

PENGOLAHAN LIMBAH AIR ASAM TAMBANG EMAS DENGAN PROSES NETRALISASI KOAGULASI FLOKULASI

Ummatullah R. S. Arifin, Maudy M. E. Jadid, Bambang Widiono
Jurusan Teknik Kimia
ummatsa@gmail.com, [widionomlg@gmail.com]

ABSTRAK

Pertambangan merupakan bidang usaha yang selalu menimbulkan dampak pada lingkungan. Salah satu dampak negatif dari proses penambangan adalah timbulnya air asam tambang. Air asam tambang terbentuk karena kontak antara batuan sulfida dengan udara atau air dengan nilai pH yang rendah ($\text{pH} < 4$) dan memiliki logam terlarut yang tinggi. Nilai pH yang rendah menyebabkan mudahnya logam-logam tertentu larut dalam air. Penelitian ini dilakukan di pengolahan limbah air asam tambang PT. Amman Mineral Nusa Tenggara dengan tujuan untuk menurunkan kadar Cu, TSS, pH, dan Turbidity dan untuk mengetahui kemampuan dari Na_3PO_4 , $\text{Ca}(\text{OH})_2$ dan PAC untuk proses pengolahan Air Asam Tambang di PT. Amman Mineral Nusa Tenggara. Pada jumlah $\text{Ca}(\text{OH})_2$ tetap diperoleh kondisi optimum dengan kondisi awal pH sebesar 3,23, Turbidity sebesar 41,7 NTU, kandungan Cu 4,43 mg/l dan nilai TSS sebesar 19,7 mg/l pada komposisi $\text{Ca}(\text{OH})_2$, PAC, Na_3PO_4 sebesar 45 gram, 33,7 gram, dan 45,9 gram yang mana dapat menurunkan menjadi pH sebesar 8,7, Turbidity sebesar 25,8 NTU, kandungan Cu 0,4 mg/l dan nilai TSS sebesar 27,3 mg/l.

Kata kunci: Air Asam Tambang, pH, Alternatif Pengolahan Limbah.

ABSTRACT

Mining is a business field that always has an impact on the environment. One of the negative impacts of the mining process is the emergence of acid mine drainage. Acid mine drainage is formed because of contact between sulfide rock with air or water with a low pH value ($\text{pH} < 4$) and has a high dissolved metal. A low pH value makes it easy for certain metals to dissolve in water. This research was carried out by mine acid water waste treatment at PT. Amman Mineral Nusa Tenggara to reduce the levels of Cu, TSS, pH and Turbidity and to determine the ability of Na_3PO_4 , $\text{Ca}(\text{OH})_2$ and PAC for the processing of Acid Mine Water at PT. Amman Mineral Nusa Tenggara. In the optimum amount of $\text{Ca}(\text{OH})_2$, the initial condition of pH was 3.23, Turbidity was 41.7 NTU, Cu was 4.43 mg/L and TSS was 19.7 mg/L in the composition $\text{Ca}(\text{OH})_2$, PAC, Na_3PO_4 of 45 grams, 33.7 grams, and 45.9 grams which can decrease to a pH of 8.7, Turbidity of 25.8 NTU, Cu content of 0.4 mg/L and TSS value of 27.3 mg/L.

Keywords: Mine Acid Water, pH, Alternative Waste Management.

1. PENDAHULUAN

Salah satu dampak negatif dari proses penambangan adalah timbulnya air asam tambang. Air asam tambang terbentuk karena adanya kontak antara batuan yang bersifat asam (sulfida mineral) dengan udara atau air. Air asam tambang atau dalam bahasa asing disebut *Acid Mine Drainage* merupakan air yang terbentuk di lokasi penambangan dengan nilai pH yang rendah ($\text{pH} < 4$) dan memiliki logam terlarut yang tinggi, seperti logam besi (Fe), aluminium (Al), mangan (Mg), cadmium (Cd), tembaga (Cu), timbal (Pb), seng (Zn), arsenic (Ar) dan merkuri (Hg). Nilai pH yang rendah pada air asam tambang menyebabkan mudahnya logam-logam tertentu larut dalam air. Hal ini jika tidak ditangani dengan baik, pada konsentrasi tertentu akan membahayakan lingkungan, sebab hasil oksida sulfida oleh media air akan terangkut sehingga mencemari lokasi di sekitarnya [1].

