 mg	7,3	7,1	7,00
7	50 mg	7,3	7,1	6,96
8	55 mg	7,25	7,15	6,92
9	60 mg	7,25	7,1	6,90
10	65 mg	7,15	7,05	6,90

Nilai perubahan pH air di *Inlet* dengan penambahan PAC didapatkan grafik yakni :



**Gambar 13.** Grafik Hasil pH Air dengan PAC Kompartemen 3

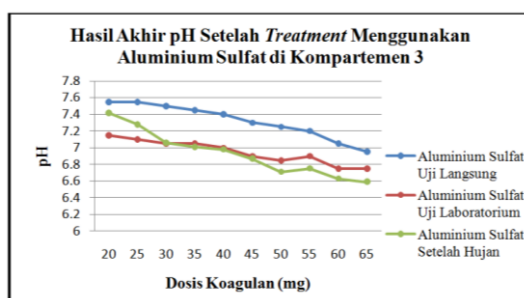
Berdasarkan grafik diatas pada uji lab dan langsung rata-rata mempertahankan keadaan pH. pH sampel air setelah hujan naik dari 6,34 menjadi 7,3 di dosis 25 mg dan mengalami penurunan hingga 6,9.

Untuk hasil akhir pH menggunakan koagulan Aluminium Sulfat dapat dilihat pada tabel 12.

**Tabel 12.** Hasil Akhir pH Air Dengan Aluminium Sulfat

No Sampel	Dosis koagulan	Hasil Pengujian pH Air		
		Aluminium Sulfat Uji Langsung	Aluminium Sulfat Uji Lab	Aluminium Sulfat Setelah Hujan
1	20 mg	7,55	7,15	7,42
2	25 mg	7,55	7,1	7,28
3	30 mg	7,5	7,05	7,06
4	35 mg	7,45	7,05	7,01
5	40 mg	7,4	7	6,98
6	45 mg	7,3	6,9	6,87
7	50 mg	7,25	6,85	6,71
8	55 mg	7,2	6,9	6,75
9	60 mg	7,05	6,75	6,63
10	65 mg	6,95	6,75	6,59

Nilai perubahan pH air didapatkan grafik yang digambarkan sebagai berikut:



**Gambar 14.** Grafik Hasil pH Air Dengan Aluminium Sulfat Pada Kompartemen 3

Berdasarkan grafik diatas, penambahan dosis Aluminium Sulfat baik uji langsung, lab, serta sampel air setelah hujan menaikkan pH air 7,55, 7,15, dan 7,42 dari pH awalnya pada dosis 20 mg. Seiring dengan penambahan dosis hingga 60 mg, kondisi pH air menurun menjadi 6,95 pada uji langsung dan 6,75 pada uji lab serta 6,59.

Apabila mengacu pada PERDA Kalimantan Timur Nomer 01 Tahun 2011, air pada *settling pond* 4 memenuhi standar baku mutu air limbah kegiatan pertambangan batubara yaitu dengan pH

6-9. pH menggunakan koagulan aluminium sulfat rata-rata dalam penambahan dosisnya menurunkan pH, hal ini dikarenakan aluminium sulfat memiliki sifat asam sehingga pada saat penambahan dosis yang berlebihan maka kandungan asam pun semakin banyak yang akhirnya membuat konsentrasi pH menurun.

### Optimasi Dosis PAC dan Aluminium Sulfat Secara Teoritis

Untuk mendapatkan dosis yang optimum, penelitian ini dilakukan analisis statistik dengan metode regresi linear sederhana. Sebelum melakukan analisis regresi linear, analisis yang harus dilakukan adalah korelasi. Analisis ini bertujuan untuk mengetahui ada atau tidak hubungan antara dosis PAC dan Aluminium Sulfat sebagai variabel X dan kadar TSS sebagai variabel Y. Berdasarkan perhitungan korelasi pada pengujian TSS didapatkan:

**Tabel 13.** Nilai Korelasi Pengujian

Tempat Pengujian	Cara Pengujian	Koagulan	Korelasi (r)
Inlet	Uji Lapangan	PAC	-0,856
		Aluminium Sulfat	-0,955
	Uji Lab	PAC	-0,82
		Aluminium Sulfat	-0,932
	Uji setelah hujan	PAC	-0,89
		Aluminium Sulfat	-0,978
Komp 3	Uji Lapangan	PAC	-0,909
		Aluminium Sulfat	-0,98
	Uji Lab	PAC	-0,897
		Aluminium Sulfat	-0,975
	Uji setelah hujan	PAC	-0,989
		Aluminium Sulfat	-0,98

Data hasil kadar TSS baik PAC dan Aluminium Sulfat dimasukan kedalam persamaan hingga didapatkan persamaan regresi linear  $Y = a + bX$  dan hasilnya dapat dilihat tabel 14.

