

BAB V

PEMBAHASAN

5.1 Pengolahan Air Limbah di PT Cibaliung Sumberdaya

Air limbah yang berasal dari aktivitas penambangan di PT Cibaliung Sumberdaya pada dasarnya merupakan air tanah yang dapat diolah, dimanfaatkan dan digunakan kembali untuk memenuhi kebutuhan air bersih di pabrik pengolahan bijih emas, kebutuhan air bersih di lokasi tambang dan kebutuhan air bersih untuk kegiatan domestik perusahaan. Dikatakan air limbah karena kualitas air tanah mengalami penurunan akibat adanya aktivitas penambangan. Air limbah ini keruh dan masih bercampur dengan partikel lumpur yang sangat halus dengan $\text{pH} \geq 8,5$ dan $\text{TSS} \geq 200 \text{ mg/L}$ yang dikategorikan tinggi.

Oleh karena itu, PT Cibaliung Sumberdaya melakukan upaya pengolahan air limbah yang dihasilkan dari aktivitas penambangan tersebut sesuai dengan Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 202 Tahun 2004 Tentang Baku Mutu Air Limbah Bagi Usaha dan Atau Kegiatan Pertambangan Bijih Emas dan Atau Tembaga yang terdapat pada Pasal Lampiran 8. Pengolahan air limbah ini dilakukan dengan proses koagulasi, flokulasi dan netralisasi. Ketiga proses ini dilakukan dengan cara menambahkan koagulan PAC (*Poly Aluminium Chloride*) dan flokulan (Aquaklir) untuk pengendapan lumpur serta penambahan HCl 1% untuk menjaga pH air agar tetap netral.

Pada dasarnya, ketiga proses pengolahan air limbah yaitu koagulasi, flokulasi dan netralisasi yang telah dilakukan oleh PT Cibaliung Sumberdaya dapat dikatakan baik. Namun, kondisi ini dapat dioptimalkan yaitu dengan cara pengurangan

konsentrasi PAC dan aquaklir untuk masing-masing lokasi pengolahan air limbah yaitu lokasi Cikoneng dan Cibitung.

5.2 Variabel Pengujian

Dalam pengujian yang telah dilakukan, pengurangan konsentrasi PAC dan flokulan ini berdasarkan pada data *mine dewatering* tahun 2015 dan data *consumables reconciled* tahun 2015. Adapun beberapa variabel dan parameter tetap pada saat pengujian dilakukan untuk mengetahui kondisi optimum pada proses koagulasi dan flokulasi terhadap pengolahan air limbah tersebut.

Beberapa parameter tetap ini yaitu, waktu pengadukan untuk proses koagulasi adalah 1 menit dengan kecepatan 140 rpm, untuk proses flokulasi adalah 5 menit dengan kecepatan 60 rpm dan waktu pengendapan selama 3 menit. Sementara itu, variabel dalam pengujian ini yaitu variasi pH sampel air limbah, konsentrasi PAC dan konsentrasi aquaklir. Ketiga variabel ini diberlakukan untuk masing-masing sampel air limbah yang berasal dari Cikoneng dan Cibitung.

5.3 Koagulasi–Flokulasi

Pada dasarnya, proses koagulasi dan flokulasi itu saling berkaitan dan berlangsung secara optimal pada pH tertentu. Selain pada pH tertentu, kedua proses ini akan berlangsung optimal pada waktu dan kecepatan pengadukan tertentu. Untuk proses koagulasi biasanya dilakukan pada waktu yang singkat yaitu ≤ 2 menit dengan kecepatan pengadukan yang tinggi ≥ 100 rpm. Sedangkan untuk proses flokulasi akan berlangsung secara optimal pada waktu yang lebih lama ≥ 3 menit dengan kecepatan pengadukan rendah ≤ 90 rpm. Waktu dan kecepatan pengaduk ini akan berpengaruh terhadap masing-masing proses yang terjadi, khususnya pembentukan flok.

Kondisi air limbah mengandung partikel-partikel koloid yang bermuatan sama dan saling tolak menolak. Sehingga, akan menghalangi partikel saling berdekatan dan mengelompok. Inilah yang menyebabkan partikel koloid tidak akan mengendap walaupun dibiarkan dalam waktu yang cukup lama.

Penambahan larutan PAC dengan konsentrasi tertentu ke dalam air limbah akan menyebabkan partikel-partikel koloid yang terdapat pada air limbah akan mengalami destabilisasi muatan. Dengan adanya waktu pengadukan yang singkat dan kecepatan pengadukan yang tinggi, mengakibatkan terjadinya reduksi muatan listrik pada permukaan partikel-partikel koloid yang menjadikan gaya tolak menolak antar partikel koloid akan melemah sehingga partikel-partikel koloid akan berdekatan bergabung membentuk flok-flok halus (mikroflok). Setelah terbentuk flok-flok halus terbentuk pada saat proses koagulasi, kemudian ditambahkan larutan aquaklar dengan konsentrasi tertentu ke dalam air limbah tersebut. Adanya waktu pengadukan yang lambat dan kecepatan pengadukan yang rendah, mengakibatkan flok-flok halus akan terflokulasi dan mengalami gaya *Van Der Waals*. Sehingga, partikel-partikel koloid tersebut saling berikatan membentuk flok-flok yang berukuran besar (makroflok) dan dapat mengendap dengan mudah dan cepat.

