PENGARUH PENGGUNAAN KOAGULAN (AIR ASAM TAMBANG, ALUMINIUM SULFAT) DALAM PENGOLAHAN AIR *RUN OFF* PERTAMBANGAN BATU BARA

Nama Mahasiswa : Iva Yenis Septiariva
NRP : 3310100099
Jurusan : Teknik Lingkungan, FTSP – ITS
Dosen Pembimbing : Welly Herumurti., ST. M.Sc.

Abstrak

Air *run off* mempunyai kekeruhan dan TSS yang tinggi. Selain air *run off*, permasalahan yang dihadapi oleh industri pertambangan adalah keluarnya air asam tambang.Air asam tambang (AAT) memiliki pH rendah dan mengandung logam berat. AAT dan air *run off* apabila tidak dikelola akan mencemari lingkungan. Kandungan Fe total dalam AAT berpotensi sebagai koagulan. Penelitian ini bertujuan untuk mengolah air *run off* pertambangan batu bara melalui proses koagulasi-flokulasi dengan metode *jar test*.

Jar test dilakukan dengan pengadukan cepat 200 rpm selama 60 detik dan pengadukan lambat 40 rpm selama 15 menit. Variabel bebas adalah dosis koagulan, pH air sampel, pH AAT, kekeruhan awal, kecepatan pengadukan lambat dan waktu pengendapan. Variabel terikat yaitu TSS, kekeruhan dan pH akhir.

Berdasarkan penelitian ini dapat disimpulkan bahwa penggunaan air asam tambang berpengaruh dalam penurunan TSS dan kekeruhan.Penggunaan air asam tambang sebagai koagulan lebih efektif daripada koagulan aluminium sulfat.Dosis dan pH optimum air asam tambang dalam pengulahan air *run off* adalah 1,083 mg Fe/L dan pH 7. Sedangkan dosis dan pH aluminium sulfat adalah 300 mg/L dan pH 7. Kecepatan pengadukan optimum adalah saat 20 rpm sedangkan waktu pengendapan optimum saat 30 menit.

Kata Kunci: air asam tambang, air *run off*, koagulan

“Halaman ini Sengaja Dikosongkan”

THE INFLUENCE OF COAGULANT USING (ACID MINE DRAINAGE, ALUMINIUM SULFATE) IN THE PROCESSING OF *RUN OFF* WATER IN COAL MINING

Nama Mahasiswa : Iva Yenis Septiariva
NRP : 3310100099
Jurusan : Teknik Lingkungan, FTSP – ITS
Dosen Pembimbing : Welly Herumurti ST., M.Sc.

Abstract

Run off water in coal mining generally has high turbidity and TSS (Total Suspended Solid). Beside of run off water, another problem in mining industry is the presence of Acid Mine Drainage (AMD). Acid mine drainage (AMD) has low pH and containing heavy metals. Without a good processing, AMD and run off water can contamine the enviroment. Total content of Fe in acid mine drainage potentially become coagulant. The main purpose of this research is to treat coal mining run off water by coagulation-flocculation process by jar-test method.

Jar test was done by applying 200 rpm rapid mix during 60 seconds and 40 rpm slow mix during 15 minutes. The independent variables were coagulant dosage, pH of the sample water, pH of AMD, turbidity, slow mix and settling time. The dependent variables were TSS, turbidity and pH.

Based on the research, it can be concluded that the use of acid mine drainage affects to the decreasing of TSS and turbidity. The use of acid mine drainage as coagulant was more effective than aluminium sulfate coagulant. The dosage and the optimum pH of acid mine water in the processing of run off drainage was 1,083 mg Fe/L and pH 7. Whereas the dosage and the pH of aluminium sulfate was 300 mg/L and pH 7. The speed of optimum stirring was 20 rpm and the optimum settling time was 30 minutes.

Keywords: acid mine drainage, run off water, coagulant.

“Halaman ini Sengaja Dikosongkan”

BAB 2
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pertambangan Batu Bara

Pada proses pertambangan batu bara terdapat beberapa aspek yang perlu diperhatikan salah satunya adalah aspek lingkungan. Hal ini bertujuan untuk mengembalikan lingkungan ke keadaan yang baik, setelah proses pertambangan selesai dilakukan. Tahapan pekerjaan pertambangan adalah *land clearing*, pengupasan tanah penutup, pemboran peledakan, peledakan, penggalian dan pemuatan, pengangkutan (*hauling*) dan reklamasi.

1. *Land clearing* merupakan aktivitas pembersihan material hutan, diantarannya pemotongan pepohonan, pembabatan dan sampai ke pembakaran hasilnya.
2. Pengupasan lapisan tanah penutup
   Teknis pengupasan ini adalah tanah penutup dibuang ke tempat yang sudah digali atau ke tempat pembuangan khusus.
3. Pemboran Peledakan
   Tahapan memiliki urutan pekerjaan sebagai berikut: pemboran, pemuatan bahan peledak, penyambungan rangkaian peledakan dan penembakan. Adapun pada prinsipnya, pemboran bertujuan untuk mendapatkan kualitas lubang ledak yang tinggi dengan pemboran yang cepat dan dalam posisi yang tepat.
4. Peledakan
   Seperti yang telah disebutkan sebelumnya, tahapan ini merupakan lanjutan dari tahapan pemboran. Aktivitas ini dilakukan untuk melepas batuan dari batuan induknya dengan harapan menghasilkan bongkaran bantuan yang berukuran lebih kecil sehingga memudahkan proses pendorongan, pemuatan, pengangkutan, dan konsumsi material.
5. Penggalian dan Pemuatan

Pada tahapan ini, batu bara digali dari lubang yang sudah diledakkan, selanjutnya dimuat menurut pola pemuatan yang tergantung dari kondisi lapangan operasi serta alat mekanis yang digunakan.

6. Pengangkutan (Hauling)
   Material dalam jumlah besar dalam industri pertambangan di transport dengan haulage (pemindahan tanah ke arah horizontal) dan hoisting (pemindahan tanah ke arah vertikal)
7. Reklamasi
   Suatu kegiatan untuk memperbaiki lahan bekas tambang atau lahan terbuka dimana pengelolaannya setelah proses pertambangan selesai.Aktivitas ini bertujuan memperbaiki lahan bekas tambang untuk pelestarian lingkungan dan penanggulangan resiko akibat dampak dari pertambangan (Irwandy, 2002).

2.2 Air Limbah Pertambangan Batu Bara

Baku mutu air limbah batu bara adalah ukuran batas atau kadar unsur pencemar dan atau jumlah unsur pencemaran yang ditenggang keberadaannya dalam air limbah batu bara yang akan dibuang atau dilepas ke air permukaan. Baku mutu air limbah pertambangan batu bara dapat dilihat pada Tabel 2.1

Tabel 2.1 Baku mutu air limbah penambangan batu bara berdasarkan KEPMEN LH No 112 Tahun 2003

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

Sumber: KEPMEN LH/112/2003

Berdasarkan Peraturan Daerah Provinsi Kalimantan Timur No 02 Tahun 2011, baku mutu air limbah untuk kegiatan pertambangan batu bara meliputi parameter pH, residu tersuspensi, Fe total,

dan Mn total dengan kadar maksimum masing-masing 6-9, 300 mg/L, 7 mg/L, dan 4 mg/L. Baku mutu air limbah kegiatan penambangan batu bara dapat dilihat padaTabel 2.2.

Tabel 2.2 Baku mutu air limbah kegiatan penambangan batu bara berdasarkan PERDA Prov. KALTIM No. 02 Tahun 2011

Parameter	Satuan	Kadar Maksimum
pH		6-9
Residu Tersuspensi	mg/L	300
Besi (Fe) Total	mg/L	7
Mangan (Mn) Total	mg/L	4

Sumber: PERDA/KALTIM/02/2011

Berdasarkan kedua baku mutu air limbah kegiatan pertambangan batu bara tersebut, Peraturan Daerah Provinsi Kalimantan Timur No 02 Tahun 2011 memiliki nilai yang lebih ketat atau kecil pada parameter residu tersuspensi yaitu memiliki nilai 300 mg/L. Oleh karena itu, Peraturan Daerah Provinsi Kalimantan Timur No 02 Tahun 2011 digunakan sebagai patokan dalam pengolahan air limbah pertambangan batu bara.

2.3 Air *Run Off* Pertambangan Batu bara

Air *run off* pertambangan batu bara memiliki kandungan TSS dan kekeruhan yang tinggi. Saat terjadi hujan, air akan dengan mudah mengerosi material-material di area tambang sehingga material hasil erosi akan terbawa oleh proses *run off* dari daerah sekitar. Akibatnya air *run off* yang keluar dari area tambang mempunyai TSS dan kekeruhan yang tinggi. Curah hujan yang tinggi mengakibatkan semakin besar pula jumlah air *run off* yang dihasilkan (Amalia, 2011). Menurut penelitian yang dilakukan oleh Amalia (2011), kandungan TSS dalam air *run off* adalah 700 – 3750 mg/L. Pada umumnya pengolahan air *run off* dengan mengalirkan ke dalam kolam pengendapan dan diberi kapur untuk mempercepat proses pengendapan.

2.4 Air Asam Tambang

Air asam tambang berasal dari batuan tambang, tailing, dan struktur tambang. Air asam tambang diproduksi ketika bahan sulfida bereaksi dengan oksigen dan air.Karakteristik air asam tambang yaitu mengandung pH yang rendah dan konsentrasi logam berat yang tinggi, sehingga AAT (air asam tambang) dapat mencemari permukaan, air tanah serta tanah.Alam memiliki beraneka jenis mineral sulfida, dan besi sulfida yang paling umum digunakan.Namun mineral logam sulfida lainnya juga dapat memproduksi AAT.Komposisi utama dari pembentukan asam adalah mineral-mineral sulfida, air atau suasana lembab, oksigen di atmosfer maupun bahan kimia.Air asam tambang memiliki pH rendah, konduktivitas yang tinggi, kandungan besi, aluminium, dan mangan tinggi, konsentrasi logam berat yang rendah (Akcil dan Koldas, 2006).

2.4.1 Proses Pembentukan Air Asam Tambang

Reaksi pembentukan asam dapat diilustrasikan dengan senyawa oksidasi *pyrite* (FeS_2) yang merupakan senyawa paling dominan dalam mineral sulfida.Reaksi pertama adalah oksidasi mineral sulfida menjadi besi terlarut, sulfat dan hidrogen.

$$\mathbf{FeS_2 + 7/2\ O_2 + H_2O \rightarrow Fe^{2+} + 2SO_4^{2-} + 2H^+} \quad \text{.....} \quad \mathbf{2.1}$$

besi sulfida + oksigen + air →logam *ferro* + sulfat + asam
Fe^{2+} terlarut, SO_4^{2-}, dan H^+ mewakili peningkatan total padatan terlarutdan keasaman di dalam air sehingga menyebabkan penurunan pH. Jika kondisi lingkungan disekitarnya cukup untuk proses oksidasi (tergantung pada konsentrasi O_2, pH, aktivitas bakteri), maka sebagian besar logam *ferro* akan mengoksidasi ke logam *ferric* seperti pada persamaan 2.

$$\mathbf{Fe^{2+} + 1/4\ O_2 + H^+ \rightarrow Fe^{3+} + 1/2\ H_2} \quad \text{.....} \quad \mathbf{2.2}$$

Logam *ferro* + oksigen + asam → logam *ferric* + air
Pada nilai pH antara 2,3 dan 3,5, logam *ferric* akan mengendap sebagai $Fe(OH)_3$ (Persamaan 3) dan meninggalkan sedikit logam *ferric* yang secara simultan menurunkan nilai pH (Persamaan 4).

$$\mathbf{Fe^{3+} + H_2O \rightarrow Fe(OH)_3 solid + 3H^+} \qquad \mathbf{2.3}$$

Logam *ferric* + air → ferric hidroksida + asam
Sebagian dari Fe^{3+} dari persamaan 2 yang tidak mengendap dapat digunakan untuk mengoksidasi pyrite tambahan menurut persamaan 4.

$$\mathbf{FeS_2 + 14Fe^{3+} + 8H_2O \rightarrow 15Fe^{2+} + 2SO_4^{2-} + 16H^+} \quad \mathbf{2.4}$$

pyrite + logam *ferric* + air → logam ferus + sulfat + asam
Reaksi pembentukan asam yang menghasilkan besi dan terkadang menghasilkan besi mengendap sebagai $Fe(OH)_3$, digambarkan oleh kombinasi reaksi dari persamaan 1 sampai 3.

$$\mathbf{FeS_2 + 15/4\ O_2 + 7/2\ H2O \rightarrow Fe(OH)_3 + 2SO_4^{2-} + 4H^+} \mathbf{2.5}$$

Besi sulfida + oksigen + air → *ferric hidroksida* + sulfat + asam
Pada kelima persamaan tersebut, dengan pengecualian persamaan 2 dan 3, menunjukkan bahwa mineral teroksidasi adalah pirit dan oksidan adalah oksigen. Adapun faktor-faktor utama yang mempengaruhi laju pembentukan asam diantaranya adalah pH, temperatur, oksigen dalam fase gas, oksigen dalam air, derajat kejenuhan air, aktivitas kimia Fe^{3+}, luas permukaan metal sulfida yang terbuka, aktivitas kimiawi yang tersedia untuk mengawali pembentukan asam, dan aktivitas bakteri (Akcil dan Koldas, 2006).

2.4.2 Air Asam Tambang Sebagai Koagulan

Salah satu cara yang potensial dalam memperluas penggunaan sumber daya alam adalah dengan cara pemulihan kembali produk/bahan yang berharga, seperti kandungan logam dalam

endapan air asam tambang (Wei *et al.*, 2005 dalam Menezes *et al.*, 2010). Koagulan yang sering digunakan dalam pengolahan air limbah adalah garam-garam anorganik terutama besi atau aluminium. Koagulan mengandung besi 72%, aluminium 27,5% dan konsentrasi Mn, Zn, Ca, dan Mg yang sangat rendah (Menezes *et al.*, 2010). Penelitian yang dilakukan Menezes *et al.* (2010), menunjukkan bahwa presipitasi dari air asam tambang saat pH 5, menghasilkan recovery besi sebanyak 97% dan aluminium 99%.

Penggunaan koagulan air asam tambang yang tergolong ekonomis ini tidak kalah efisiennya dengan koagulan konvensional dalam pengolahan air. Penelitian yang dilakukan oleh Rao *et al.* (1992), menunjukkan bahwa air asam tambang yang mengandung Fe^{3+} lebih dari 2 g/L adalah koagulan yang efektif untuk mengolah air yang mengandung campuran silica, kaolinite, dan bentonite. Campuran silica dan clayterbukti efektif untuk mengadsorbsi logam berat pada air asam tambang.

Komponen utama air asam tambang adalah $FeSO_4$ dan $Fe_2(SO_4)_3$ yang merupakan koagulan umum dalam pengolahan air limbah dan digunakan untuk penyisihan kekeruhan serta kandungan fosfor. Penerapan pengolahan air asam tambang dan air limbah secara bersamaan, akan mengurangi biaya pengolahan AAT dan air limbah. Namun, air asam tambang di pertambangan memiliki karakteristik yang berbeda-beda. Ketika AAT digunakan sebagai koagulan, akan memiliki kinerja koagulasi yang berbeda dan mengandung konsentrasi logam berat dalam effluennya.

Tetapi dalam kasus lain terkait penggunaan AAT sebagai koagulan, ternyata sama efektifnya dengan koagulan $FeCl_3$ (*ferric chloride*). Tetapi resultan kontaminasi logam berat dari debit menghalangi penggunaan umum AAT tanpa *treatment* terdahulu. Oleh karena itu, apakah AAT dapat digunakan sebagai koagulan harus diuji secara khusus (Ruihua *et al.*, 2011).Penelitian terdahulu terkait penggunaan air asam tambang sebagai koagulan dapat dilihat pada Tabel 2.3.

Tabel 2.3 Penelitian Terdahulu Air Asam Tambang Sebagai Koagulan

Jenis Sampel	Pengolahan (koagulasi dan flokulasi)	Jenis koagulan	Kondisi operasi (optimum)	Efisiensi *removal*	Sumber
Air limbah sintetik mengan-dung Fosfor (P) 10 mg/L dan air limbah industri mengan-dung 3,5-4 mg/L.	pH awal 7,5-8 dengan PC 120 rpm, 30 detik, PL 50 rpm 10 menit. Variasi dosis AAT 1,61; 2,15; 1,61; 1,47 Fe/P molar. Variasi pH 5-9. Variasi PC 80; 120; 160; 200; 240 rpm selama 1; 3; 5; 7; 9 menit. Variasi PL 10; 30; 50; 70; 90 selama 0; 5; 10; 15; 20 menit. Variasi waktu pengendapan 10; 30; 50; 70; 90 menit.	AAT dari pit pertamba-ngan.	Fe/P molar ratio 1,61; pH 8,03. PC 240 rpm 7 menit; PL 70 rpm 15 menit dan waktu pengenda-pan 70 menit.	*Removal* fosfor 97% untuk limbah sintetik dan 92,1% untuk limbah kota.	Ruihua *et al.*, 2011
Air *run off* pertamba-ngan	PC 200 rpm 30 detik PL 40 rpm 10 menit SD 200 menit Variasi pH 3; 4; 5; 6; 7; 8. Variasi TSS awal 700; 900; 1100; 1250; 3750 mg/L.	Dosis AAT 0; 2,11; 4,23; 6,3; 8,46; 10,5 mg Fe/L.	Dosis AAT 6,345 mg/L; pH 6,08	TSS 97%.	Amalia, 2011
Air permukaan 50; 100;	PC 200 rpm 30 detik PL 40 rpm 10	Dosis tawas 0; 2; 4; 6;	Dosis AAT 4,23 mg/L;	TSS 95,24% dan	Amalia, 2011

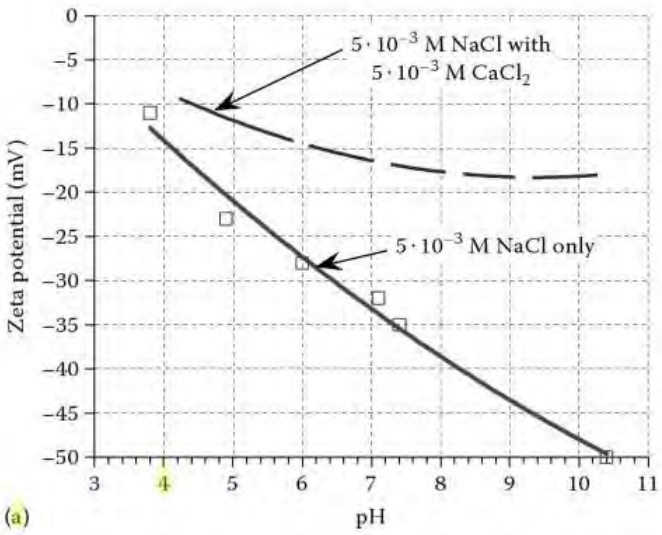
Jenis Sampel	Pengolahan (koagulasi dan flokulasi)	Jenis koagulan	Kondisi operasi (optimum)	Efisiensi *removal*	Sumber
500 NTU	menit SD 200 menit	8; 10 mg Fe/L		94,38%.	

2.5 Proses Koagulasi Flokulasi

2.5.1 Zeta Potensial (ђ)

Teori zeta potensial adalah ketika dosis koagulan yang tepat ditambahkan zeta potensial harus nol, maka benar bahwa dosis dapat ditentukan oleh zeta potensial.Zeta potensial diukur pada titik dimana nilai kekeruhan air minimum atau disebut set point. Umumnya set point terjadi terjadi -5 <ђ < +5 mv. Zeta potensial pada sebagian besar partikel adalah bernilai negatif yaitu dari -3 sampai -50 mv.Zeta potensial dipengaruhi oleh dosis alum, pH, dan tingkat kekuatan ionik dalam larutan. Semakin meningkat dosis koagulan, zeta potensial akan meningkat seiring dengan menurunnya nilai pH (Hendricks, 2006).

Zeta potensial adalah parameter muatan listrik antara partikel koloid. Makin tinggi nilai zeta potensial maka akan semakin mencegah terjadinya flokulasi atau peristiwa penggabungan koloid dari yang kecil menjadi besar. Zeta potensial menunjukkan tingkatan tolak menolak antara partikel yang bermuatan sama yang saling berdekatan. Dengan mengurangi nilai potensial zeta maka memungkinkan partikel untuk saling tarik menarik dan terjadi flokulasi. Pada sistem koloid, nilai potensial zeta yang tinggi akan memberikan stabilitas larutan untuk menolak agregasi. Sebaliknya, ketika nilai potensial zeta rendah maka daya tarik menarik muatan antar partikel dispersi melebihi daya tolak menolaknya hingga terjadi flokulasi.Hubungan antara pH dengan zeta potensial ada pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Zeta Potensial terhadap Nilai pH

2.5.2 Mekanisme Koagulasi-Flokulasi

Partikel yang tersuspensi dalam air dapat berupa partikel bebas dan koloid dengan ukuran sangat kecil yaitu 10^{-7} mm dan – 10^{-1} mm sehingga partikel tidak dapat diendapkan secara langsung. Selain itu partikel dan koloid umumnya bermuatan listrik sama yang menyebabkan terjadinya tumbukan antar partikel (terjadi gerak *brown*). Partikel koloid bergerak ke segala arah secara terus menerus, fenomena ini disebut *Brownian movement,* dimana gerakan ini disebabkan oleh bombardier partikel-partikel koloid oleh molekul air.Jadi gerakan partikel-partikel ini sebagai akibat langung dari gerakan molekul-molekul di sekelilingnya.Hal ini berakibat terjadinya suatu suspensi yang sangat stabil.

Koloid merupakan partikel yang tidak dapat mengendap secara alami karena adanya stabilitas suspensi koloid.Muatan permukaan koloid penyebab kekeruhan di dalam air adalah bermuatan

sejenis.Stabilitas koloid merupakan daya tolak koloid karena partikel-partikel mempunyai muatan permukaan sejenis (negatif). Pada masing-masing koloid terdapat gaya tolak menolak (gaya elektrostatik) dan gaya tolak menolak (*gaya van der Walls*). Gaya elektrostatik adalah gaya utama yang menjaga suspense koloid pada keadaan yang stabil karena mempunyai muatan sejenis (negatif). Gaya *van der Walls* dan gaya elektrostatik saling meniadakan. Kedua gaya tersebut nilainya makin mendekati nol dengan makin bertambahnya jarak antar koloid. Resultan kedua gaya tersebut umumnya menghasilkan gaya tolak yang lebih besar sehingga partikel dan koloid dalam keadaan stabil (Ali Masduqi dan Assomadi, 2012). Untuk menghilangkan kondisi stabil, harus merubah gaya interaksi diantara partikel dengan pembubuhan zat kimia (sebagai donor muatan positif) supaya gaya tarik menarik menjadi lebih besar.

2.5.3 Proses Koagulasi

Koagulasi adalah penambahan dan pencampuran cepat koagulan, destabilisasi yang dihasilkan dari koloid dan padatan tersuspensi serta kumpulan dari partikel-partikel tidak stabil. Proses koagulasi hanya dapat berlangsung apabila terjadi pengadukan (Reynold, 1996). Kinerja koagulasi oleh hidrolisis garam logam sangat dipengaruhi oleh ikatan kimia dan karakteristik air baku. Variabel seperti pH, larutan, jenis dan dosis koagulan adalah faktor yang sangat berpengaruh signifikan.

Pada proses koagulasi akan terjadi:

a. Penurunan tegangan permukaan (zeta potensial) melalui proses netralisasi muatan dan adsorpsi.
b. Presipitasi dari koagulan akan menyapu koloid.
c. Adsorpsi dan pembentukan jembatan antar partikel.

2.5.4 Proses Flokulasi

Flokulasi adalah pengadukan lambat atau agitasi rendah untuk menyatukan partikel stabil dan membentuk flok pengendapan

dengan cepat (Reynold, 1996). Kegunaan utama dari koagulasi-flokulasi dalam pengolahan air adalah menggumpalkan padatan sebelum proses sedimentasi dan filtrasi pasir cepat. Sedangkan dalam pengolahan air limbah, koagulasi-flokulasi untuk menggumpalkan padatan dalam pengolahan fisik-kimia air limbah atau effluen primer maupun sekunder.

2.5.5 Faktor yang Mempengaruhi Proses Koagulasi Flokulasi

Faktor utama yang mempengaruhi koagulasi dan flokulasi air atau air limbah adalah kekeruhan, padatan tersuspensi, suhu, pH, komposisi anionik dan kationik. Faktor lain adalah dosis koagulan, kecepatan dan waktu pengadukan, dan tingkat agitasi selama koagulasi, serta koagulan pembantu (Reynold, 1996).

- Dosis Koagulan

Koagulasi adalah fase yang paling penting dari proses kedalaman filtrasi dan dosis adalah faktor yang menentukan dalam menentukan efektivitas filtrasi. Umumnya, dosis terhadap koagulan yang diberikan ditentukan oleh metode *jar test*. Pada perairan dengan kekeruhan rendah, endapan flok tidak begitu terlihat (Hendricks, 2006)

- pH

Faktor pH memberikan efek positif yang lebih besar dikarenakan pada proses koagulasi-flokulasi berlangsung pada pH tertentu sehingga pengkondisian pH sangat diperlukan untuk mengoptimalkan proses. pH optimum adalah pH di akhir proses koagulasi-flokulasi, sedangkan pH awal adalah pH dengan pengaturan tertentu.

- Pengadukan (*mixing*)

Pengadukan (*mixing*) merupakan suatu aktivitas operasi percampuran dua atau lebih zat agar diperoleh hasil campuran yang homogen. Proses koagulasi-flokulasi terdiri dari pengadukan lambat dan pengadukan cepat. Pengadukan pada proses koagulasi dan flokulasi merupakan pemberian energi agar terjadi tumbukan antar partikel tersuspensi dan koloid agar terbentuk gumpalan (flok) sehingga dapat dipisahkan melalui proses pengendapan. Jenis pengadukan dalam pengolahan air dapat dikelompokkan berdasarkan kecepatan pengadukan dan metode pengadukan.Berdasarkan kecepatannya, pengadukan dibedakan menjadi pengadukan cepat dan pengadukan lambat.Berdasarkan metodanya,pengadukan dibedakan menjadi pengadukan mekanik, pengadukan hidrolis dan pengadukan pneumatis.

Kecepatan pengadukan merupakan parameter penting dalam pengadukan yang dinyatakan dengan gradien kecepatan. Gradien kecepatan merupakan fungsi dari tenaga yang disuplai (P):

$$\mathbf{G} = \frac{\sqrt{P}}{\sqrt{\mu . V}} \qquad \mathbf{2.6}$$

P= suplai tenaga ke air (N.m/detik)

V = volume air yang diaduk (m^3)

μ = viskositas absolute air (N.detik/m^2)

Persamaan (2.6) berlaku umum untuk semua jenis pengadukan.Parameter yang membedakannya adalah besarnya tenaga yang disuplai ke dalam air (P) yang dapat dihitung dengan rumus-rumus. Rumus yang akan digunakan untuk menghitung nilai P bergantung pada metoda pengadukan yang digunakan.

1. Pengadukan cepat

Tujuan pengadukan cepat dalam pengolahan air adalah untuk menghasilkan turbulensi air sehingga dapat mendispersikan

bahan kimia yang akan dilarutkan dalam air. Secara umum, pengadukan cepat adalah pengadukan yang dilakukan pada gradien kecepatan besar (300 sampai 1000 detik^{-1}) selama 5 hingga 60 detik atau nilai G*Td* (bilangan Camp) berkisar 300 hingga 1700. Secara spesifik, nilai G dan td nergantung pada sasaran pengadukan cepat.100 hingga 1000 per detik selama 5 hingga 60 detik.Secara spesifik, nilai G dan td bergantung pada sasaran pengadukan cepat.

Untuk proses koagulasi-flokulasi:

- Waktu detensi = 20 – 60 detik
- G = 1000 – 700 detik^{-1}

2. Pengadukan Lambat

Tujuan pengadukan lambat dalam pengolahan air adalah untuk menghasilkan gerakan air secara perlahan sehingga terjadi kontak antar partikel untuk membentuk gabungan partikel berukuran besar. Pengadukan lambat digunakan pada proses flokulasi untuk pembesaran inti gumpalan. Gradien kecepatan diturunkan secara perlahan-lahan agar gumpalan yang telah terbentuk tidak pecah lagi dan berkesempatan bergabung dengan yang lain membentuk gumpalan lebih besar. Penggabungan inti gumpalan sangat tergantung pada karakteristik flok dan nilai gradien kecepatan. Secara umum, pengadukan lambat adalah pengadukan yang dilakukan pada gradien kecepatan kecil (20 sampai 100 detik^{-1})selama 10 hingga 60 menit atau nilai G*Td* (bilangan Camp) berkisar 48000 hinga 210000. Nilai G dan waktu detensi untuk proses flokulasi adalah sebagai berikut :

- Untuk air keruh : waktu dan G lebih rendah.
- Bila menggunakan garam besi sebagai koagulan : G tidak lebih dari 50 detik $^{-1}$.

