

**ANALISIS PENURUNAN KADAR LOGAM BESI (Fe) & MANGAN (Mn)
DENGAN PENGGUNAAN KOAGULAN TERHADAP AIR TAMBANG BATUBARA
PT. ADARO INDONESIA**

**Analysis Decreasing of Metal Iron (Fe) & Manganese (Mn)
with the use of Coagulants to Coal Mine Water PT. Adaro Indonesia**

Norvie Yudi Hasma^{1*)}, Muhammad Ruslan²⁾, Eko Rini Indrayatie²⁾, Noor Arida Fauzana³⁾
Ahsan Saputra⁴⁾

¹⁾ *Program Studi Magister Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan,
Universitas Lambung Mangkurat*

²⁾ *Fakultas Kehutanan, Universitas Lambung Mangkurat*

³⁾ *Fakultas Perikanan, Universitas Lambung Mangkurat*

⁴⁾ *Mine Services, PT. Adaro Indonesia*

^{*)} *e-mail: Norvie.Hasma@gmail.com*

Abstract

The purpose of writing this study is to analyze the influence of coagulants to reduce the levels of dissolved metals Iron (Fe) & Manganese (Mn) from coal mine water. The place of the study is in the operational area of the PT. Adaro Indonesia in Tabalong and Balangan Regencies, the object of the study of mine water samples was taken at the Settling pond (SP) X inlet located in the Wara mine area. This research was conducted with an experimental method, namely the Jar Test test with an experimental design compiled in a Non-Factorial Group Randomized Design (RAK) consisting of 6 (six) treatments with 3 repetitions. The analysis method carried out to determine the influence of coagulants on the decrease in Fe and Mn metal levels is to use the Anova and Tukey (BNJ) analysis method. The results of this study from all the treatments that have been carried out on coagulants in the study, the coagulants that have the greatest influence in reducing Fe metal levels are the use of coagulant Y with a combination of treatments with an increase in water pH (caustic soda Y) combined with fast and slow stirring (D1) of: 0,002 mg/L, treatment with an increase in water pH (caustic soda Y) combined with rapid stirring (D2) by: The 0,002 mg/L data analysis with the anova and tukey BNJ tests differed from other treatments. The coagulant that has the greatest influence in reducing Mn metal levels is the use of coagulant Y with a combination of treatment with an increase in water pH (caustic soda Y) + auxiliary coagulant Y combined with rapid mixing (F2) of: 2,509 mg/L, treatment with an increase in water pH (caustic soda Y) + auxiliary coagulant Y combined with slow mixing (F3) of: 2,518 mg/L.

Keywords: mine water; coagulant effect; metal decrease

PENDAHULUAN

Karakteristik air tambang yang ada di tambang PT. Adaro Indonesia terdiri dari 2 (dua) yaitu air tambang pH rendah < 6 (Air Asam) hasil keluaran dari tambang Wara yang memiliki sifat batuan yang dominan material PAF sedangkan air tambang TSS

Tinggi > 200 Mg/L hasil keluaran dari tambang Tutupan dan tambang Parangin yang memiliki sifat batuan dominan NAF. Pengolahan air tambang yang digunakan PT. Adaro Indonesia untuk tahap pencegahan adalah menggunakan metode pemisahan material disposal antara PAF dan NAF yang kemudian dilakukan proses

pengkapsulan adapun pengolahan air yang sudah terbentuk karena operasional tambang metode yang digunakan adalah pengolahan aktif yaitu dengan proses netralisasi dan pengendapan dengan cara mengalirkan air tambang kedalam fasilitas *Settling Pond* yang kemudian ditambahkan koagulan untuk menetralsir pH dan mengendapkan padatan yang tersuspensi (TSS) pada air tambang, untuk parameter pH koagulan yang digunakan adalah *Natrium Hidroksida* dengan merek pH Adjuster dan Neutralizer, untuk parameter TSS koagulan yang digunakan adalah *Poly diallyl dimethyl ammonium chloride (PolyDADMAC)* merupakan koagulan organik yang berfungsi untuk mengikat partikel-partikel halus menjadi flok dan menjadi flok yang lebih besar dan mengendap secara gravitasi pada kolam-kolam *Settling pond*.

Pengelolaan air tambang yang dilakukan oleh PT. Adaro Indonesia wajib dilakukan pemantauan secara berkala pada titik penataan *settling pond* berikut ditampilkan hasil pemantauan bulanan kualitas air untuk parameter Fe & Mn pada *settling pond* yaitu SP X selama periode tahun 2021 yaitu untuk parameter logam Besi (Fe) hasil maksimum pengukuran sebesar 0,47 mg/L, hasil rata-rata sebesar 0,13 mg/L dan hasil minimum sebesar 0,04 mg/L, untuk parameter logam Mangan (Mn) hasil maksimum pengukuran sebesar 3,8 mg/L, hasil rata-rata sebesar 2,09 mg/L dan hasil minimum sebesar 0,35 mg/.