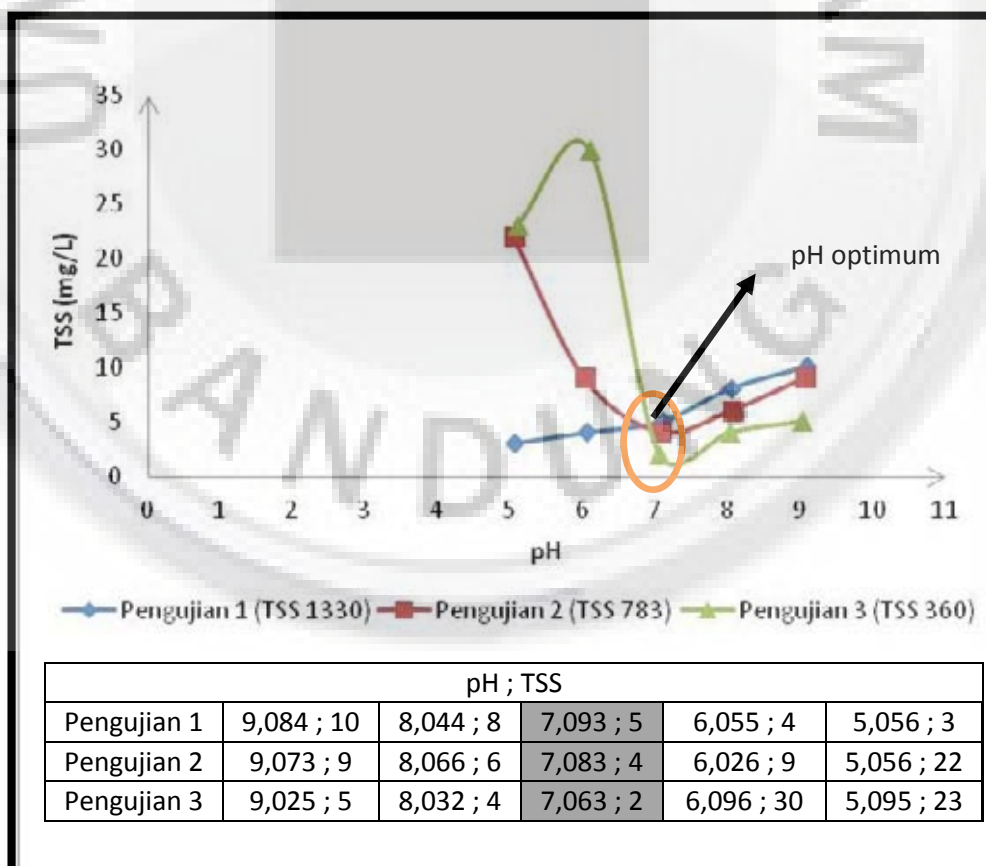
5.4 Penentuan Kondisi Optimum Pada Proses Koagulasi–Flokulasi Untuk Lokasi Cikoneng

Kondisi optimum proses koagulasi dan flokulasi ditentukan oleh pH, konsentrasi larutan PAC dan konsentrasi aquaklar serta *total suspended solid* (TSS) akhir yang diperoleh setelah proses koagulasi dan flokulasi berlangsung. Pengolahan air limbah dilakukan secara kimiawi dengan tujuan untuk mereduksi partikel koloid yang terdapat di dalam air limbah tersebut. Oleh karena itu, pada pengujian ini nilai

TSS akhir yang diperoleh sangat penting dan erat kaitannya dengan sifat fisik pada air limbah tersebut.

5.4.1 Variasi pH Terhadap Nilai TSS

Pengujian dengan variasi pH (Tabel 4.9) dilakukan dengan cara menambahkan beberapa tetes HCl 32 % dan larutan NaOH 0.05 ppm ke dalam 500 ml sampel air limbah yang berasal dari Cikoneng hingga pH menjadi 5, 6, 7, 8 dan 9. Variasi pH ini dibuat untuk mengetahui pH optimum pada proses koagulasi dan flokulasi. Pengujian ini dilakukan sebanyak 3 kali untuk nilai TSS awal yang berbeda-beda yaitu 1330 mg/L, 783 mg/L dan 360 mg/L. Adapun nilai TSS akhir (Gambar 5.1) untuk masing-masing pengujian tersebut yaitu 5 mg/L, 4 mg/L dan 2 mg/L.



Gambar 5.1
Perbandingan pH Terhadap *Total Suspended Solid* (TSS)
Pada Sampel Air Limbah Cikoneng