3. Pengadukan Mekanis

Pengadukan mekanis adalah metoda pengadukan menggunakan peralatan mekanis yang terdiri atas motor, poros pengaduk, dan alat pengaduk (impeller).Berdasarkan bentuknya, ada tiga macam impeller, yaitu paddle, turbine, dan propeller.Pengadukan mekanis dengan tujuan pengadukan cepat umumnya dilakukan dalam waktu singkat dalam satu bak.Faktor penting dalam perancangan alat pengaduk mekanis adalah dua parameter pengadukanm yaitu G dan td.Sekadar patokan, Tabel dapat digunakan dalam pemilihan nilai G dan td.Pengadukan mekanis dengan tujuan pengadukan lambat umumnya memerlukan tiga kompartemen (Reynold, 1996).

Tabel 2.4Nilai Gradien Kecepatan dan Waktu Pengadukan

Waktu pengadukan (detik)	Gradien kecepatan (1/detik)
20	1000
30	900
40	790
50>	700

Sumber : Reynold (1996)

Gradien kecepatan akan mempengaruhi waktu pengadukan yang diperlukan. Semakin besar nilai G, maka waktu akan semakin pendek. Untuk menyatakan kedua parameter itu, maka digunakan bilangan Camp, yaitu hasil perkalian gradien kecepatan dengan waktu pengadukan atau G.td. Faktor pengadukan memberikan efek positif yang besar karena dengan pengadukan proses interaksi antara koagulan flokulan yang digunakan dengan air limbah dapat terhomogenisasi dengan cepat sehingga proses koagulasi-flokulasi dapat berlangsung dengan cepat, tepat, dan waktu yang lebih singkat (Reynold, 1996).

- Tenaga Pengadukan

Tenaga pengadukan adalah tenaga yang digunakan untuk melakukan pengadukan.Tenaga ini dihasilkan oleh peralatan mekanis, aliran hidrolis, atau gelembung udara.Besarnya tenaga untuk operasi pengadukan mempengaruhi besarnya gradien kecepatan.Bila suatu sistem pengadukan telah ditentukan nilai gradient kecepatannya, maka tenaga pengadukan dapat dihitung.Perhitungan tenaga pengadukan berbeda-beda tergantung pada jenis pengadukannya.Pada pengadukan mekanis, yang berperan dalam menghasilkan tenaga adalah bentuk dan ukuran alat pengaduk serta kecepatan putaran alat pengaduk.Hubungan antar variabel itu dapat dinyatakan dengan persamaan (2.7) untuk bilangan Reynold (Nre) lebih dari 10.000 dan persamaan (2.8) untuk nilai Nre kurang dari 20.Bilangan Reynold untuk alat pengaduk dapat dihitung dengan persamaan (2.9).

$$P = K_T \times n^3 \times D_i^5 \times p \qquad 2.7$$

$$P = K_L \times n^2 \times D_i^3 \times \mu \qquad 2.8$$

$$N_{Re} = \frac{Di2 \times n \times p}{\mu} \qquad 2.9$$

Dengan : P = tenaga, N-m/detik

K_T = konstanta pengaduk untuk aliran turbulen

n = kecepatan putaran, rps

D_i = diameter pengaduk,m

p = massa jenis air, kg/m^3

K_L = konstanta pengaduk untuk aliran laminar

μ = kekentalan absolute cairan, (N-det/m^2)

Nilai K_T dan K_L untuk masing-masing jenis impeller dapat dilihat pada Tabel 2.5

Tabel 2.5 Konstanta K_T dan K_L

Jenis Impeller	K_L	K_T
Propeller, pitch of 1, 3 blades	41,0	0,32
Propeller, pitch of 2, 3 blades	43,5	1,00
Turbine, 4 flat blades, vaned disc	60,0	5,31
Turbine, 6 flat blades, vaned disc	65,0	5,75
Turbine, 6 curved blades	70,0	4,80
Fan turbine, 6 curved blades at 45°	70,0	1,65
Shroude turbine, 6 curved blades	97,5	1,08
Shrouded turbine, with stator, no baffles	172,5	1,12
Flat paddles, 2 blades (single paddle), Di/Wi = 4	43,0	2,25
Flat paddles, 2 blades, Di/Wi = 6	36,5	1,70
Flat paddles, 2 blades, Di/Wi = 8	33,0	1,15
Flat paddles, 4 blades, Di/Wi = 6	49,0	2,75
Flat paddles, 6 blades, Di/Wi = 8	71,0	3,82

Sumber: Reynold dan Richards, 1996

2.6 Koagulan

Senyawa koagulan adalah senyawa yang mempunyai kemampuan mendestabilisasi koloid dengan cara menetralkan muatan listrik pada permukaan koloid sehingga koloid dapat bergabung satu sama lain membentuk flok dengan ukuran yang lebih besar sehingga mudah mengendap. Koagulan dapat diklarifikasikan sebagai organik atau anorganik.Koagulan anorganik meliputi bahan kimia yang umum digunakan yang mengandalkan aluminium atau besi.Koagulan organik termasuk berbagai polimer kationik.Polimer adalah senyawa-senyawa organik sintetis yang disusun dari rantai panjang molekul-molekul yang lebih kecil.Koagulan polimer ada yang kationik, anionik dan nonionik. Ketika ditambahkan ke dalam air, koagulan anorganik akan mengurangi alkalinitasnya sehingga pH air akan turun. Koagulan organik pada umunya tidak mempengaruhi alkalinitas

dan pH air. Koagulan anorganik akan meningkatkan konsentrasi padatan terlarut pada air yang terolah (Gebbie, 2005).

Koagulan yang paling banyak digunakan dalam pengolahan air adalah aluminium sulfat dan garam besi.Aluminium sulfat digunakan lebih sering daripada garam besi karena biayanya lebih murah.Garam besi memiliki keuntungan daripada alum karena lebih sesuai pada kisaran pH yang lebih luas. Pada proses pelunakan soda kapur, kapur berfungsi sebagai koagulan karena menghasilkan flok berat atau endapan yang terdiri dari kalsium karbonat dan magnesium hidroksida. Pemilihan koagulan memerlukan analisis laboratorium, dikarenakan air limbah dapat menunjukkan hasil koagulasi optimum untuk koagulan tertentu.Penelitian laboratorium dengan menggunakan *jar test* yang memadai untuk memilih koagulan untuk pengolahan air.Kimia koagulasi yang komplek dan persamaan kimia teoritis untuk menentukan jumlah logam hidroksida yang dihasilkan (Reynold, 1996).
Koagulan ditambahkan ke dalam air untuk mengurangi stabilitas koloid agar dapat menyatu membentuk flok dan mengendap. Perhitungan dosis koagulan yang dicampur dengan air limbah harus benar-benar tepat, sebab jika dosis kurang atau melebihi kebutuhan maka proses koagulasi tidak berjalan dengan optimal. Oleh karena itu parameter yang penting dalam penambahan koagulan ini adalah debit air limbah (Yoon, 2004). Ketika koagulan ditambahkan ke air limbah, destabilisasi koloid akan terjadi dan flok akan terbentuk sehingga menyebabkan pengurangan potensi zeta ke tingkat dimana gaya *van der wall* tertarik dan partikel-partikel akan menyatu (Reynold, 1996).

2.6.1 Aluminium Sulfat $Al_2(SO_4)_3$

Alkalinitas dalam air bereaksi dengan aluminium sulfat untuk menghasilkan flok hidroksida. Reaksi kimia untuk menghasilkan flok adalah sebagai berikut :

$$Al_2(SO_4)_3.14H_2O + 3Ca(HCO_3)_2 \rightarrow 2Al(OH)_3 + 3CaSO_2 + 14H_2O + 6CO_2 \quad 2.10$$

Perairan tertentu mungkin tidak memiliki alkalinitas yang cukup untuk beraksi dengan alum sehingga alkalinitas harus ditambahkan.Umumnya alkalinitas dalam bentuk hidroksida ditambahkan dengan penambahan kalsium hidroksida. Reaksi koagulasi dengan kalsium hidroksida adalah :

$$AL_2(SO_4)_3.14H_2O + 3Ca(OH)_2 \rightarrow 2Al(OH)_3 + 3CaSO_4 + 14H_2O \quad 2.11$$

Alkalinitas juga dapat ditambahkan dalam bentuk ion karbonat dengan penambahan natrium karbonat (soda ash).Sebagian besar air memiliki alkalinitas yang cukup, sehingga tidak ada bahan kimia yang perlu ditambahkan selain aluminium sulfat. Rentang pH optimum untuk alum adalah dari range 4,5 sampai 8, karena hidroksida relatif tidak larut dalam kisaran ini. Aluminium sulfat tersedia dalam bentuk kering atau cair, namun bentuk kering lebih umum.Aluminium kering dalam bentuk granular, bubuk, atau bentuk bulatan, namun bentuk granular paling banyak digunakan (Reynold, 1996). Penelitian terdahulu terkait penggunaan aluminium sulfat sebagai koagulan dapat dilihat pada Tabel 2.6

Tabel 2.6 Penelitian terdahulu aluminium sulfat sebagai koagulan

Jenis Sampel	Pengolahan (koagulasi dan flokulasi)	Jenis koagulan	Kondisi operasi (optimum)	Efisiensi *removal*	Sumber
Air limbah perkotaan	PC 100 rpm 1 menit; PL 30 rpm 20 menit, SD 30 menit.	Variasi dosis tawas 150; 450 mg/L	Dosis tawas 150 mg/L; pH optimum 5-8	COD> 65% dan TSS>75 %	Guida *et al.*, 2007
Pengolahan industri tutup botol	Variasi PC 60; 150; 300 ppm dan waktu pengadukan 5;	Variasi dosis tawas 83; 100; 133;	Dosis tawas 83 mg/L; kecepatan	*Removal* COD 28-89%.	Gonza-lez *et al.*, 2007

Jenis Sampel	Pengolahan (koagulasi dan flokulasi)	Jenis koagulan	Kondisi operasi (optimum)	Efisiensi *removal*	Sumber
	15; 30 menit	166 mg/L dan rentang pH 5-11	pengadu-kan 300 rpm; waktu pengadu-kan 5 menit. pH 7-9.		
Air permukaan 50; 100; 500 NTU	PC 200 rpm 30 detik, PL 40 rpm 10 menit dan 200 menit untuk pengendapan.	Dosis tawas 0; 2; 4; 6; 8; 10 mg Fe/L.	Dosis optimum berdasarkan tingkat kekeruhan 6,345; 6,345; 8,46 mg Fe/L.	Kekeru-han menca-pai <90%.	(Amalia, 2011)

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Gonzalez (2007), dalam proses koagulasi-flokulasi air limbah yang mengandung COD 2000-3000 mg O_2/L didapatkan kondisi operasi yang optimal. Kecepatan pengadukan optimal pada saat 300 rpm, dengan waktu pengadukan 5 menit.Dosis tawas optimum yaitu 83 mg/L dengan pH 7-9.Kapasitas penyisihan COD yaitu 28%-89%.Pilihan optimal pH dan dosis koagulan tergantung pada tingkat kontaminasi air limbah.

Menurut penelitian yang dilakukan oleh Guida (2007), menjelaskan bahwa proses koagulasi-flokulasi dari 5 jenis limbah perkotaan untuk penyisihan COD dan TSS. Metode *jar test* dilakukan dengan pengadukan cepat 100 rpm selama 1 menit dan pengadukan lambat 30 rpm selama 20 menit kemudian 30 menit untuk pengendapan.Pada penelitian tersebut didapat dosis optimum koagulan adalah 150 mg/L dengan pH optimum 5-8.Penyisihan COD mencapai lebih dari 65% dan penyisihan TSS mencapai lebih dari 75%. Aluminium menunjukkan kondisi pH yang rendah pada proses koagulasi.

2.6.2 Ion Logam (Fe^{3+} dan Al^{3+})

Besi adalah logam yang kelimpahannya berada pada urutan kedua.Senyawa ini memiliki dua tingkat oksidasi, yaitu Fe^{2+} (ferro) dan Fe^{3+} (ferri).Umumnya besi cenderung untuk membentuk senyawa dalam bentuk ferri daripada dalam bentuk ferro, dan membentuk kompleks yang stabil dengan senyawa-senyawa tertentu.

$$\mathbf{Fe^{3+} + H_2O \rightarrow Fe(OH)^{2+} + H^+} \qquad \mathbf{2.12}$$

$$\mathbf{Fe(OH)^{2+} + H_2O \rightarrow Fe(OH)^{2+} + H^+} \qquad \mathbf{2.13}$$

AL^{3+} dan Fe^{3+} adalah bahan kimia utama yang digunakan sebagai koagulan.Ion-ion ini bereaksi dengan air membentuk kompleks senyawa yang bergantung pada pH dan konsentrasi. Garam aluminium mengalami hidrolisis sebagai $Al_2(SO_4)_3$ x $14H_2O$, yang merupakan alum komersial. Besi sulfida mengalami hidrolisis sebagai $Fe_2(SO_4)_3.4,5H_2O$. Aluminium dan garam besi dapat disubstitusikan pada beberapa reaksi.Aluminium dan garam besi dapat bereaksi dengan air membentuk beragam kompleks reaksi dan tergantung pada pH dan endapan.Ion kompleks yang dominan hanya pada pH<5 untuk aluminium dan pH<4 untuk besi.Seperti pada tingkatan level pH, memerlukan penambahan asam sebagai penurun pH (Hendricks, 2006).

2.7 *Jar test*

Jar test merupakan metode untuk memperkirakan dosis koagulan dan untuk menentukan nilai range pH yang sesuai dan untuk mengeksplorasi penggunaan polimer sehubungan dengan jenis dan dosis. Alat uji *jar test* terdiri dari 1 set berisi 6 jar, dalam ukuran 2000 mL dan berbentuk persegi yang digunakan bersama dengan pengaduk. Keseluruhan 6 jar harus dikontrol secara bersamaan dari mulai dan berhenti dengan kecepatan rotasi *paddle*. Metode *jar test* yaitu menambahkan koagulan ke dalam masing-masing *jar*, dengan rentang dosis optimum yang

diharapkan. Koagulan harus ditambahkan secara bersamaan setelah proses pengadukan cepat dimulai. Pada umumnya 3 menit selama pengadukan cepat dengan kecepatan paddle 100 rpm, dilanjutkan dengan pengadukan lambat selama 15-20 menit untuk mensimulasikan flokulasi kemudian proses pengendapan flok selama 30 menit.

Hal tersebut di atas adalah prosedur dasar *jar test*. Penyempurnaan proses koagulasi-flokulasi juga melibatkan kecepatan pengadukan, waktu saat *running*, waktu pengendapan flok dan variabel lainnya. Selain dosis koagulan primer, polimer tertentu dan dosis koagulan pembantu dapat ditentukan bersama dengan pH, alkalinitas, suhu (Hendricks, 2006).

2.7.1 Kekeruhan (*Turbidity*)

Kekeruhan dalam air disebabkan oleh zat-zat yang tersuspensi (tidak larut).Ukuran partikel yang tidak larut bervariasi dari ukuran koloid sampai ukuran partikel lumpur kasar (Sawyer *et al.,* 2003).Kekeruhan disebabkan oleh bahan yang tersuspensi dan koloid yang terdapat dalam air, seperti partikel-partikel lumpur, plankton, bahan organik serta mikroorganisme. Perairan keruh tidak disukai oleh mikroorganisme sebab menganggu proses pernafasan sehingga menghambat kelangsungan hidup organisme. Tingkat kekeruhan berbanding terbalik dengan tingkat kecerahan.Nilai kekeruhan yang semakin meningkat menyebabkan menurunnya nilai kecerahan pada perairan tersebut.Adapun faktor-faktor yang mempengaruhi kekeruhan di perairan adalah kandungan bahan organik dan anorganik baik yang tersuspensi maupun terlarut, seperti lumpur dan pasir halus. Selain itu, kekeruhan juga dapat disebabkan oleh bahan organik dan anorganik lain berupa plankton dan mikroorganisme lainnya (APHA, 2005).

2.7.2 Derajat Keasaman (pH)

Pengukuran pH adalah salah satu hal yang paling penting dan sering digunakan dalam ikatan kima dalam air.Pada setiap pengolahan air limbah, netralisasi asam-basa, pelunakan air, presipitasi, koagulasi, dan desinfeksi pH selalu diperhitungkan.pH digunakan dalam alkalinitas, pengukuran karbon dioksida dan kesetimbangan asam dan basa. Pada suhu tertentu, karakter asam atau basa dalam larutan ditunjukkan oleh pH atau aktvitas hidrogen. Alkalinitas dan keasaman adalah kapasitas netralisasi asam dan basa dalam air yang dinyatakan sebagai $CaCO_3$ miligram per liter (APHA, 2005)

2.7.3 TSS (*Total Suspended Solid*)

Padatan mengacu pada materi tersuspensi atau terlarut dalam air atau air limbah. Padatan dapat mempengaruhi air dan kualitas air limbah yang dihasilkan. Analisis padatan/*solids* sangat penting untuk memantau proses pengolahan air limbah baik secara biologis dan kimia. Selain itu, untuk menilai kepatuhan terhadap peraturan tentang kandungan maksimum padatan pada effluen air limbah yang sudah diolah (APHA, 2005).

2.8 Uji *Imhoff Test*

Imhoff test digunakan untuk mengetahui tipe pengendapan air *run off*pertambangan batu bara. Imhoff test dilakukan selama 5 hari, dimana setiap hari pertama sampai hari kelima dihitung volume penurunan air *run off*. Penurunan air *run off* menunjukkan bahwa lumpur semakin menggendap. Analisis nilai parameter TSS dan kekeruhan dilakukan setiap hari untuk mendapatkan pada hari keberapa TSS air *run off* pertambangan batu bara PT Pamapersada sudah memenuhi baku mutu.

2.9 Uji Anova

Analisis of variance atau anova merupakan salah satu uji parametrik yang berfungsi untuk membedakan nilai rata-rata lebih dari 2 kelompok data dengan cara membandingkan variansinya. Uji anova dapat dibagi menjadi 2 jenis berdasarkan jumlah variabel yang diamati yaitu *one way* anova dan *two way* anova.*one way* anova digunakan apabila ada satu variabel yang ingin diamati, sedangkan *two way* anova digunakan apabila terdapat dua variabel yang ingin diamati. Uji anova dapat digunakan untuk menyelidiki apakah ada pengaruh faktor terhadap respon penelitian. Uji-uji yang dapat digunakan antara lain uji masing-masing faktor dan uji interaksi antar faktor. Uji masing-masing faktor dilakukan untuk mengetahui apakah ada pengaruh pada masing-masing faktor secara terpisah terhadap respon. Hipotesis yang digunakan adalah :

<u>Hipotesis *One Way*anova :</u>

Ho : Faktor tidak memberi pengaruh pada respon

$$H_0 : \tau_1 = \tau_2 = \tau_3 = \tau_4 = \tau_5 = \tau_6 = \tau_7 = \tau_8$$

H_1 : Faktor memberi pengaruh pada respon

$$H_1 : \text{minimal ada satu } \tau_i \neq 0, \text{dimana } i = 1,2,\cdots,8$$

<u>Pengambilan keputusan :</u>

Jika nilai p > $\alpha = 0{,}05$, maka Ho diterima

Jika nilai p < $\alpha = 0{,}05$, maka Ho ditolak.

<u>Hipotesis *Two Way*anova :</u>

Ho : Faktor *2-way Interactions* tidak member pengaruh pada respon

H1 : Faktor *2-way Interactions* member pengaruh pada respon.

<u>Pengambilan keputusan :</u>

Jika nilai p > $\alpha = 0{,}05$, maka Ho diterima

Jika nilai p < $\alpha = 0{,}05$, maka Ho ditolak

2.10 Uji Tukey

Uji tukey disebut juga uji *honestly significance difference* (HSD). Prosedur pengujiannya mirip dengan LSD yaitu mempunyai 1 pembanding dan digunakan sebagai alternatif pengganti LSD apabila kita ingin menguji seluruh pasangan rata-rata tanpa perlakuan rencana.Uji tukey digunakan untuk membandingkan seluruh pasangan rata-rata perlakuan setelah uji Analisis Ragam dilakukan. Pengujian dengan tukey digunakan jika analisis data dalam penelitian dilakukan dengan cara membandingkan data dua kelompok sampel yang jumlahnya sama.

BAB 3
METODE PENELITIAN

Penelitian yang dilakukan pada skala laboratorium dengan 2 tahap penelitian. Penelitian 1 bertujuan untuk menentukan kemampuan air asam tambang sebagai koagulan dalam pengolahan air *run off* pertambangan batu bara PT.Pamapersada Nusantara. Sedangkan penelitian tahap 2 bertujuan untuk menunjukkan kemampuan koagulan komersial aluminium sulfat dalam mengolah air *run off* pertambangan batu bara. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah koagulasi-flokulasi menggunakan *jar test* dengan beberapa variasi variabel bebas. Penelitian tahap 1 dan tahap 2 untuk menentukan kondisi operasi proses koagulasi-flokulasi yaitu meliputi jenis dan dosis koagulan yang paling optimum, pH optimum, kecepatan pengadukan lambat optimum dan waktu pengendapan optimum.

Koagulan yang digunakan adalah air asam tambang, aluminium sulfat $Al_2(SO_4)_3$. Variabel bebas meliputi dosis koagulan, pH koagulan, pH air sampel, kekeruhan awal air *run off*, kecepatan pengadukan lambat dan waktu pengendapan. Parameter yang diukur adalah nilai pH (derajat keasaman), kekeruhan (*turbidity*), TSS (*Total Suspended Solid*), Fe dan Mn. Logam Fe dan Mn air asam tambang dan air *run off* diukur setiap hari sebelum jar test dan hasil koagulasi-flokulasi yang mempunyai nilai optimum.

3.1 Kerangka Penelitian

Kerangka penelitian merupakan acuan dalam melaksanakan penelitian yang disusun berdasarkan adanya permasalahan dan mencapai tujuan penelitian. Penyusunan kerangka penelitian disusun dengan tujuan :

1. Sebagai gambaran awal mengenai tahapan penelitian secara sistematis
2. Menentukan tahapan kerja yang harus dilakukan dalam melaksanakan penelitian.

3. Memperkecil dan menghindari kesalahan mungkin terjadi dalam melaksanakan penelitian.

Kerangka penelitian yang digunakan meliputi langkah-langkah dalam penelitian yaitu: meninjau keadaan eksisting dan ideal, solusi yang ditawarkan penulis, perumusan masalah, tujuan, tahapan penelitian sampai hasil data dan pembahasan kemudian penarikan kesimpulan. Kerangka penelitian akan dipresentasikan pada Gambar 3.1.

3.2 Tahapan Penelitian

Tahapan penelitian dalam penelitian ini adalah penentuan variabel dan parameter penelitian, penyiapan koagulan dan sampel. Selanjutnya penelitian yang pertama adalah analisis karakteristik awal air *run off* dan air asam tambang, kemudian penelitian tahap 1 dan tahap 2. Skema kerja pada penelitian tahap 1 dan tahap 2 dapat dilihat pada Gambar 3.2

3.2.1 Penentuan Variabel dan Parameter Penelitian

3.2.1.1 Variabel Penelitian

Pada penelitian pengolahan *run off* pertambangan batu bara dengan metode *jar test* dan koagulasi-flokulasi 1 tahap, variabel bebas yang digunakan adalah :

a. Kekeruhan awal air *run off* pertambangan batu bara
   - Air *run off* dengan kekeruhan awal yaitu 1000 NTU, 900 NTU, 800 NTU dan 700 NTU
b. Jenis koagulan yaitu Air Asam Tambang (AAT) dan Aluminium sulfat.
c. pH awal air *run off* dan pH awal air asam tambang:
   - pH air *run off* 6; 7; 8; dan 9
   - pH air asam tambang 2,5; 3; dan 4
d. Dosis koagulan air asam tambang dan aluminium sulfat
e. Waktu pengendapan (10 menit; 20 menit; 30 menit; 40 menit; 50 menit dan 60 menit)

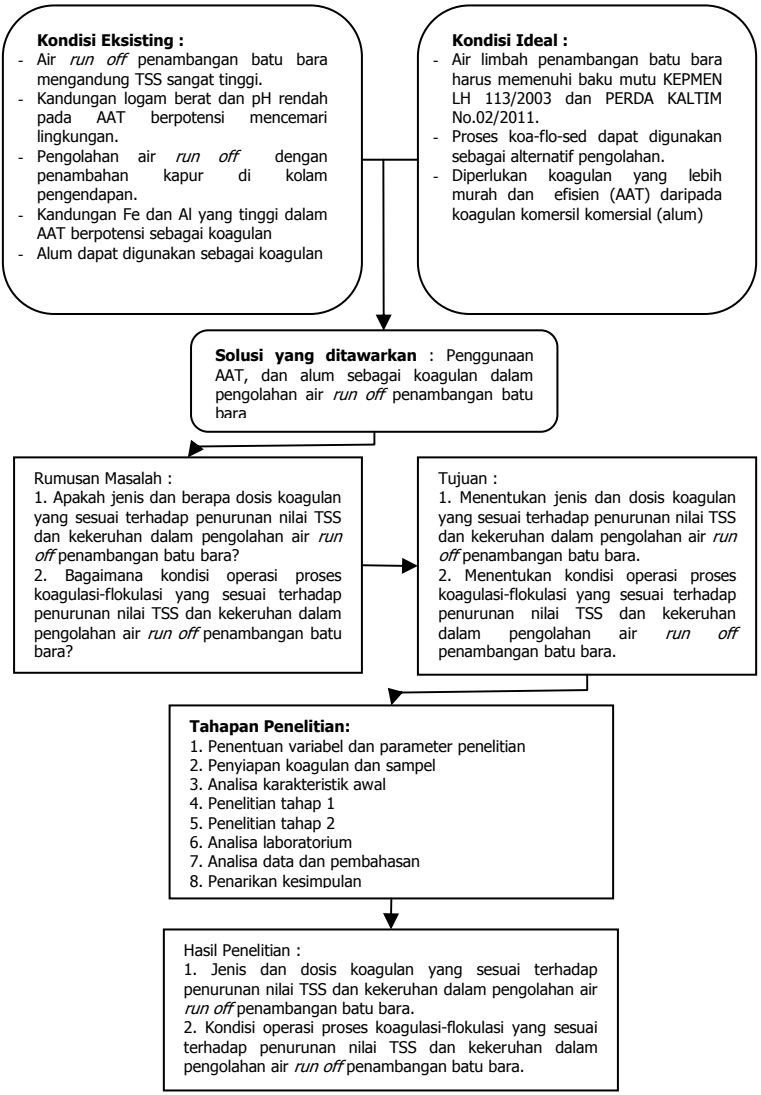
f. Kecepatan pengadukan lambat (10 rpm; 20 rpm; 30 rpm; 40 rpm; 50 rpm; dan 60 rpm)

3.2.1.2 Parameter Penelitian

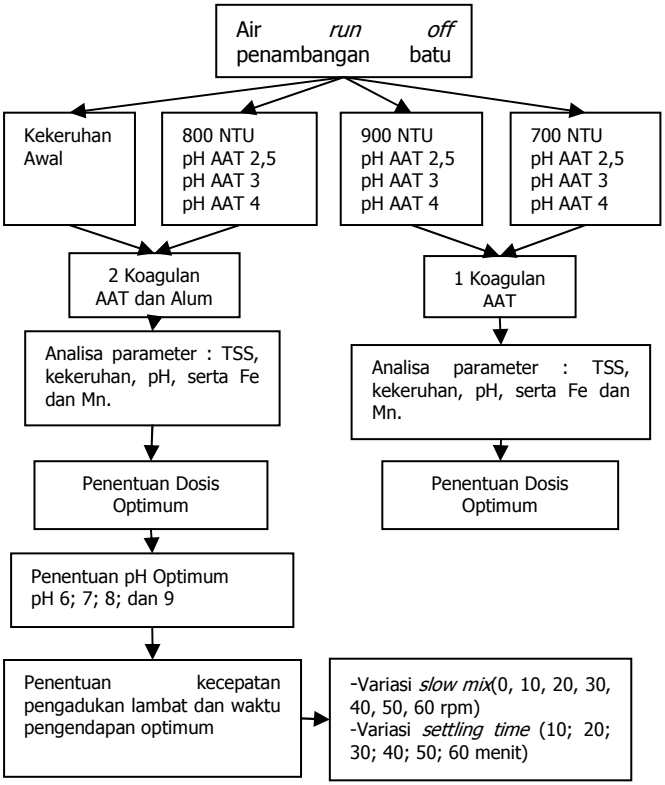
Pada penelitian ini terdapat beberapa parameter yang akan diukur. Influen air *run off* pertambangan batu bara dan air asam tambang diukur sesuai parameter TSS, kekeruhan, pH, Fe dan Mn untuk karateristik awal. Penelitian tahap 1 pengolahan air *run off* pertambangan batu bara dengan air asam tambang. Penelitian tahap 2 yaitu pengolahan air *run off* pertambangan batu bara dengan aluminium sulfat. Parameter kedua tahap tersebut adalah pH (derajat keasaman), kekeruhan (*turbidity*), TSS (*Total Suspended Solid*), logam Fe dan Mn. Prosedur analisis parameter terdapat pada Lampiran A. Parameter pH dan TSS, Fe dan Mn disesuaikan dengan baku mutu air limbah pertambangan batu bara yang terdapat dalam Peraturan daerah Provinsi Kalimantan Timur No. 02 Tahun 2011. Parameter pH, residu tersuspensi, Fe total, dan Mn total dengan kadar maksimum masing-masing 6-9, 300 mg/L, 7 mg/L, dan 4 mg/L.