**Tabel 14.** Persamaan Regresi Pengujian dan Dosis Koagulan

Tempat Pengujian	Cara Pengujian	Koagulan	Persamaan Regresi	Dosis (mg)
Inlet	uji lapangan	PAC	$Y = 372,76 - 3,57X$	20,38
		Aluminium Sulfat	$Y = 664,27 - 6,663X$	54,67
	uji lab	PAC	$Y = 343,169 - 1,615X$	26,73
		Aluminium Sulfat	$Y = 657,957 - 6,566X$	54,51
	uji setelah hujan	PAC	$Y = 385 - 3,294X$	25,81
		Aluminium Sulfat	$Y = 528,45 - 4,41X$	51,79
Kompartemen 3	uji lapangan	PAC	$Y = 359,53 - 2,4715X$	24,09
		Aluminium Sulfat	$Y = 760,939 - 8,0315X$	57,39
	uji lab	PAC	$Y = 405,82 - 3,099X$	34,14
		Aluminium Sulfat	$Y = 771,878 - 7,583X$	62,23
	uji setelah hujan	PAC	$Y = 481,46 - 4,45X$	40,77
		Aluminium Sulfat	$Y = 567,56 - 4,84X$	55,16

Untuk dosis optimum koagulan pada tabel diatas dapat dilihat dengan membandingkan dosis yang diuji sesuai dengan tabel 4.2 - 4.5 yang mendekati atau dibawah kadar TSS 300 mg/L. Dosis optimumnya dapat dilihat pada tabel 15.

**Tabel 15.** Dosis Optimum

Tempat Pengujian	Cara pengujian	Koagulan	Dosis (mg) Regresi	Dosis Optimum (mg)		
				Kadar TSS (mg/L)		
Inlet	uji lapangan	PAC	20,38	20 mg	25 mg	
		Aluminium Sulfat	54,67	324 mg/L	298 mg/L	
	uji lab	PAC	26,73	50 mg	55 mg	
		Aluminium Sulfat	54,51	319 mg/L	282 mg/L	
	uji setelah hujan	PAC	25,81	25 mg	30 mg	
		Aluminium Sulfat	51,79	288 mg/L	287 mg/L	
	Kopartemen 3	uji lapangan	PAC	24,09	50 mg	55 mg
			Aluminium Sulfat	57,39	336 mg/L	294 mg/L
uji lab		PAC	34,14	20 mg	25 mg	
		Aluminium Sulfat	62,23	317 mg/L	288 mg/L	
uji setelah hujan		PAC	40,77	55 mg	60 mg	
		Aluminium Sulfat	55,16	300 mg/L	286 mg/L	
				30 mg	35 mg	
				296 mg/L	291 mg/L	
			60 mg	65 mg		
			321 mg/L	292 mg/L		

### Keefektifitasan *Poly Aluminium Chloride* (PAC) dan Aluminium Sulfat

Berdasarkan analisis data yang diperoleh dari uji lapangan dan laboratorium untuk penggunaan PAC dan Aluminium Sulfat dalam menurunkan kadar TSS di bawah standar baku mutu yakni 300 mg/L, sehingga PAC lebih efektif menurunkan kadar TSS dibandingkan Aluminium Sulfat.