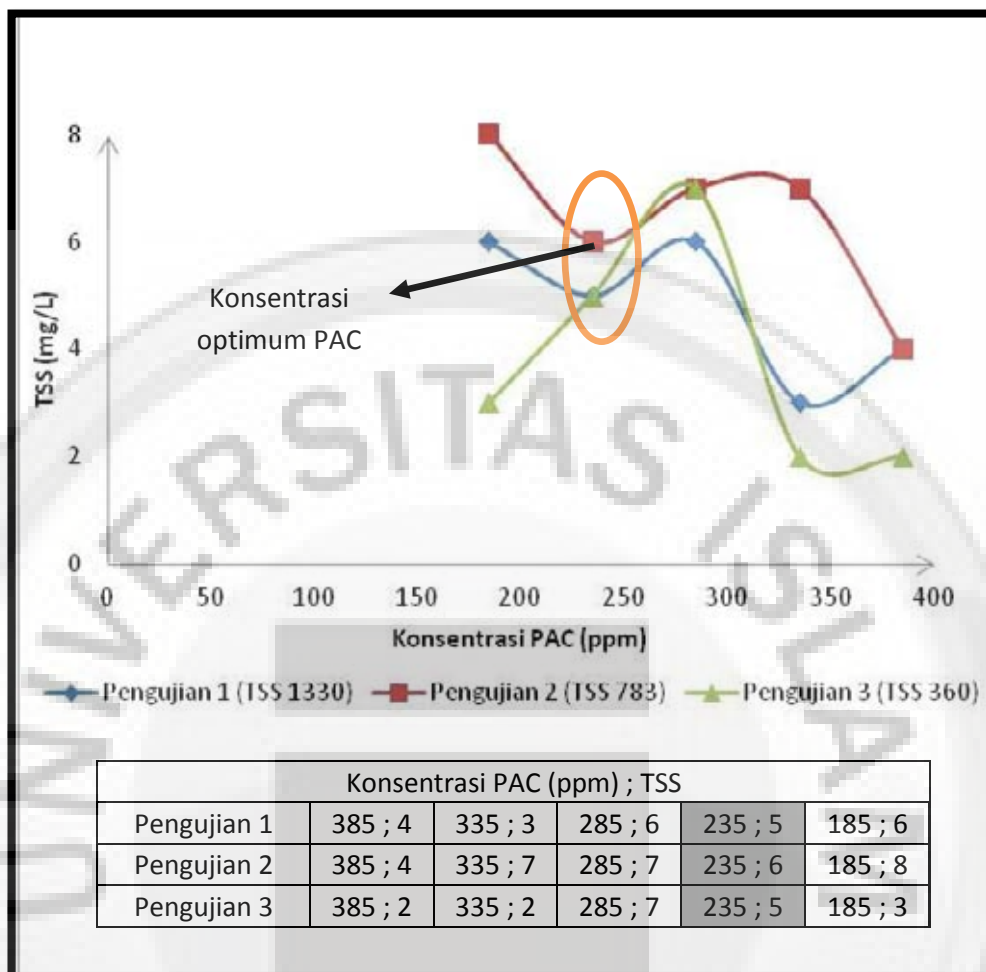
Pada Gambar 5.1 terlihat adanya pengaruh pH terhadap nilai TSS akhir yang diperoleh dari proses koagulasi dan flokulasi yang telah dilakukan. Pada kondisi air limbah dengan pH yang bersifat asam $pH = 5$ mengakibatkan naiknya nilai *total suspended solid* (TSS) secara signifikan. Hal ini terjadi karena *Poly Aluminium Chloride* (PAC) bekerja secara optimum pada $pH = 6 - 9$ (Metcalf dan Eddy, 1991). Berdasarkan data hasil pengujian dan nilai TSS akhir yang diperoleh maka pH optimum untuk proses koagulasi dan flokulasi yaitu $pH = \pm 7$.

Pada pengujian koagulasi dan flokulasi terhadap TSS awal pada sampel air limbah berpengaruh terhadap TSS akhir yang diperoleh. Semakin tinggi nilai TSS awal, maka semakin tinggi nilai TSS akhir yang diperoleh setelah dilakukannya proses koagulasi dan flokulasi. Namun kondisi ini berlaku pada pH yang bersifat asam ($pH = 5$). Dimana pada pH tersebut proses koagulasi dan flokulasi tidak berlangsung secara optimal.

Dalam variasi pH proses koagulasi dan flokulasi optimum terjadi pada pH sampel air limbah yang bersifat netral yaitu $pH = 7$. Artinya, proses netralisasi air limbah yaitu dengan penambahan HCl sebelum terjadi proses koagulasi dan flokulasi memberikan pengaruh yang baik terhadap nilai TSS akhir yang diperoleh. Oleh karena itu, proses netralisasi sebaiknya dilakukan sebelum proses koagulasi dan flokulasi.

5.4.2 Variasi Konsentrasi *Poly Aluminium Chloride* (PAC) Terhadap TSS

Pengujian dengan variasi konsentrasi PAC (Tabel 4.10) ini dilakukan terhadap sampel air limbah dengan pH netral yaitu $pH = 7$. Variasi konsentrasi PAC dilakukan dengan cara menurunkan konsentrasi aktual PAC untuk air limbah yang berasal dari lokasi Cikoneng. Konsentrasi aktual PAC dan aquaklir untuk lokasi Cikoneng yaitu sebesar 435 ppm dan 35 ppm. Variasi konsentrasi PAC dilakukan untuk mengetahui konsentrasi optimum PAC pada proses koagulasi.