Hasil pemantauan di atas ditemukan bahwa pengelolaan air tambang sudah baik dibuktikan dengan hasil olahan air tambang masih di bawah bakumutu yang ditetapkan yaitu untuk parameter Besi (Fe) nilai kadar maksimum 7 mg/L dan Mangan (Mn) nilai kadar maksimum 4 mg/L sesuai dengan Keputusan Menteri Lingkungan Hidup RI No.113 Tahun 2003 Tentang Baku Mutu Air Limbah Bagi Usaha dan atau Kegiatan Pertambangan Batubara dan Peraturan Daerah Propinsi Kalimantan Selatan Peraturan Gubernur No.36 Tahun 2008 Tentang Baku Mutu Limbah Cair

Hasil pemantauan parameter Fe pada SP X jika dibandingkan dengan regulasi yang berlaku maka hasil pemantauan kedua *Settling Pond* ini sudah memenuhi standar bakumutu, dari data-data pemantauan tersebut ada juga potensi pada bagian inlet *settling pond* nilai parameter logam Besi (Fe) dan Mangan (Mn) sangat tinggi yang merupakan hasil dari tangkapan air larian dari disposal dan pit yang mengalir dan dipompakan kearah *settling pond* khususnya untuk area SP X, sehingga diperlukan penelitian untuk menurunkan kadar Fe dan Mn terlarut didalam air tambang agar sesuai dengan baku mutu lingkungan yang berlaku. Selain bakumutu penelitian lebih berfokus kepada seberapa besar pengaruh dan efektivitas koagulan dalam menurunkan kadar logam terlarut Fe dan Mn pada air tambang.

METODE PENELITIAN

Waktu, Tempat dan Objek Penelitian

Waktu pelaksanaan penelitian dilaksanakan selama 8 minggu Februari - Maret 2022. Tempat penelitian berada pada area operasional tambang batubara PT. Adaro Indonesia di Kabupaten Tabalong dan Balangan dan uji penelitian dilaksanakan pada Laboratorium *Mine Water Management (MWM) Highwall Area*. Objek penelitian sampel air tambang diambil pada inlet *Settling pond* (SP) X yang berada di area tambang Wara yang secara *catchment area* terdapat *catchment* dari pit dan disposal PAF dan NAF aktif.

Peralatan dan Bahan Penelitian

Peralatan penelitian yang digunakan pada penelitian ini ; alat Jar test dengan empat impeller merupakan alat utama yang digunakan dalam peneleitian ini yang terdiri dari empat pengaduk dan pengatur kecepatan pengadukan, *Beaker Glass* 1000 ml, *Bottle Glass* 100 ml, Suntikan (Spuit), Neraca Analitik, Jerigen air 20 Liter, Ember 5 Liter, *Strirrer mixer magnetix*, pH Meter

untuk mengukur pH air tambang, Colori meter untuk mengukur TSS pada air tambang, Botol sampel air 600 ml. Bahan penelitian yang digunakan pada penelitian ini: air tambang batubara, Aquades, Koagulan X (Kaustik Soda pH Adjuster & Polimer Kationik Kuriflock PC 702), Koagulan Y (Kaustik Soda Neutralizer. & Polimer Kationik Focust QA 901L).

Analisis Data

Metode analisis yang dilakukan untuk mengetahui pengaruh koagulan terhadap penurunan kadar logam Fe dan Mn adalah menggunakan metode analisis Anova dan Tukey (BNJ).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kondisi Awal Air Sampel

Air Sampel yang digunakan pada penelitian ini adalah air pada inlet settling pond SP X yang mana belum sama sekali mengalami proses pengolahan baik secara fisik dan kimia pada settling pond dan air sampel merupakan hasil *run off* dari proses pemompaan bekas pit dan *catchment area* disposal aktif pada tambang Pit Wara, berdasarkan hasil uji kualitas air sampel memiliki nilai pH 3,4, TSS: 11,5 mg/L, Fe: 0,024 mg/L dan MnH: 2,757 mg/L.

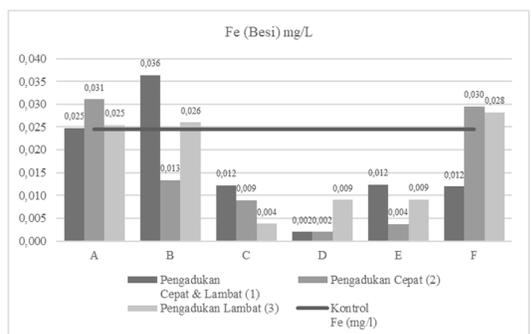
Berdasarkan baku mutu limbah cair pertambangan batubara yaitu Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No 113 Tahun 2003 dan Peraturan Gubernur Kalsel No 36 Tahun 2008 air sampel masih tergolong pada air asam tambang karena memiliki nilai pH < 6 sehingga tetap harus melalui proses pengolahan di *settling pond* adapun untuk parameter TSS dan logam masih masuk kirteria dalam baku mutu limbah cair pertambangan batubara, namun air sampel tersebut masih menarik untuk dilakukan karena memiliki nilai logam Mn yang cukup tinggi serta penelitian tidak terfokus pada nilai parameter tapi lebih pada berapa besar penurunan nilai parameter Fe & Mn akibat pengaruh dari penggunaan koagulan.