**Tabel 16.** Persentase Efektifitas PAC Terhadap Aluminium Sulfat

Tempat Pengujian	Cara Pengujian	Kefektifitasan PAC terhadap Aluminium Sulfat (%)
Inlet	uji langsung	36,4 %
	uji lab	36,8 %
	uji setelah hujan	43,0 %
Kopartemen 3	uji langsung	33,5 %
	uji lab	38,9 %
	uji setelah hujan	45,2 %

## KESIMPULAN

Berdasarkan dari hasil analisis mengenai dosis optimal dengan *Poly Aluminium Chloride* (PAC) dan Aluminium Sulfat disimpulkan:

- Jumlah kebutuhan PAC dan Aluminium Sulfat dengan menggunakan analisis regresi adalah:
  - Saat uji lapangan (*inlet*) dosis optimum PAC sebesar 25 mg kadar TSSnya 298 mg/L dan Aluminium Sulfat dosisnya 55 mg kadar TSSnya 282 mg/L. Saat uji lab dosis optimum PAC sebesar 25 mg kadar TSSnya 288 mg/L dan Aluminium Sulfat dosisnya 55 mg kadar TSSnya 279 mg/L. Uji setelah hujan didapatkan dosis optimum PAC sebesar 30 mg kadar TSSnya 296 mg/L dan Aluminium Sulfat dosisnya 55 mg kadar TSSnya 294 mg/L.
  - Saat uji lapangan (kopartemen 3) dosis optimum PAC sebesar 25 mg kadar TSSnya 288 mg/L dan Aluminium Sulfat dosisnya 60 mg kadar TSSnya 286 mg/L. Saat uji lab dosis optimum PAC sebesar 35 mg kadar

TSSnya 291 mg/L dan Aluminium Sulfat dosisnya 65 mg kadar TSSnya 292 mg/L. Uji setelah hujan dosis optimum PAC sebesar 40 mg kadar TSSnya 298 mg/L dan Aluminium Sulfat dosisnya 55 mg kadar TSSnya 284 mg/L.

- Koagulan paling efektif untuk menurunkan kadar TSS adalah *Poly Aluminium Chloride* (PAC). Aluminium sulfat juga menurunkan kadar TSS dan pH tetapi pemakaian dosisnya lebih tinggi dibanding dengan PAC. Persentase efektifitas PAC terhadap Aluminium Sulfat sebagai berikut :
  - Tempat pengujian di Inlet. Saat uji langsung 36,4 %, uji laboratorium 36,8 %, dan uji setelah hujan 43,0 %.
  - Tempat pengujian di kopartemen 3. Saat uji langsung 33,5 % , uji laboratorium 38,9 % , dan uji setelah hujan 45,2 %.

## DAFTAR PUSTAKA

- Effendi, Hefni,. 2003. *Telaah Kualitas Air*, Kanisius : Yogyakarta
- Irianto, Agus,. 2004. *Statistik Konsep Dasar, Aplikasi dan Pengembangannya Edisi Keempat*. Preadamedia Group : Jakarta.
- Kristanto, Philip,. 2002. *Ekologi Industri LMG/L*. Penerbit ANDI: Yogyakarta
- Kristijarti, A.P., Suharto, Ign., Marieanna,. 2013. *Penentuan Jenis Koagulan dan Dosis Optimum untuk Meningkatkan Efisiensi Sedimentasi dalam Instalasi Pengolahan Air Limbah Pabrik Jamu X. Laporan Penelitian*. Universitas Katolik Parahyangan.
- Mustofa, A,. 2000. *Kamus Lingkungan. Rineka Cipta*. Jakarta.
- Peraturan Daerah Provinsi Kalimantan Timur Nomor 02 Tahun 2011 Tentang Pengolahan Kualitas Air Dan Pengendalian Pencemaran Air maka baku mutu air limbah bagi kegiatan industri pertambangan
- Reksoatmodjo, T.N,. 2009. *Statistika Esperimen Rekayasa*. Refika Aditama : Bandung
- SNI 06-6989.3-2004 Tentang Air dan Air limbah – Bagian 3 : Cara Uji Padatan Tersuspensi Total ( Total Suspended, TSS) Secara Garvimentri
- Spellman, F.A., 2003. *Waste and Water Treatment Plant Operations*. Lewis Publishers : USA
- Supranto, J,. 2009. *Statistik : Teori dan Aplikasi Jilid1*. Rekayasa. Erlangga : Jakarta.
- Wardhana, W.A,. 2001. *Dampak Pencemaran Lingkungan (Edisi Revisi)*. Andi: Yogyakarta.