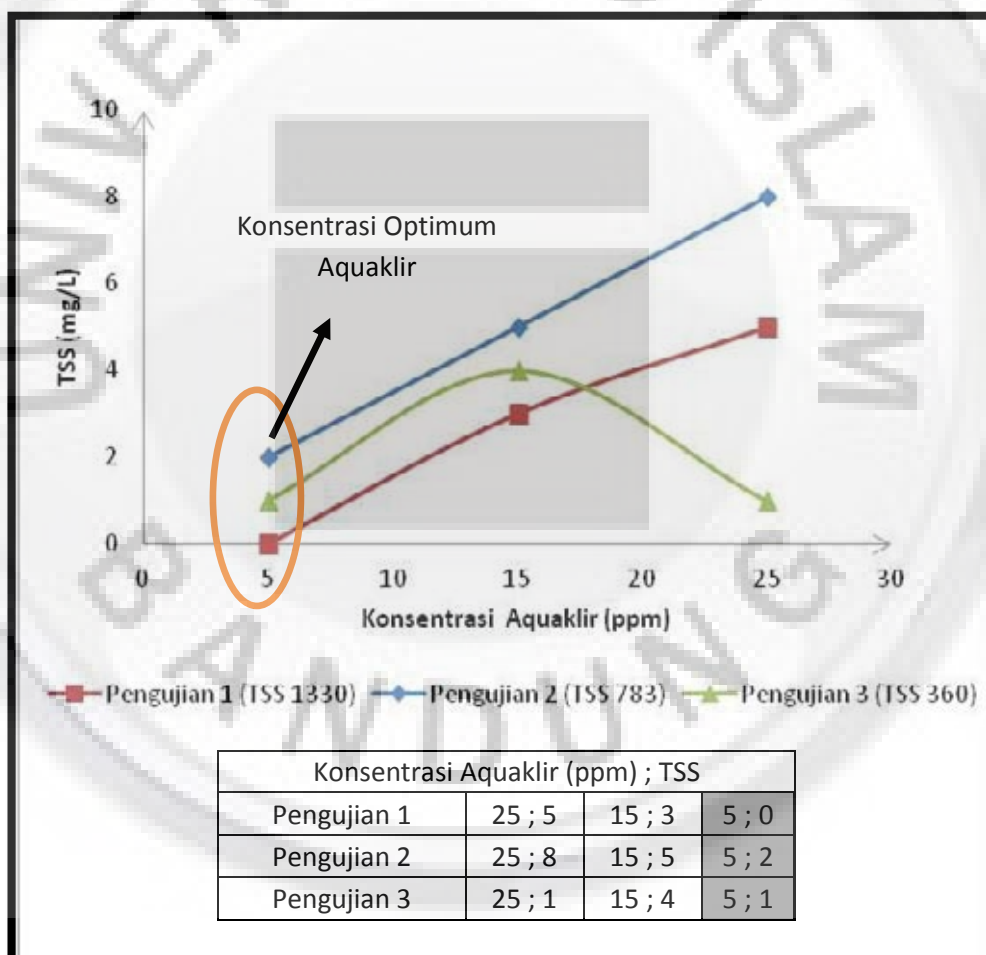


Gambar 5.2
Grafik Perbandingan Konsentrasi PAC Terhadap Total Suspended Solid (TSS)
Pada Sampel Air Limbah Cikoneng

Pada Gambar 5.2 dapat dilihat bahwa adanya variasi konsentrasi PAC yaitu 385 ppm, 335 ppm, 285 ppm, 235 ppm dan 185 ppm terhadap sampel air limbah dengan pH = 7 berpengaruh terhadap nilai TSS akhir yang diperoleh. Pengujian ini dilakukan dengan konsentrasi aquaklor sebesar 35 ppm dan dilakukan sebanyak 3 kali untuk nilai TSS awal yang berbeda-beda yaitu 1330 mg/L, 783 mg/L dan 360 mg/L. Dalam hal ini konsentrasi PAC yang optimum adalah 235 ppm dengan nilai TSS akhir untuk masing-masing pengujian adalah 5 mg/L, 6 mg/L dan 5 mg/L.

5.4.3 Variasi Konsentrasi Flokulan (Aquaklir) Terhadap TSS

Pengujian dengan variasi konsentrasi aquaklir (Tabel 4.11) ini dilakukan untuk mengetahui konsentrasi optimum aquaklir. Variasi konsentrasi aquaklir dilakukan dengan cara menurunkan konsentrasi aktual aquaklir (35 ppm) untuk air limbah yang berasal dari lokasi Cikoneng. Setelah diperoleh pH optimum (pH = 7) dan konsentrasi PAC optimum (235 ppm). Selanjutnya, pengujian koagulasi dan flokulasi dengan variasi konsentrasi aquaklir yaitu 25 ppm, 15 ppm dan 5 ppm.



Gambar 5.3
Perbandingan Konsentrasi Aquaklir Terhadap *Total Suspended Solid* (TSS) Pada Sampel Air Limbah Cikoneng