Pengaruh Koagulan terhadap Penurunan Besi (Fe) & Mangan (Mn)

Parameter respon yang digunakan pada penelitian ini untuk kualitas air sampel hasil uji jartes adalah parameter Besi (Fe) dan Mangan (Mn) yang mana rancangan penelitian terdiri dari perlakuan kondisi pH Air Asam + Koagulan, Kondisi pH Air Normal dan Kondisi pH Air Normal + Koagulan adapun untuk pengulangan yaitu kelompok 1 dengan pengadukan cepat & lambat, kelompok 2 pengadukan cepat saja dan kelompok 3 dengan pengadukan lambat saja, untuk koagulan X terdiri dari pH Adjuster & Kuriflock PC 702 dan koagulan Y terdiri dari Neutralizer & Focust QA 901L, sedangkan untuk hasil analisa awal air sampel sebelum dilakukan percobaan untuk parameter pH: 3,46 dan TSS: 11,5 mg/L. dan untuk setelah dilakukan percobaan pemberian koagulan (X) pH adjuster nilai pH menjadi 6,63 dan pemberian koagulan (Y) Neutralizer nilai pH menjadi 7,11.

1) Pengaruh Penggunaan Koagulan terhadap Parameter Fe

Hasil penelitian uji Jar test dan pengukuran kualitas air pada laboratorium dihasilkan nilai Fe yang ditampilkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Hasil Uji Jartest Parameter Fe

Gambar di atas dapat dilihat konsentrasi Fe awal pada sampel air kontrol atau tanpa perlakuan sebesar: 0,024 mg/L kemudian nilai Fe setelah diberikan perlakuan tanpa peningkatan pH + koagulan pembantu X dikombinasi dengan

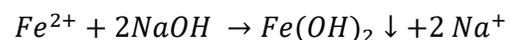
pengadukan cepat dan lambat (A1) sebesar: 0,025 mg/L, perlakuan tanpa peningkatan pH + koagulan pembantu X dikombinasi dengan pengadukan cepat saja (A2) sebesar: 0,031 mg/L, perlakuan tanpa peningkatan pH + koagulan pembantu X dikombinasi dengan pengadukan lambat saja (A3) sebesar : 0,025 mg/L.

Dari perlakuan tersebut bisa dilihat tidak terjadi penurunan konsentrasi Fe pada semua kombinasi perlakuan hal ini terjadi karena pH air sampel masih terlalu rendah untuk koagulan bekerja secara optimal yang mana koagulan membutuhkan nilai pH air sebesar 5-14 untuk dapat berkerja efektif, hal ini diperkirakan muatan negatif pada partikel koloid lebih besar dan mengimbangi jumlah ion positif dari polimer polydamac yang memiliki muatan yang padat dalam struktur molekolnya. (Lindu, Iswanto, Senduk, 2015)

Nilai konsentrasi Fe setelah diberikan perlakuan tanpa peningkatan pH + koagulan pembantu Y dikombinasi dengan pengadukan cepat dan lambat (B1) sebesar: 0,036 mg/L, perlakuan tanpa peningkatan pH + koagulan pembantu Y dikombinasi dengan pengadukan cepat saja (B2) sebesar: 0,013 mg/L, perlakuan tanpa peningkatan pH + koagulan pembantu Y dikombinasi dengan pengadukan lambat saja (B3) sebesar : 0,026 mg/L, dari ketiga perlakuan bisa dilihat terjadi penurunan nilai konsentrasi Fe pada kombinasi perlakuan B2 hal ini disebabkan proses pengadukan cepat yang dilakukan dapat membuat koagulan terdispersi dengan baik dan merata dalam air sampel sehingga potensi terjadinya tumbukan antar partikel dengan koagulan berjalan dengan baik sehingga membentuk flok sedangkan pada perlakuan B1 tidak terjadi penurunan konsentrasi Fe, hal ini terjadi karena pH air sampel yang masih rendah untuk koagulan bekerja dengan baik seperti hal yang sama dengan yang terjadi pada perlakuan penggunaan koagulan X, faktor penambahan pengadukan lambat juga mempunyai pengaruh karena flok yang terbentuk saat pengadukan cepat menjadi jenuh dan pecah

flok-flok gumpalan besar terurai kembali menjadi partikel-partikel yang sulit mengendap hal ini mengurangi efektifitas koagulasi terhadap penurunan konsentrasi Fe dan untuk perlakuan B3 tidak terjadi penurunan konsentrasi Fe selain karena pH air sampel, proses pengadukan lambat saja yang dilakukan tanpa proses pengadukan cepat membuat koagulan tidak bekerja dengan baik karena tidak ada proses pemerataan campuran antara koagulan dengan air sampel sehingga diperoleh suatu kondisi campuran yang homogen sedangkan tujuan pengadukan lambat bertujuan untuk memperpendek jarak antar flok sehingga gaya tarik-menarik antar flok menjadi lebih besar dan dominan dibandingkan gaya tolaknya, yang menghasilkan kontak dan tumbukan antar flok yang lebih banyak dan sering.