3.2.2 Persiapan Koagulan dan Sampel

Koagulan yang digunakan dalam proses pengolahan air *run off* pertambangan batu bara adalah air asam tambang dan aluminium sulfat. Koagulan air asam tambang berasal dari *sump pit* Pelikan PT. Pamapersada Nusantara *site* KPCS. Air asam tambang diambil dengan menggunakan jirigen yang didahului dengan analisis karakteristik awal. Namun sebagian air asam tambang yang digunakan adalah air asam tambang buatan dari pelarutan material PAF (*Potential Acid Forming*) sebanyak 1 gram ditambah 1 mL larutan asam sulfat 0,1 N dan penambahan akuades sampai 100 mL. Selanjutnya diendapkan selama 1 hari, dan diambil supernatan untuk diencerkan lagi dengan akuades sampai 10 kali pengenceran.Koagulan air asam tambang buatan digunakan untuk pengolahan air *run off* dengan kekeruhan 800 NTU.



Gambar 3.1 Kerangka Penelitian



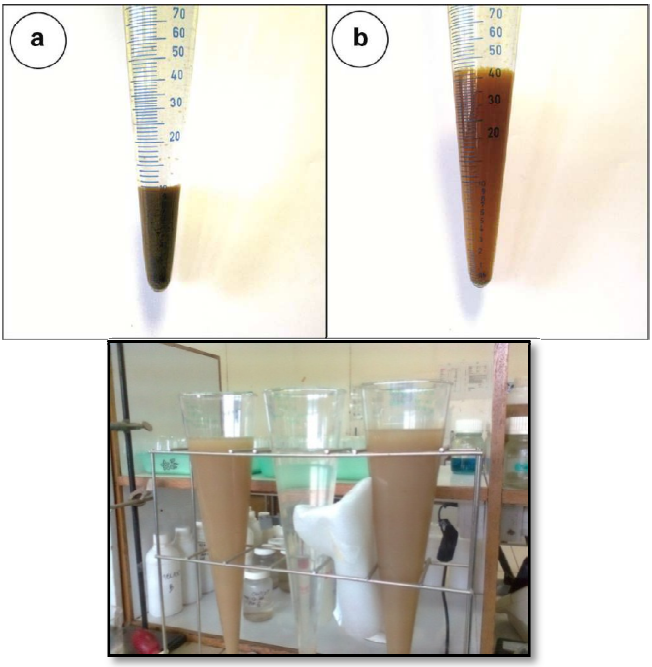
Gambar 3.2 Skema Kerja

Koagulan aluminium sulfat disiapkan dalam bentuk larutan dengan melarutkan koagulan tersebut sebanyak 50 gram ke dalam akuades sampai1000 mL dan diaduk sampai seluruh padatan larut. Pada setiap pengambilan alum saat melakukan j*ar test*, dilakukan pengadukan terlebih dahulu. Sampel air *run off* pertambangan batu bara diambil dari *sump pit Kangguru* area pertambangan batu bara PT. Pamapersada Nusantara *site* KPCS.

Air *run off* diendapkan selama 1 hari terlebih dahulu untuk diambil supernatan sebelum digunakan penelitian. Langkah yang sama dilakukan pada setiap selesai mengambil sampel sampai air *run off* mengalami homogenisasi larutan atau memiliki kekeruhan yang hampir sama di setiap pengambilan air untuk *jar test*.Sebagian air *run off* tidak berasal dari *sump pit* namun melarutkan material NAF (Non *Potential Acid Forming*) dengan air PDAM pada perbandingan 1:25. Kemudian supernatan dari sampel tersebut diambil setelah mengalami pengendapan selama 1 jam.Supernatan tersebut sebagai sampel air *run off* pertambangan pada pengolahan kekeruhan 800 NTU dengan koagulan air asam tambang buatan dan aluminium sulfat. Bahan kimia yang ditambahkan untuk pengkondisian nilai pH pada sampel air *run off* adalah H_2SO_4 0,1 N dan NaOH 0,1 N. Selain itu terdapat batu kapur untuk menaikkan pH air asam tambang. Pelarutan batu kapur dengan akuades dengan perbandingan 1: 100 tanpa melalui pengendapan yaitu 100 gram sampai volume 1000 mL akuades.

3.2.3 Analisis Karakteristik Awal Koagulan dan Sampel

Analisis karakteristik awal dilakukan untuk mendapatkan karakteristik awal dari air *run off* pertambangan batu bara, dan air asam tambang. Pemeriksaan karakteristik air *run off* dengan menggunakan pH meter untuk nilai pH, metode gravimeter dan spektrofotometri untuk parameter TSS dan turbidimeter untuk nilai kekeruhan.Prosedur analisis parameter pada Lampiran A. Pengukuran *settleable solids* air *run off* pada *imhoff cone* selama 4 hari untuk diukur nilai TSS, kekeruhan dan pH di setiap penurunan volumenya.



Gambar 3.3 Contoh Analisis *Settleable Solids* (Heviánková *et. al*, 2014, Amalia, 2011)

3.2.4 Penelitian Tahap 1: Pengolahan Air *Run Off* dengan Air Asam Tambang

Pengolahan air *run off* pertambangan batu bara dilakukan dengan proses koagulasi-flokulasi untuk menurunkan kadar TSS dan kekeruhan yang tinggi dalam sampel tersebut. Jenis koagulan yang digunakan adalah air asam tambang.Pada penelitian ini ditentukan dosis optimum koagulan, pH optimum, kecepatan pengadukan lambat dan waktu pengendapan optimum.

3.2.4.1 Penentuan Dosis Koagulan Optimum

Penentuan dosis koagulan optimum bertujuan untuk menentukan dimana air asam tambang dapat bekerja optimal sebagai koagulan dalam menurukan nilai TSS dan kekeruhan air *run off*. Penentuan dosis optimum dilakukan pada karakteristik awal air *run off* dan air asam tambang. Selain itu juga pada variasi kekeruhan air *run off* dan variasi pH awal koagulan air asam tambang. Penentuan dosis optimum dengan range finding test sebanyak 2 kali. Range finding test pertama dalam range dosis yang besar. Range finding test kedua dalam range dosis yang lebih kecil.

A. Range *finding test* pada saat karakteristik awal air *run off* dan air asam tambang.
1. Air asam tambang (mL/L) : 0; 10; 100; 200.
2. Air asam tambang (mL/L) : 250; 300; 350; 400.

B. Range *finding test* pada saat variasi kekeruhan awal air *run off* 900 NTU dan air asam tambang pH 3.
1. Air asam tambang (mL/L) : 0; 300; 325; 350.
2. Air asam tambang (mL/L) : 375; 400; 425; dan 450.

C. Range *finding test* pada saat variasi kekeruhan awal air *run off* 900 NTU dan air asam tambang pH 4.
1. Air asam tambang (mL/L) : 0; 200; 300; 400.
2. Air asam tambang (mL/L) : 250; 350; dan 450.

D. Range *finding test* pada saat variasi kekeruhan awal air *run off* 900 NTU dan air asam tambang pH 2,5.
1. Air asam tambang (mL/L) : 0; 100; 200; 300.
2. Air asam tambang (mL/L) : 250; 350; 400; dan 450.

E. Range *finding test* pada saat variasi kekeruhan awal air *run off* 700 NTU dan air asam tambang pH 3 adalah :
1. Air asam tambang (mL/L) : 0; 50; 100; 150.
2. Air asam tambang (mL/L) : 110; 120; 130; dan 140.

F. Range *finding test* pada saat variasi kekeruhan awal air *run off* 700 NTU dan air asam tambang pH 4.
1. Air asam tambang (mL/L) : 0; 100; 200; 300.
2. Air asam tambang (mL/L) : 125; 150; 175; dan 200.

G. Range *finding test* pada saat variasi kekeruhan awal air *run off* 700 NTU dan air asam tambang pH 2,5.
1. Air asam tambang (mL/L) : 0; 150; 200; 250.
2. Air asam tambang (mL/L) : 50; 75; 100; dan 125.

H. Range *finding test* pada saat variasi kekeruhan awal air *run off* 800 NTU dan air asam tambang pH 2,5; 3; dan 4.
1. Air asam tambang (mL/L) : 0; 50; 100; 150; 200; 250.
2. Air asam tambang (mL/L) : 300; 350; 400; 450; 500.

Selanjutnya untuk mendapatkan dosis optimum penelitian dengan metode *jar test*. Setelah koagulan AAT ditambahkan dalam air sampel, pengadukan cepat 200 rpm selama 60 detik dilanjutkan dengan pengadukan lambat 40 rpm selama 15 menit dan waktu pengendapan flok selama 15 menit; 30 menit dan 45 menit. Pengukuran terhadap nilai pH, TSS, kekeruhan pada 3 waktu pengendapan sehingga dapat ditentukan dosis optimum koagulan dengan melihat penurunan TSS dan kekeruhan yang terjadi secara signifikan. Kemudian dari dosis optimum di masing-masing variasi kekeruhan dan pH, dilakukan analisis terhadap parameter Fe dan Mn. Dosis untuk memenuhi baku mutu adalah dosis saat terpenuhinya baku mutu air limbah penambangan batu bara menurut Peraturan Daerah Provinsi Kalimantan Timur No. 02 Tahun 2011 yaitu nilai TSS akhir minimal 300 mg/L dan pH akhir 6-9 setelah penambahan koagulan.

3.2.4.2 Penentuan pH Optimum

Tujuan penentuan pH optimum adalah untuk menentukan nilai pH saat AAT dapat bekerja optimal sebagai koagulan.Penentuan pH optimum dilakukan dengan *jar test* atau metode koagulasi flokulasi. Sampel yang digunakan adalah air *run off*pertambangan

batu bara dengan dosis tiap jenis koagulan yang optimum. Variasi pH awal adalah pH 7 atau tanpa penambahan apapun; pH 6; pH 8; dan pH 9. Larutan H_2SO_4 dan NaOH digunakan untuk menurunkan dan menaikkan pH air *run off* .Batu kapur untuk menaikkan pH air asam tambang. Setelah koagulan AAT ditambahkan dalam air sampel, pengadukan cepat 200 rpm selama 60 detik dilanjutkan dengan pengadukan lambat 40 rpm selama 15 menit dan waktu pengendapan flok selama 15 menit; 30 menit dan 45 menit. Tahap selanjutnya adalah pengukuran TSS, kekeruhan dan pH untuk menentukan nilai pH saat terjadi penurunan TSS dan kekeruhan paling besar dan nilai pH akhir pengendapan sesuai dengan baku mutu. Setelah didapatkan nilai pH optimum, maka dianalisis kandungan Fe dan Mn.

3.2.4.3 Penentuan *Slow Mix* dan *Settling Time*

Penentuan kecepatan pengadukan lambat dan waktu pengendapan optimum dengan percobaan *jar test*. Sampel yang digunakan adalah air *run off* dengan dosis koagulan yang optimum dan pH optimum. Dosis optimum koagulan air asam tambang adalah dosis yang sudah didapatkan pada tahap penelitian sebelumnya.pH optimum koagulan adalah pH optimum di akhir proses koagulasi-flokulasi saat kekeruhan tertentu. Setelah koagulan AAT ditambahkan dalam air sampel, pengadukan cepat 200 rpm selama 60 detik dan dilanjutkan dengan pengadukan lambat.

Variasi kecepatan pengadukan lambat adalah 10 rpm; 20 rpm; 30 rpm; 40 rpm; 50 rpm dan 60 rpm. Selanjutnya variasi waktu pengendapan adalah 10 menit; 20 menit; 30 menit; 40 menit; 50 menit; dan 60 menit. Pengukuran nilai Fe dan Mn setelah menentukan dosis koagulan optimum, pH optimum, kecepatan pengadukan lambat dan waktu pengendapan optimum.

3.2.5 Penelitian Tahap 2: Pengolahan Air *Run Off* dengan Koagulan Aluminium Sulfat

Pengolahan air *run off* melalui proses koagulasi-flokulasi untuk menurunkan kadar TSS dan kekeruhan yang tinggi dengan pembubuhan koagulan komersial yaitu aluminium sulfat. Selanjutnya untuk koagulan alum dan air asam tambang dibandingkan efektifitas dari penggunaan 2 jenis koagulan tersebut.Pada penelitian tahap 2 juga ditentukan dosis dan pH optimum, namun tidak ditentukan kecepatan pengadukan lambat dan waktu pengendapan yang optimum. Penentuan dosis optimum koagulan aluminium sulfat dengan range finding test yaitu :

A. Range *finding test* pada saat karakteristik awal air *run off* dan koagulan aluminium sulfat.
1. Aluminium sulfat (mg/L) : 0; 10; 50; 100.
2. Aluminium sulfat (mg/L) : 60; 70; 80; 90

B. Range *finding test* pada saat variasi kekeruhan awal air *run off* 800 NTU dan koagulan aluminium sulfat.
1. Aluminium sulfat (mg/L) : 0; 100; 150; 200; 250; 300
2. Aluminium sulfat (mg/L) : 75; 125; 175; 225; 275
3. Aluminium sulfat (mg/L) : 300; 325; 350; 375.

Pengukuran pH, kekeruhan dan TSS pada setiap 15 menit; 30 menit dan 45 menit.Setelah mendapatkan dosis optimum dari persentase penyisihan TSS dan kekeruhan yang terbesar maka ditentukan pH optimum dari dosis optimum tersebut.

3.2.6 Analisis Laboratorium

Analisis laboratorium digunakan pada setiap parameter yaitu pH, TSS, kekeruhan, Fe dan Mn. Parameter penelitian dan metode analisis dapat dilihat dalam Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Metode Analisis Parameter

Parameter	Metode Analisis	Sumber	Pelaksanaan
pH	Electrometri 4500-H^+ dengan pH meter	(APHA, 2005)	Laboratorium PT. Kaltim Prima Coal dan Laboratorium Pemulihan Air Teknik Lingkungan ITS.
Kekeruhan	Nephelometric 2130 B. dengan Turbidimeter		
Total Suspended Solid	Gravimetri 2540 D dan spektrofotometer		
Fe (Besi)	Phenanthroline 3500-Fe B dan spektrofotometri		
Mn (Mangan)	Persulfate 3500-Mn B dan spektrofotometri		

Sumber : Standart Method, 2005

1. Analisis *Total Suspended Solids*

Padatan tersuspensi total adalah residu dari padatan total yang tertahan oleh saringan dengan ukuran partikel lebih besar dari partikel koloid. Pengukuran *total suspended solids* menggunakan metode gravimeter. Pada prinsipnya, apabila zat padat dalam sampel dipisahkan dengan menggunakan kertas saring dan zat padat yang tertahan dalam kertas saring dikeringkan, maka massa residu setelah pengeringan adalah zat padat tersuspensi. Residu yang tertahan pada kertas saring dikeringkan sampai massa konstan pada suhu 103ºC sampai dengan 105ºC. Kenaikan berat kertas saring mewakili padatan tersuspensi total. Perhitungan *total suspended solids* dengan cara pembagian antara selisih masaa kertas saring+sisa residu dengan volume sampel.

3.2.7 Analisis Data dan Pembahasan

Analisis data berdasarkan pada hasil penelitian laboratorium yang dengan mengkaji berdasarkan studi literatur dan hasil penelitian sebelumnya. Analisis data dan pembahasan meliputi :

1. Penentuan dosis optimum, pH optimum, kecepatan pengadukan lambat dan waktu pengendapan optimum pada air *run off* penambangan batu bara dengan koagulan air asam tambang.
2. Penentuan dosis optimum dan pH optimum pada air *run off* penambangan batu bara dengan koagulan aluminium sulfat.
3. Penentuan dosis optimum pada variasi kekeruhan awal air *run off* dan pH awal air asam tambang.
4. Pengaruh interaksi dosis koagulan dan pH awal koagulan air asam tambang.
5. Pengaruh interaksi dosis koagulan dan kekeruhan awal air *run off*
6. Pengaruh interaksi dosis koagulan dan pH awal air *run off*
7. Perbandingan efektifitas penggunaan koagulan aluminium sulfat dan air asam tambang.

Analisis data yang digunakan adalah analisis deskriptif dimana data disajikan dalam bentuk tabel dan divisualisasikan dengan grafik. Penentuan pH optimum, dosis optimum, dan kondisi operasi disesuaikan dengan efisiensi penyisihan TSS dan kekeruhan paling besar, nilai pH yang sesuai baku mutu. Hasil penelitian yang sudah disajikan dalam tabel akan diuji nilai signifikansi dengan menggunakan uji statistik anova. Nilai signifikansi menunjukkan ada dan tidaknya pengaruh variabel terhadap parameter yang diukur. Batas nilai signifikansi adalah 0,05. Nilai signifikansi < 0,05 menunjukkan bahwa tidak ada perbedaan nilai yang diukur/parameter terhadap variasi variabel. Apabila hanya 1 variabel yang dimasukkan maka menggunakan anova *one way*, namun apabila ingin mengetahui interaksi 2 variabel maka menggunakan anova *two way*. Selanjutnya untuk mengetahui nilai signifikansi pada masing-masing level variasi variabel dapat diuji dengan uji tukey.

3.2.8 Penarikan Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan berdasarkan hasil analisis data dan teori-teori yang sudah disajikan dalam tinjauan pustaka serta referensi jurnal. Oleh karena itu dapat disimpulkan terkait pengaruh penggunaan jenis koagulan (koagulan komersial dan AAT) terhadap penurunan nilai TSS dan kekeruhan pada pengolahan air run off pertambangan batu bara. Pengaruh tersebut meliputi variasi dosis koagulan, variasi Ph air asam tambang dan variasi pH serta kekeruhan awal air *run off*. Selain itu juga diperoleh kondisi operasi dalam proses koagulasi-flokulasi yang meliputi nilai pH, dosis, kecepatan pengadukan lambat dan waktu pengendapan optimum. Sedangkan saran untuk pembaca dapat ditulis meliputi alternatif perbaikan dalam penelitian kedepannya.

BAB 4
ANALISIS DAN PEMBAHASAN

4.1 Analisis Karakteristik Awal

Analisis karakteristik awal dilakukan di Laboratorium Air, Departemen *Environment* PT. Kaltim Prima Coal dan Laboratorium Pemulihan Air Jurusan Teknik Lingkungan FTSP ITS.Tujuan analisis ini adalah untuk menentukan karakteristik awal air asam tambang dan air *run off* pertambangan batubara.

4.1.1 Karakteristik Air Asam Tambang

Air asam tambang berasal dari pertambangan batu bara PT. Pamapersada Nusantara *ste* KPCS. Air asam tambang diambil dari *sumppit* (kolam pengendapan) Pelikan yang berwarna bening dan jernih, pH rendah, mengandung logam Fe dan Mn. Karakteristik awal air asam tambang ditentukan dengan melakukan pengambilan sampel sebanyak 3 kali.Tampilan fisik dari air asam tambang dapat dilihat pada Gambar 4.1.Karakteristik awal air asam tambang ditunjukkan pada Tabel 4.1.

Gambar 4.1 Air Asam Tambang dari *Sump Pit* Pelikan

Tabel 4.1 Karakteristik Air Asam Tambang (*Sump Pit* Pelikan)

Sampling	pH	TSS (mg/L)	Kekeruhan (NTU)	Besi (mg/L)	Mangan (mg/L)
1	2,97	14	4,26	6,5	6,4
2	3,03	0	1,6	3,6	13
3	3,17	8	8,38	2,95	5

Tabel 4.1 menunjukkan bahwa pH air asam tambang berada pada range pH 2,97 – 3,17. Karakteristik air asam tambang yang dihasilkan dari masing-masing *coal mining* memiliki karakteristik yang berbeda. Air asam tambang terbentuk dari lapisan tanah yang berpotensi membentuk keasaman yaitu material PAF (*Potentially Acid Forming Material*) yang tersingkap ke permukaan tanah, sehingga mengakibatkan bereaksinya mineral sulfida (PiritatauFeS_2) dengan oksigen dan air.

Oksidasi pirit ini menghasilkan asam sulfat dan logam-logam terlarut diantaranya Fe, Mn, Zn, dan Cu yang menyebabkan penurunan pH air di bawah pH 3. Air *sumppit* Pelikan berasal dari air hujan maupun air asli dari batuan yang melewati material batuan PAF di sekitar *sump*. Air berwarna bening dan jernih dikarenakan kandungan Fe dan Mn yang kecil. Adanya kandungan Fe dan pH yang rendah menjadikan air asam tambang dari *sump pit* Pelikan ini berpotensi sebagai koagulan (Rao et al., 1992)

4.1.2 Karakteristik Awal Air *Run Off*

Air *run off* pertambangan batu bara berasal dari penambangan batu bara PT. Pamapersada Nusantara *site* KPCS. Air *run off* diambil dari *sump pit Kangguru* yang merupakan pertemuan air dari beberapa *catchment* area tambang. Tampilan fisik dari air

run off dapat dilihat pada Gambar 4.2. Karakteristik awal air *run off* ditunjukkan pada Tabel 4.2.

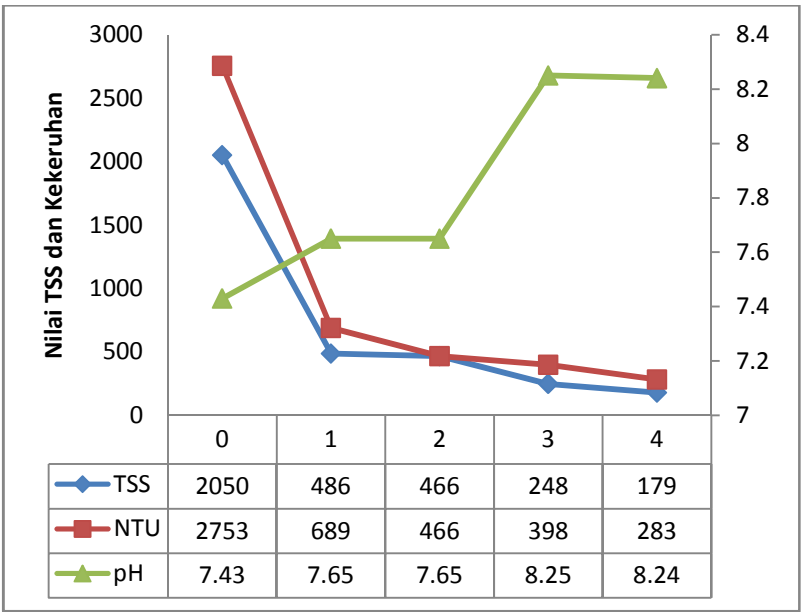
Gambar 4.2 Air *Run Off* Pertambangan Batu Bara (*Sump Pit Kangguru)*

Tabel 4.2 Karakteristik Air *Run Off* (*Sump pit Kangguru*)

Sampling	pH	TSS (mg/L)	Kekeruhan (NTU)	Besi (mg/L)	Mangan (mg/L)
1	7,6	1660	2388	0	0
2	7,88	1580	1775	0	0
3	7,82	2050	2753	0	0

Tabel 4.2 menunjukkan bahwa air *run off* pertambangan batu bara dari *sump pit Kangguru* mempunyai pH yang netral yaitu pada rentang 7-8, namun mengandung TSS dan kekeruhan yang tinggi. Kandungan logam Besi (Fe) dan Mangan (Mn) pada air *run off* adalah nol. Nilai TSS dan kekeruhan yang tinggi disebabkan oleh partikel-partikel dari tambang batu bara yang tergerus oleh air hujan. Partikel maupun koloid tersebut berasal dari lapisan tanah yang merupakan material NAF (*Non Acid Forming Material*)

sehingga air *run off* di *sump pit* Kangguru mengandung pH yang netral dan kandungan logam seperti Fe dan Mn adalah nol. Hal inilah yang membedakan karakteristik air yang berada di *sumppit* Pelikan dan *sump pit* Kangguru. Semakin tinggi nilai TSS dan kekeruhan akan menyebabkan waktu pengendapan yang dibutuhkan akan semakin lama. Oleh sebab itu dilakukan uji *imhoff cone* selama 5 hari untuk mengetahui tipe pengendapan air *run off* pertambangan batu bara seperti pada Gambar 4.3.



Gambar 4.3 Tipe Pengendapan Air *Run Off*

Gambar 4.3 menunjukkan tipe pengendapan air *run off* dari *sump pit* Kangguru dari hari ke 0 pengambilan sampel sampai 4 hari berikutnya. Karakteristik awal sampel memiliki kekeruhan 2753 NTU dan TSS 2050 mg/L. Ketika diukur pada *imhoff cone* selama 5 hari, nilai kekeruhan dan TSS cukup mengalami penurunan yang signifikan. Penurunan sangat signifikan pada 1 hari

pengendapan, kemudian di hari berikutnya cukup stabil. Jika disesuaikan dengan baku mutu air limbah penambangan batu bara Provinsi Kalimantan Timur, maka diperlukan waktu pengendapan ± 4 hari, untuk memenuhi baku mutu TSS yaitu 300 mg/L. Oleh sebab itu, dengan karakteristik tersebut, dapat dimungkinkan untuk penambahan koagulan pada outlet air *run off* dari *sump pit* Kangguru, agar mempersingkat waktu pengendapan.

4.2 Penelitian Tahap 1: Pengolahan Air *Run Off* dengan Air Asam Tambang

Berdasarkan analisis karakteristik awal, air *run offsump pit* Kangguru mengandung TSS dan kekeruhan yang cukup tinggi dengan waktu pengendapan ± 4 hari, untuk memenuhi baku mutu TSS. Oleh karena itu diperlukan pengolahan untuk mempercepat proses pengendapan dengan menurunkan nilai TSS dan kekeruhan. Sedangkan karakteristik air asam tambang *sump pit* Pelikan menunjukkan pH asam dan kandungan Fe yang berpotensi untuk mengikat partikel/koloid dalam air *run off sump pit* Kangguru.

Pada penelitian tahap 1, air asam tambang dari *sump pit* Pelikan akan digunakan sebagai koagulan untuk menurunkan nilai TSS dan kekeruhan air *run off sump pit* Kangguru. Metode yang digunakan adalah koagulasi-flokulasi dengan menggunakan *jar test*. Variabel yang digunakan adalah dosis air asam tambang, pH AAT, pH air *run off*, kekeruhan air *run off*, waktu pengendapan dan kecepatan pengadukan lambat. Sedangkan parameter yang diukur adalah nilai pH, TSS, kekeruhan, kandungan Fe dan Mn untuk kondisi optimum.