Tabel 1. Baku Mutu Air Limbah Kegiatan Penambangan Bijih Emas dan Tembaga

Parameter	Satuan	Batas yang diperbolehkan
pH		6-9
TSS	mg/L	≤ 200
Cu	mg/L	≤ 2
Cd	mg/L	$\leq 0,1$
Zn	mg/L	≤ 5
Pb	mg/L	≤ 2
As	mg/L	$\leq 0,5$
Ni	mg/L	$\leq 0,5$
Cr	mg/L	≤ 1
Hg	mg/L	$\leq 0,005$

(Sumber: Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 202 Tahun 2004)

Penurunan kadar pH, Cu, TSS, dan Turbidity dapat dilakukan berdasarkan Jurnal Penelitian tentang:

- Teknologi Pengolahan Air Asam Tambang Batubara “Alternatif Pemilihan Teknologi” yang menggunakan $\text{Ca}(\text{OH})_2$ sebagai bahan untuk proses netralisasi [2].
- Pengolahan Limbah Deterjen dengan Metode Koagulasi Flokulasi Menggunakan Koagulan Kapur dan PAC sebagai bahan untuk proses koagulasi flokulasi [3].
- Pengolahan Limbah Industri Elektroplating dengan Proses Koagulasi Flokulasi yang menggunakan Na_3PO_4 sebagai bahan untuk penurunan kandungan logam Cu yang terdapat dalam air asam tambang [4].

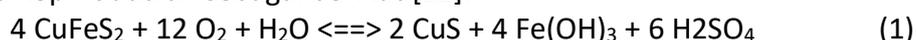
➤ Air Asam Tambang

Air Asam Tambang (AAT) yang dalam bahasa Inggris dikenal dengan *Acid Mine Drainage* (AMD) atau *Acid Rock Drainage* (ARD) terjadi sebagai hasil dari proses fisika dan kimia yang cukup kompleks yang mengakibatkan terbentuknya air yang bersifat asam (tingkat keasaman yang tinggi dan sering ditandai dengan nilai pH yang rendah di bawah 4

sebagai hasil dari oksidasi mineral sulfida yang terpapar (*exposed*) di udara dengan kehadiran air.

Air asam tambang merupakan limbah pencemar lingkungan yang terjadi akibat aktifitas pertambangan. Limbah ini terjadi karena adanya proses oksidasi bahan mineral pirit (FeS_2) dan bahan mineral sulfida lainnya yang tersingkap ke permukaan tanah dalam proses pengambilan bahan mineral tambang. Proses kimia dan biologi dari bahan-bahan mineral tersebut menghasilkan sulfat dengan tingkat kemasaman yang tinggi. Secara langsung maupun tidak langsung tingkat kemasaman yang tinggi mempengaruhi kualitas lingkungan dan kehidupan organisme [5].

Reaksi pembentukan kalkopirit adalah sebagai berikut [12]:

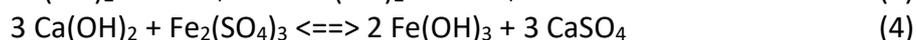
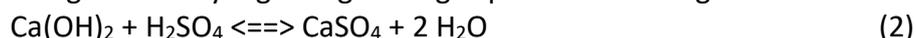


➤ Netralisasi

Secara umum, penanganan air asam tambang ada dua cara yaitu secara aktif dan pasif. Penggunaan serbuk kapur yang dimasukkan di saluran air asam tambang merupakan penanganan secara aktif, sedangkan penanganan secara pasif dilakukan dengan cara mengalirkan air asam pada aliran yang mengandung kapur.