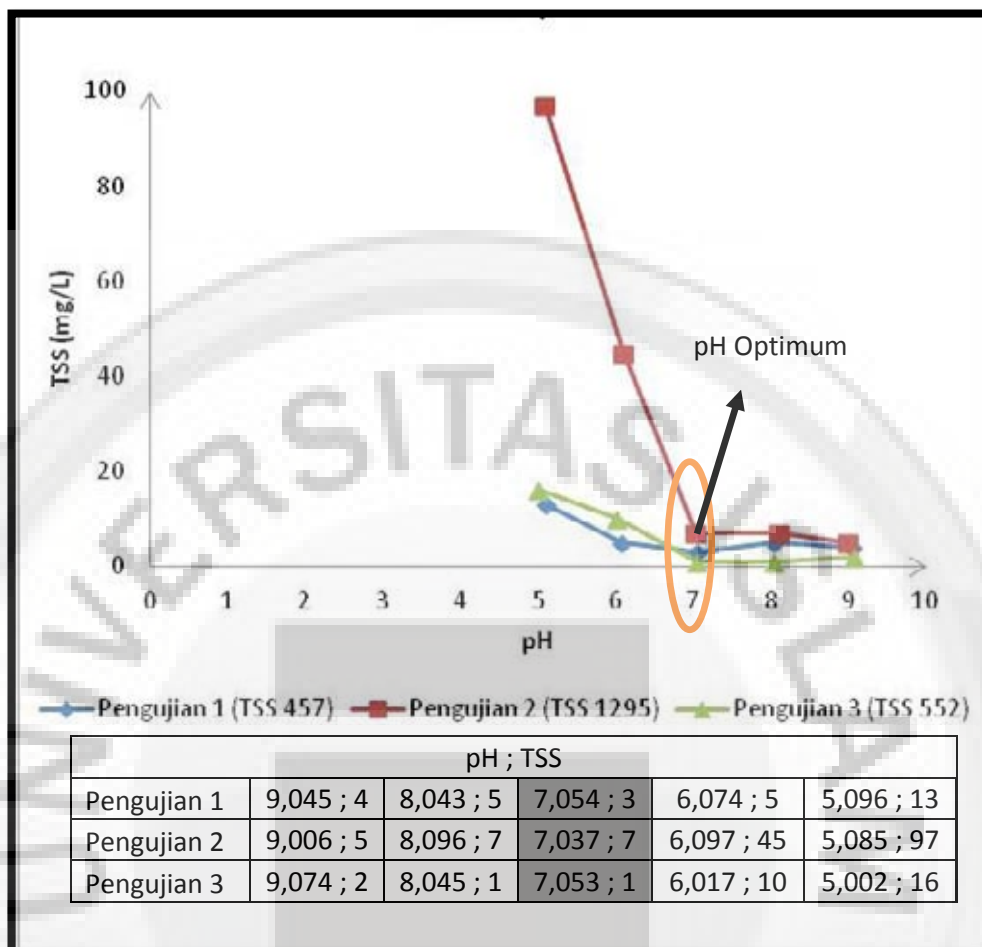
Pada Gambar 5.3 dapat dilihat bahwa adanya variasi konsentrasi aquaklir yaitu 35 ppm, 15 ppm dan 5 ppm terhadap sampel air limbah dengan pH = 7 berpengaruh terhadap nilai TSS akhir yang diperoleh. Dalam hal ini konsentrasi aquaklir optimum adalah 5 ppm dengan nilai TSS akhir dari masing-masing pengujian adalah 0 mg/L, 2 mg/L dan 1 mg/L untuk masing-masing nilai TSS awal yang berbeda-beda yaitu 1330 mg/L, 783 mg/L dan 360 mg/L.

5.5 Penentuan Kondisi Optimum Pada Proses Koagulasi–Flokulasi Untuk Lokasi Cibitung

Kondisi optimum dalam proses koagulasi dan flokulasi ditentukan dari pH, konsentrasi larutan PAC dan flokulan serta *total suspended solid* (TSS) akhir yang diperoleh setelah proses koagulasi dan flokulasi berlangsung. Pengolahan air limbah dilakukan secara kimiawi dengan tujuan untuk mereduksi partikel koloid yang terdapat di dalam air limbah tersebut. Oleh karena itu, pada pengujian ini nilai TSS akhir yang diperoleh sangat penting dan erat kaitannya dengan sifat fisik pada air limbah tersebut.

5.5.1 Variasi pH Terhadap Nilai *Total Suspended Solid* (TSS)

Pengujian koagulasi-flokulasi dengan variasi pH (Tabel 4.12) dilakukan dengan menambahkan beberapa tetes HCl 32 % dan larutan NaOH 0.05 ppm ke dalam 500 ml sampel air limbah yang berasal dari Cibitung hingga pH menjadi 5, 6, 7, 8 dan 9. Variasi pH ini dibuat untuk mengetahui pH optimum pada proses koagulasi dan flokulasi. Pengujian ini dilakukan sebanyak 3 kali untuk nilai TSS awal yang berbeda-beda yaitu 457 mg/L, 1.295 mg/L dan 552 mg/L. Adapun nilai TSS akhir (Gambar 5.4) untuk masing-masing pengujian tersebut yaitu 3 mg/L, 7 mg/L dan 1 mg/L.



Gambar 5.4
Perbandingan Konsentrasi pH Terhadap Total Suspended Solid (TSS)
Pada Sampel Air Limbah Cibitung

Pada Gambar 5.4 terlihat adanya pengaruh pH terhadap nilai TSS akhir yang diperoleh dari proses koagulasi dan flokulasi yang telah dilakukan. Pada kondisi air limbah dengan pH yang bersifat asam pH = 5 mengakibatkan naiknya nilai *total suspended solid* (TSS) secara signifikan. Hal ini terjadi karena *Poly Aluminium Chloride* (PAC) bekerja secara optimum pada pH 6 – 9 (Metcalf dan Eddy, 1991). Berdasarkan data hasil pengujian dan nilai TSS akhir yang diperoleh maka pH optimum untuk proses koagulasi dan flokulasi yaitu pH = ± 7.