4.2.1 Penentuan Dosis Optimum Air Asam Tambang

Air *run off* dengan karakteristik awal TSS 690 mg/L, kekeruhan 1077 NTU, pH 7,69. Air asam tambang pH 2,97 serta nilai Fe 6,5 dan Mn 6,4. Berdasarkan uji anova *one way* pada Lampiran C-

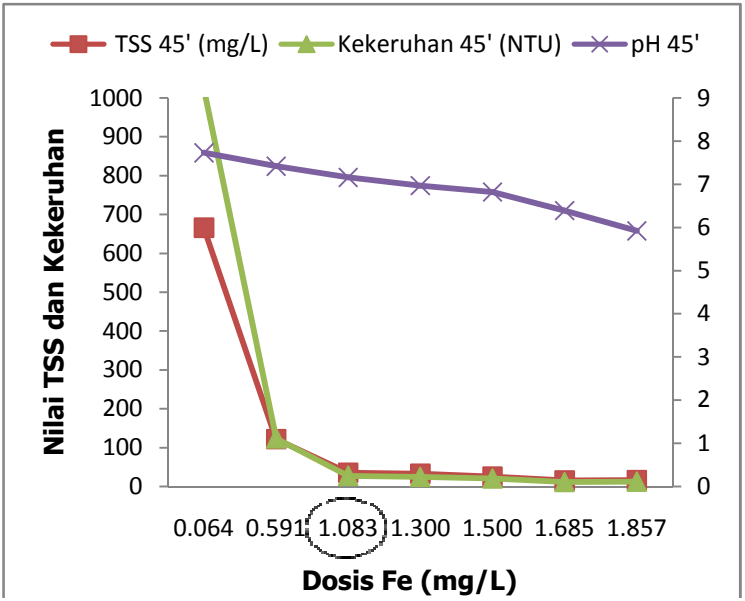
1didapatkan signifikansi 0,000 atau < 0,05 untuk dosis terhadap kekeruhan maupun dosis terhadap TSS. Hipotesa pertama adalah:

Ho : rata-rata nilai penyisihan kekeruhan dan TSS untuk tiap level dosis air asam tambang adalah sama.

H_1 : rata-rata nilai penyisihan kekeruhan dan TSS untuk tiap level dosis air asam tambang minimal ada satu yang tidak sama.

Dasar penentuan keputusan adalah jika nilai signifikansi > 0,05 maka Ho diterima sedangkan apabila nilai signifikansi < 0,05 maka Ho ditolak atau menerima $H_{1.}$ F hitung sebesar 1719,316 dan 1395,636 dengan nilai signifikansi baik terhadap kekeruhan maupun TSS adalah 0,000 atau < 0,05 maka dikatakan bahwa untuk tiap dosis koagulan air asam tambang memiliki nilai kekeruhan dan TSS yang tidak sama.

Nilai *R. Squared* 0,999 dan 0,988 menunjukkan semakin mendekati angka 1, berarti korelasi semakin kuat antar variabel independen dan dependennya. Penentuan terhadap perbedaan antar level dosis atau dosis mana yang memiliki perbedaan yang signifikan, maka didapatkan melalui uji tukey. Output Homogeneous Subsets di Lampiran C1 tabel kekeruhan maupun TSS menunjukkan bahwa sebenarnya ada beberapa dosis yang tidak memiliki perbedaan signifikan jika dibandingkan dengan dosis yang lain. Hal ini berdasarkan efisiensi penyisihan nilai kekeruhan dan TSS. Pada dosis 0,591 mg Fe/L memiliki perbedaan yang signifikan dengan dosis yang lain. Penurunan nilai TSS dan kekeruhan, nilai pH akhir dapat dilihat pada Gambar 4.4



Gambar 4.4 Pengaruh Dosis AAT terhadap Nilai pH Akhir, TSS dan Kekeruhan

Gambar 4.4 menunjukkan adanya pengaruh dosis air asam tambang (variabel bebas) yang dibubuhkan terhadap nilai TSS dan kekeruhan (variabel terikat). Pada range finding test pertama, variasi dosis dimulai dari yang paling kecil dengan rentang nilai besar yaitu 0 mg Fe/L sampai 1,083 mg Fe/L untuk mengetahui tipe penurunan TSS dan kekeruhan yang signifikan dan stabil pada saat dosis tertentu. Penurunan signifikan TSS dan kekeruhan saat pembubuhan dosis 200 mL/L atau 1,083 mg Fe/L yaitu mencapai 94% untuk parameter TSS dan 97% untuk parameter kekeruhan. Hasil pengukuran parameter pada finding test pertama, digunakan sebagai acuan untuk menentukan dosis pada finding test kedua.Berdasarkan hasil di range finding test pertama, dibubuhkan variasi dosis AAT yang lebih besar dari 1,083 mg Fe/L.

Air dengan kekeruhan yang tinggi, memerlukan penambahan koagulan untuk menekan nilai pH agar sesuai untuk proses koagulasi. Hal ini berhubungan dengan alkalinitas, semakin tinggi kekeruhan dalam air maka semakin tinggi pula alkalinitasnya. Penambahan koagulan akan mengkonsumsi alkalinitas dalam air sehingga mencegah penurunan pH air sampel yang signifikan (Hendricks D, 2006). Oleh karena itu pada saat dosis AAT lebih dari 1,083 mg Fe/L, penurunan nilai TSS dan kekeruhan menunjukkan angka yang mulai stabil, sehingga sampai dosis 1,857 mg Fe/L menunjukkan penurunan yang terus stabil dan semakin baik.

Dosis optimum AAT yaitu 1,083 mg Fe/L menunjukkan bahwa semakin banyak dosis air asam tambang yang dibubuhkan maka pH akhir yang dihasilkan akan turun atau bersifat asam. Menurut Guida *et al*. (2007), proses koagulasi-flokulasi relevan pada pH rendah, efisiensi penyisihan TSS akan semakin signifikan pada pH rendah. Semakin besar dosis air asam tambang maka semakin besar efisiensi penyisihan nilai TSS dan kekeruhan sehingga pH akhir sampel akan semakin rendah.

Pada saat dosis AAT 0,064 mg Fe/L – 1,685 mg Fe/L, pH akhir yang terjadi masih dalam kondisi netral yaitu lebih dari 6 dan kurang dari 8. Sedangkan saat penambahan dosis 1,857 mg Fe/L, pH akhir berada pada range pH 5 (kondisi asam), sehingga batas pemberian dosis AAT 1,685 mg Fe/L. Nilai Fe dan Mn adalah 0,15 mg/L dan 2,9 mg/L. Oleh karena itu, dalam penentuan dosis optimum koagulan juga harus mempertimbangkan parameter pH akhir. pH optimum bervariasi tergantung jenis koagulan yang digunakan (Hendricks D, 2006).

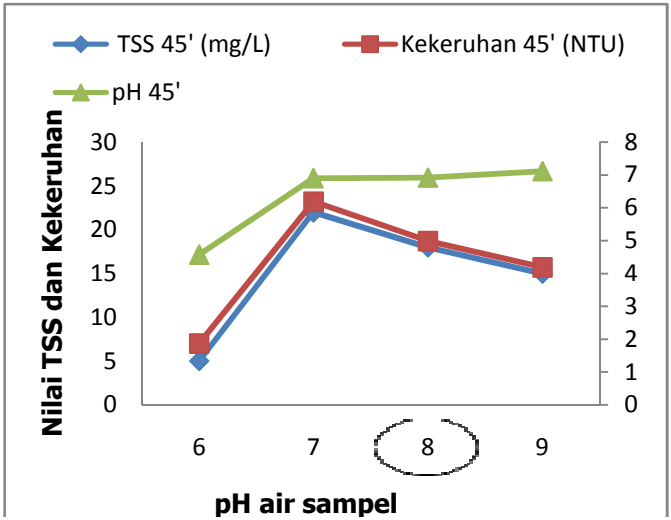
Berdasarkan hasil penelitan dengan uji anova dapat dikatakan bahwa pemberian dosis koagulan air asam tambang mampu menurunkan nilai TSS dan kekeruhan. Selain itu pada masing-masing variasi dosis AAT memberikan persentase penurunan TSS

dan kekeruhan yang berbeda sehingga terdapat pengaruh yang siginifikan antar level dosis koagulan air asam tambang.

4.2.2 Penentuan pH Akhir Optimum

Penentuan pH akhir proses koagulasi-flokulasi didapatkan setelah menentukan dosis koagulan optimum atau efektif. Dosis koagulan air asam tambang 1,083 mg Fe/L dengan sampel air *run off* TSS 750 mg/L dan kekeruhan 1023 NTU divariasikan dengan pH 6, 7, 8, dan 9 pada air sampel. Variasi pH air *run off* dengan penambahan larutan asam sulfat dan larutan kapur. Sebelum dilakukan *jar test*, dilakukan pengukuran analisa pengendapan larutan asam sulfat dan kapur pada masing-masing variasi pH awal sampel.

Analisa pengendapan seperti data pada Lampiran A bahwa tidak ada perubahan yang signifikan nilai parameter pH, TSS, dan kekeruhan pada air sampel setelah ditambahkan larutan asam sulfat dan kapur.Berdasarkan uji anova *one way* pada Lampiran C-2 didapatkan nilai signifikansi pH sampel terhadap kekeruhan 0,602 dan TSS 0,508. Hipotesa pertama adalah :
Ho : rata-rata nilai penyisihan kekeruhan dan TSS untuk tiap pH air sampel adalah sama.
H_1 : rata-rata nilai penyisihan kekeruhan dan TSS untuk tiap pH air sampel minimal ada satu yang tidak sama. Nilai F hitung sebesar 4,036 dan 2,754 serta nilai signifikansi > 0,05 maka dapat dikatakan rata-rata nilai TSS dan kekeruhan untuk tiap pH air sampel adalah sama. Nilai TSS dan kekeruhan, nilai pH akhir dapat dilihat pada Gambar 4.5



Gambar 4.5 Pengaruh pH Air Sampel terhadap Nilai pH Akhir, TSS dan Kekeruhan

Dosis koagulan air asam tambang yang diberikan sama, sehingga dapat dibandingkan dari pH 6; 7; 8 dan 9 (variabel bebas) yang memberikan penurunan nilai TSS dan kekeruhan (variabel terikat) yang paling besar. Pada Gambar 4.5 dapat dilihat efisiensi penurunan terbesar mencapai <97% untuk parameter TSS dan <98% untuk parameter kekeruhan saat *adjustment* di pH awal 6.

Selanjutnya, saat pH awal 7 (blanko), efisiensi penurunan TSS dan kekeruhan mulai menurun dan meningkat lagi saat pH awal 8 dan 9. Namun, pH akhir yang terjadi setelah proses koagulasi-flokulasi untuk pH awal 6 adalah kurang dari pH 5. Kondisi pH dikatakan terlalu asam, meskipun pH awal sampel 6 menunjukkan penurunan TSS dan kekeruhan yang terbesar, namun tidak baik untuk nilai pH akhirnya. Oleh karena itu pH awal optimum yaitu saat *adjustment* pH 8, dengan efisiensi penurunan TSS <94% dan kekeruhan <96% dan menghasilkan

pH akhir optimum yang netral yaitu (±6,8). Air asam tambang bekerja optimal pada pH 6 (Akcil dan Koldas, 2006). Pengukuran Fe dan Mn pada saat pH optimum 8 adalah 0,13 mg /L dan 2 mg/L.

Oleh karena itu, berdasarkan hasil penelitian dan uji anova menunjukkan bahwa nilai pH akhir pada masing-masing pH awal sampel tidak berbeda jauh. Air *run off* pertambangan batu bara memiliki kekeruhan sampai 1000 NTU. Air dengan kekeruhan tinggi, mengandung pH yang lebih tinggi (Hendricks D, 2006). Hal ini yang menyebabkan pH akhir air sampel tidak berbeda jauh, dan dengan dosis koagulan optimum yang sama. Kesimpulan dari analisis ini adalah variasi pH awal air sampel tidak berpengaruh terhadap perbedaan nilai penyisihan TSS dan kekeruhan.Nilai persentase penurunan yang mencapai <90% dipengaruhi oleh dosis koagulan bukan variasi pH awal sampel.

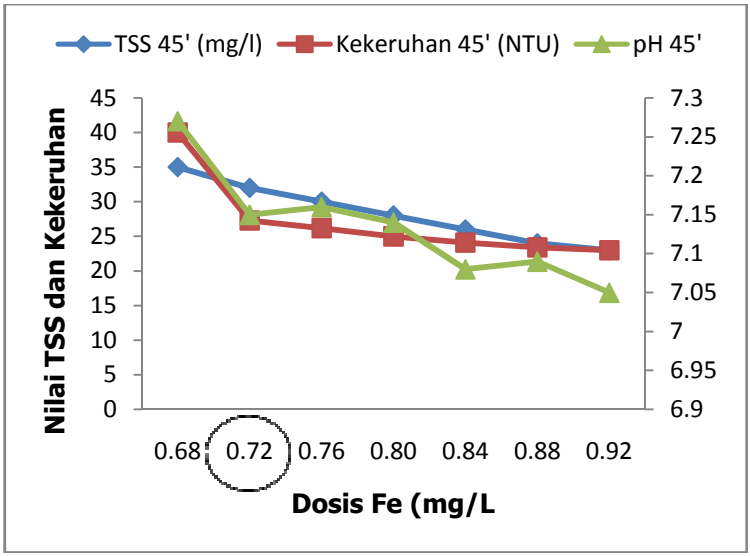
4.3 Pengaruh Variasi Kekeruhan dan pH awal Koagulan Air Asam Tambang

Pengolahan air *run off* pertambangan batu bara yang diambil dari *sump pit Kangguru* PT. Pamapersada Nusantara dengan variasi nilai kekeruhan awal yaitu 900 NTU; 800 NTU dan 700 NTU. Air asam tambang berasal dari *sump pit* Pelikan PT. Pamapersada Nusantara dengan variasi pH awal 2,5; 3; dan 4.

4.3.1 Koagulasi-Flokulasi Air *Run Off* Kekeruhan 900 NTU

A. pH awal koagulan air asam tambang 3

Variasi kekeruhan air *run off* dan variasi pH awal air asam tambang dilakukan sebelum *jar test*. Air *run off* awal dengan TSS 830 mg/L dan kekeruhan 902 NTU serta pH 7,88. Air asam tambang pH 3,17 dan nilai Fe serta Mn adalah 6,5 mg/L dan 6,4 mg/L. Nilai TSS dan kekeruhan, nilai pH akhir dapat dilihat pada Gambar 4.6.



Gambar 4.6 Pengaruh Dosis AAT pada Kekeruhan 900 NTU dan pH Awal AAT 3

Berdasarkan Gambar 4.6 terlihat bahwa semakin besar pemberian dosis koagulan air asam tambang, maka semakin besar penurunan nilai pH nya. Dosis air asam tambang merupakan variabel *independent* dan TSS, kekeruhan serta pH merupakan variabel *dependent*. Variabel *independent* adalah variabel bebas sedangkan variabel *dependent* adalah variabel terikat.Penambahan dosis 325 mL/L atau 0,724 mg Fe/L, memberikan pengaruh penurunan nilai TSS dan kekeruhan yang signifikan (± 97%).Namun pada saat dosis lebih dari 0,681 mg Fe/L, sudah memberikan kontribusi penurunan yang cukup besar (± 95%). Efisiensi penurunan nilai TSS dan kekeruhan antar masing-masing dosis sudah menunjukkan nilai yang stabil yaitu pada rentang dosis setelah 0,724 mg Fe/L. Oleh sebab itu dapat disimpulkan dosis optimum pada saat kekeruhan awal air sampel 900 NTU dengan pH awal air asam tambang pH 3 adalah 325

mL/L atau 0,724 mg Fe/L. Nilai Fe dan Mn adalah 0,24 mg/L dan 1,6 mg/L.

Pada finding tes pertama untuk dosis air asam tambang terbesar yaitu 350 mL/L atau 0,765 mg Fe/L, nilai TSS dan kekeruhan masih menunjukkan efisiensi penurunan yang besar. Namun, sampai pemberian dosis 450 mL/L atau 0,916 mg Fe/L nilai TSS dan kekeruhan tetap meningkat sampai efisiensi 94%-97%. Peningkatan nilai TSS dan kekeruhan, sampai dosis koagulan yang diberikan jumlahnya hampir 50% dari sampel air *run off*.Hal ini disebabkan koagulan air asam tambang tidak berwarna, sehingga tidak menyebabkan kekeruhan kembali pada air apabila dosisnya berlebihan.

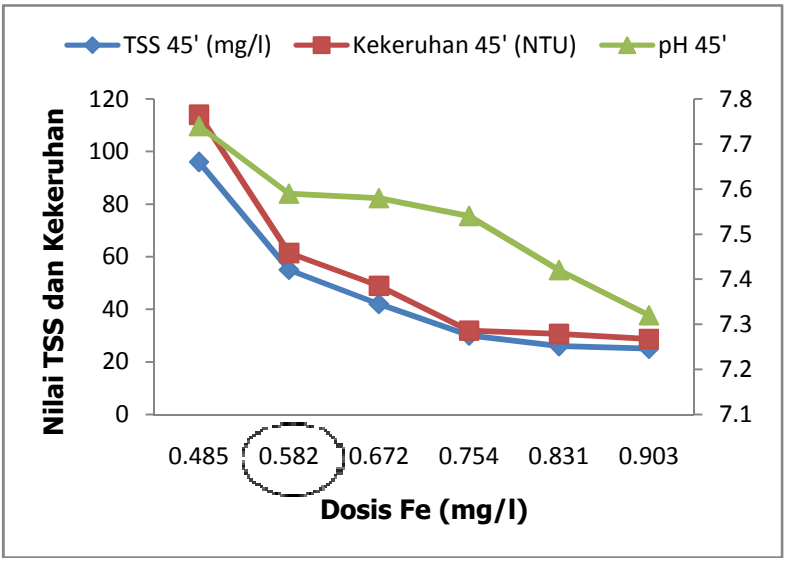
Menurut Akcil dan Koldas (2006), air limbah pertambangan yang pernah terjadi di Afrika Selatan mengandung logam berat yang tinggi dan beracun.*Pyrite* yang sudah teroksidasi bereaksi dengan air menyebabkan air berwarna coklat kemerahan dengan nilai pH sangat rendah yaitu pH 2,5. Hal ini sangat berbeda dengan karakteristik air asam tambang dari pertambangan PT. Pamapersada yaitu tidak berwarna dan mengandung sedikit logam berat seperti Fe dan Mn. Meskipun, karakteristik kedua jenis air asam tambang tersebut berbeda, namun keduanya dapat dimanfaatkan sebagai koagulan.Air asam tambang yang berwarna cokelat kemerahan, apabila dosis yang diberikan berlebih membuat peningkatan kekeruhan dan TSS. Menurut Ruihua *et al*. (2011), penggunaan koagulan air asam tambang yang berlebih akan menyebabkan peningkatan konsentrasi residu Fe namun dapat meningkatkan efisiensi penyisihan fosfor. Air asam tambang dari *sump pit* Kangguru PT. Pamapersada mengandung residu Fe di bawah 1, sehingga masih jauh di bawah baku mutu dan tidak berakibat negatif pada air sampel. Penggunaan air asam tambang ini akan meningkatkan efisiensi kekeruhan dan TSS.

Berdasarkan analisa di atas, dapat disimpulkan bahwa air asam tambang yang dihasilkan dari masing-masing pertambangan

memiliki karakteristik awal yang berbeda. Persamaannya terletak pada pemanfaatannya sebagai koagulan dalam pengolahan air limbah, namun dampak yang dihasilkan berbeda tergantung parameter yang digunakan dalam penelitian.

B. pH awal koagulan air asam tambang 4

Air *run off* finding test I dan II adalah TSS 708 mg/L, TSS 701 mg/L dan kekeruhan 909 NTU, 911 NTU serta pH 7,56. Air asam tambang pH 3,17 dan nilai Fe serta Mn adalah 2,91 mg/L dan 6,7 mg/L. Air asam tambang dari *sump pit* Pelikan asli memiliki pH awal 3 sehingga diperlukan penambahan larutan kapur 5% sebanyak untuk membuat pH awal 4. Jumlah larutan kapur pada setiap variasi pH awal air asam tambang ada di Lampiran A. Selanjutnya, dilakukan proses *jar test* pengukuran terhadap parameter nilai TSS, kekeruhan, pH, Fe dan Mn. Nilai pH akhir, TSS dan kekeruhan dapat dilihat pada Gambar 4.7.



Gambar 4.7 Pengaruh Dosis AAT pada Kekeruhan 900 NTU dan pH Awal AAT 4

Berdasarkan Gambar 4.7, terlihat bahwa semakin besar pemberian dosis koagulan air asam tambang, maka semakin besar efisiensi penurunan nilai TSS dan kekeruhannya. Pada pemberian dosis 450 mL/L atau 0,903 mg Fe/L, terjadi penurunan TSS dan kekeruhan terbesar mencapai (± 96%).Penurunan TSS disebabkan oleh interaksi antara koagulan air asam tambang dengan partikel-partikel koloid maupun partikel tersuspensi.Sehingga semakin banyak air asam tambang yang ditambahkan, maka semakin banyak flok yang terbentuk maka penurunan nilai TSS juga semakin besar. Pada proses koagulasi-flokulasi, koloid-koloid negatif yang sukar mengendap didestabilisasi oleh koagulan selanjutnya bertubrukan sehingga terbentuk flok. Persamaan yang terjadi dari interaksi koagulan dengan koloid sebagai berikut (Hendricks, 2006).

$$\textbf{Koloid}^- + Fe(OH)_3 \rightarrow \textbf{koloid} \,.\, [Fe(OH)_3] \qquad 4.1$$

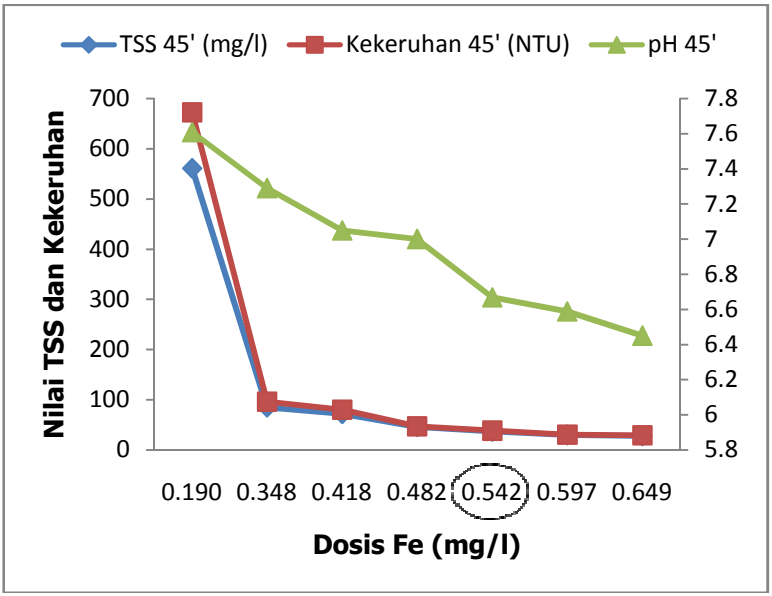
$$\textbf{Koloid}^- + Al(OH)_3 \rightarrow \textbf{koloid} \,.\, [Al(OH)_3] \qquad 4.2$$

Penurunan kekeruhan dan TSS siginifikan ada pada pemberian dosis 0,485 mg Fe/L dan 0,582 mg Fe/L. Sedangkan untuk dosis (>0,582 mg Fe/L), nilai penurunan TSS dan kekeruhan sudah stabil. Oleh karena itu, pemilihan dosis optimum pada kekeruhan awal air *run off* 900 NTU dan pH awal koagulan air asam tambang 4 adalah 250 mL/L atau 0,582 mg Fe/L. Nilai Fe total dan Mn total setelah proses koagulasi-flokulasi masih di bawah baku mutu yaitu 0,21 mg/L dan 1,2 mg/L.

Nilai pH akhir pada setiap variasi dosis, menunjukkan nilai pH lebih dari 7 (netral).Hal ini dikarenakan pH awal air asam tambang di *adjustment* dengan pH 4, sehingga dibandingkan dengan pH awal 3 air asam tambang, menunjukkan nilai pH akhir yang lebih besar (semakin jauh dari asam).Meskipun dibubuhkan dengan volume 450 mL/L koagulan air asam tambang, pH akhir tidak turun drastis.

C. pH awal koagulan air asam tambang 2,5

Air *run off* finding test I dan II adalah TSS 699 mg/L, TSS 714 mg/L dan kekeruhan 907 NTU, 900 NTU serta pH 7,78. Air asam tambang pH 3,17 dan nilai Fe serta Mn adalah 2,09 mg/L dan 4 mg/L. Air asam tambang dari *sumppit* Pelikan asli memiliki pH awal 3 sehingga diperlukan tambahan larutan asam sulfat 0,1 N sebanyak untuk membuat pH awal 2,5. Nilai TSS dan kekeruhan, nilai pH akhir dapat dilihat pada Gambar 4.8.



Gambar 4.8 Pengaruh Dosis AAT pada Kekeruhan 900 NTU dan pH Awal AAT 2,5

Berdasarkan Gambar 4.8, menunjukkan peningkatan penurunan nilai pH, seiring bertambahnya dosis koagulan yang dibubuhkan. pH awal air asam tambang yang awalnya pH 3 sudah asam dan dikondisikan dengan pH 2,5 akan semakin menurunkan nilai pH akhir. Pada dosis 0,190 mg Fe/L dan 0,348 mg Fe/L adalah batas nilai pH akhir 7, selebihnya dari dosis 0,348 mg Fe/L, nilai pH akhir masuk rentang pH <7. Variasi dosis yang hampir sama

dengan variasi pH awal 3 dan 4, penurunan nilai pH lebih signifikan saat saat variasi pH awal 2,5.

Pada saat pH awal rendah, 4 < pH < 6, Al^{3+} atau Fe^{3+} bereaksi dengan air, persamaan reaksinya adalah komplek. Sedangkan pada pH awal tinggi, 6 < pH < 10, umumnya dengan pemberian dosis yang tinggi, maka logam hidroksida akan dihasilkan. Persamaan reaksi terkait 2 kategori adalah sebagai berikut (Hendricks, 2006).

1. Reaksi komplek

$$\mathbf{Al_2(SO_4)_3 + n\ H_2O \rightarrow 2Al\ .\ (OH)n(H_2O)^{n+} + H^+ + 3SO_4^{2-}}\quad \mathbf{4.3}$$

2. Reaksi ion logam

$$\mathbf{Al_2(SO_4)_3 + 6H_2O \rightarrow 2Al(OH)_3 + 6H^+ + 3SO_4^{2-}}\quad \mathbf{4.4}$$

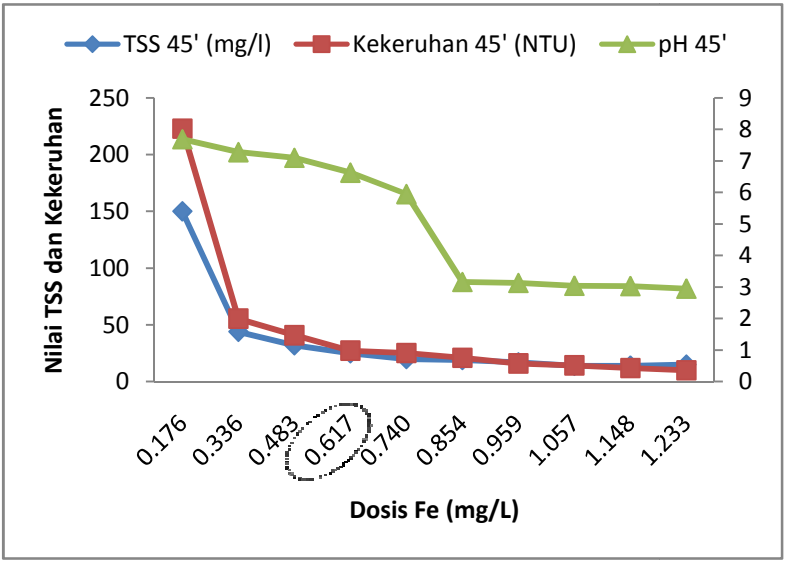
Pada dosis air asam tambang 0,190 mg Fe/L, penurunan kekeruhan dan TSS masih kecil yaitu (± 20% dan ± 25%) dari karakteristik awal air *run off*. Kenaikan penurunan cukup signifikan saat dosis 0,348 mg Fe/L, dimana dari efisiensi sekitar 20% langsung naik menuju efisiensi 80%-90%. Peningkatan efisiensi penurunan nilai TSS dan kekeruhan terbesar saat pemberian dosis air asam tambang 200 mL/L atau 0,348 mg Fe/L. Namun pada dosis 0,418 sampai 0,542 penurunan nilai TSS dan kekeruhan masih dalam rentang cukup jauh. Kesimpulan yang didapat bahwa dosis optimum saat 350 mL/L atau 0,542 mg Fe/L karena peningkatan efisiensi penurunan dalam rentang yang kecil sehingga nilai TSS dan kekeruhan sudah stabil.

4.3.2 Koagulasi-Flokulasi Air *Run Off* Kekeruhan 800 NTU

4.3.2.1 Penentuan Dosis Optimum

A. pH Awal Koagulan Air Asam Tambang 2,5

Air asam tambang dan air *run off* dibuat dengan melarutkan material PAF (*Potential Acid Forming*) dan material NAF. Air *run off* finding test I dan II adalah TSS 592 mg/L, TSS 590 mg/L dan kekeruhan 837 NTU, 820 NTU serta pH 8,3. Air asam tambang pH 2,5 dan nilai Fe serta Mn adalah 3,7 mg/L dan 2,5 mg/L. Berdasarkan uji anova pada Lampiran C-3 didapatkan nilai signifikansi 0,000 atau < 0,05 untuk dosis terhadap kekeruhan maupun dosis terhadap TSS. Uji tukey di Lampiran C-3, untuk melihat perbedaan dari masing-masing level dosis.Nilai TSS dan kekeruhan, nilai pH akhir dapat dilihat pada Gambar 4.9.