Nilai konsentrasi Fe pada perlakuan dengan peningkatan pH air (kaustik soda X) dikombinasikan dengan pengadukan cepat dan lambat (C1) sebesar: 0,012 mg/L, perlakuan dengan peningkatan pH air dikombinasikan dengan pengadukan cepat (C2) sebesar: 0,009 mg/L, perlakuan dengan peningkatan pH air dikombinasikan dengan pengadukan lambat (C3) sebesar: 0,004 mg/L, ketiga perlakuan tersebut terjadi penurunan konsentrasi Fe secara signifikan hal ini dapat terjadi karena pH air sampel sudah berada pada pH optimal dimana logam fe terlarut dalam air akan membentuk logam feri hidroksida yang tidak terlarut dan mengendap, (Said, 2014). pH Optimal didapat dengan penambahan *natrium hidroksida* yang memiliki sifat basa kuat dan mempunyai kemampuan mengikat ion logam terikat dengan OH- yang ada pada koagulan *natrium hidroksida* dan membentuk endapan. (Elgatania, Janiar, Mardiah, 2017) ada pun reaksi kimia ikatan ion logam Fe adalah sebagai berikut:



Nilai konsentrasi Fe pada perlakuan dengan peningkatan pH air (kaustik soda Y) dikombinasikan dengan pengadukan cepat

dan lambat (D1) sebesar: 0,002 mg/L, perlakuan dengan peningkatan pH air (kaustik soda Y) dikombinasikan dengan pengadukan cepat (D2) sebesar: 0,002 mg/L, perlakuan dengan peningkatan pH air (kaustik soda Y) dikombinasikan dengan pengadukan lambat (D3) sebesar: 0,009 mg/L, dari tiga perlakuan bisa dilihat terjadi penurunan konsentrasi Fe pada semua kombinasi perlakuan hal ini dapat terjadi karena karena pH air sampel sudah berada pada pH optimal seperti halnya yang terjadi pada penggunaan koagulan X.

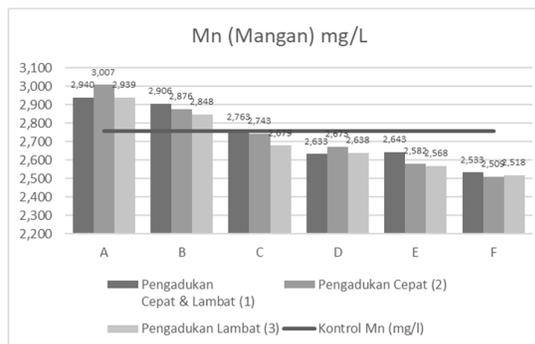
Nilai konsentrasi Fe pada perlakuan dengan peningkatan pH air (kaustik soda X) + koagulan pembantu X dikombinasikan dengan pengadukan cepat dan lambat (E1) sebesar: 0,012 mg/L, perlakuan dengan peningkatan pH air + koagulan pembantu dikombinasikan dengan pengadukan cepat (E2) sebesar: 0,004 mg/L, perlakuan dengan peningkatan pH air + koagulan pembantu dikombinasikan dengan pengadukan lambat (E3) sebesar: 0,009 mg/L, pada ketiga perlakuan tersebut nilai penuruan Fe hampir sama dengan perlakuan sebelumnya hal ini membuktikan penambahan koagulan X tidak begitu berpengaruh untuk menurunkan konsentrasi Fe terlarut dalam air sampel hal ini menunjukan bahwa Fe mempunyai kelarutan tinggi dalam air sehingga sulit teradsorpsi dalam flok koagulan selain itu juga angka konsentrasi Fe dalam air sampel juga cenderung kecil sehingga proses penurunan konsentrasi tidak begitu terlihat jelas.

Nilai konsentrasi Fe pada perlakuan dengan peningkatan pH air (kaustik soda Y) + koagulan pembantu Y dikombinasikan dengan pengadukan cepat dan lambat (F1) sebesar: 0,012 mg/L, perlakuan dengan peningkatan pH air (kaustik soda Y) + koagulan pembantu Y dikombinasikan dengan pengadukan cepat (F2) sebesar: 0,030 mg/L, perlakuan dengan peningkatan pH air (kaustik soda Y) + koagulan pembantu Y dikombinasikan dengan pengadukan lambat (F3) sebesar: 0,028 mg/L, dari ketiga perlakuan tersebut pada perlakuan F1 terjadi penurunan konsentrasi

Fe karena koagulan bekerja optimal dengan peningkatan nilai pH air dan perlakuan pengadukan secara cepat dan lambat sehingga koagulan homogen dengan air sampel dan terjadi pengendapan logam Fe namun pada perlakuan F2 & F3 terjadi kenaikan konsentrasi Fe secara hal ini dapat terjadi karena koagulan tidak bekerja optimal akibat perlakuan hanya menggunakan pengadukan cepat dan pengadukan lambat saja pada setiap perlakuan sehingga tidak terjadi homogenisasi dan pembentukan flok partikel logam.