Pada pengujian koagulasi dan flokulasi terhadap TSS awal pada sampel air limbah berpengaruh terhadap TSS akhir yang diperoleh. Semakin tinggi nilai TSS

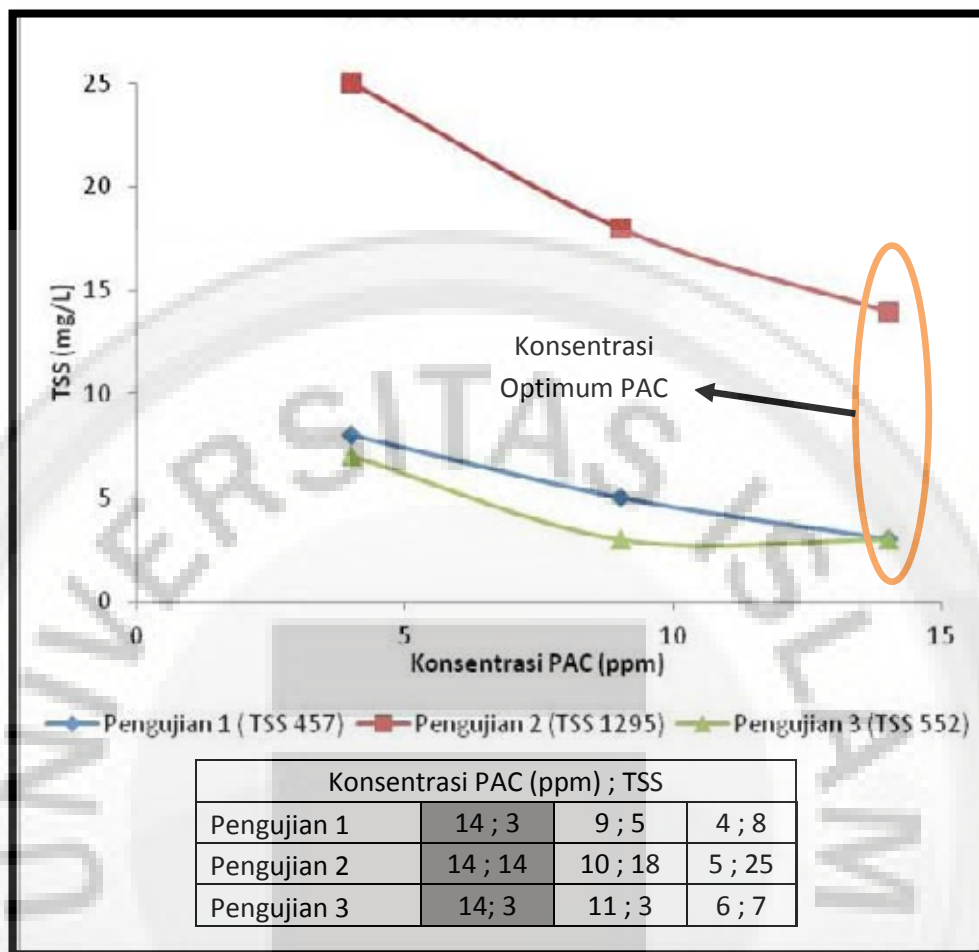
awal, maka semakin tinggi nilai TSS akhir yang diperoleh setelah dilakukannya proses koagulasi dan flokulasi. Namun kondisi ini berlaku pada pH yang bersifat asam (pH 5). Dimana pada pH tersebut proses koagulasi dan flokulasi tidak berlangsung secara optimal.

Dalam variasi pH proses koagulasi dan flokulasi optimum terjadi pada pH sampel air limbah yang bersifat netral yaitu pH = 7. Artinya, proses netralisasi air limbah yaitu dengan penambahan HCl sebelum terjadi proses koagulasi dan flokulasi memberikan pengaruh yang baik terhadap nilai TSS akhir yang diperoleh. Oleh karena itu, proses netralisasi sebaiknya dilakukan sebelum proses koagulasi dan flokulasi.

5.5.2 Variasi Konsentrasi Koagulan *Poly Aluminium Chloride* (PAC)

Terhadap TSS

Pengujian dengan variasi konsentrasi PAC (Tabel 4.13) ini dilakukan terhadap *sample* air limbah dengan pH netral (pH = 7). Variasi konsentrasi PAC dilakukan dengan cara menurunkan konsentrasi aktual PAC untuk air limbah yang berasal dari lokasi Cibitung. Konsentrasi aktual PAC dan flokulan untuk lokasi Cibitung yaitu sebesar 19 ppm dan 2 ppm. Variasi konsentrasi PAC dilakukan untuk mengetahui konsentrasi optimum PAC pada proses koagulasi.