Gambar 4.9 Pengaruh Dosis AAT pada Kekeruhan 800 NTU dan pH Awal AAT 2,5

Gambar 4.9 menunjukkan bahwa penurunan nilai TSS dan kekeruhan sampai pada pemberian dosis 500 mL/L atau 1,233 mg Fe/L. Persentase penurunan terbesar untuk parameter TSS (±97%) dan parameter kekeruhan (±98%). Nilai kekeruhan dan

TSS mulai stabil saat pemberian dosis mulai dari 200 mL/L atau 0,617. Dengan efisiensi penurunan mencapai (±95%) untuk TSS dan (±95%) untuk kekeruhan serta pH akhir (±6,63) dapat disimpulkan merupakan dosis optimum untuk kekeruhan 800 NTU dan pH air asam tambang 2,5.

Pada koagulasi-flokulasi pada tahap ini sedikit berbeda dengan yang lain dikarenkaan terjadi penurunan pH yang sangat signifikan yaitu pH akhir 3 saat dosis masih 300 mL/L. Hal ini disebabkan air asam tambang yang digunakan adalah air asam tambang buatan dari material PAF murni nya sehingga kandungan Fe dan Mn lebih reaktif. Penurunan pH yang sangat signifikan akibat terlepasnya ion H^+ akibat reaksi yang terjadi antara Fe^{3+} dengan air run off seperti pada reaksi berikut (Hendricks, 2006).

$$\mathbf{Fe^{3+} + 3H_2O \longrightarrow Fe(OH)_3 + 3H^+} \qquad \mathbf{4.5}$$

$$\mathbf{Al^{3+} + 3H_2O \longrightarrow Al(OH)_3 + 3H+} \qquad \mathbf{4.6}$$

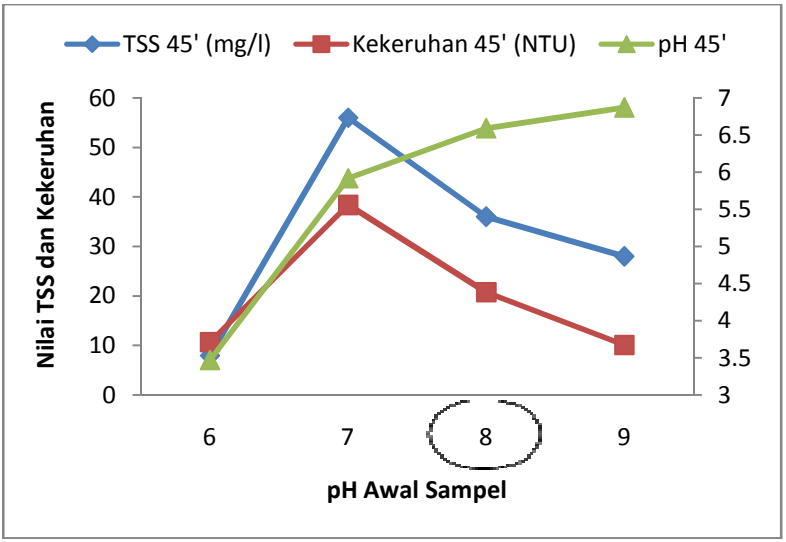
Ion Fe^{3+} terkandung dalam air asam tambang, dimana Fe^{3+} mampu mengikat semua partikel koloid yang selanjutnya dapat diendapkan dalam bentuk flok.Ion Fe^{3+} bereaksi dengan air dan melepaskan ion H^+ yang menyebabkan nilai pH menurun (asam). Semakin banyak dosis air asam tambang yang dibubuhkan maka semakin besar pula ion Fe^{3+} bereaksi membentuk $Fe(OH)_3$. Pada finding tes pertama, dosis 0,740 mg Fe/L memiliki pH akhir 5,86. Sehingga pemilihan dosis optimum pada dosis sebelum 0,740 mg Fe/L dikarenakan baku mutu pH adalah 6-9.

Pengolahan air *run off* bertujuan untuk memenuhi baku mutu air limbah kegiatan usaha menurut PERDA KALTIM No.02 Tahun 2011 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran ditinjau dari perameter TSS (Residu Tersuspensi ≤ 300 mg/L), maka diperlukan dosis air asam tambang 50 mL/L atau 0,176 mg Fe/L. Dosis tersebut untuk kekeruhan air *run off* 700 NTU dan pH air asam tambang 2,5. Pengukuran Fe total dan

Mn total adalah 0,7 mg/L dan 1,4 mg/L. Oleh karena itu, berdasarkan hasil penelitian dan uji anova menyebutkan bahwa terdapat pengaruh yang siginifikan antar level dosis terhadap persentase penurunan nilai TSS dan kekeruhan.

4.3.2.2 Penentuan pH Optimum

Penentuan pH akhir proses koagulasi-flokulasi didapatkan setelah menentukan dosis koagulan optimum. Dosis koagulan air asam tambang pada pH awal 2,5 adalah 200 mL/L atau 0,740 mg Fe/L divariasikan dengan variasi pH air sampel run off yaitu dengan pH 6, 7, 8, dan 9. TSS dan kekeruhan air *run off* awal 590 mg/L dan 820 NTU serta pH 8,61. Air asam tambang pH 2,5 Fe dan Mn adalah 3,7 mg/L dan 2,5 mg/L. Penambahan asam dengan menambahkan larutan asam sulfat 0,1 N dan penambahan basa larutan NaOH 0,1 N seperti di Lampiran A. Berdasarkan uji anova pada Lampiran C-4 didapatkan nilai signifikansi untuk pengaruh dosis terhadap persentase penurunan nilai kekeruhan adalah 0,086 atau > 0,05 sehingga pada setiap level pH sampel tidak mengakibatkan perubahan yang signifikan pada penyisihan nilai kekeruhan dan TSS. Nilai TSS dan kekeruhan, nilai pH akhir dapat dilihat pada Gambar 4.10.



Gambar 4.10 Pengaruh pH Awal pada Kekeruhan 800 NTU dan pH Awal AAT 2,5

Berdasarkan Gambar 4.10, efisiensi penurunan nilai TSS dan kekeruhan paling signifikan pada pH awal air sampel 6 yaitu (±95%). Penurunan TSS dan kekeruhan pada sampel dengan pH awal 6 dan 9 lebih besar dari sampel dengan pH awal 7 dan 8. Proses koagulasi akan berjalan baik apabila pada daerah pH yang optimum. Untuk setiap jenis koagulan memiliki pH optimum yang berbeda (Hendricks, 2006).

Pada dasarnya semakin besar pemberian dosis koagulan, maka eisiensi penurunan nilai TSS dan kekeruhan adalah sama besarnya. Hal ini dikarenakan semakin besar dosis nya, semakin asam pH akhir setelah proses koagulasi-flokulasi. Oleh karena itu salah satu parameter yang harus diperhatikan adalah nilai pH akhirnya.Saat pH awal sampel 6, nilai pH akhirnya sangat asam yaitu pH 3.Sama halnya dengan pH 7, pH akhir nya masuk dalam rentang pH 5.pH akhir yang bersifat asam akan menganggu

lingkungan karena melebihi baku mutu pH netral yaitu pH 6 sampai pH 9 (Ruihua *et al.*, 2011).

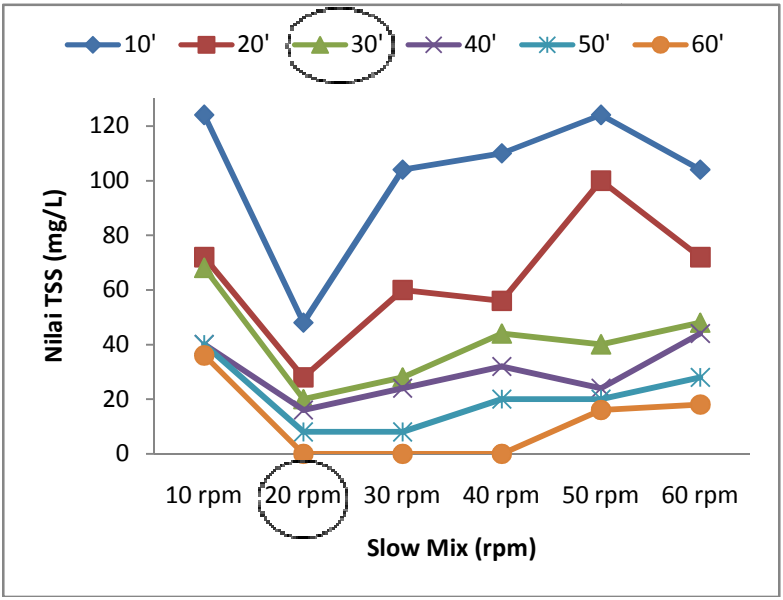
Oleh sebab itu pemilihan pH awal optimum air sampel pada pH 8 dan pH akhirnya adalah pH 6 dikarenakan persentase penurunan TSS dan kekeruhan yang cukup signifikan (±95%). Selain itu, pH akhir dalam kondisi netral yaitu pH 6,5. Air asam tambang lebih optimal apabila bekerja pada pH 6. Analisa Fe total dan Mn total untuk pH optimum air asam tambang dengan kekeruhan awal 800 NTU dan pH awal AAT 2,5 adalah 0,42 mg/L dan 1,5 mg/L. Berdasarkan hasil penelitian dan uji anova menyebutkan bahwa tidak ada pengaruh signifikan variasi pH awal air sampel terhadap persentase nilai kekeruhan dan TSS. Hal ini dikarenakan nilai pH air tidak jauh berbeda sehingga penurunan nilai TSS dan kekeruhan disebabkan oleh pemberian dosis bukan karena variasi pH air sampel.

4.3.2.3 Penentuan Kecepatan *Slow Mix* Optimum

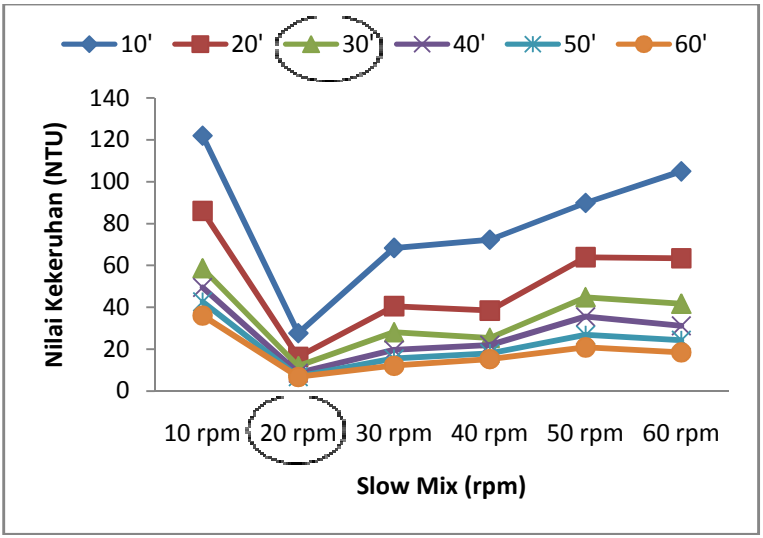
Penentuan kecepatan pengadukan lambat proses koagulasi-flokulasi didapatkan setelah menentukan dosis koagulan dan pH awal sampel yang optimum. Dosis koagulan air asam tambang pada pH awal 2,5 adalah 200 mL/L atau 0,740 mg Fe/L dengan pH awal sampel 8. Air *run off* dengan TSS 600 mg/L dan kekeruhan 830 NTU; pH 8,02. Air asam tambang pH 2,5 dan nilai Fe dan Mn adalah 3,7 mg/L dan 2,5 mg/L. Berdasarkan uji anova pada Lampiran C-6, didapatkan nilai signifikansi untuk pengaruh variasi *slow mix* terhadap kekeruhan adalah 0,021 atau < 0,05 sehingga pada setiap level *slow mix* menghasilkan penyisihan nilai kekeruhan yang tidak sama. Berdasarkan uji tukey pada Lampiran C-6, pengaruh antar level sampel pH awal yang signifikan terhadap perubahan nilai kekeruhan pada masing-masing variasi *slow mix* yaitu pada *slow mix* pembanding 10 rpm dengan *slow mix* 20 rpm.

Pada pengadukan hal-hal yang perlu diperhatikan adalah pengadukan harus benar-benar merata sehingga semua koagulan

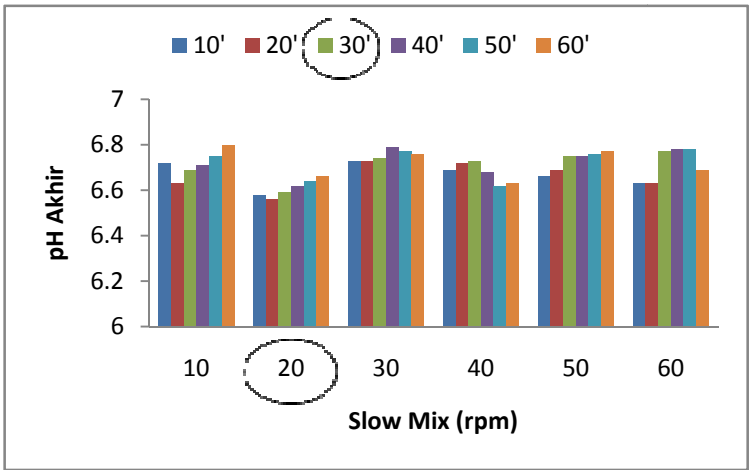
yang dibubuhkan dapat bereaksi dengan partikel-partikel atau ion-ion yang berada di dalam air. Kecepatan pengadukan sangat berpengaruh terhadap pembentukan flok apabila pengadukan terlalu lambat mengakibatkan lambatnya flok terbentuk. Pengadukan yang terlalu cepat mengakibatkan pecahnya flok yang terbentuk (Hendricks, 2006). Gambar 4.11, Gambar 4.12, dan Gambar 4.13 menunjukkan pengaruh variasi *slow mix* terhadapnilai TSS, kekeruhan dan pH akhir.



Gambar 4.11 Pengaruh *Slow Mix* pada Penurunan Nilai TSS



Gambar 4.12 Pengaruh Slow Mix pada Penurunan Nilai Kekeruhan



Gambar 4.13 Pengaruh *Slow Mix* pada pH Akhir

Berdasarkan data penelitian dari masing-masing parameter yang sudah ditampilkan pada grafik menunjukkan bahwa semakin cepat putaran pengadukan lambat, maka penurunan nilai TSS dan kekeruhan semakin kecil.Persentase penurunan terbesar pada kecepatan putaran 20 rpm yaitu (±70%) untuk parameter TSS dan (±99%) untuk parameter kekeruhan.Persentase penurunan terkecil ada pada kecepatan putaran 10 rpm yaitu (±85%-95%) untuk parameter kekeruhan dan TSS (±55-65%).Hal ini dikarenakan pada pengadukan lambat, partikel-partikel flok mikro yang sudah terbentuk pada saat pengadukan cepat, saling bergabung membentuk partikel flok makro atau yang lebih besar.Apabila putaran kecepatan terlalu kecil yaitu 10 rpm, mengakibatkan flok-flok mikro lambat untuk saling bertubrukan.Sehingga partikel flok membutuhkan waktu lama juga untuk mengendap.

Pada putaran kecepatan 30 rpm-60 rpm terjadi peningkatan terus menerus nilai TSS dan kekeruhannya.Pada pemilihan dosis koagulan optimum, dan pH awal sampel optimum diperlukan kecepatan pengadukan lambat yang efektif sehingga koagulan dapat mengikat koloid-koloid di air sampel/limbah dan terbentuk flok-flok yang lebih besar dan tidak pecah kemudian bisa mengendap. Variasi kecepatan pengadukan lambat tidak mempengaruhi nilai pH akhir, dimana rata-rata nilai pH akhir di masing-masing variasi kecepatan tidak jauh berbeda yaitu (± 6,5-7). Pada aplikasinya, nilai rpm atau kecepatan putaran harus dikonversikan ke dalam nilai G dan Gtd. Perhitungannya ada di Lampiran B dan hasil perhitungan seperti pada Tabel 4.3

Tabel 4.3 Perhitungan G dan Gtd

Kecepatan putaran (rps)	P (N.m/detik)	G (1/detik)	Gtd
200 rpm	658,83	28,73	1724,00
10 rpm	1,65	1,44	1293,00
20 rpm	6,59	2,87	2585,99

Kecepatan putaran (rps)	P (N.m/detik)	G (1/detik)	Gtd
30 rpm	14,82	4,31	3878,99
40 rpm	26,35	5,75	5171,99
50 rpm	41,18	7,18	6464,98
60 rpm	59,29	8,62	7757,98

Berdasarkan hasil penelitian dan uji anova dapat disimpulkan bahwa variasi kecepatan pengadukan lambat memberikan pengaruh besar terhadap perbedaan persentase penyisihan parameter kekeruhan. Semakin cepat putaran pengadukan lambat, maka flok-flok mikro yang sudah terbentuk bisa pecah kembali dan tidak bergabung menjadi flok yang lebih besar dan cepat mengendap secara gravitasi. Sehingga hal ini yang menyebabkan nilai kekeruhan di akhir proses koagulasi-flokulasi berbeda signifikan.

Menurut penelitian Ruihua *et al*. (2011), dari beberapa variabel yaitu dosis koagulan, pH awal air, pengadukan cepat dan pengadukan lambat serta waktu pengendapan, penurunan nilai fosfor lebih dipengaruhi lebih besar pada dosis koagulan dan pH awal air. Namun sedikit pengaruh dari variabel pengadukan lambat.Hal ini berbeda dengan hasil penelitian penulis yaitu pengadukan lambat merupakan salah satu faktor yang berpengaruh terhadap nilai kekeruhan dan TSS.Hal ini berkaitan dengan parameter kekeruhan terhadap pembentukan flok.Apabila pengadukan lambat terlalu besar hal ini menyebabkan flok-flok yang sudah terbentuk pecah kembali.Sehingga menambah nilai kekeruhan. Berbeda dengan parameter total fosfor dari penelitian Ruihua *et al*. (2011), pengadukan lambat memiliki pengaruh yang kecil terhadap pembentukan endapan fosfat. Saat endapan fosfat terbentuk, fosfat telah hilang.

4.3.2.4 Penentuan Waktu Pengendapan Optimum

Penentuan waktu pengendapan proses koagulasi-flokulasi didapatkan setelah menentukan dosis koagulan dan pH awal sampel yang optimum. Dosis koagulan air asam tambang pada pH awal 2,5 adalah 200 mL/L atau 0,740 mg Fe/L dengan pH awal sampel 8. Air *run off* awal dengan TSS 600 mg/L, kekeruhan 830 NTU, dan pH 8,02. Air asam tambang pH 2,5; Fe dan Mn air asam tambang 3,7 mg/L dan 2,5 mg/L. Berdasarkan uji anova pada Lampiran C-7, menunjukkan bahwa nilai signifikansi waktu pengendapan terhadap penyisihan nilai TSS dan kekeruhan adalah 0,000 atau < 0,05.

Uji Tukey bahwa pada saat waktu 10 menit dengan 30 menit; 40 menit; 50 menit dan 60 menit menghasilkan perbedaan penyisihan nilai kekeruhan yang signifikan. Hasil pengukuran pada Gambar 4.11, Gambar 4.12, dan Gambar 4.13 menunjukkan bahwa nilai kekeruhan dan TSS pada setiap variasi waktu pengendapan tidak mengalami perubahan/penurunan yang signifikan setelah melewati waktu pengendapan 30 menit. Pada saat waktu pengendapan 40 menit sampai 60 menit penurunan nilai TSS dan kekeruhan sudah mulai stabil, sehingga dapat disimpulkan saat 30 menit adalah waktu pengendapan optimum.

Waktu pengendapan berkaitan dengan ukuran flok-flok yang terbentuk dimana ukuran flok yang lebih besar akan lebih cepat mengendap (Yue *et al.*, 2010). 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 lagi dan waktu pengendapan yang lebih cepat.

Berdasarkan Gambar 4.12 pada waktu pengendapan 10 menit sampai 60 menit dengan penambahan dosis koagulan yang sama yaitu 0,740 mg Fe/L, tidak menunjukkan perubahan pada nilai pH

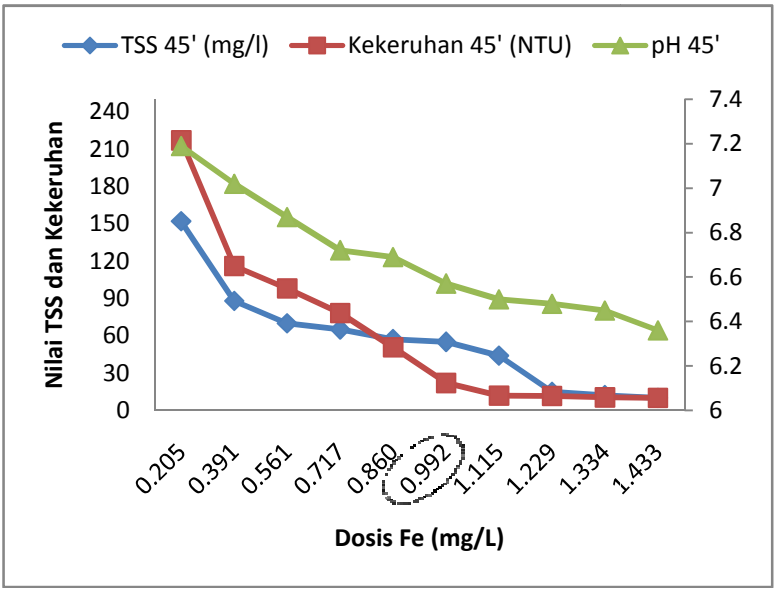
akhir. Pada setiap variasi pengadukan lambat, nilai pH akhir relatif sama yaitu (± 6,5). Sehingga dapat disimpulkan, waktu pengendapan tidak berpengaruh terhadap nilai pH akhir. Oleh karena itu berdasarkan hasil penelitian dan uji anova bahwa pada setiap level waktu pengendapan menghasilkan penyisihan nilai TSS dan kekeruhan yang berbeda. Selanjutnya untuk melihat seberapa besar perbedaan dari masing-masing waktu pengendapan dilakukan uji tukey.Uji tukey menyebutkan meskipun rentang waktu pengendapan adalah 10 menit, hal ini sudah mampu menunjukkan perbedaan nilai TSS dan kekeruhan pada setiap menitnya yang berbeda.Parameter kekeruhan menyebabkan begitu besar pengaruh waktu pengendapan.

Menurut penelitian Ruihua *et al*. (2011), dari beberapa variabel yaitu dosis koagulan, pH awal air, pengadukan cepat dan pengadukan lambat serta waktu pengendapan, penurunan nilai fosfor sedikit dipengaruhi oleh variasi waktu pengendapan. Saat endapan fosfat terbentuk, fosfat telah hilang. Semakin lama waktu pengendapan akan lebih banyak Fe^{2+} yang teroksidasi menjadi Fe^{3+} dimana lebih mudah untuk mengendapkan. Konsentrasi residu ion Fe menurun seiring dengan meningkatnya waktu pengendapan.Namun menurut penelitian penulis bahwa waktu pengendapan sangat berkaitan dengan pembentukan flok.Flok-flok yang terbentuk antara interaksi air sampel dengan air asam tambang menghasilkan flok yang ringan dan sangat halus.Tipe flok cenderung mempunyai karakteristik pengendapan yang tidak diinginkan karena flok mudah rapuh. Gangguan yang kecil akan merusak flok-flok tersebut.

B. pH awal koagulan air asam tambang 3

Air *run off* awal pada finding tes I dan II dengan karakteristik TSS 590 mg/L, 595 mg/L dan kekeruhan 810 NTU, 830 NTU, serta pH 7,8. Air asam tambang pH 2,5; nilai Fe, Mn adalah 4,3 mg/L dan 2,9 mg/L. *Adjusment* nilai pH awal air asam tambang buatan pH 2,3 menjadi pH 3 dengan tambahan 0,5 mL/500 mL larutan asam

sulfat. Nilai TSS dan kekeruhan, nilai pH akhir dapat dilihat pada Gambar 4.14



Gambar 4.14 Pengaruh Dosis AAT pada Kekeruhan 800 NTU dan pH Awal AAT 3

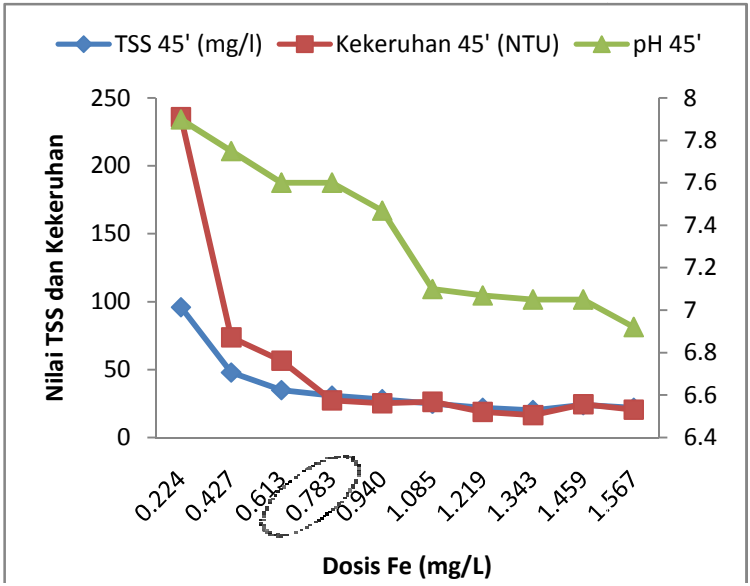
Hasil pengukuran menunjukkan bahwa efisiensi penurunan terbesar nilai TSS dan kekeruhan ada pada dosis 1,433 mg Fe/L dengan (± 98%).Bentuk karakteristik air asam tambang yang tidak berwarna sehingga sampai dosis 50% terhadap air sampel tidak menimbulkan kekeruhan dan partikel koloid apabila dosisnya berlebih. Pada proses koagulasi-flokulasi, koloid-koloid negatif yang sukar mengendap didestabilisasi oleh koagulan dan akhirnya bertumbukan sehingga terbentuklah flok yang akhirnya mengendap. Besi hidroksida dan alumunium hidroksida yang terbentuk bertemu dengan koloid dan terbentuklah flok.

Pemberian dosis di bawah 0,391 mg Fe/L, belum menunjukkan penurunan nilai TSS dan kekeruhan yang signifikan (±85%).Hal ini dikarenakan dosis koagulan yang terlalu sedikit sehingga tidak mampu mengikat semua partikel koloid sehingga masih banyak partikel yang melayang-layang membutuhkan waktu lebih lama untuk mengendap.

Pemilihan dosis optimum pada dosis air asam tambang 300 mL/L atau 0,992 mg Fe/L. Hal ini dikarenakan pada dosis mulai dari 0,992 mg Fe/L sampai 1,433 mg Fe/L penurunan nilai TSS dan kekeruhan sudah mulai stabil. Berbeda dengan dosis sebelum 300 mL/L penurunan nilai TSS dan kekeruhan masih dalam rentang yang cukup jauh. Selain TSS dan kekeruhan, dosis 0,992 mg Fe/L juga optimum pada pH akhir (±6,5). Namun pada dosis air asam tambang 0,391 mg Fe/L atau 100 mL/L dengan kekeruhan 800 NTU, pH air asam tambang 3 sudah memenuhi baku mutu air limbah kegiatan usaha menurut PERDA KALTIM No.02 Tahun 2011 untuk parameter TSS yaitu (>300 mg/L). Analisa Fe total dan Mn total untuk dosis optimum 0,992 mg Fe/L adalah 0,5 mg/L dan 0,15 mg/L.