2) Pengaruh Penggunaan Koagulan terhadap Parameter Mn

Berikut hasil uji penelitian Jar test dan pengukuran kualitas air pada laboratorium untuk nilai parameter Mn dihasilkan nilai yang diperlihatkan pada Gambar 2 di bawah.



Gambar 2. Hasil Uji Jar test Parameter Mn

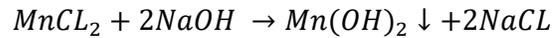
Gambar di atas dapat diketahui konsentari Mn awal pada sampel air kontrol atau tanpa perlakuan sebesar: 2,757 mg/L kemudian nilai Mn setelah diberikan perlakuan tanpa peningkatan pH + koagulan pembantu X dikombinasi dengan pengadukan cepat dan lambat (A1) sebesar: 2,940 mg/L, perlakuan tanpa peningkatan pH + koagulan pembantu X dikombinasi dengan pengadukan cepat saja (A2) sebesar: 3,007 mg/L, perlakuan tanpa peningkatan pH + koagulan pembantu X dikombinasi dengan pengadukan lambat saja (A3) sebesar : 2,939 mg/L, dari ketiga perlakuan tersebut tidak terjadi penurunan

konsentrasi Mn karena pH air masih bersifat masam sehingga tingkat kelarutan logam mangan masih tinggi.

Nilai konsentrasi Mn setelah diberikan perlakuan tanpa peningkatan pH + koagulan pembantu Y dikombinasi dengan pengadukan cepat dan lambat (B1) sebesar: 2,906 mg/L, perlakuan tanpa peningkatan pH + koagulan pembantu Y dikombinasi dengan pengadukan cepat saja (B2) sebesar: 2,876 mg/L, perlakuan tanpa peningkatan pH + koagulan pembantu Y dikombinasi dengan pengadukan lambat saja (B3) sebesar: 2,848 mg/L yang mana bisa dilihat terjadi kenaikan konsentrasi Mn pada semua kombinasi perlakuan. hal ini dapat terjadi karena koagulan tidak bekerja optimal karena pH air masih bersifat masam sehingga tingkat kelarutan logam mangan masih tinggi.

Nilai konsentrasi Mn pada perlakuan dengan peningkatan pH air (kaustik soda X) dikombinasikan dengan pengadukan cepat dan lambat (C1) sebesar: 2,763 mg/L, perlakuan dengan peningkatan pH air (kaustik soda X) dikombinasikan dengan pengadukan cepat (C2) sebesar: 2,743 mg/L, perlakuan dengan peningkatan pH air (kaustik soda X) dikombinasikan dengan pengadukan lambat (C3) sebesar: 2,679 mg/L, dari ketiga perlakuan tersebut pada perlakuan C2 dan C3 terjadi penurunan konsentrasi Mn namun pada perlakuan C1 terjadi sedikit kenaikan konsentrasi Mn hal ini dapat terjadi karena penambahan pengadukan lambat juga mempunyai pengaruh karena flok yang terbentuk saat pengadukan cepat menjadi jenuh dan pecah flok-flok gumpalan besar terurai kembali menjadi partikel-partikel yang sulit mengendap hal ini mengurangi efektifitas koagulasi terhadap penurunan konsentrasi Mn, selain itu kurangnya dosis koagulan juga berpengaruh terhadap tumbukan partikel, sehingga penambahan koagulan harus sesuai dengan kebutuhan untuk membentuk flok –flok jika konsentrasi koagulan natrium hidroksida kurang mengakibatkan konsentrasi tumbukan antar partikel berkurang sehingga mempersulit

pembentukan flok berikut rekasi kimia antara mangan dengan larutan natrium hdiroksida sehingga terjadi pengendapan:



Nilai konsentrasi Mn pada perlakuan dengan peningkatan pH air (kaustik soda Y) dikombinasikan dengan pengadukan cepat dan lambat (D1) sebesar: 2,633 mg/L, perlakuan dengan peningkatan pH air (kaustik soda Y) dikombinasikan dengan pengadukan cepat (D2) sebesar: 2,673 mg/L, perlakuan dengan peningkatan pH air (kaustik soda Y) dikombinasikan dengan pengadukan lambat (D3) sebesar: 2,638 mg/L, dari tiga perlakuan bisa dilihat terjadi penurunan konsentrasi Mn pada semua kombinasi perlakuan.

Nilai konsentrasi Mn pada perlakuan dengan peningkatan pH air (kaustik soda X) + koagulan pembantu X dengan pengadukan cepat dan lambat (E1) sebesar: 2,643 mg/L, perlakuan dengan peningkatan pH air (kaustik soda X) + koagulan pembantu X dikombinasikan dengan pengadukan cepat (E2) sebesar: 2,582 mg/L, perlakuan dengan peningkatan pH air (kaustik soda X) + koagulan pembantu X dikombinasikan dengan pengadukan lambat (E3) sebesar: 2,568 mg/L, pada ketiga perlakuan tersebut terjadi penurunan konsentrasi Mn secara signifikan dibanding tanpa penambahan koagulan pembantu hal ini membuktikan dengan adanya koagulan tambahan proses pengendapan logam mangan menjadi lebih baik karena proses koagulasi dan flokulasi yang baik terjadi dimulai dari pH sampel air pada kondisi optimum koagulan bekerja aktif untuk membentuk flok ditambah ada proses pengadukan baik secara cepat dan lambat sehingga proses pembentukan flok menjadi lebih baik.