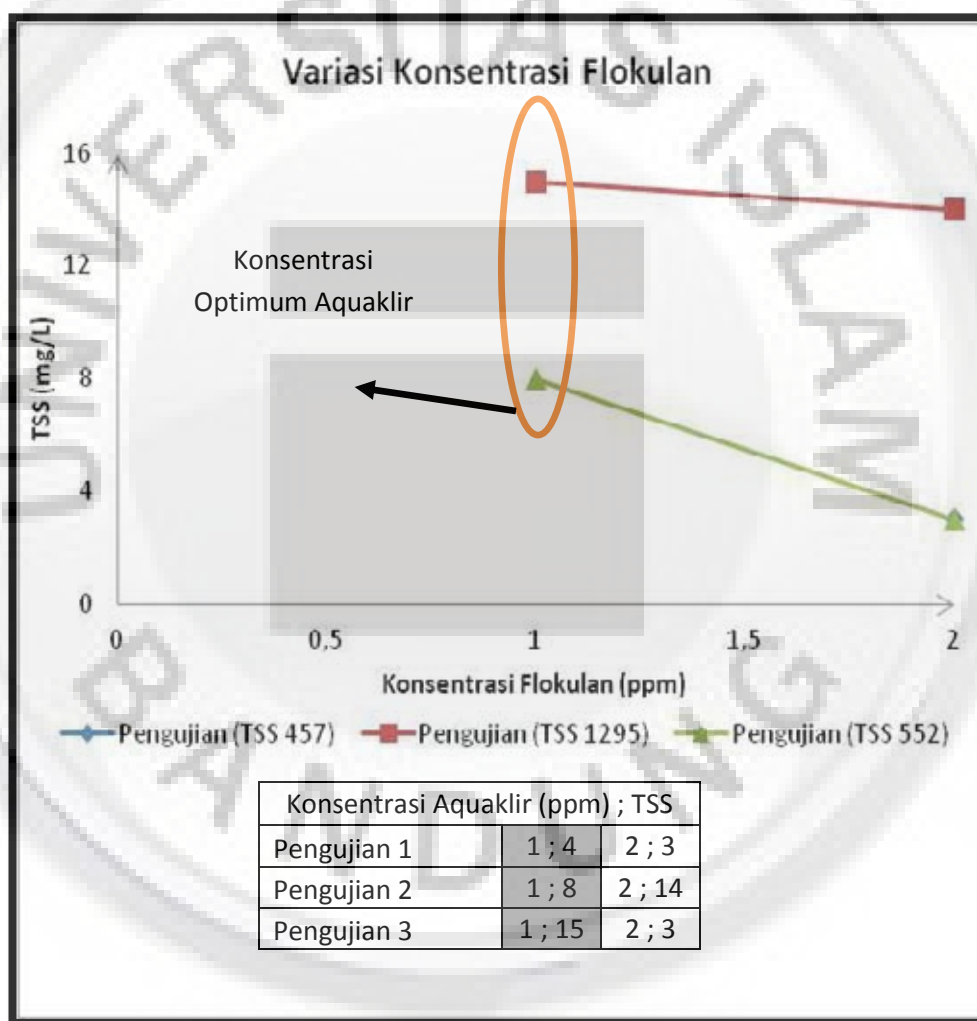
Gambar 5.5
Grafik Perbandingan Konsentrasi PAC Terhadap Total Suspended Solid (TSS)
Pada Sampel Air Limbah Cibitung

Pada Gambar 5.5 dapat dilihat bahwa adanya variasi konsentrasi PAC yaitu 14 ppm, 9 ppm dan 4 ppm terhadap sampel air limbah dengan pH = 7 berpengaruh terhadap nilai TSS akhir yang diperoleh. Dalam hal ini konsentrasi PAC yang dianggap optimum adalah 14 ppm dengan nilai TSS akhir dari masing pengujian adalah 3 mg/L, 14 mg/L dan 3 mg/L untuk masing-masing nilai TSS awal yang berbeda-beda yaitu 457 mg/l, 1295 mg/l dan 552 mg/L.

5.5.3 Variasi Konsentrasi Flokulan (Aquaklir) Terhadap TSS

Pengujian dengan perubahan konsentrasi aquaklir (Tabel 4.14) ini dilakukan untuk mengetahui konsentrasi optimum aquaklir. Perubahan konsentrasi aquaklir

dilakukan dengan cara menurunkan konsentrasi aktual aquaklir (2 ppm) menjadi 1 ppm untuk air limbah yang berasal dari lokasi Cibitung. Setelah diperoleh pH optimum (pH = 7) pada proses koagulasi dan konsentrasi PAC optimum (14 ppm). Pengujian dengan konsentrasi aquaklir 1 ppm ini dilakukan untuk membandingkan konsentrasi aquaklir 2 ppm dengan 1 ppm.



Gambar 5.6
Perbandingan Konsentrasi Aquaklir 1 ppm dan 2 ppm
Terhadap *Total Suspended Solid* (TSS) Pada Sampel Air Limbah Cibitung

Pada Gambar 5.6 dapat dilihat bahwa dengan penurunan konsentrasi aquaklir menjadi 1 ppm terhadap sampel air limbah dengan pH = 7 berpengaruh terhadap nilai TSS akhir yang diperoleh. Dalam hal ini

konsentrasi aquaklir sebesar 1 ppm dianggap optimum karena nilai TSS akhir dari masing-masing pengujian adalah 4 mg/L, 15 mg/L dan 8 mg/L untuk masing-masing nilai TSS awal yang berbeda-beda yaitu 457 mg/L, 1295 mg/L dan 552 mg/L.

5.6 Konsentrasi Optimum PAC dan Aquaklir

5.6.1 Untuk Lokasi Cikoneng

Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan, diperoleh konsentrasi PAC dan aquaklir untuk pengolahan air limbah yang berasal dari aktivitas penambangan di lokasi Cikoneng dapat dioptimalkan. Konsentrasi aktual PAC dan aquaklir sebesar 435 ppm dan 35 ppm dapat dioptimalkan menjadi 235 ppm dan 5 ppm untuk volume total rata-rata air limbah 5.262.024,214 liter/bulan.