Alkalinitas yang cukup harus ditambahkan untuk menetralkan asam dan untuk meningkatkan pH air sampai tingkat tertentu dimana logam yang terlarut dalam air akan membentuk logam hidroksida yang tidak larut dan mengendap. pH yang dibutuhkan untuk mengendapkan sebagian besar logam dari air berkisar antara pH 6-9.

Reaksi penetralan asam dengan bahan yang mengandung kapur adalah sebagai berikut :



➤ Koagulasi-Flokulasi

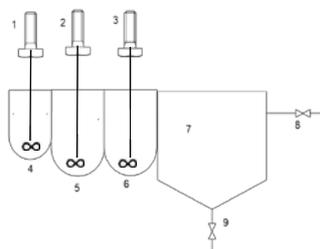
Pada proses koagulasi terjadi destabilisasi koloid dan partikel dalam air sebagai akibat dari pengadukan cepat dan pembubuhan bahan kimia (disebut koagulan). Akibat pengadukan cepat, koloid dan partikel yang stabil berubah menjadi tidak stabil karena terurai menjadi partikel yang bermuatan positif dan negatif. Pembentukan ion positif dan negatif juga dihasilkan dari proses penguraian koagulan. Proses ini berlanjut dengan pembentukan ikatan antara ion positif dari koagulan (misal Al^{3+}) dengan ion negatif dari partikel (misal OH^-) dan antara ion positif dari partikel (misal Ca^{2+}) dengan ion negatif dari koagulan (misal SO_4^{2-}) yang menyebabkan pembentukan inti flok (presipitat).

Segera setelah terbentuk inti flok, diikuti oleh proses flokulasi, yaitu proses dimana partikel-partikel flok membentuk aglomerasi yang lebih besar melalui proses pengadukan agar pengikatan flok lebih optimal. Tujuan flokulasi yaitu untuk membentuk partikel melalui agregasi yang dapat dipisahkan dengan cara pemisahan partikel seperti sedimentasi. Sedimentasi merupakan proses pengendapan materi tersuspensi akibat adanya gaya gravitasi. Dimana padatan akan turun kebawah dan cairan yang densitasnya lebih kecil akan berada pada bagian atas. Penggabungan flok kecil menjadi flok besar terjadi karena adanya tumbukan antar flok. Tumbukan ini terjadi akibat adanya pengadukan lambat.

2. METODOLOGI PENELITIAN

➤ Alat

Pada penelitian ini memerlukan seperangkat alat netralisasi koagulasi flokulasi yang mana menggunakan tangki yang dilengkapi dengan pengaduk seperti gambar dibawah ini:



Gambar 1. Alat Netralisasi Koagulasi Flokulasi

Keterangan :

- 1 : Agitator Tangki Netralisasi (Pengadukan Cepat)
- 2 : Agitator Tangki Koagulasi (Pengadukan Cepat)
- 3 : Agitator Tangki Flokulasi (Pengadukan Lambat)
- 4 : Tangki Netralisasi
- 5 : Tangki Koagulasi
- 6 : Tangki Flokulasi
- 7 : Tangki Sedimentasi
- 8 : *Effluent*
- 9 : *Outlet Sludge*

➤ Bahan

Bahan yang digunakan pada proses pengolahan Air Asam Tambang antara lain:

- Limbah air asam tambang
- Na_3PO_4
- $\text{Ca}(\text{OH})_2$
- PAC

➤ Prosedur Percobaan

Air asam tambang dimasukkan sebanyak yang telah ditentukan kedalam tangki netralisasi. $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ditambahkan dengan jumlah tertentu dan dihomogenkan dengan pengadukan cepat dengan kecepatan 125 rpm selama 5 menit. Air limbah dialirkan dari tangki netralisasi ke tangki koagulasi dan ditambahkan PAC sebagai koagulan dengan variasi massa sesuai variabel yang telah di tentukan untuk masing-masing sampel. Larutan dihomogenkan untuk proses koagulasi dengan pengadukan cepat dengan kecepatan 125 rpm selama 5 menit. Setelah pengadukan, dialirkan air limbah ke tangki flokulasi dan ditambahkan Na_3PO_4 dengan variasi massa sesuai variabel yang telah di tentukan untuk masing-masing sampel. Dilakukan pengadukan lambat dengan kecepatan 20 rpm selama 35 menit. pada proses flokulasi sampai homogen hingga endapan menjadi flok. Setelah proses flokulasi, dialirkan air limbah ke tangki Sedimentasi untuk proses sedimentasi. Flok yang terbentuk terpisahkan dengan cairannya dengan cara pengendapan. Dilakukan pengukuran dengan cara analisa TSS, kandungan Cu, pH, dan *turbidity*.

➤ Teknik Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan setiap hari selama kurang lebih 7 minggu. Data yang diambil yaitu TSS, pH, Cu, *turbidity* dan jumlah komposisi koagulan.

➤ Data Pengamatan

Tabel 2. Data Pengamatan Hasil Proses Netralisasi Koagulasi Pada $\text{Ca}(\text{OH})_2$ Tetap

Tanggal	No Sampel	$\text{Ca}(\text{OH})_2$	PAC	Na_3PO_4	pH		Cu (mg/L)		Turbidity (NTU)		TSS (mg/L)	
					Awal	Akhir	Awal	Akhir	Awal	Akhir	Awal	Akhir
22-Mei	1	45	26,4	36,0								
	2	45	27,7	37,8	3,02	10,2	4,79	0,2	14,8	96,0	12,7	98,0
23-Mei	3	45	29,1	39,7	3,10	9,9	4,96	0,1	10,6	106,5	11,0	105,3
	4	45	30,6	41,7								
24-Mei	5	45	32,1	43,8	3,33	9,8	4,47	0,2	25,1	59,6	24,0	59,0
	6	45	33,7	45,9								
27-Mei	7	45	35,4	48,2	3,23	8,7	4,43	0,4	41,7	25,8	39,7	27,3
	8	45	37,1	50,7								
28-Mei	9	45	39,0	53,2	3,31	8,3	4,43	0,6	17,2	20,3	15,3	16,3
	10	45	41,0	55,8								

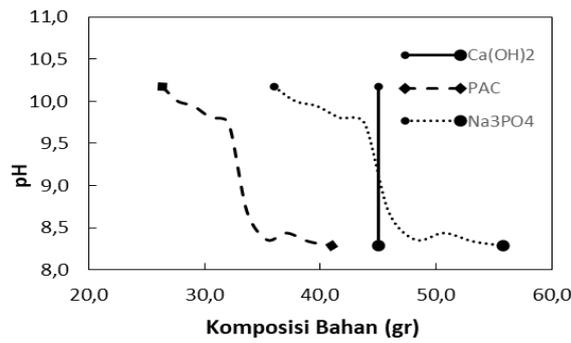
➤ Analisa Data

Pada analisa data, data pH didapatkan dari pembacaan yang ada di pH meter dimana pH meter telah dikalibrasi menggunakan aquadest sehingga pH-nya menjadi 7 [6]. Untuk analisis TSS didapatkan dari perhitungan penimbangan berat kertas saring dengan rumus sebagai berikut [7]:

$$TSS\left(\frac{gf}{liter}\right) = \frac{A - B \times 1000}{c} \quad (5)$$

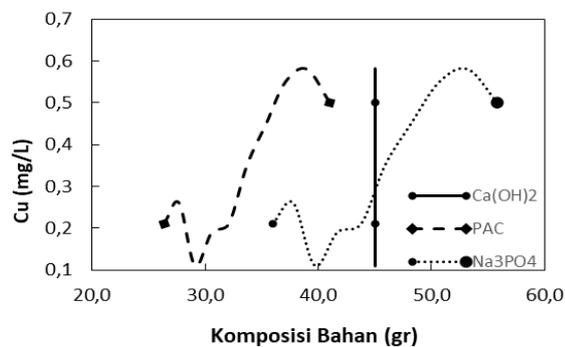
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengendalian terhadap air asam tambang merupakan hal yang perlu dilakukan selama kegiatan penambangan berlangsung dan setelah kegiatan penambangan berakhir. Air asam tambang (Acid Mine Drainage) dapat mengakibatkan menurunnya kualitas air, air permukaan dan air tanah. Selain itu, jika terjadi overflow di tempat penampungan air asam karena curah hujan yang tinggi dan masuk kedalam aliran sungai akan berdampak buruk terhadap masyarakat yang tinggal di sepanjang aliran sungai serta akan mengganggu biota yang hidup di darat juga biota perairan. Pengolahan air asam tambang yang kami lakukan adalah dengan menggunakan metode proses Netralisasi Koagulasi Flokulasi untuk menurunkan beberapa parameter agar sesuai dengan baku mutu air limbah pertambangan, dimana hasil yang didapatkan dapat dilihat pada Tabel 2. Dari data pengamatan di atas didapatkan Gambar 2 Hubungan antara Komposisi Bahan vs pH.



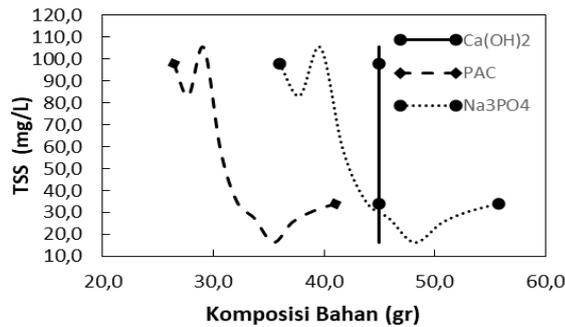
Gambar 2. Hubungan antara komposisi bahan terhadap pH

Gambar di atas menunjukkan bahwa pada saat jumlah Ca(OH)_2 tetap dan jumlah PAC dan Na_3PO_4 semakin besar maka pH yang di dapatkan semakin optimal. Hal ini dapat terjadi karena penambahan Ca(OH)_2 yang digunakan sebagai penetral pH pada air asam tambang di seepage kanloka yang mana Ca(OH)_2 bereaksi dengan garam-garam kalsium dan magnesium dalam air dan akan membentuk endapan. Jika dosis Ca(OH)_2 kurang, hal ini dapat menyebabkan air akan berasa asam dan endapan dalam air yang terbentuk sedikit.