C. pH Awal Koagulan Air Asam Tambang 4

Karakteristik air *run off* awal finding tes I dan II adalah TSS 630 mg/L, kekeruhan 810 NTU dan 830 NTU, pH 7,9. Air asam tambang pH 4, Fe dan Mn 4,7 mg/L, 3 mg/L. Berdasarkan Gambar 4.15, semakin tinggi variasi pH awal koagulan, semakin netral juga pH akhir nya. Meskipun dosis air asam tambang yang ditambahkan mendekati 50% volumenya dari volume air sampel (air sampel *run off*). Pemberian dosis terbesar yaitu 500 mL/L air asam tambang atau 1,567 mg Fe/L pH akhir yang didapat masih bersifat netral yaitu pH 6,92. Pada pemberian dosis 200 mL/L atau 0,783 mg Fe/L terjadi penurunan nilai TSS dan kekeruhan yang signifikan dimana dosis yang lebih besar dari 0,783 mg Fe/L nilai TSS dan kekeruhan sudah mulai stabil. Dosis 0,783 mg Fe/L adalah dosis optimum.Nilai TSS dan kekeruhan, nilai pH akhir dapat dilihat pada Gambar 4.15.



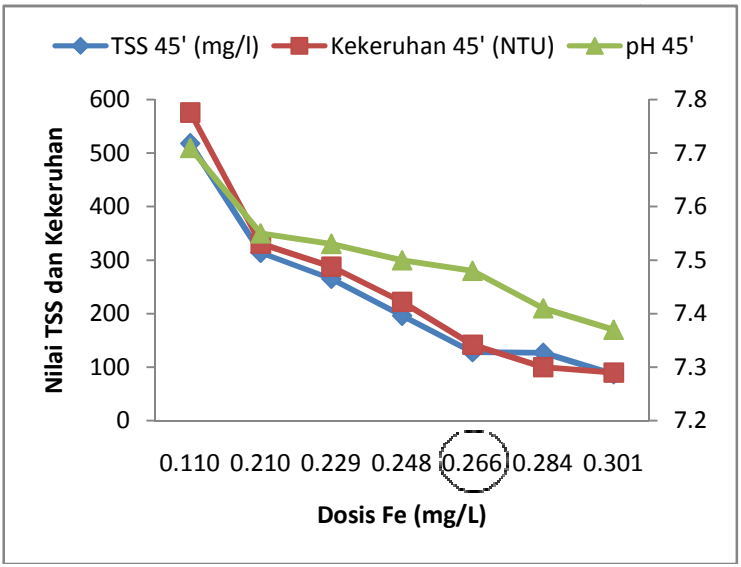
Gambar 4.15 Pengaruh Dosis AAT pada Kekeruhan 800 NTU dan pH Awal AAT 4

Variasi pH awal koagulan tidak berpengaruh pada semakin besarnya persentase penyisihan TSS dan kekeruhan, namun berpengaruh pada nilai pH akhir setelah koagulasi-flokulasi. Pada dosis 50 mL/L atau 0,224 mg Fe/L dengan air dengan kekeruhan 800 NTU, pH air asam tambang buatan 4 sudah memenuhi baku mutu air limbah kegiatan usaha menurut PERDA KALTIM No.02 Tahun 2011 untuk parameter TSS yaitu >300 mg/L. Analisa Fe total dan Mn total untuk dosis optimum air asam tambang dengan kekeruhan awal 700 NTU dan pH awal AAT 4 adalah 0,8 mg/L dan 0,3 mg/L.

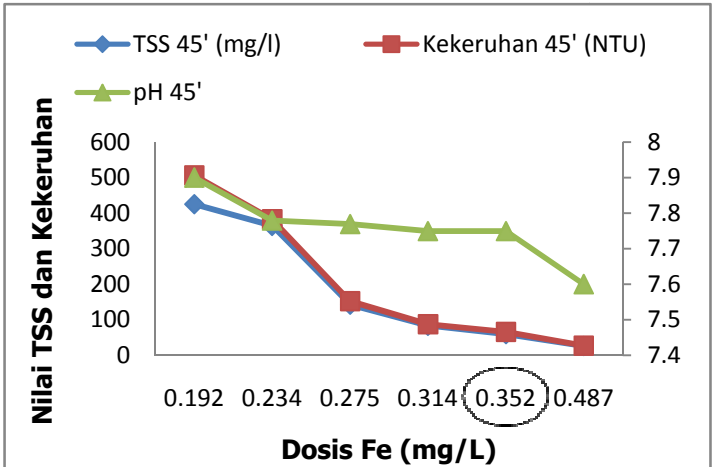
4.3.3 Koagulasi-Flokulasi Air *Run Off* Kekeruhan 700 NTU

A. pH awal koagulan air asam tambang 3, 4 dan 2,5

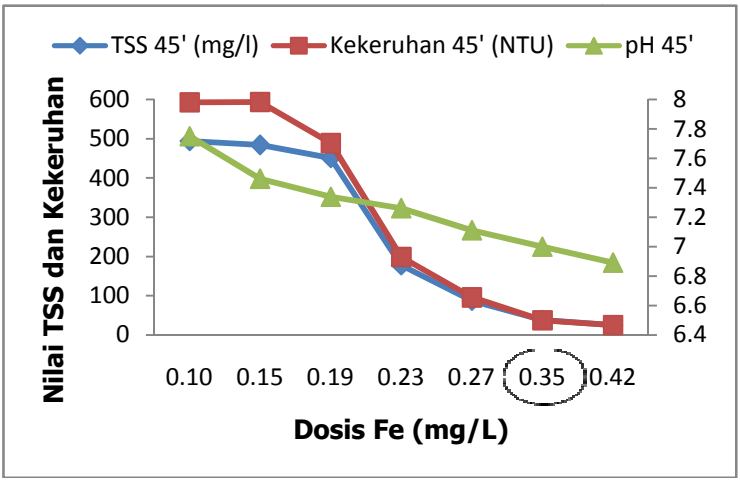
Karakteristik awal air *run off* untuk pH 3 adalah 629 mg/L dan 634 mg/L, kekeruhan 710 NTU, 706 NTU serta pH 7,72. Air asam tambang pH 3,19, Fe dan Mn 2,31 mg/L dan 3,5 mg/L. Karakteristik awal air *run off* awal untuk pH 4 adalah TSS 583 mg/L TSS, 649 mg/L dan kekeruhan 703 NTU, 705 NTU serta pH 8,15. Air asam tambang pH 4,11 dan Fe dan Mn 2,11 mg/L dan 5,9 mg/L. Air asam tambang dari *sump pit* Pelikan asli memiliki pH awal 3,19 sehingga diperlukan tambahan larutan kapur 1% untuk membuat pH awal 4 (Lampiran A). Karakteristik air *run off* awal untuk 2,5 adalah TSS 595 mg/L, 608 mg/L dan kekeruhan 706 NTU, 718 NTU serta pH 8,13. Air asam tambang pH 2,54 dan nilai Fe dan Mn 2,09 mg/L, 4 mg/L. Nilai TSS dan kekeruhan, nilai pH akhir dapat dilihat pada Gambar 4.16; Gambar 4.17 dan Gambar 4.18.



Gambar 4.16 Pengaruh Dosis AAT pada Kekeruhan 700 NTU dan pH Awal AAT 3



Gambar 4.17 Pengaruh Dosis AAT pada Kekeruhan 700 NTU dan pH Awal AAT 4



Gambar 4.18 Pengaruh Dosis AAT pada Kekeruhan 700 NTU dan pH Awal AAT 2,5

Berdasarkan Gambar 4.16, penurunan nilai TSS dan kekeruhan yang terbesar saat pemberian dosis air asam tambang 150 mL/L atau 0,301 mg Fe/L, sehingga pada dosis yang lebih dari 0,301 mg Fe/L, masih mampu menurunkan nilai TSS dan kekeruhan. Pemilihan dosis optimum tidak pada 0,301 mg Fe/L yang memiliki efisiensi penurunan terbesar, tetapi pada dosis 130 mL/L atau 0,266 mg/L. Dimana pada dosis itu terjadi penurunan nilai TSS dan kekeruhan yang cukup signifikan dan mencapai nilai stabil setelah dosis tersebut. Berdasarkan Gambar 4.17 pemilihan dosis optimum air asam tambang berdasarkan efisiensi penurunan TSS dan kekeruhan yang terbesar yaitu pada saat 200 mL/L atau 0,485 mg Fe/L dengan persentase (± 90%). Selain itu juga pH akhir masih sesuai dengan baku mutu yaitu 6-9, dimana pH akhir proses koagulasi-flokulasi adalah 7,5-7,6.

Berdasarkan Gambar 4.18, penurunan terbesar nilai TSS dan pH saat pemberian dosis 150 mL/L air asam tambang atau 0,273 mg Fe/L. Namun pada dosis setelah 0,232 mg Fe/L yaitu 0,273 mg Fe/L, efisiensi penurunan langsung meningkat signifikan menjadi (± 75%). Pada dosis kurang dari 0,232 mg Fe/L, persentase penurunan nilai TSS dan kekeruhan masih jauh dari signifikan karena hanya (± 20%). Selain itu dengan dosis kurang dari 0,232 mg Fe/L nilai TSS masih melampaui baku mutu 300 mg/L. Pada variasi dosis yang sudah dilakukan, tidak menunjukkan trend grafik persentase penyisihan yang turun., sehingga sampai dosis 0,418 mg Fe/L, persentase kekeruhan tetap meningkat lebih baik dan kondisi pH akhir juga masih netral. Dosis air asam tambang 200 mL/L atau 0,348 mg Fe/L dipilih menjadi dosis optimum dengan persentase penyisihan kekeruhan dan TSS (± 90%-95%).

Penggunaan air asam tambang sebagai koagulan berpengaruh pada penurunan nilai TSS dan kekeruhan. Dosis optimum air asam tambang optimum menurut (Amalia, 2011) adalah 6,345 mg Fe/L untuk karakteristik air *run off* TSS 1100 mg/L. Menurut penelitian penulis, dosis optimum pembubuhan air asam tambang adalah 200 ml/L atau 1,083 mg Fe/L. Hal ini disebabkan perbedaan total Fe yang terdapat pada air asam tambang. Total

Fe dari penelitian dalam kisaran 3,5 mg/L-6,5 mg/L sedangkan menurut (Amalia, 2011) total Fe untuk air asam tambang adalah 423 mg/L. Apabila 200 ml/L air asam tambang dikonversikan dengan jumlah total Fe 423 mg/L maka dosis optimum menjadi 70,5 mg Fe/L, sehingga dosis air asam tambang dari penelitian ini lebih besar daripada penelitian terdahulu dari (Amalia, 2011). Kandungan total Fe air asam tambang PT. KPC jauh lebih besar jumlah daripada air asam tambang PT. Pamapersada, sehingga dosis air asam tambang lebih banyak karena kandungan total Fe penelitian jumlahnya sedikit. Selain itu kondisi fisik air asam tambang dari penelitian (Amalia, 2011) berwarna merah kekuningan dan memiliki pH 2,45 sedangkan dari penelitian penulis air asam tambang tidak berwarna (bening) dengan pH 3.

4.4 Penelitian Tahap II : Pengolahan Air *Run Off* dengan Aluminium Sulfat

Penelitian tahap II adalah dengan manggunakan koagulan komersial yaitu aluminium sulfat dengan kekeruhan air *run off* 800 NTU yang bertujuan menentukan keefektifan penggunaan air asam tambang dan aluminium sulfat.

4.4.1 Penentuan Dosis Optimum

Penentuan dosis optimum koagulan aluminium sulfat terhadap air *run off* dengan 3 kali range finding tes. Karakteristik awal air *run off* adalah TSS 690 mg/L dan kekeruhan 843 NTU serta pH 8,1. Berdasarkan uji anova pada Lampiran C-8 didapatkan nilai signifikansi < 0,05 untuk dosis terhadap kekeruhan maupun dosis terhadap TSS sehingga terdapat pengaruh yang siginifikan antar level dosis terhadap penyisihan nilai TSS dan kekeruhan. Ketika ditambahkan ke dalam air, alum bereaksi dengan air dan menghasilkan ion bermuatan positif. Reaksi kimia sebagai berikut:

$$\mathbf{Al_2(SO_4)_3 + 3Ca(HCO_3)_2 \rightarrow 2Al(OH)_3 + 3CaSO_4 + 6CO_2 4.7}$$

Pembentukan flok aluminium hidroksida merupakan hasil dari interaksi antara koagulan yang bersifat asam dan alkalinitas alami air (biasanya mengandung kalsium karbonat).

$$\mathbf{Al_2(SO_4)_3 + 6\ H_2O \longrightarrow 2Al(OH)_3 + 6H^+ + 3SO_4^{2-}} \quad \mathbf{4.8}$$

Alumunium hidroksida yang terbentuk bertemu dengan koloid sehingga terbentuklah flok (Hendricks, 2006).

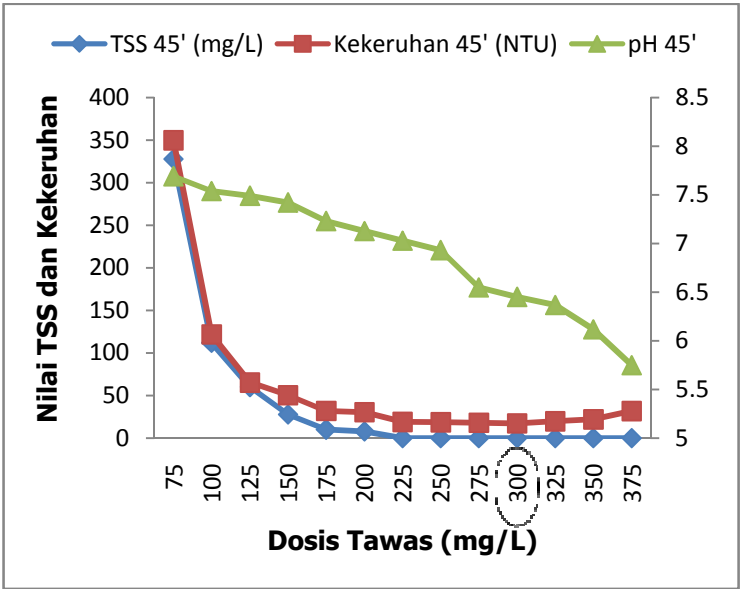
$$\mathbf{Koloid^- + Al(OH)_3 \longrightarrow koloid.[Al(OH)_3]} \quad \mathbf{4.9}$$

Pada penambahan koagulan aluminium sulfat ke dalam air sampel, terbentuklah aluminium hidroksida $Al(OH)_3$. Selanjutnya aluminium hidroksida yang terbentuk berikatan dengan koloid dan menghasilkan flok.Semakin banyak dosis aluminium sulfat yang ditambahkan, maka semakin banyak flok yang terbentuk.

Pada proses koagulasi terdapat 2 mekanisme yaitu netralisasi muatan positif dan negatif, dan pembentukan flok yang melibatkan interaksi koagulan dengan koloid. Netralisasi muatan terjadi pada hidrolisis aluminium sulfat. Proses netralisasi muatan negatif dan positif baik terjadi pada pH < 6. Pemberian dosis koagulan yang berlebih akan menurunkan konsentrasi koloid. Flok yang sudah terbentuk akan kembali stabil dan menyebabkan peningkatan kekeruhan karena adanya endapan koloid (Hendricks, 2006).

Pada Gambar 4.19 menunjukkan bahwa semakin tinggi dosis pemberian aluminium sulfat maka semakin tinggi pula penurunan konsentrasi TSS dan kekeruhan. Koagulan aluminium sulfat berbahan dasar serbuk yang dilarutkan, sehingga apabila pemberian dosis ini berlebihan maka akan menimbulkan kekeruhan kembali dalam air sampel. Nilai TSS dan kekeruhan terus menurun sampai titik terendahnya.Kemudian pada saat pemberian dosis tertentu, nilai kekeruhan dan TSS ini

meningkat.Inilah yang disebut dosis optimum koagulan. Nilai TSS dan kekeruhan, nilai pH akhir dapat dilihat pada Gambar 4.19



Gambar 4.19 Pengaruh Dosis Alum untuk Penentuan Dosis Optimum pada Kekeruhan 800 NTU

Adanya penambahan aluminium sulfat, padatan tersuspensi mampu membentuk flok-flok dalam air. Terbentuknya flok terhadap padatan tersuspensi dapat mengakibatkan perubahan berat jenis padatan tersuspensi sehingga berat jenis air lebih kecil daripada berat jenis padatan tersuspensi. Dengan demikian padatan tersuspensi mampu mengendap secara gravitasi. Sifat alum yaitu memiliki muatan elektron positif sedangkan padatan tersuspensi memiliki muatan elektron negatif dan jika kedua zat ini bertemu maka akan terjadi reaksi.

Penurunan nilai terbesar TSS dan kekeruhan ada pada saat pemberian dosis alum 300 mg/L yaitu (±97%). Selanjutnya saat

dosis melebihi 300 mg/L terjadi peningkatan kembali nilai kekeruhan dan TSS sampai pada dosis 375 mg/L, sehingga ada dosis berlebih alum yang yang tidak mengikat padatan tersuspensi yang akhirnya menambah padatan total tersuspensi pada air sampel. Nilai pH akhir dari dosis 300 mg/L adalah (±6,5). Kesimpulan yang dapat diambil adalah dosis koagulan alum saat 300 mg/L adalah dosis optimum untuk air *run off* kekeruhan 800 NTU.

4.4.2 Penentuan pH Akhir Optimum

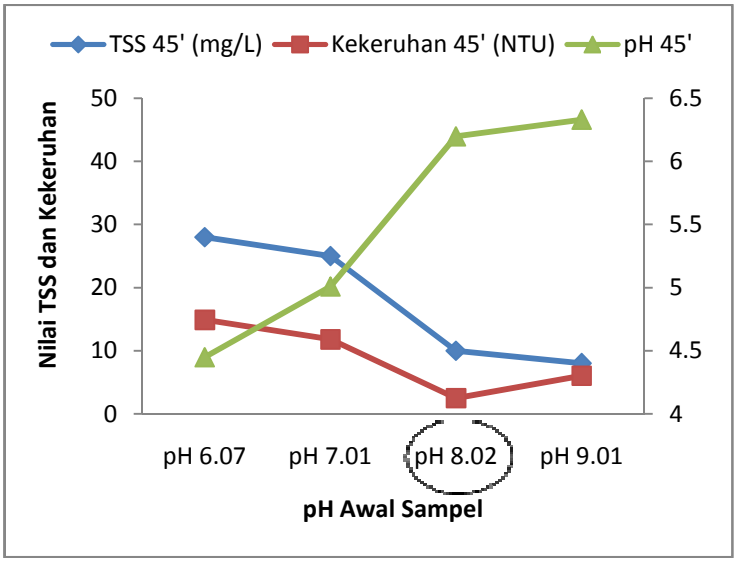
Karakteristik awal air *run off* TSS 590 mg/L, kekeruhan 820 NTU pH 8,67. Berdasarkan uji anova di Lampiran C-9, didapatkan nilai signifikansi untuk pengaruh pH awal sampel terhadap nilai kekeruhan dan TSS. Nilai signifikansi yaitu 0,226 dan 0,445 (< 0,05) sehingga dapat disimpulkan bahwa tidak ada pengaruh yang signifikan dari masing-masing variasi pH awal sampel terhadap parameter uji TSS dan kekeruhan. Ketika dilakukan pengujian uji tukey, semua nilai signifikansi antar pH awal sampel > dari 0,05 secara keseluruhan.

Berdasarkan Gambar 4.20 diketahui bahwa pada tiap variasi pH awal air sampel memiliki persentase penurunan nilai TSS dan kekeruhan yang semuanya cukup signifikan(<90%). pH awal 8 memiliki efisiensi penurunan parameter yang paling signifikan diantara yang lain yakni 98% untuk TSS dan hampir 100% untuk kekeruhan. pH akhir dari variasi pH awal 8 adalah (±6,2) atau masih memenuhi baku mutu. Jadi, dapat disimpulkan pH optimum saat pH awal 8.

Aluminium sulfat bereaksi dengan air dan menghasilkan ion H^+ yang menyebabkan nilai pH menurun (asam).Sehingga semakin banyak aluminium sulfat yang ditambahkan semakin besar pula ion H^+ yang terbentuk sehingga pH air menjadi semakin rendah.pH optimum untuk koagulasi menggunakan alum, sangat tergantung pada karakteristik air yang diolah, biasanya berada dalam rentang 5-8. Koagulan aluminium sulfat memiliki sifat

keasaman lebih besar, sehingga mengkonsumsi alkalinitas lebih banyak pada air sampel (Hendricks, 2006). Oleh karena itu, penambahan koagulan aluminium pada kekeruhan yang tidak terlalu besar akan menurunkan pH akhir secara drastis.

Berdasarkan hasil penelitian dan uji anova dapat disimpulkan pada variasi pH air *run off* tidak menunjukkan hasil efisiensi penurunan nilai TSS dan kekeruhan yang berbeda. Hal ini disebabkan nilai pH akhir tidak berbeda jauh, yaitu pada rentang pH 6–pH 7 sehingga menyebabkan penurunan nilai TSS dan kekeruhan adalah pengaruh dosis koagulan air asam tambang yang diberikan sama yaitu dosis optimum.



Gambar 4.20 Pengaruh Dosis Alum untuk Penentuan pH Optimum pada Kekeruhan 800 NTU

4.5 Pengaruh Interaksi Dosis dan pH Awal Koagulan Air Asam Tambang

Pengaruh interaksi dosis dan pH awal koagulan air asam tambang terhadap penyisihan nilai TSS dan kekeruhan dapat dilihat pada Lampiran C-9. Berdasarkan uji anova *two way* pada didapatkan nilai signifikansi 0,003 atau < 0,05 dan 0,128 atau > 0,05 untuk interaksi dosis dan pH koagulan air asam tambang terhadap parameter kekeruhan maupun TSS. Hipotesa pertama adalah :
Ho : rata-rata nilai penyisihan kekeruhan dan TSS untuk interaksi dosis dan pH air asam tambang adalah sama.
H_1 : rata-rata nilai penyisihan kekeruhan dan TSS untuk interaksi dosis dan pH air asam tambang minimal ada satu yang tidak sama.
Dasar penentuan keputusan adalah jika nilai signifikansi > 0,05 maka Ho diterima sedangkan apabila nilai signifikansi < 0,05 maka Ho ditolak atau menerima $H_{1.}$

Nilai signifikansi interaksi antara dosis koagulan dan pH awal air asam tambang adalah 0,003 terhadap penyisihan nilai kekeruhan. Hal ini menunjukkan terdapat perbedaan nilai TSS dan kekeruhan untuk tiap variasi interaksi dosis dan pH koagulan, terbukti dengan signifikansi < 0,05. Namun nilai signifikansi untuk dosis (variabel *independent*) terhadap TSS dan kekeruhan (variabel *dependent*) adalah 0,000 atau > 0,05. Nilai signifikansi pH awal koagulan terhadap TSS dan kekeruhan adalah 0,002 dan 0,001, sehingga dari uji anova *two way* dapat disimpulkan bahwa rata-rata penyisihan nilai kekeruhan dan TSS untuk tiap level dosis dan level pH koagulan air asam tambang adalah berbeda.

Besarnya dosis air asam tambang yang dibutuhkan pada setiap variasi pH air asam tambang adalah berbeda. Tidak hanya dosis koagulan saja yang berpengaruh signifikan terhadap penyisihan nilai kekeruhan, namun juga pH koagulan air asam tambang.Semakin tinggi (basa) pH koagulan, maka dosis air asam tambang yang diberikan semakin besar. Hal ini dikarenakan yang menyebabkan pH asam AAT adalah keberadaan logam FeS_2

saat bereaksi dengan oksigen dan air akan menjadi Fe^{2+} dengan melepaskan asam. Logam Fe^{3+} atau Fe total mampu mengikat partikel koloid air *run off* sehingga terjadi endapan koloid dengan $Fe(OH)_3$. Semakin banyak jumlah logam Fe total maka semakin besar efisiensi penyisihan nilai TSS dan kekeruhan. Penambahan larutan natrium hidroksida untuk meningkatkan pH AAT berpengaruh terhadap jumlah dosis AAT yang diberikan.Semakin basa pH AAT maka semakin besar dosis AAT yang diberikan.Hal ini dikarenakan jumlah logam Fe^{3+} yang dimungkinkan sudah terlarut terlebih dahulu karena penambahan larutan natrium hidroksida.

4.6 Pengaruh Interaksi Dosis dan Kekeruhan Awal Air *Run Off*

Pengaruh interaksi dosis dan kekeruhan awal air *run off* terhadap penyisihan nilai TSS dan kekeruhan dapat dilihat pada Lampiran C-10. Berdasarkan uji anova *two way* didapatkan nilai signifikansi untuk dosis terhadap persentase penurunan TSS dan kekeruhan adalah sangat signifikan yaitu 0,000 atau < 0,05. Sedangkan signifikansi antara variasi kekeruhan awal air *run off* terhadap persentase penurunan TSS dan kekeruhan (variabel *dependent*) adalah 0,218 dan 0,568 atau > 0,05. Tidak ada perbedaan signifikan dari variasi kekeruhan awal air *run off* terhadap penurunan nilai kekeruhan dan TSS. Namun berdasarkan uji anova *two way* saat interaksi antara dosis dan kekeruhan (variabel *independent*) memberikan signifikansi 0,892 dan 0,361 yaitu tidak memberikan pengaruh yang signifikan terhadap penurunan nilai kekeruhan dan TSS. Pengaruh dosis lebih signifikan daripada pengaruh variasi kekeruhan, hal ini dikarenakan rentang variasi kekeruhan pada air *run off* tidak berbeda jauh.Kondisi air *run off* dari PT. Pamapersada dengan kekeruhan yang sangat tinggi. Oleh karena itu dapat disimpulkan bahwa pada beberapa variasi kekeruhan air *run off* dari *sump pit* Kangguru, tidak membutuhkan perbedaan jumlah dosis air asam tambang (*sump pit* Pelikan) yang dibubuhkan. Kekeruhan air *run*

off pada rentang 1000 NTU sampai 700 NTU tidak membutuhkan jumlah dosis koagulan air asam tambang yang berbeda.

4.7 Pengaruh Interaksi Dosis Koagulan dan pH Awal Air *Run Off*

Pengaruh dosis dan pH awal air sampel *run off* terhadap penyisihan nilai TSS dan kekeruhan dapat dilihat pada Lampiran C-11. Berdasarkan uji anova nilai signifikansi dosis terhadap penyisihan nilai TSS dan kekeruhan adalah 0,001 dan 0,037.Sedangkan nilai signifikansi pH air sampel adalah 0,004 dan 0,007 terhadap penyisihan nilai TSS dan kekeruhan.Pada saat pH optimum, koagulan air asam tambang bekerja optimum pada pH tersebut sehingga menghasilkan persentase penyisihan TSS dan kekeruhan yang besar. Sedangkan semakin banyak pembubuhan dosis air asam tambang akan memperbesar pula persentase penyisihan TSS maupun kekeruhan. Namun apabila kedua variabel *independent* ini diinteraksikan ternyata tidak menyebabkan perbedaan signifikan (signifikansi 0,351 dan 0,427) terhadap penurunan nilai TSS dan kekeruhan. Hal ini dikarenakan meskipun dosis koagulan air asam tambang berbeda, pH awal air sampel berbeda, namun memiliki pH akhir yang hampir sama yaitu rentang pH 6 dan pH 7. Pada dasarnya masing-masing interaksi tersebut tidak memiliki perbedaan signifikan terhadap penyisihan nilai TSS dan kekeruhan.Dosis koagulan yang menyebabkan pengaruh terhadap nilai penyisihan TSS dan kekeruhan bukan pH awal air *run off*.

4.8 Pengaruh Dosis Koagulan dan Jenis Koagulan

Masing-masing variasi dosis koagulan air asam tambang dan aluminium sulfat memberikan pengaruh yang signifikan terhadap penyisihan nilai TSS dan kekeruhan. Hal ini dapat dilihat pada Lampiran C-11 yang menunjukkan signifikansi 0,000 atau < 0,05. Namun kedua jenis koagulan ini tidak bisa dibandingkan, apakah perbedaan jenis koagulan memberikan pengaruh yang signifikan. Hal ini dikarenakan jumlah terhadap jenis dosis air asam tambang

berbeda dengan aluminium sulfat adalah berbeda. Air asam tambang dengan satuan mL/L yang kemudian dikonversi ke mg Fe/L sedangkan aluminium sulfat dengan satuan mg/L. Pada dasarnya perbedaan koagulan alum dengan air asam tambang adalah pada karakteristik awalnya.