5.6.2 Untuk Lokasi Cibitung

Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan, diperoleh konsentrasi PAC dan aquaklir untuk pengolahan air limbah yang berasal dari aktivitas penambangan di lokasi Cibitung dapat dioptimalkan. Konsentrasi aktual PAC dan aquaklir sebesar 19 ppm dan 2 ppm dapat dioptimalkan menjadi 14 ppm dan 1 ppm untuk volume total rata-rata air limbah 5.262.024,214 liter/bulan.

5.7 Kebutuhan Serta Harga PAC dan Aquaklir

5.7.1 Untuk Lokasi Cikoneng

Berdasarkan data hasil pengujian terhadap sampel air limbah dari lokasi Cikoneng, konsentrasi optimum PAC dan aquaklir adalah 235 ppm dan 5 ppm untuk volume total rata-rata air limbah 5.262.024,214 liter/bulan. Dengan demikian, kebutuhan PAC dan aquaklir adalah 1.236,576 kg/bulan dan 26,310 kg/bulan

dengan harga sebesar Rp. 8.804.419 dan Rp.1.331.201. Adapun perbandingan kebutuhan serta harga PAC dan aquaklir sebelum dioptimalisasi dengan sesudah dioptimalisasi untuk pengolahan air limbah Cikoneng terdapat pada Tabel 5.1.

Tabel 5.1
Perbandingan Penggunaan PAC dan Aquaklir Untuk Lokasi Cikoneng

Perbandingan Penggunaan PAC dan Aquaklir Untuk Lokasi Cikoneng						
Sebelum Dioptimalisasi				Setelah Dioptimalisasi		
Reagen	Harga/kg	Berat Reagen (kg/bln)	Biaya Yang Dikeluarkan (Rp)	Berat Reagen (kg/bln)	Biaya Yang Dikeluarkan (Rp)	Pengurangan Biaya/bln (Rp)
PAC	7.120	2.288	16.290.560	1.236,576	8.804.419	7.486.141
Aquaklir	50.597	183,286	9.273.619	26,310	1.331.201	7.942.419

Sumber : Hasil Perhitungan Pada Kegiatan Tugas Akhir, 2015

Dari Tabel 5.1 dapat dilihat bahwa pengurangan biaya setelah dioptimalisasi untuk pembelian PAC/bulan dan aquaklir/bulan masing-masing sebesar Rp. 7.486.141 dan Rp. 7.942.419. Dengan demikian, proses koagulasi dan flokulasi untuk pengolahan air limbah penambangan yang berasal dari Cikoneng dapat efektif dan efisien. Penilaian efektif karena proses koagulasi dan flokulasi berlangsung secara optimum dan menghasilkan nilai TSS akhir yang kecil sesuai dengan Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 202 Tahun 2004 yaitu ≤ 200 mg/L. Sedangkan penilaian efisien karena berkaitan dengan konsentrasi PAC dan aquaklir serta harga pembelian yang lebih rendah untuk kedua reagen tersebut.

5.7.2 Untuk Lokasi Cibitung

Untuk sampel air limbah yang berasal dari lokasi Cibitung, konsentrasi PAC dan aquaklir adalah 14 ppm dan 1 ppm untuk volume total rata-rata air limbah

101.853.058,5 liter/bulan. Dengan demikian kebutuhan PAC dan aquaklir yaitu 1.425,943 kg/bulan dan 101,853 kg/bulan serta harga sebesar Rp. 10.152.713 dan Rp. 5.153.407. Adapun perbandingan kebutuhan serta harga PAC dan aquaklir sebelum dioptimalisasi dengan sesudah dioptimalisasi untuk pengolahan air limbah Cibitung terdapat pada Tabel 5.2.

Tabel 5.2
Perbandingan Penggunaan PAC dan Aquaklir Untuk Lokasi Cibitung

Perbandingan Penggunaan PAC dan Aquaklir Untuk Lokasi Cibitung						
Sebelum Dioptimalisasi				Setelah Dioptimalisasi		
Reagen	Harga/kg (Rp)	Berat Reagen (kg/bln)	Biaya Yang Dikeluarkan (Rp)	Berat Reagen (kg/bln)	Biaya Yang Dikeluarkan (Rp)	Pengurangan Biaya/bln (Rp)
PAC	7.120	1.946,429	13.858.571	1.425,943	10.152.713	3.705.859
Aquaklir	50.597	208,357	10.542.146	101,853	5.153.407	5.388.739

Sumber : Hasil Perhitungan Pada Kegiatan Tugas Akhir, 2015

Dari Tabel 5.1 dapat dilihat bahwa pengurangan biaya setelah dioptimalisasi untuk pembelian PAC/bulan dan aquaklir/bulan masing-masing sebesar Rp. 3.705.859 dan Rp.5.388.739. Dengan demikian, proses koagulasi dan flokulasi untuk pengolahan air limbah penambangan yang berasal dari Cibitung dapat efektif dan efisien. Penilaian efektif karena proses koagulasi dan flokulasi berlangsung secara optimum dan menghasilkan nilai TSS akhir yang kecil sesuai dengan Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 202 Tahun 2004 yaitu ≤ 200 mg/L. Sedangkan penilaian efisien karena berkaitan dengan konsentrasi PAC dan aquaklir serta harga pembelian yang lebih rendah untuk kedua reagen tersebut.