Gambar 3. Hubungan antara Komposisi Bahan terhadap kadar Cu

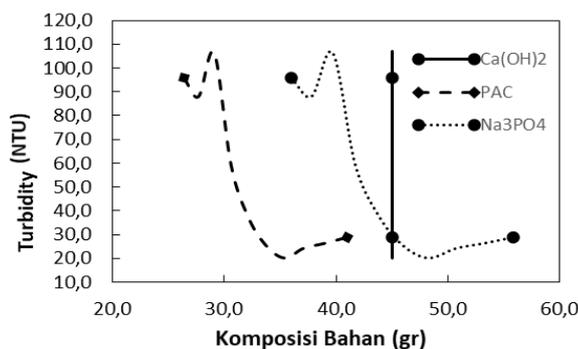
Pada proses pengolahan limbah elektroplating dengan menggunakan natrium fosfat, selain dapat secara langsung menyisihkan kandungan logam Zn, Fe, Cr, Cu, Ni dan Mn didalam limbah, juga terjadi proses pengendapan yang disebabkan karena adanya gaya tarik inti flok yang berasal dari endapan FePO_4 dan CrPO_4 yang terbentuk. Hal ini disebabkan karena kedua endapan tersebut berperan sebagai inti flok yang bersifat elektropositif dan menarik ion OH^- dan kelebihan ion PO_4^{3-} dalam larutan sehingga membentuk flok yang bermuatan negatif yang juga akan menarik logam-logam lainnya yang masih terdapat dalam larutan. Logam-logam lain seperti Zn, Cu, Ni dan Mn ikut tertarik dan membentuk flok yang lebih besar dan mengendap [8]. Dari hasil analisis dengan menggunakan SSA [9], pada beberapa variabel perlakuan kadar logam tembaga terdeteksi bahwa kadar tembaga optimum dapat mencapai 0,1 mg/L dan telah memenuhi baku mutunya. Baku mutu Cu menurut Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 202 Tahun 2004 [10] dan [11] tentang Baku Mutu Air Limbah Kegiatan Penambangan Bijih Emas dan Tembaga yaitu sebesar 2 mg/L.



Gambar 4. Hubungan antara Komposisi Bahan terhadap TSS

Dari gambar grafik diatas diketahui bahwa nilai TSS mengalami fluktuatif dan terjadi kenaikan drastis pada sampel ke-3. Hal ini dipengaruhi oleh curah hujan yang mana pada saat pengambilan sampel ke-3 terjadi hujan dan mempengaruhi nilai TSS yang ada. Jumlah komposisi bahan sangat berperan penting dalam keberhasilan proses koagulasi flokulasi dan juga proses pengendapan yang belum sempurna. Seperti terlihat pada grafik di atas bahwa pemberian dosis yang terlalu kecil mengakibatkan proses pembentukan flok kurang optimal.

Dengan semakin bertambahnya dosis yang diberikan maka partikel koloid yang bergabung dan membentuk flok akan semakin banyak. Namun pemberian dosis yang melebihi batas optimum dapat mengakibatkan terhambatnya proses pembentukan flok, karena kation yang terlalu banyak mengakibatkan gaya elektrostatis pada koloid yang sudah menyatu pada flok menjadi besar dan mengakibatkan rusaknya ikatan yang telah terbentuk. Naiknya kembali kadar TSS diakibatkan oleh restabilisasi partikel koloid akibat dari dosis yang berlebih. Restabilisasi merupakan proses pembalikan muatan partikel koloid dimana di dalam air bermuatan negatif dan berubah menjadi positif akibat penyerapan dari dosis yang berlebihan yang menghasilkan kembali gaya tolak menolak antar partikel koloid karena memiliki muatan yang sama sehingga tidak dapat membentuk flok yang lebih besar dan menyebabkan peningkatan kembali kadar TSS pada sampel.



Gambar 5. Hubungan antara Komposisi Bahan terhadap Turbidity

Dari gambar grafik diatas diketahui bahwa penurunan nilai kekeruhan jika dibandingkan dengan penurunan TSS sama-sama memiliki trend penurunan yang hampir mirip. Namun proses terjadinya penurunan TSS dan kekeruhan tidak selalu berhubungan

secara linier. Hal ini dikarenakan belum tentu kadar TSS yang lebih kecil akan memiliki nilai kekeruhan yang lebih kecil pula karena selain padatan tersuspensi penyebab kekeruhan juga terdapat faktor lain yang dapat disebabkan oleh warna dan lain-lain.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Dari data yang didapatkan, dapat disimpulkan bahwa pada variable Ca(OH)_2 tetap kondisi optimum dari pengolahan Air Asam Tambang dengan kondisi awal pH sebesar 3,23 , Turbidity sebesar 41,7 NTU, kandungan Cu 4,43 mg/l dan nilai TSS sebesar 19,7 mg/l terjadi pada komposisi Ca(OH)_2 , PAC, Na_3PO_4 sebesar 45 gram, 33,7 gram, dan 45,9 gram yang mana dapat berpengaruh dalam menurunkan pH menjadi sebesar 8,7 , Turbidity sebesar 25,8 NTU, kandungan Cu 0,4 mg/l dan nilai TSS sebesar 27,3 mg/l. Dari jumlah komposisi tersebut biaya yang dikeluarkan tiap-tiap bahan sebesar $\text{Ca(OH)}_2 = 39.000/\text{kg}$, PAC = $32.000/\text{kg}$, $\text{Na}_3\text{PO}_4 = 26.000/\text{kg}$ dan biaya tiap 10m^3 yang dikeluarkan sebanyak Rp. 10.067.000.