Nilai konsentrasi Fe pada perlakuan dengan peningkatan pH air (kaustik soda Y) + koagulan pembantu Y dikombinasikan dengan pengadukan cepat dan lambat (F1) sebesar: 2,533 mg/L, perlakuan dengan peningkatan pH air (kaustik soda Y) +

koagulan pembantu Y dikombinasikan dengan pengadukan cepat (F2) sebesar: 2,509 mg/L, perlakuan dengan peningkatan pH air (kaustik soda Y) + koagulan pembantu Y dikombinasikan dengan pengadukan lambat (F3) sebesar: 2,518 mg/L, pada ketiga perlakuan tersebut terjadi penurunan konsentrasi Mn.

Hasil analisa pada semua perlakuan di atas (Gambar 1 dan 2) terlihat pengaruh pemberian koagulan *natrium hidroksida* (NaOH) dengan tujuan meningkatkan pH memiliki pengaruh terhadap penurunan nilai parameter Fe dan Mn semakin tinggi pH air sampel semakin tinggi persen penurunan logam Fe dan Mn. Peningkatan pH sangat berpengaruh pada saat ion-ion logam terikat dengan OH- yang ada pada koagulan *natrium hidroksida* (NaOH) yang kemudian membentuk endapan (Elgatania, 2017).

Pengaruh pemberian koagulan polimer kationik pada parameter Fe dan Mn (Gambar 1 & 2) tidak terlihat terjadi penurunan konsentrasi Fe hal ini dipengaruhi nilai pH sampel masih bersifat masam pH: 3,45, efektivitas koagulasi pemakaian polimer kationik terjadi setelah 5-14 hal ini diperkirakan pada kisaran pH tersebut muatan negatif partikel koloid lebih besar dan mengimbangi jumlah ion positif dari polimer kationik yang memiliki muatan padat dalam struktur molekulnya sehingga tingkat kelarutan logam masih tinggi. Berbeda dengan perlakuan pemberian koagulan polimer kationik setelah pH di naikan menjadi > 6 terjadi

proses penurunan pada parameter Mn hal ini disebabkan penggunaan polimer kationik yang dirancang sebagai polimer dengan muatan positif yang mempunyai gugus fungsi *ammonium kuarterner* cukup banyak sepanjang struktur molekulnya sehingga terbentuk flok yang membuat logam terlarut bisa terendapkan, bentuk struktur ini memungkinan juga tidak terjadinya proses pembentukan flok karena proses hidrolisis berlangsung (Lindu et al, 2015) hal ini terjadi pada parameter Fe tidak terjadi penurunan yang signifikan.

Analisis Data Penelitian

Dari tabel hasil perhitungan uji anova parameter respon Fe di atas pada sumber keragaman kelompok diperoleh nilai F hitung sebesar 0,144 yang mana nilai ini lebih kecil dari nilai F tabel sebesar 4,103, artinya tidak ada perbedaan nyata untuk pengulangan/kelompok baik itu pengadukan cepat & lambat, pengadukan cepat dan pengadukan lambat.

Untuk sumber keragaman perlakuan diperoleh nilai F hitung sebesar 5,378 nilai ini lebih besar dari nilai F tabel sebesar 3,326, artinya terdapat perbedaan nyata untuk variabel eksperimen perlakuan kondisi pH air (normal/asam) dan penambahan koagulan atau dapat dinyatakan terima H0 tolak H1 dengan demikian akan dilakukan uji lanjutan Tukey/BNJ.

Tabel 1. Hasil Uji Anova Parameter Fe

Sumber Keragaman (SK)	Derajat Bebas (DB)	Jumlah Kuadrat (JK)	Kuadrat Tengah (KT)	F Hitung	Nilai P	F Tabel (5%)	Keterangan
Kelompok	2	0,0000	0,0000	0,144	0,868	4,103	Tidak Berbeda Nyata
Perlakuan	5	0,0015	0,0003	5,378	0,012	3,326	Berbeda Nyata
Galat	10	0,0006	0,0001				
Total	17	0,0021					

Sumber: Hasil Perhitungan 2022

Dari tabel hasil perhitungan uji anova parameter respon Mn di bawah pada sumber

keragaman kelompok diperoleh nilai F hitung sebesar 3,326 yang mana nilai ini

Analisis Penurunan Kadar Logam Besi (Fe) & Mangan (Mn) dengan Penggunaan Koagulan terhadap Air Tambang Batubara PT. Adaro Indonesia (Norvie Y. H., M. Ruslan, Eko R. I., Noor A. F. dan Ahsan S.)

lebih kecil dari nilai F tabel sebesar 4,103 artinya tidak ada perbedaan nyata untuk pengulangan/kelompok baik itu pengadukan cepat & lambat, pengadukan cepat dan pengadukan lambat.