Karakteristik alum yang berbentuk serbuk menyebabkan apabila pemberian dosis alum melebihi dosis optimum, maka menimbulkan kekeruhan kembali pada air sampel.Hal ini berbeda dengan air asam tambang yang berbentuk cair dan berwarna bening, sampai dosis 50% dari air sampel tetap tidak menimbulkan kekeruhan kembali atau tidak mencapai nilai optimum. Selain itu pH awal air asam tambang yang sangat asam yaitu pH 2-3 menyebabkan pH akhir proses kaogulasi-flokulasi untuk koagulan air asam tambang lebih mengalami penurunan drastis daripada koagulan alum. Namun, apabila dilihat dari kemampuan masing-masing koagulan terhadap penyisihan nilai kekeruhan dan TSS menunjukkan persentase yang relatif sama besarnya dan efektif digunakan sebagai koagulan. Hal yang berbeda lainnya adalah aluminium sulfat adalah koagulan komersial berbeda dengan air asam tambang, sehingga dari segi ekonomis penggunaan, lebih ekonomis menggunakan air asam tambang. Air asam tambang yang dimaksud adalah air asam tambang dari *sump pit* Kangguru PT. Pamapersada Nusantara.

"Halaman ini Sengaja Dikosongkan"

BAB 5
KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

1. Air asam tambang dapat difungsikan sebagai koagulan. Penggunaan Air Asam Tambang sebagai koagulan berpengaruh terhadap penurunan nilai kekeruhan dan TSS air *run off* pertambangan batu bara. Pengunaan air asam tambang lebih efektif daripada aluminium sulfat.
2. Dosis dan pH optimum koagulan air asam tambang dengan kekeruhan air *run off* 1000 NTU adalah 1,083 mg Fe/L dan pH optimum 7 sedangkan dosis dan pH optimum aluminium sulfat adalah 300 mg/L dan pH optimum 7. Rasio perbandingan air asam tambang *sump pit* Pelikan adalah 20% dari air *run off sump pit* Kangguru atau 0,2 : 1.
3. Kecepatan pengadukan lambat dan waktu pengendapan optimum pada pengolahan air *sump pit* Kangguru adalah 20 rpm dan 30 menit, dengan nilai G 2,87/detik dan Gtd 2585.

5.2 Saran

1. Penelitian lanjutan untuk menentukan dosis optimum, dengan variasi dosis koagulan air asam tambang yang sama walaupun dengan kekeruhan yang berbeda.

2. Penelitian lanjutan dengan menggunakan air asam tambang dan air *run off* pertambangan batu bara yang mempunyai karakteristik berbeda.

3. Penelitian lanjutan yaitu proses koagulasi flokulasi dengan pengadukan hidrolis.

"Halaman ini Sengaja Dikosongkan"

LAMPIRAN A
PROSEDUR ANALISIS PARAMETER

A. Analisis pH

Analisis pH dilakukan dengan metode elektrometri menggunakan pH meter.
Adapun proses analisis pH sebagai berikut :

1. Bilas/celupkan elektroda ke dalam contoh uji sampai pH meter menunjukkan pembacaan yang tetap.
2. Catat hasil pembacaan skala atau angka pada tampilan dari pH meter.

B. Analisis Kekeruhan

Analisis kekeruhan dilakukan dengan metode nephelometric menggunakan turbidimeter.Turbidimeter dengan tipe 2100 AH HACH, pembacaan kekeruhan maksimal 10000 NTU.
Adapun proses analisis kekeruhan sebagai berikut :

1. Kocok sampel perlahan
2. Masukkan sampel ke dalam botol uji.
3. Catat hasil pembacaan skala atau angka pada tampilan dari turbidimeter.

C. Analisis TSS

a. Analisis TSS dilakukan dengan metode Gravimetri. Adapun proses analisis sebagai berikut :

1. Persiapkan kertas saring
2. Pasang kertas saring pada *vacum pump*
3. Aduk contoh uji untuk memperoleh contoh uji yang lebih homogeny.
4. Nyalakan *vacum pump* dan lakukan penyaringan.
5. Pindahkan kertas saring secara hati-hati dari peralatan penyaring dan pindahkan ke cawan
6. Keringkan dalam oven selama 1 jam pada suhu 103°C sampai dengan 105°C, dinginkan 15 menit dalam desikator untuk

menyeimbangkan suhu dan ditimbang dengan menggunakan neraca analitik.

7. Ulangi proses pengeringan, pendinginan/penyeimbangan suhu, dan penimbangan sampel sampai diperoleh berat yang konstan (kurang dari 4% berat sebelumnya)
8. Perhitungan :

$$\text{mg } \textit{Total Suspended Solid}/\text{L} = \frac{(A-B) \times 1000}{\text{sampel volume (ml)}}$$

dimana : A adalah berat filter dan residu (mg) dan B adalah berat filter (mg)

b. Analisis TSS dilakukan dengan metode Spektrofotometri. Tipe spektrofotometer yang digunakan adalah NACH DR 3900, panjang gelombang 810 nm. Maksimum pembacaan TSS adalah 750 mg/L. Adapun proses analisis sebagai berikut :
   1. Kocok sampel perlahan
   2. Masukkan sampel ke dalam botol uji.
   3. Catat hasil pembacaan skala atau angka pada tampilan dari spektrofotometer.

D. Analisis Besi (Fe)

Analisis Fe dilakukan dengan metode phenantroline dan spektrofotometri.

<u>Spektrofotometri</u>

Prosedur analisis:

1. Sampel sebanyak 10 ml dimasukkan dalam kuvet spektrofometer dan diatur sebagai blank atau "0".
2. Kuvet diambil, dimasukkan phenantroline sebanyak x gram, kocok dan diamkan selama 3 menit.
3. Kuvet dimasukkan kembali dalam spektrofotometer 510 nm dan dilakukan pembacaan dalam mg Fe/L.

Phenantroline

1. Ambil 2 erlenmenyer 100 mL dan isi masing-masing erlenmenyer dengan 25 mL sampel air dan air akuades (sebagai blanko)
2. Tambahkan masing-masing 1 mL HCL pekat
3. Tambahkan masing-masing 0,5 mL Hydroxylamine
4. Panaskan hingga volume menjadi 15-20 mL (ini khusus untuk sampel air saja)
5. Dinginkan dan encerkan dengan air akuades hingga volume mencapai 25 mL dalam labu ukur
6. Tambahkan 5 mL larutan Amonium Acetate Buffer pada masing-masing erlenmenyer
7. Tambahkan pada masing-masing erlenmenyer 1 mL larutan Phenanthroline Monohydrate
8. Baca pada spektrofotometer dengan panjang gelombang 510 dan hitung hasil absorbansi pada rumus hasil kali kalibrasi atau kurva kalibrasi.

E. Analisis Mn (Mn)

Analisis Mn dilakukan dengan metode persulfate dan spektrofotometri.

Spektrofotometri

Adapun proses analisis Mn sebagai berikut :

1. Sampel sebanyak 10 ml dimasukkan dalam kuvet spektrofotometer dan diatur sebagai blank atau "0".
2. Kuvet diambil, dimasukkan manganese citrate buffer lalu kocok hingga terlarut.
3. Ditambahkan sodium periodate lalu kocok hingga terlarut dan diamkan selama 2 menit.
4. Dilakukan pembacaan konsentrasi Mn dalam mg/L dengan spektrofotometer.

Persulfate

1. Ambil 25 mL sampel, masukkan ke dalam erlenmenyer 100 mL, tambahkan dengan 3 tetes Asam Nitrat pekat
2. Titrasi dengan larutan AgNO3 sampai timbul endapan (biasanya ½ nya untuk klor)

3. Panaskan, sebelum mendidih dan tambahkan 1 spatula Kristal $K_2S_2O_8$
4. Setelah mendidih amati perubahan warnanya, bila terjadi warna violet berarti Mn positif ada.
5. Baca pada spektrofotometer dengan panjang gelombang 540 dan hitung hasil absorbansi pada rumus hasil kali kalibrasi atau kurva kalibrasi

LAMPIRAN B
DATA PENELITIAN

A.1 Pengukuran hasil pengolahan (koagulasi-flokulasi) air *run off* penambangan batubara (*SumpPit* Kangguru) dengan air asam tambang

1. Nilai TSS, Kekeruhan dan pH Akhir dari Variasi Dosis Air Asam Tambang

Karakteristik awal *air run off* dan air asam tambang
TSS : 690 mg/L dan kekeruhan 1077 NTU

Variasi dosis AAT Pelikan (ml/L)	Dosis Fe (mg/L)	Nilai TSS (mg/L) pada Waktu Pengendapan (menit)			Nilai Kekeruhan (NTU) pada Waktu Pengendapan (menit)			Nilai pH pada Waktu Pengendapan (menit)		
		15'	30'	45'	15'	30'	45'	15'	30'	45'
0	0,000	688	680	670	1070	1052	1027	7,91	7,96	7,69
10	0,064	680	675	666	1065	1039	1024	7,87	7,9	7,73
100	0,591	182	178	122	204	182	123	7,52	7,49	7,42
200	**1,083**	**49**	**42**	**35**	**47**	**33,5**	**26,5**	**7,24**	**7,25**	**7,16**
250	1,300	46	40	33	45	30,5	24,7	6,96	7,17	6,97
300	1,500	42	32	25	36,4	25,2	20,3	6,82	7,01	6,82
350	1,685	25	19	15	22,2	14	11,5	6,29	6,3	6,39
400	1,857	25	22	16	23,4	14,6	11,8	5,85	5,95	5,92

2. Analisa logam Fe dan Mn pada dosis optimum air asam tambang 200 ml/L (karakteristik awal air *run off*)

Dosis Optimum AAT (mg Fe/L)	Nilai Fe Total			Nilai Mn Total		
	15 menit	30 menit	45 menit	15 menit	30 menit	45 menit
1,083	0,27	0,22	0,15	2,7	2,8	2,9

3. Jumlah penambahan larutan asam sulfat dan batu kapur

pH Awal	pH Tujuan	Penambahan larutan (mL/L)
7,71	6,07	279 ml asam sulfat
7,71	8,02	2,2 ml larutan kapur 1%
7,71	9,01	14,6 ml larutan kapur 1%

4. Analisa pengendapan setelah penambahan asam sulfat dan batu kapur

pH sampel	pH			TSS (mg/L)			Kekeruhan (NTU)		
	0'	15'	30'	0'	15'	30'	0'	15'	30'
6	6,01	6,46	6,39	634	626	406	779	772	476
8	7,71	8,03	8,03	1070	630	680	1043	1023	1015
9	8	7,82	8,17	830	741	723	1026	996	971
7 (Blanko)	9	8,92	8,92	750	743	717	1023	987	974

5. Nilai TSS, Kekeruhan, dan pH Akhir dari Variasi pH Awal Sampel
   Karakteristik awal *air run off* dan air asam tambang
   TSS : 750 mg/L dan kekeruhan 1023 NTU

Variasi pH Awal Sampel	Nilai TSS (mg/L) pada Waktu Pengendapan (menit)			Nilai Kekeruhan(mg/L) pada Waktu Pengendapan (menit)			Nilai pH pada Waktu Pengendapan (menit)		
	15'	30'	45'	15'	30'	45'	15'	30'	45'
6	18	9	5	13,5	8,1	7	4,57	4,66	4,57
7	60	43	22	55,7	39,7	23,2	6,88	6,89	6,9
8	**44**	**40**	**18**	**37,5**	**33**	**18,7**	**7**	**6,88**	**6,92**
9	40	26	15	35	25	15,7	7,22	7,12	7,12

6. Analisa Fe dan Mn saat pH optimum 6.

pH Optimum	Nilai Fe Total			Nilai Mn Total		
	15 menit	30 menit	45 menit	15 menit	30 menit	45 menit
pH 6	0,18	0,11	0,13	2,3	1,4	2

A.2 Koagulasi-Flokulasi Air *Run Off* Kekeruhan 900 NTU

1. Nilai TSS, Kekeruhan dan pH Akhir dari Variasi Dosis Air Asam Tambang
   Kekeruhan 900 NTU dan pH awal air asam tambang 3

Variasi dosis AAT Pelikan (mL/L)	Dosis Fe (mg/L)	Nilai TSS (mg/L) pada Waktu Pengendapan (menit)			Nilai Kekeruhan (NTU) pada Waktu Pengendapan (menit)			Nilai pH pada Waktu Pengendapan (menit)		
		15'	30'	45'	15'	30'	45'	15'	30'	45'
0	0,000	724	683	657	809	755	742	7,85	7,98	7,94
300	0,681	84	47	35	67,9	50	40	7,3	7,2	7,27
325	**0,724**	**60**	**43**	**32**	**57**	**35,3**	**27,3**	**7,2**	**7,15**	**7,15**
350	0,765	56	38	30	56,9	32,5	26,2	7,18	7,12	7,16
375	0,805	54	35	28	50	32,5	25	7,16	7,12	7,14
400	0,843	53	35	26	48	31	24,1	7,12	7,08	7,08
425	0,880	48	32	24	45,7	30,6	23,4	7,09	7,05	7,09
450	0,916	45	30	23	41,7	28	23	7,09	7,08	7,05

2. Analisa Fe dan Mn saat dosis optimum 325 mL/L.

Dosis Optimum AAT (mg Fe/L)	Nilai Fe Total			Nilai Mn Total		
	15 menit	30 menit	45 menit	15 menit	30 menit	45 menit
0,582	0,46	0,3	0,21	1,7	1,5	1,2

1. Nilai TSS, Kekeruhan dan pH Akhir dari Variasi Dosis Air Asam Tambang
   Kekeruhan 900 NTU dan pH awal air asam tambang 4

Variasi dosis AAT Pelikan (mL/L)	Dosis Fe (mg/L)	Nilai TSS (mg/L) pada Waktu Pengendapan (menit)			Nilai Kekeruhan (NTU) pada Waktu Pengendapan (menit)			Nilai pH pada Waktu Pengendapan (menit)		
		15'	30'	45'	15'	30'	45'	15'	30'	45'
0	0,000	659	643	623	877	875	862	7,9	7,89	7,9
200	0,485	152	111	96	170	128	114	7,76	7,71	7,74
250	**0,582**	**95**	**64**	**55**	**106**	**73,3**	**61,4**	**7,61**	**7,62**	**7,59**
300	0,672	90	53	42	102	61,7	48,9	7,58	7,55	7,58
350	0,754	53	38	30	56,5	39,3	31,9	7,54	7,55	7,54
400	0,831	54	37	26	52,3	40	30,6	7,43	7,44	7,42
450	0,903	52	30	25	50,7	34	28,7	7,36	7,34	7,32

2. Analisa Fe dan Mn saat dosis optimum 250 mL/L

Dosis Optimum AAT (mg Fe/L)	Nilai Fe Total			Nilai Mn Total		
	15 menit	30 menit	45 menit	15 menit	30 menit	45 menit
0,542	0,48	0,31	0,2	0,5	0,3	0

1. Nilai TSS, Kekeruhan dan pH Akhir dari Variasi Dosis Air Asam Tambang
   Kekeruhan 900 NTU dan pH awal air asam tambang 2,5

Variasi dosis AAT Pelikan (mL/L)	Dosis Fe (mg/L)	Nilai TSS (mg/L) pada Waktu Pengendapan (menit)			Nilai Kekeruhan (NTU) pada Waktu Pengendapan (menit)			Nilai pH pada Waktu Pengendapan (menit)		
		15'	30'	45'	15'	30'	45'	15'	30'	45'
0	0,000	688	649	648	832	838	831	7,78	7,97	8,06
100	0,190	651	585	561	766	742	673	7,39	7,4	7,61

Variasi dosis AAT Pelikan (mL/L)	Dosis Fe (mg/L)	Nilai TSS (mg/L) pada Waktu Pengendapan (menit)			Nilai Kekeruhan (NTU) pada Waktu Pengendapan (menit)			Nilai pH pada Waktu Pengendapan (menit)		
		15'	30'	45'	15'	30'	45'	15'	30'	45'
200	0,348	205	100	85	187	107	96,7	7,02	7,15	7,29
250	0,418	140	92	72	156	97,7	80,5	6,92	6,91	7,05
300	0,482	121	49	46	100	55,8	47,4	6,78	6,8	7
350	**0,542**	**73**	**48**	**37**	**70,9**	**48,3**	**38,9**	**6,73**	**6,72**	**6,67**
400	0,597	58	45	30	57,5	41,5	30,8	6,54	6,62	6,59
450	0,649	57	41	28	57	38,9	29,4	6,47	6,43	6,45

2. Analisa Fe dan Mn saat dosis optimum 350 mL/L

Dosis Optimum AAT (mg Fe/L)	Nilai Fe Total			Nilai Mn Total		
	15 menit	30 menit	45 menit	15 menit	30 menit	45 menit
0, 617	3,1	2,66	0,7	2,2	1,45	1,4

A.3 Koagulasi-Flokulasi Air *Run Off* Kekeruhan 800 NTU

1. Nilai TSS, Kekeruhan dan pH Akhir dari Variasi Dosis Air Asam Tambang
   Kekeruhan 800 NTU dan pH awal air asam tambang 2,5

Variasi dosis AAT Pelikan (mL/L)	Dosis Fe (mg/L)	Nilai TSS (mg/L) pada Waktu Pengendapan (menit)			Nilai Kekeruhan (NTU) pada Waktu Pengendapan (menit)			Nilai pH pada Waktu Pengendapan (menit)		
		15'	30'	45'	15'	30'	45'	15'	30'	45'
0	0,000	548	508	500	799	787	653	8,08	7,67	7,83
50	0,176	188	180	150	250	231	223	6,88	7,57	7,69
100	0,336	84	62	32	94,9	64,3	55,5	6,88	7,21	7,28
150	0,483	52	48	44	65,6	49,4	40,9	6,67	6,74	7,1
200	**0,617**	**40**	**40**	**25**	**44,8**	**31,7**	**27,3**	**6,44**	**6,39**	**6,63**

Variasi dosis AAT Pelikan (mL/L)	Dosis Fe (mg/L)	Nilai TSS (mg/L) pada Waktu Pengendapan (menit)			Nilai Kekeruhan (NTU) pada Waktu Pengendapan (menit)			Nilai pH pada Waktu Pengendapan (menit)		
		15'	30'	45'	15'	30'	45'	15'	30'	45'
250	0,740	32	30	20	35,3	30	25,2	5,86	5,67	5,95
300	0,854	30	28	19	33	28	24	3,3	3,2	3,16
350	0,959	27	25	17	30	28	23	3,01	3,07	3,13
400	1,057	24	20	14	30	25	20	2,96	3,02	3,04
450	1,148	20	17	14	28	20	18	2,94	2,96	3,03
500	1,233	21	18	15	25	18	15	2,86	2,93	2,95

2. Analisa Fe dan Mn saat dosis optimum 200 mL/L

Dosis Optimum AAT (mg Fe/L)	Nilai Fe Total			Nilai Mn Total		
	15 menit	30 menit	45 menit	15 menit	30 menit	45 menit
0, 617	3,1	2,66	0,7	2,2	1,45	1,4

3. Jumlah penambahan larutan asam sulfat dan NaOH

pH Awal	pH Tujuan	Penambahan larutan (mL/L)
8,61	6,07	287,6 ml asam sulfat
8,61	8,02	1,4 ml larutan NaOH
8,61	9,01	10 ml larutan NaOH
8,61	7,00	1 ml asam sulfat

4. Nilai TSS, Kekeruhan, dan pH Akhir dari Variasi pH Awal Sampel

pH Awal Sampel	Dosis Fe (mg/L)	Nilai TSS (mg/L) pada Waktu Pengendapan (menit)			Nilai Kekeruhan (NTU) pada Waktu Pengendapan (menit)			Nilai pH pada Waktu Pengendapan (menit)		
		15'	30'	45'	15'	30'	45'	15'	30'	45'
6	0,617	36	32	8	38,7	18,4	10,7	3,57	3,49	3,47
7	0,617	104	80	56	72,4	48,8	38,4	5,88	5,93	5,92
8	**0,617**	**70**	**56**	**36**	**57,8**	**31,8**	**20,8**	**6,55**	**6,52**	**6,59**

pH Awal Sampel	Dosis Fe (mg/L)	Nilai TSS (mg/L) pada Waktu Pengendapan (menit)			Nilai Kekeruhan (NTU) pada Waktu Pengendapan (menit)			Nilai pH pada Waktu Pengendapan (menit)		
		15'	30'	45'	15'	30'	45'	15'	30'	45'
9	0,617	64	24	28	28,7	14,3	10,1	6,86	6,83	6,87

5. Analisa Fe dan Mn saat pH optimum 6.

pH Sampel	Nilai Fe Total			Nilai Mn Total		
	15 menit	30 menit	45 menit	15 menit	30 menit	45 menit
pH 6	1,16	1,06	0,42	1,8	1,7	1,5

6. Nilai TSS untuk waktu pengendapan optimum

Variasi Slow Mix	Dosis Fe (mg/L)	Penurunan TSS (mg/L) pada waktu pengendapan (menit)					
		10'	20'	30'	40'	50'	60'
10 rpm	0,617	124	72	**68**	40	40	36
20 rpm	**0,617**	**48**	**28**	**20**	**16**	**8**	**0**
30 rpm	0,617	104	60	**28**	24	8	0
40 rpm	0,617	110	56	**44**	32	20	0
50 rpm	0,617	124	100	**40**	24	20	16
60 rpm	0,617	104	72	**48**	44	28	18

7. Nilai kekeruhan untuk waktu pengendapan optimum

Variasi Slow Mix	Dosis Fe (mg/L)	Penurunan Kekeruhan (NTU) pada waktu pengendapan (menit)					
		10'	20'	30'	40'	50'	60'
10 rpm	0,617	122	86	**58,6**	49,5	42,6	36,1

Variasi Slow Mix	Dosis Fe (mg/L)	Penurunan Kekeruhan (NTU) pada waktu pengendapan (menit)					
		10'	20'	30'	40'	50'	60'
20 rpm	0,617	27,7	16,3	**11,9**	8,6	7,0	6,8
30 rpm	0,617	68,4	40,5	**28,1**	19,6	15,5	12,1
40 rpm	0,617	72,3	38,4	**25,4**	22,0	18,0	15,3
50 rpm	0,617	89,9	63,9	**44,8**	35,5	26,8	20,9
60 rpm	0,617	105,0	63,4	**41,7**	31,2	24,3	18,5

8. Nilai pH akhir untuk waktu pengendapan optimum

Variasi Slow Mix	Dosis Fe (mg/L)	Nilai pH Akhir pada Waktu Pengendapan (menit)					
		10'	20'	30'	40'	50'	60'
10 rpm	0,617	6,72	6,63	**6,69**	6,71	6,75	6,8
20 rpm	**0,617**	**6,58**	**6,56**	**6,59**	**6,62**	**6,64**	**6,66**
30 rpm	0,617	6,73	6,73	**6,74**	6,79	6,77	6,76
40 rpm	0,617	6,69	6,72	**6,73**	6,68	6,62	6,63
50 rpm	0,617	6,66	6,69	**6,75**	6,75	6,76	6,77
60 rpm	0,617	6,63	6,63	**6,77**	6,78	6,78	6,69

1. Nilai TSS, Kekeruhan dan pH Akhir dari Variasi Dosis Air Asam Tambang
   Kekeruhan 800 NTU dan pH awal air asam tambang 3

Variasi dosis AAT Pelikan (mL/L)	Dosis Fe (mg/L)	Nilai TSS (mg/L) pada Waktu Pengendapan (menit)			Nilai Kekeruhan (NTU) pada Waktu Pengendapan (menit)			Nilai pH pada Waktu Pengendapan (menit)		
		15'	30'	45'	15'	30'	45'	15'	30'	45'
0	0,000	512	500	464	800	730	725	7,48	7,47	7,71
50	0,205	392	200	152	467	298	217	7,31	7,4	7,19

Variasi dosis AAT Pelikan (mL/L)	Dosis Fe (mg/L)	Nilai TSS (mg/L) pada Waktu Pengendapan (menit)			Nilai Kekeruhan (NTU) pada Waktu Pengendapan (menit)			Nilai pH pada Waktu Pengendapan (menit)		
		15'	30'	45'	15'	30'	45'	15'	30'	45'
100	0,391	184	160	88	219	156	116	7,25	7,13	7,02
150	0,561	128	112	70	178	125	98,1	7,23	7,12	6,87
200	0,717	90	84	65	116	110	78,2	7,12	7,1	6,72
250	0,860	72	70	57	83,5	59,7	50,7	6,82	6,63	6,69
300	**0,992**	**70**	**68**	**55**	**41**	**26**	**22**	**6,77**	**6,72**	**6,57**
350	1,115	64	50	44	25,7	15,8	11,8	6,63	6,56	6,5
400	1,229	31	22	15	22,2	16,3	11,7	6,49	6,5	6,48
450	1,334	28	21	12	22	15,7	10,5	6,38	6,43	6,45
500	1,433	28	20	10	19,9	16	10	6,31	6,39	6,36

2. Analisa Fe dan Mn saat dosis optimum 300 ml/L

Dosis Optimum AAT (mg Fe/L)	Nilai Fe Total			Nilai Mn Total		
	15 menit	30 menit	45 menit	15 menit	30 menit	45 menit
0,992	0,9	0,6	0,5	0,32	0,23	0,15

1. Nilai TSS, Kekeruhan dan pH Akhir dari Variasi Dosis Air Asam Tambang
   Kekeruhan 800 NTU dan pH awal air asam tambang 4

Variasi dosis AAT Pelikan (mL/L)	Dosis Fe (mg/L)	Nilai TSS (mg/L) pada Waktu Pengendapan (menit)			Nilai Kekeruhan (NTU) pada Waktu Pengendapan (menit)			Nilai pH pada Waktu Pengendapan (menit)		
		15'	**30'**	**45'**	**15'**	**30'**	**45'**	**15'**	**30'**	**45'**
0	0,000	548	540	508	754	743	650	8,29	8,06	7,91
50	0,224	192	184	96	287	250	236	7,87	7,81	7,9
100	0,427	92	64	48	105	79,3	73,9	7,7	7,75	7,75
150	0,613	80	58	35	92,2	62	56,7	7,56	7,63	7,6
200	**0,783**	**40**	**28**	**31**	**60**	**34,8**	**27,5**	**7,51**	**7,49**	**7,6**
250	0,940	38	25	28	45,5	33,2	25,3	7,32	7,44	7,47
300	1,085	38	28	25	48	32	26,4	7,21	7,15	7,1

Variasi dosis AAT Pelikan (mL/L)	Dosis Fe (mg/L)	Nilai TSS (mg/L) pada Waktu Pengendapan (menit)			Nilai Kekeruhan (NTU) pada Waktu Pengendapan (menit)			Nilai pH pada Waktu Pengendapan (menit)		
		15'	**30'**	**45'**	**15'**	**30'**	**45'**	**15'**	**30'**	**45'**
350	1,219	37	25	22	41,7	23,7	19	7,19	7,13	7,07
400	1,343	36	24	20	34,6	20,3	16,6	7,11	7	7,05
450	1,459	44	30	24	50	32,6	24,6	7,06	7	7,05
500	1,567	40	27	22	42	25,7	20,6	6,97	6,96	6,92

2. Analisa Fe dan Mn saat dosis optimum 200 ml/L

Dosis Optimum AAT (mg Fe/L)	Nilai Fe Total			Nilai Mn Total		
	15 menit	30 menit	45 menit	15 menit	30 menit	45 menit
0,783	0,9	0,85	0,8	0,4	0,4	0,3

A.4 Koagulasi-Flokulasi Air *Run Off* Kekeruhan 700 NTU

1. Nilai TSS, Kekeruhan dan pH Akhir dari Variasi Dosis Air Asam Tambang
   Kekeruhan 700 NTU dan pH awal air asam tambang 3

Variasi dosis AAT Pelikan (mL/L)	Dosis Fe (mg/L)	Nilai TSS (mg/L) pada Waktu Pengendapan (menit)			Nilai Kekeruhan (NTU) pada Waktu Pengendapan (menit)			Nilai pH pada Waktu Pengendapan (menit)		
		15'	30'	45'	15'	30'	45'	15'	30'	45'
0	0,000	571	558	544	651	631	626	7,91	7,93	7,9
50	0,110	566	527	518	610	586	576	7,67	7,68	7,71
100	0,210	529	424	314	580	453	331	7,48	7,54	7,55
110	0,229	507	380	265	533	407	288	7,46	7,49	7,53
120	0,248	327	231	196	364	255	222	7,42	7,45	7,5
130	**0,266**	**188**	**146**	**128**	**221**	**159**	**142**	**7,4**	**7,42**	**7,48**

Variasi dosis AAT Pelikan (mL/L)	Dosis Fe (mg/L)	Nilai TSS (mg/L) pada Waktu Pengendapan (menit)			Nilai Kekeruhan (NTU) pada Waktu Pengendapan (menit)			Nilai pH pada Waktu Pengendapan (menit)		
		15'	30'	45'	15'	30'	45'	15'	30'	45'
140	0,284	180	133	127	211	141	100	7,39	7,4	7,41
150	0,301	155	107	87	163	112	89,8	7,38	7,39	7,37