Beberapa hal yang dapat disarankan untuk penelitian selanjutnya adalah penambahan kapur di kolam *effluent pond* dapat dilakukan penelitian/pengujian lebih lanjut agar dalam penambahannya dapat mengetahui dosis yang optimum.

REFERENSI

- [1] Nasir, Subriyer, Purba, M., & Sihombing, O., 2004, *Pegolahan Air Asam Tambabng Dengan Menggunakan Keramik Berbahan Tanah Liat, Tepung Jagung dan Serbuk Besi*, Teknik Kimia.
- [2] Rude, T.R., *Short Course Acid Mine Drainage; Causes and Management*, Institut of Hydrogeology RWTH Aachen, Aachen.
- [3] Heldawati, H., Rahimah, Z., Syauqiah, I., *Pengolahan Limbah Deterjen dengan Metode Koagulasi Flokulasi Menggunakan Koagulan Kapur dan PAC*, Vol. 5, No.2, 15-18, Program Studi Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Lambung Mangkurat, Banjarbaru, Kalimantan Selatan.
- [4] Ita, N., Nurhasni., Salimin, Z., 2013, *Pengolahan Limbah Industri Elektroplating dengan Proses Koagulasi Flokulasi*, 306-311, Prosiding Semirata FMIPA Universitas Lampung, Lampung.
- [5] Said, Nusa Idaman., 2014, *Teknologi Pengolahan Air Asam Tambang Batubara "Alternatif Pemilihan Teknologi"*, Vol.7, No. 2, 123-126, Pusat Teknologi Lingkungan, Jakarta.
- [6] [BSN] Badan Standardisasi Nasional. 2004c. SNI 06-6989.11-2004 *Cara Uji keasaman (pH) dengan pH meter*. Serpong: BSN.
- [7] [BSN] Badan Standardisasi Nasional. 2004a. SNI 06-6989.3-2004 *Cara Uji Kadar Padatan Tersuspensi Total (TSS) dengan Gravimetri*. Serpong: BSN.
- [8] Praswasti, P. D. K., Dianursanti, Gozan, M., dan Nugroho, W. A., 2010, *Optimasi Penggunaan Koagulan Pada Pengolahan Air Limbah Batubara*, Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia "Kejuangan" Pengembangan Teknologi Kimia Untuk Pengolahan Sumber Daya Alam Indonesia, Universitas Indonesia, Jakarta.
- [9] [BSN] Badan Standardisasi Nasional. 2004b. SNI 06-2514-1991 *Cara Uji Tembaga (Cu) dengan Metode Spektrofotometri Serapan Atom (SSA)*.. Serpong: BSN.
- [10] Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 202 Tahun 2004 tentang *Baku Mutu Air Limbah bagi Usaha dan atau Kegiatan Pertambangan Bijih Emas dan Tembaga*.
- [11] Peraturan Menteri Negara Kesehatan Republik Indonesia No. 492/MENKES/PER/IV/2010 *Kadar tembaga (Cu)*.
- [12] [BSN] Badan Standardisasi Nasional. 2004d. SNI 06-2514-1991 *Cara Uji kekeruhan (turbidity) dengan turbidimeter*. Serpong: BSN.