Untuk sumber keragaman perlakuan diperoleh nilai F hitung sebesar 108,1 nilai

ini lebih besar dari nilai F tabel sebesar 3,226 artinya terdapat perbedaan nyata untuk variabel eksperimen perlakuan kondisi pH air (normal/asam) dan penambahan koagulan atau dapat dinyatakan terima H0 tolak H1.

Tabel 2. Hasil Uji Anova Parameter Mn

Sumber Keragaman (SK)	Derajat Bebas (DB)	Jumlah Kuadrat (JK)	Kuadrat Tengah (KT)	F Hitung	Nilai P	F Tabel (5%)	Keterangan
Kelompok	2	0,005	0,003	3,226	0,083	4,103	Tidak Berbeda Nyata
Perlakuan	5	0,430	0,086	108,1	0,000	3,326	Berbeda Nyata
Galat	10	0,008	0,001				
Total	17	0,0021					

Sumber: Hasil Perhitungan 2022

Uji lanjutan (*post hoc*) dengan menggunakan metode Tukey /BNJ untuk parameter respon Fe dapat dilihat pada tabel

3 hasil uji tukey dari hasil analisa uji BNJ menunjukkan:

Tabel 3. Hasil Uji Tukey/BNJ Parameter Fe

Perlakuan	Perlakuan Rata-rata	A	B	C	D	E	F
A	0,027	0,000 tn	0,002 tn	0,019 tn	0,023 *	0,019 tn	0,004 tn
B	0,025	0,002 tn	0,000 tn	0,017 tn	0,021 *	0,017 tn	0,002 tn
C	0,008	0,019 tn	0,017 tn	0,000 tn	0,004 tn	0,000 tn	0,015 tn
D	0,004	0,023 *	0,021 *	0,004 tn	0,000 tn	0,004 tn	0,019 tn
E	0,008	0,019 tn	0,017 tn	0,000 tn	0,004 tn	0,000 tn	0,015 tn
F	0,023	0,004 tn	0,002 tn	0,015 tn	0,019 tn	0,015 tn	0,000 tn
Sd		BNJ Tabel			BNJ Hitung		
0,004372732		4,66			0,02033206		

Keterangan:

- tn : Tidak berpengaruh nyata
- * : berpengaruh sangat nyata

Dalam uji analisis BNJ pada parameter respon Fe perlakuan D berbeda nyata terhadap perlakuan A dan B. Uji Tukey

/BNJ untuk parameter respon Mn dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil Uji Tukey/BNJ Parameter Mn.

Perlakuan	Perlakuan Rata-rata	A	B	C	D	E	F
A	2,962	0,000 tn	0,086 *	0,234 *	0,314 *	0,365 *	0,442 *
B	2,876	0,086 *	0,000 tn	0,148 *	0,229 *	0,279 *	0,356 *
C	2,728	0,234 tn	0,148 tn	0,000 tn	0,081 tn	0,131 tn	0,208 tn
D	2,648	0,314 *	0,229 *	0,081 tn	0,000 *	0,050 *	0,128 *
E	2,598	0,365 *	0,279 *	0,131 *	0,050 tn	0,000 tn	0,077 *
F	2,520	0,442 *	0,356 *	0,208 *	0,128 *	0,077 *	0,000 tn
Sd		BNJ Tabel			BNJ Hitung		
0,016279188		4,65			0,0075698224		

Keterangan:

tn : Tidak berpengaruh nyata

* : berpengaruh sangat nyata

Parameter respon Mn masing-masing perlakuan A, B, C, D, E dan F saling berbeda nyata sehingga dalam penentuan yang terbaik dipilih rata-rata perlakuan terkecil (penurunan logam Mn terbesar).

2,509 mg/L, perlakuan dengan peningkatan pH air (kaustik soda Y) + koagulan pembantu Y dikombinasikan dengan pengadukan lambat (F3) sebesar: 2,518 mg/L.

KESIMPULAN

1. Koagulan yang memiliki pengaruh terbesar dalam penurunan kadar logam Fe adalah dengan penggunaan koagulan Y dengan kombinasi perlakuan dengan peningkatan pH air (kaustik soda Y) dikombinasikan dengan pengadukan cepat dan lambat (D1) sebesar: 0,002 mg/L, perlakuan dengan peningkatan pH air (kaustik soda Y) dikombinasikan dengan pengadukan cepat (D2) sebesar: 0,002 mg/L.
2. Koagulan yang memiliki pengaruh terbesar parameter kadar logam Mn adalah dengan penggunaan koagulan Y dengan kombinasi perlakuan dengan peningkatan pH air (kaustik soda Y) + koagulan pembantu Y dikombinasikan dengan pengadukan cepat (F2) sebesar:

DAFTAR PUSTAKA

- Aditya M, T., Bargawa, W,S., Cahyadi, T, A. (2019) Pemanfaatan Pit Lake Sebagai Program Pasca Tambang, Prosiding Seminar Nasional Sains dan Teknologi Terapan, pp. 551-556
- Annisa. (2018). Studi Pemantauan Air Limbah Cair Tambang Pada PT.XXX di Muara Teweh Kalimantan Tengah. Jukung Jurnal Teknik Lingkungan, 4 (1): 65-71
- Elykurniati. 2010. Pengendapan Koloid Pada Air Laut Dengan Proses Koagulasi Flokulasi Secara Batch. Laporan Penelitian Dosen Fakultas Teknologi Industri. Jawa Timur: Universitas Pembangunan Nasional.