2. Analisa Fe dan Mn saat dosis optimum 130 ml/L

Dosis Optimum AAT (mg Fe/L)	Nilai Fe Total			Nilai Mn Total		
	15 menit	30 menit	45 menit	15 menit	30 menit	45 menit
0,266	0,83	0,64	0,6	0,2	0,2	0,1

3. Nilai TSS, Kekeruhan dan pH Akhir dari Variasi Dosis Air Asam Tambang
   Kekeruhan 700 NTU dan pH awal air asam tambang 4

Variasi dosis AAT Pelikan (mL/L)	Dosis Fe (mg/L)	Nilai TSS (mg/L) pada Waktu Pengendapan (menit)			Nilai Kekeruhan (NTU) pada Waktu Pengendapan (menit)			Nilai pH pada Waktu Pengendapan (menit)		
		15'	30'	45'	15'	30'	45'	15'	30'	45'
0	0,000	562	551	534	671	655	660	8,01	8,02	8,11
100	0,265	502	456	426	588	558	507	7,82	7,86	7,9
125	0,323	527	493	365	575	512	383	7,7	7,73	7,78
150	0,380	274	196	143	277	209	153	7,65	7,69	7,77
175	0,433	149	98	84	150	101	88	7,6	7,66	7,75
200	**0,485**	**105**	**72**	**60**	**114**	**114**	**66,3**	**7,58**	**7,65**	**7,75**
300	0,672	71	37	27	79,1	79,1	27,5	7,53	7,52	7,6

4. Analisa Fe dan Mn saat dosis optimum 200 ml/L

Dosis Optimum AAT (mg Fe/L)	Nilai Fe Total			Nilai Mn Total		
	15 menit	30 menit	45 menit	15 menit	30 menit	45 menit
0,485	0.46	0.26	0.2	0.9	0.3	0.4

1. Nilai TSS, Kekeruhan dan pH Akhir dari Variasi Dosis Air Asam Tambang
   Kekeruhan 700 NTU dan pH awal air asam tambang 2,5

Variasi dosis AAT Pelikan (mL/L)	Dosis Fe (mg/L)	Nilai TSS (mg/L) pada Waktu Pengendapan (menit)			Nilai Kekeruhan (NTU) pada Waktu Pengendapan (menit)			Nilai pH pada Waktu Pengendapan (menit)		
		15'	30'	45'	15'	30'	45'	15'	30'	45'
0	0,000	580	546	510	633	559	612	8,15	8,02	8,14
50	0,100	533	498	494	622	595	593	7,58	7,78	7,75
75	0,146	510	487	484	613	591	594	7,47	7,51	7,46
100	0,190	506	476	451	587	580	489	7,43	7,41	7,34
125	0,232	408	240	178	450	277	199	7,27	7,29	7,26
150	0,273	155	114	87	162	125	95,9	7,13	7,12	7,11
200	**0,348**	**75**	**50**	**38**	**75**	**48,8**	**37,2**	**6,91**	**7,02**	**7**

2. Analisa Fe dan Mn saat dosis optimum 130 ml/L

Dosis Optimum AAT (mg Fe/L)	Nilai Fe Total			Nilai Mn Total		
	15 menit	30 menit	45 menit	15 menit	30 menit	45 menit
0,348	0.49	0.28	0.18	0.8	0.5	0.6

A.5 Pengukuran hasil pengolahan (koagulasi-flokulasi) air *run off* penambangan batubara (*Sump* Pit Kangguru) dengan aluminium sulfat

1. Nilai TSS, Kekeruhan dan pH Akhir dari koagulan aluminium sulfat pada kekeruhan 800 NTU

Dosis Pembubuhan Alum (mg/L)	Nilai TSS (mg/L) pada Waktu Pengendapan (menit)			Nilai Kekeruhan(mg/L) pada Waktu Pengendapan (menit)			Nilai pH pada Waktu Pengendapan (menit)		
	15'	30'	45'	15'	30'	45'	15'	30'	45'
0	688	650	636	810	782	742	8,3	8,03	8
75	388	344	328	460	384	350	7,83	7,79	7,69
100	140	84	112	156	130	122	7,6	7,59	7,42
125	132	64	60	108	81,4	65,3	7,57	7,53	7,54
150	100	72	28	89,4	68	50,5	7,51	7,55	7,49
175	84	60	10	65,6	37,4	31,9	7,3	7,28	7,23
200	64	56	8	47,2	33,6	30,5	7,28	7,2	7,13
225	56	36	0	30,2	23,1	19	6,98	6,99	7,03
250	48	28	0	26,6	20,9	18,7	6,74	6,83	6,93
275	44	24	0	25,4	20,4	18	6,63	6,54	6,55
300	**32**	**20**	**0**	**21,2**	**19,7**	**17,3**	**6,59**	**6,5**	**6,45**
325	34	25	0	22,9	22,9	19,8	6,43	6,4	6,37
350	36	26	0	27,7	27,7	22	6,07	6,11	6,12
375	37	28	0	37,9	37,9	31,8	5,89	5,8	5,75

2. Jumlah penambahan larutan asam sulfat dan larutan NaOH

pH Awal	pH Tujuan	Penambahan larutan (mL/L)
8,61	6,01	1,6 ml asam sulfat
8,61	7,00	0,9 ml asam sulfat
8,61	8,03	0,4 ml asam sulfat
8,61	9,05	0,3 ml NaOH

3. Nilai TSS, Kekeruhan dan pH Akhir dari koagulan aluminium sulfat di variasi pH awal sampel

Variasi pH Awal Sampel	Nilai TSS (mg/L) pada Waktu Pengendapan (menit)			Nilai Kekeruhan(mg/L) pada Waktu Pengendapan (menit)			Nilai pH pada Waktu Pengendapan (menit)		
	15'	30'	45'	15'	30'	45'	15'	30'	45'
6	64	36	28	37,6	21,6	14,9	4,56	4,46	4,45

Variasi pH Awal Sampel	Nilai TSS (mg/L) pada Waktu Pengendapan (menit)			Nilai Kekeruhan(mg/L) pada Waktu Pengendapan (menit)			Nilai pH pada Waktu Pengendapan (menit)		
	15'	30'	45'	15'	30'	45'	15'	30'	45'
7	54	30	25	37,2	17,1	11,8	4,88	4,98	5,01
8	**28**	**25**	**10**	**12,1**	**4,59**	**2,49**	**6,16**	**6,14**	**6,2**
9	52	10	8	26,3	8,28	6,03	6,29	6,32	6,33

A.6 Perhitungan nilai G dan Gtd

Kecepatan putaran (rpm)	KL	n (rps)	Di (m)	μ	P (Nm/detik)	G (1/detik)	GTd
200 rpm	43	200	0,12	798	658,83	28,73	1724
10 rpm	43	10	0,12	798	1,65	1,44	1293
20 rpm	**43**	**20**	**0,12**	**798**	**6,59**	**2,87**	**2586**
30 rpm	43	30	0,12	798	14,82	4,31	3879
40 rpm	43	40	0,12	798	26,35	5,75	5172
50 rpm	43	50	0,12	798	41,18	7,18	6465
60 rpm	43	60	0,12	798	59,29	8,62	7758

"Halaman ini Sengaja Dikosongkan"

LAMPIRAN C
UJI ANOVA DAN UJI TUKEY

1. Uji anova *one way* dan tukey pengaruh dosis terhadap parameter kekeruhan dan TSS

Tests of Between-Subjects Effects

Source	Dependent Variable	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	REMOVALKEKERUHAN	38974.520[a]	7	5567.789	1719.316	.000
	REMOVALTSS	37693.523[b]	7	5384.789	1395.636	.000
Intercept	REMOVALKEKERUHAN	125284.390	1	125284.390	38687.425	.000
	REMOVALTSS	116810.330	1	116810.330	30275.044	.000
DOSIS	REMOVALKEKERUHAN	38974.520	7	5567.789	1719.316	.000
	REMOVALTSS	37693.523	7	5384.789	1395.636	.000
Error	REMOVALKEKERUHAN	51.814	16	3.238		
	REMOVALTSS	61.733	16	3.858		
Total	REMOVALKEKERUHAN	164310.724	24			
	REMOVALTSS	154565.586	24			
Corrected Total	REMOVALKEKERUHAN	39026.334	23			
	REMOVALTSS	37755.256	23			

a. R Squared = .999 (Adjusted R Squared = .998)

b. R Squared = .998 (Adjusted R Squared = .998)

Homogeneous Subsets

REMOVALKEKERUHAN

Tukey HSD[a,b,c]

DOSIS	N	Subset		
		1	2	3
0	3	2.5367		
10	3	3.1867		
100	3		84.2467	
200	3			96.6900
250	3			96.9000
300	3			97.4667
400	3			98.4567
350	3			98.5233
Sig.		1.000	1.000	.905

REMOVALTSS

Tukey HSD[a,b,c]

DOSIS	N	Subset		
		1	2	3
0	3	1.5467		
10	3	2.3667		
100	3		76.7133	
200	3			93.9133
250	3			94.2500
300	3			95.2167
400	3			96.9567
350	3			97.1533
Sig.		.999	1.000	.499

2. Uji anova *one way* dan tukey pengaruh pH awal sampel terhadap parameter kekeruhan dan TSS

Tests of Between-Subjects Effects

Source	Dependent Variable	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.	Partial Eta Squared
Corrected Model	REMOVALKEKERUHAN	13.458[a]	3	4.486	4.036	.051	.602
	REMOVALTSS	27.895[b]	3	9.298	2.754	.112	.508
Intercept	REMOVALKEKERUHAN	113977.521	1	113977.521	102540.034	.000	1.000
	REMOVALTSS	111105.234	1	111105.234	32904.470	.000	1.000
PHSAMPEL	REMOVALKEKERUHAN	13.458	3	4.486	4.036	.051	.602
	REMOVALTSS	27.895	3	9.298	2.754	.112	.508
Error	REMOVALKEKERUHAN	8.892	8	1.112			
	REMOVALTSS	27.013	8	3.377			
Total	REMOVALKEKERUHAN	113999.871	12				
	REMOVALTSS	111160.142	12				
Corrected Total	REMOVALKEKERUHAN	22.351	11				
	REMOVALTSS	54.908	11				

a. R Squared = .602 (Adjusted R Squared = .453)

b. R Squared = .508 (Adjusted R Squared = .324)

Homogeneous Subsets

REMOVALKEKERUHAN

Tukey HSD[a,b,c]

PHSAMPEL	N	Subset	
		1	2
7.00	3	96.1367	
8.00	3	97.0900	97.0900
9.00	3	97.5367	97.5367
6.00	3		99.0700
Sig.		.417	.177

REMOVALTSS

Tukey HSD[a,b,c]

PHSAMPEL	N	Subset
		1
7.00	3	94.4467
8.00	3	95.4667
9.00	3	96.4000
6.00	3	98.5767
Sig.		.094

3. Uji anova *one way* dan tukey pengaruh dosis air asam tambang terhadap parameter kekeruhan dan TSS pada kekeruhan 800 NTU dan pH 2,5

Tests of Between-Subjects Effects

Source	Dependent Variable	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	REMOVALKEKERUHAN	20538.607[a]	10	2053.861	210.565	.000
	REMOVALTSS	19207.778[b]	10	1920.778	411.025	.000
Intercept	REMOVALKEKERUHAN	245901.511	1	245901.511	25210.223	.000
	REMOVALTSS	239483.572	1	239483.572	51246.795	.000
DOSIS	REMOVALKEKERUHAN	20538.607	10	2053.861	210.565	.000
	REMOVALTSS	19207.778	10	1920.778	411.025	.000
Error	REMOVALKEKERUHAN	214.589	22	9.754		
	REMOVALTSS	102.809	22	4.673		
Total	REMOVALKEKERUHAN	266654.706	33			
	REMOVALTSS	258794.160	33			
Corrected Total	REMOVALKEKERUHAN	20753.195	32			
	REMOVALTSS	19310.587	32			

a. R Squared = .990 (Adjusted R Squared = .985)

b. R Squared = .995 (Adjusted R Squared = .992)

Homogeneous Subsets

REMOVALKEKERUHAN

Tukey HSD[a,b,c]

DOSIS	N	Subset		
		1	2	3
0	3	10.8300		
50	3		71.9633	
100	3			91.4500
150	3			93.7900
200	3			95.8667
250	3			96.3967
300	3			96.6700
350	3			97.9067
400	3			98.0867
450	3			98.2533
500	3			98.3333
Sig.		1.000	1.000	.261

REMOVALTSS

Tukey HSD[a,b,c]

DOSIS	N	Subset			
		1	2	3	4
0	3	12.3867			
50	3		70.8300		
100	3			89.3033	
150	3			92.5433	92.5433
200	3			94.0867	94.0867
250	3			95.3800	95.3800
300	3				95.6500
350	3				96.1000
400	3				96.7233
500	3				96.9500
450	3				97.1200
Sig.		1.000	1.000	.066	.309

4. Uji anova *one way* dan tukey pengaruh pH air sampel terhadap parameter kekeruhan dan TSS pada kekeruhan 800 NTU dan pH 2,5

Tests of Between-Subjects Effects

Source	Dependent Variable	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	REMOVALKEKERUHAN	34.117[a]	3	11.372	3.153	.086
	REMOVALTSS	142.351[b]	3	47.450	4.176	.047
Intercept	REMOVALKEKERUHAN	110657.290	1	110657.290	30682.949	.000
	REMOVALTSS	100708.705	1	100708.705	8862.264	.000
PHSAMPEL	REMOVALKEKERUHAN	34.117	3	11.372	3.153	.086
	REMOVALTSS	142.351	3	47.450	4.176	.047
Error	REMOVALKEKERUHAN	28.852	8	3.606		
	REMOVALTSS	90.910	8	11.364		
Total	REMOVALKEKERUHAN	110720.259	12			
	REMOVALTSS	100941.966	12			
Corrected Total	REMOVALKEKERUHAN	62.969	11			
	REMOVALTSS	233.261	11			

a. R Squared = .542 (Adjusted R Squared = .370)

b. R Squared = .610 (Adjusted R Squared = .464)

Homogeneous Subsets

REMOVALKEKERUHAN

Tukey HSD[a,b,c]

PHSAMPEL	N	Subset
		1
7.00	3	93.5133
8.00	3	95.5100
6.00	3	97.2467
9.00	3	97.8433
Sig.		.089

REMOVALTSS

Tukey HSD[a,b,c]

PHSAMPEL	N	Subset	
		1	2
7.00	3	86.4400	
8.00	3	90.8500	90.8500
9.00	3	93.4433	93.4433
6.00	3		95.7067
Sig.		.126	.355

5. Uji anova *one way* dan tukey pengaruh *slow mix* terhadap parameter kekeruhan dan TSS pada kekeruhan 800 NTU dan pH 2,5

Tests of Between-Subjects Effects

Source	Dependent Variable	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	REMOVALTSS	101.599[a]	5	20.320	1.123	.369
	REMOVALKEKERUHAN	143.137[b]	5	28.627	3.160	.021
Intercept	REMOVALTSS	161097.877	1	161097.877	8903.805	.000
	REMOVALKEKERUHAN	326718.939	1	326718.939	36066.722	.000
SLOWMIX	REMOVALTSS	101.599	5	20.320	1.123	.369
	REMOVALKEKERUHAN	143.137	5	28.627	3.160	.021
Error	REMOVALTSS	542.794	30	18.093		
	REMOVALKEKERUHAN	271.762	30	9.059		
Total	REMOVALTSS	161742.270	36			
	REMOVALKEKERUHAN	327133.838	36			
Corrected Total	REMOVALTSS	644.393	35			
	REMOVALKEKERUHAN	414.899	35			

a. R Squared = .158 (Adjusted R Squared = .017)

b. R Squared = .345 (Adjusted R Squared = .236)

Homogeneous Subsets

REMOVALTSS

Tukey HSD[a,b,c]

SLOWMIX	N	Subset
		1
10	6	64.6583
50	6	65.7833
60	6	65.9850
40	6	67.2683
30	6	67.7933
20	6	69.8817
Sig.		.301

REMOVALKEKERUHAN

Tukey HSD[a,b,c]

SLOWMIX	N	Subset	
		1	2
10	6	92.0733	
60	6	94.2950	94.2950
50	6	94.3400	94.3400
40	6	96.1567	96.1567
30	6	96.3000	96.3000
20	6		98.4283
Sig.		.177	.196

6. Uji anova *one way* dan tukey pengaruh *settling time* terhadap parameter kekeruhan dan TSS pada kekeruhan 800 NTU dan pH 2,5

Tests of Between-Subjects Effects

Source	Dependent Variable	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	REMOVALTSS	490.669[a]	5	98.134	19.151	.000
	REMOVALKEKERUHAN	240.014[b]	5	48.003	8.234	.000
Intercept	REMOVALTSS	161097.877	1	161097.877	31439.076	.000
	REMOVALKEKERUHAN	326718.939	1	326718.939	56045.791	.000
WAKTU	REMOVALTSS	490.669	5	98.134	19.151	.000
	REMOVALKEKERUHAN	240.014	5	48.003	8.234	.000
Error	REMOVALTSS	153.724	30	5.124		
	REMOVALKEKERUHAN	174.885	30	5.830		
Total	REMOVALTSS	161742.270	36			
	REMOVALKEKERUHAN	327133.838	36			
Corrected Total	REMOVALTSS	644.393	35			
	REMOVALKEKERUHAN	414.899	35			

a. R Squared = .761 (Adjusted R Squared = .722)

b. R Squared = .578 (Adjusted R Squared = .508)

Homogeneous Subsets

REMOVALTSS

Tukey HSD[a,b,c]

WAKTU	N	Subset		
		1	2	3
10	6	59.9617		
20	6		64.4967	
30	6		67.5517	67.5517
40	6			68.6750
50	6			69.8017
60	6			70.8833
Sig.		1.000	.211	.142

REMOVALKEKERUHAN

Tukey HSD[a,b,c]

WAKTU	N	Subset	
		1	2
10	6	90.2550	
20	6	93.8050	93.8050
30	6		95.7733
40	6		96.6583
50	6		97.3050
60	6		97.7967
Sig.		.143	.074

7. Uji anova *one way* dan tukey pengaruh dosis alum terhadap parameter kekeruhan dan TSS pada kekeruhan 800 NTU

Tests of Between-Subjects Effects

Source	Dependent Variable	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	REMOVALKEKERUHAN	24946.372[a]	13	1918.952	318.151	.000
	REMOVALTSS	26689.775[b]	13	2053.060	125.182	.000
Intercept	REMOVALKEKERUHAN	306577.517	1	306577.517	50828.777	.000
	REMOVALTSS	297682.370	1	297682.370	18150.645	.000
DOSIS	REMOVALKEKERUHAN	24946.372	13	1918.952	318.151	.000
	REMOVALTSS	26689.775	13	2053.060	125.182	.000
Error	REMOVALKEKERUHAN	168.884	28	6.032		
	REMOVALTSS	459.218	28	16.401		
Total	REMOVALKEKERUHAN	331692.773	42			
	REMOVALTSS	324831.363	42			
Corrected Total	REMOVALKEKERUHAN	25115.256	41			
	REMOVALTSS	27148.993	41			

a. R Squared = .993 (Adjusted R Squared = .990)

b. R Squared = .983 (Adjusted R Squared = .975)

REMOVALKEKERUHAN

Tukey HSD[a,b,c]

DOSIS	N	Subset				
		1	2	3	4	5
0	3	7.7100				
75	3		52.7867			
100	3			83.8667		
125	3			89.9267	89.9267	
150	3				91.7800	91.7800
175	3				94.6667	94.6667
200	3				95.5967	95.5967
375	3				95.7433	95.7433
350	3				96.9367	96.9367
225	3				97.1433	97.1433
250	3					97.3800
325	3					97.4033
275	3					97.4767
300	3					97.7000
Sig.		1.000	1.000	.189	.057	.214

REMOVALTSS

Tukey HSD[a,b,c]

DOSIS	N	Subset			
		1	2	3	4
0	3	4.6400			
75	3		48.7900		
100	3			83.7700	
125	3			87.6300	87.6300
150	3			90.3400	90.3400
175	3			92.5600	92.5600
200	3			93.8133	93.8133
225	3			95.5533	95.5533
250	3				96.3267
275	3				96.7133
375	3				96.8600
350	3				97.0033
325	3				97.1500
300	3				97.4867
Sig.		1.000	1.000	.062	.204

8. Uji anova *one way* dan tukey pengaruh pH air sampel untuk alum terhadap parameter kekeruhan dan TSS pada kekeruhan awal 800 NTU

Tests of Between-Subjects Effects

Source	Dependent Variable	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	REMOVALKEKERUHAN	9.321[a]	3	3.107	1.796	.226
	REMOVALTSS	27.872[b]	3	9.291	.989	.445
Intercept	REMOVALKEKERUHAN	115167.654	1	115167.654	66561.600	.000
	REMOVALTSS	107785.712	1	107785.712	11476.454	.000
PHSAMPEL	REMOVALKEKERUHAN	9.321	3	3.107	1.796	.226
	REMOVALTSS	27.872	3	9.291	.989	.445
Error	REMOVALKEKERUHAN	13.842	8	1.730		
	REMOVALTSS	75.135	8	9.392		
Total	REMOVALKEKERUHAN	115190.817	12			
	REMOVALTSS	107888.720	12			
Corrected Total	REMOVALKEKERUHAN	23.162	11			
	REMOVALTSS	103.007	11			

a. R Squared = .402 (Adjusted R Squared = .178)

b. R Squared = .271 (Adjusted R Squared = -.003)

9. Uji anova *two way* pengaruh interaksi dosis dan pH awal koagulan air asam tambang terhadap parameter kekeruhan dan TSS

Tests of Between-Subjects Effects

Source	Dependent Variable	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	REMOVALKEKERUHAN	53333.170[a]	14	3809.512	1007.826	.000
	REMOVALTSS	50062.775[b]	14	3575.912	426.371	.000
Intercept	REMOVALKEKERUHAN	271715.347	1	271715.347	71883.677	.000
	REMOVALTSS	267507.702	1	267507.702	31896.075	.000
DOSIS	REMOVALKEKERUHAN	53144.832	4	13286.208	3514.934	.000
	REMOVALTSS	49811.285	4	12452.821	1484.803	.000
PH	REMOVALKEKERUHAN	73.533	2	36.767	9.727	.001
	REMOVALTSS	134.269	2	67.134	8.005	.002
DOSIS * PH	REMOVALKEKERUHAN	114.805	8	14.351	3.797	.003
	REMOVALTSS	117.221	8	14.653	1.747	.128
Error	REMOVALKEKERUHAN	113.398	30	3.780		
	REMOVALTSS	251.606	30	8.387		
Total	REMOVALKEKERUHAN	325161.915	45			
	REMOVALTSS	317822.082	45			
Corrected Total	REMOVALKEKERUHAN	53446.568	44			
	REMOVALTSS	50314.380	44			

a. R Squared = .998 (Adjusted R Squared = .997)

b. R Squared = .995 (Adjusted R Squared = .993)

10. Uji anova *two way* pengaruh interaksi dosis AAT dan variasi kekeruhan awal terhadap parameter kekeruhan dan TSS

Tests of Between-Subjects Effects

Source	Dependent Variable	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	REMOVALKEKERUHAN	34207.078[a]	9	3800.786	323.916	.000
	REMOVALTSS	29814.701[b]	9	3312.745	587.857	.000
Intercept	REMOVALKEKERUHAN	193291.765	1	193291.765	16473.000	.000
	REMOVALTSS	191416.444	1	191416.444	33967.452	.000
KEKERUHAN	REMOVALKEKERUHAN	3.946	1	3.946	.336	.568
	REMOVALTSS	9.130	1	9.130	1.620	.218
DOSIS	REMOVALKEKERUHAN	34148.980	4	8537.245	727.574	.000
	REMOVALTSS	29799.427	4	7449.857	1322.001	.000
KEKERUHAN * DOSIS	REMOVALKEKERUHAN	54.153	4	13.538	1.154	.361
	REMOVALTSS	6.144	4	1.536	.273	.892
Error	REMOVALKEKERUHAN	234.677	20	11.734		
	REMOVALTSS	112.706	20	5.635		
Total	REMOVALKEKERUHAN	227733.521	30			
	REMOVALTSS	221343.851	30			
Corrected Total	REMOVALKEKERUHAN	34441.756	29			
	REMOVALTSS	29927.407	29			

a. R Squared = .993 (Adjusted R Squared = .990)

b. R Squared = .996 (Adjusted R Squared = .995)

11. Uji anova *two way* pengaruh interaksi dosis AAT dan variasi pH air sampel *run off* terhadap parameter kekeruhan dan TSS

Tests of Between-Subjects Effects

Source	Dependent Variable	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	REMOVALKEKERUHAN	59.845[a]	7	8.549	3.624	.016
	REMOVALTSS	297.897[b]	7	42.557	5.774	.002
Intercept	REMOVALKEKERUHAN	224622.541	1	224622.541	95219.054	.000
	REMOVALTSS	211686.288	1	211686.288	28721.984	.000
PHSAMPEL	REMOVALKEKERUHAN	40.650	3	13.550	5.744	.007
	REMOVALTSS	144.299	3	48.100	6.526	.004
DOSIS	REMOVALKEKERUHAN	12.269	1	12.269	5.201	.037
	REMOVALTSS	127.651	1	127.651	17.320	.001
PHSAMPEL * DOSIS	REMOVALKEKERUHAN	6.926	3	2.309	.979	.427
	REMOVALTSS	25.948	3	8.649	1.174	.351
Error	REMOVALKEKERUHAN	37.744	16	2.359		
	REMOVALTSS	117.923	16	7.370		
Total	REMOVALKEKERUHAN	224720.130	24			
	REMOVALTSS	212102.109	24			
Corrected Total	REMOVALKEKERUHAN	97.589	23			
	REMOVALTSS	415.820	23			

a. R Squared = .613 (Adjusted R Squared = .444)

b. R Squared = .716 (Adjusted R Squared = .592)

12. Uji anova *two way* pengaruh interaksi dosis koagulan dan jenis koagulan terhadap parameter kekeruhan dan TSS

Tests of Between-Subjects Effects

Source	Dependent Variable	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	REMOVALKEKERUHAN	37866.879[a]	6	6311.146	590.095	.000
	REMOVALTSS	37594.309[b]	6	6265.718	503.470	.000
Intercept	REMOVALKEKERUHAN	285150.144	1	285150.144	26661.661	.000
	REMOVALTSS	277914.379	1	277914.379	22331.273	.000
DOSIS	REMOVALKEKERUHAN	37866.879	6	6311.146	590.095	.000
	REMOVALTSS	37594.309	6	6265.718	503.470	.000
Error	REMOVALKEKERUHAN	374.330	35	10.695		
	REMOVALTSS	435.578	35	12.445		
Total	REMOVALKEKERUHAN	323391.353	42			
	REMOVALTSS	315944.265	42			
Corrected Total	REMOVALKEKERUHAN	38241.208	41			
	REMOVALTSS	38029.886	41			

a. R Squared = .990 (Adjusted R Squared = .989)

b. R Squared = .989 (Adjusted R Squared = .987)

BIODATA PENULIS

Penulis dengan nama lengkap Iva Yenis Septiariva dengan panggilan Iva. Lahir di Kediri pada tanggal 26 September 1991, merupakan anak kedua dari dua bersaudara. Semasa hidupnya penulis telah menempuh pen-didikan formal sebagai berikut: SD Negeri Kampung Dalem VI Kediri tahun 1999-2004, SMP Negeri1Kediri tahun 2004-2007, SMA Negeri 2 Kediri tahun 2007-2010 dan diterima sebagai mahasiswi di jurusan Teknik Lingkungan FTSP-ITS dan terdaftar dengan NRP 3310100099.

Selama perkuliahan, penulis aktif dalam organisasi kemahasiswaan di Badan Eksekutif Mahasiswa BEM FTSP ITS dan BEM ITS di bidang keilmiahan. Tahun keempat, penulis menjadi Trainer Keilmiahan Breakthrough ITS. Dimulai dari tahun pertama sampai tahun keempat perkuliahan, setiap tahun penulis selalu aktif dalam Program Kreativitas Mahasiswa Didanai Dikti. Pada bulan Juni-Agustus 2013, penulis melaksanakan Kerja Praktek di PT. Badak NGL, Bontang Kalimantan Timur selanjutnya pada bulan Maret-Mei 2014, penulis mengikuti program magang di PT. Pamapersada Nusantara Sangatta Kalimantan Timur sekaligus mengerjakan Tugas Akhir “Pengaruh Penggunaan Koagulan dalam Pengolahan Air *Run Off* Pertambangan Batu Bara.” Apabila pembaca ingin berdiskusi mengenai Tugas Akhir ini atau semua yang berhubungan dengan penulis, dapat mengirimkan email ke ivayenis@gmail.com.