Analisis Penurunan Kadar Logam Besi (Fe) & Mangan (Mn) dengan Penggunaan Koagulan terhadap Air Tambang Batubara PT. Adaro Indonesia (Norvie Y. H., M. Ruslan, Eko R. I., Noor A. F. dan Ahsan S.)

- Elgatania, DA., Janiar, P., Mardiah. (2017) Pengaruh Penambahan NaOH dan Ca(OH)₂ Terhadap Penurunan Kadar Logam Berat (Fe) di Kolong Tambang 23 Desa Kimhin Kecamatan Sungailiat, Jurnal Mineral Jurusan Teknik Pertambangan, Universitas Bangka Belitung.
- Febrina, L. and Ayuna, A. (2014) 'Studi Penurunan Kadar Besi (Fe) dan Mangan (Mn) Dalam Air Tanah Menggunakan Saringan Keramik', Jurnal Teknologi, Volume 7 N(January 2015). doi: 10.24853/jurtek.7.1.35-44.
- Gautama, R.S. (2014) Pembentukan, Pengendalian dan Pengelolaan Air Asam Tambang. Penerbit ITB. Bandung.
- Husaini, Cahyono, S.S., Suganal,. Hidayat, K.N. (2018) Perbandingan Koagulan Hasil Percobaan Dengan Koagulan Komersial Menggunakan Metode Jar Test, Jurnal Teknologi Mineral dan Batubara, Puslitabang Teknologi Mineral dan Batubara.
- Jennings, S.R., D.R. Neuman, D.R. and P.S. Blicher. 2008. Acid Mine Drainage and Effects on Fish Health and Ecology: A Riview. Reclamation Research Group Publication, Bozeman, MT.
- Johnson & Barrie, 2005 Johnson, B.D., and K.B. Hallberg. 2005. Acid mine drainage remediation options: a riview Science of the Total Environment. 338, 3-14
- Keputusan Menteri Lingkungan Hidup RI No.113 Tahun 2003 tentang Baku Mutu Air Limbah Kegiatan Penambangan Batubara.
- Kiswanto, Susanto, H., Sudarno. (2018) Karakteristik Air Asam Batubara DI Kolam Bekas Tambang Batubara PT. Bukit Asam (PTBA), Seminar dan Konfrensi Nasional IDEC
- Made Susilawati, 2015. Perancangan Percobaan. Jurusan Matematika, Penerbit Universitas Udayana .
- Lindu, M., Iswanto B, & Senduk, N., (2015). Penentuan Koagulan Untuk Mengolah Air Lindi Bantar Gebang Menggunakan Koagulan Poly Aluminium Cholride, Tawas Dan Poly Diallyl Dimethyl Ammonium Chloride. Jurnal Sains Materi Indoensia, Jurusan Teknik Lingkungan, Universitas Trisakti.
- Munawar, A. (2017). Pengelolaan Air Asam Tambang: Prinsip-Prinsip Dan Penerapannya. Unib PRESS. Bengkulu
- Said, N.I., 2014 Teknologi pengolahan Air Asam Tambang Batubara. Jurnal Air Indonesia Vol.7 No.2 Pusat Teknologi Lingkungan, BPPT
- Virginia, N., Waterman, S.B. & Ernawati, R. (2020). Kajian Kualitas Pada Tambang Tembaga-Emas Porfiri, Prosiding Seminar Teknologi Kebumian dan Kelautan (SEMITAN II) IATATS, 2020.
- Peraturan Daerah Propinsi Kalimantan Selatan Peraturan Gubernur No.36 Tahun 2008 Tentang Baku Mutu Limbah Cair
- Peraturan Daerah Kabupaten Tabalong No.02 Tahun 2011 Tentang Penetapan Kelas Air Pada Sungai di Wilayah Kabupaten Tabalong
- Peraturan Pemerintah No 22 Tahun 2021 Tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup

Risdianto, D. (2007). Optimisasi Proses Koagulasi Flokulasi untuk Pengolahan Air Limbah Industri Jamu (Studi Kasus PT. SIDO MUNCUL). Magister Teknik Kimia, Universitas Diponegoro, Semarang.

Sugiharto, T. 2009 Analisis Varians Dalam Statistik. Jakarta: UPT Penerbitan Universitas Gunadarma.

Yitnosumarto, S. 1993. Percobaan Perancangan, Analisis dan intepretasinya, PT. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.