

**PENGARUH FLY ASH DAN KAPUR TOHOR PADA NETRALISASI AIR ASAM TAMBANG TERHADAP KUALITAS AIR ASAM TAMBANG (pH, Fe & Mn) DI IUP TAMBANG AIR LAYA PT.BUKIT ASAM (PERSERO),TBK**

**EFFECT OF FLY ASH AND TOHOR LIME ON ACID MINE WATER NEUTRALIZATION INTO ACID MINE WATER QUALITY (pH, Fe and Mn) IN TAMBANG AIR LAYA PT.BUKIT ASAM (PERSERO),TBK**

**Ayu Herlina<sup>1</sup>, Harminuke Eko Handayani<sup>2</sup>, Hartini Iskandar<sup>3</sup>**

<sup>1,2,3</sup> Jurusan Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya, Jl. Sriwijaya Negara, Bukit Besar, 30139 Palembang  
PT. Bukit Asam (Persero) Tbk, Jl. Parigi  
No. 1 Tanjung Enim Sumatera Selatan  
Email: ayu.herlinaaa@yahoo.com

**ABSTRAK**

Air Asam Tambang (AAT) adalah air tambang dengan pH rendah yang berasal dari oksidasi pirit yang mengandung sulfida dengan air dan udara sehingga menghasilkan asam sulfida ( $H_2SO_4$ ) yang mengandung sulfat bebas. Penanganan air asam tambang bisa dilakukan dengan cara aktif. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pemanfaatan limbah fly ash dan kapur tohor untuk perubahan kualitas air asam tambang (pH, Fe dan Mn). Metode yang dilakukan dengan penanganan aktif yaitu dengan penambahan bahan reagen kimia dengan pencampuran larutan fly ash dan kapur tohor. Fly ash dapat digunakan untuk tujuan pengapuran karena mengandung CaO dan MgO. Kemampuan pengapuran atau daya netralisasi fly ash mempunyai variasi yang besar tergantung pada sumber abu dan proses pelapukan. Hasil uji coba fly ash untuk penetralan air asam juga menunjukkan hasil yang positif dengan kadar 55 gr/l berhasil menaikkan pH dari 4,25 menjadi pH 7,25. Penurunan kandungan Fe sebesar 45,65 % dari 0,81 mg/l menjadi 0,44 mg/l dan Mn 49,01 % dari 10,2 mg/l menjadi 5,2 mg/l pada air asam tambang. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan kapur lebih optimal karena dengan kadar 1,0 gr/l berhasil menaikkan pH dari 4,25 menjadi 8,00. Penurunan kandungan Fe sebesar 51,85 % dari 0,81 mg/l menjadi 0,39 mg/l dan Mn 62,54 % dari 10,2mg/l menjadi 3,82 mg/l pada air asam tambang.

Kata kunci : Air asam tambang, fly ash, kapur, Fe dan Mn

**ABSTRACT**

Acid mine water is mine water from the oxidation of sulphides containing pyrite with water and air. This study was conducted to determine the utilization of waste fly ash and quicklime to changes in acid mine water quality (pH, Fe and Mn). The method is performed by active treatment with the addition of chemical reagents by mixing of fly ash and quicklime. Fly ash can be used for liming purposes because it contains CaO and MgO. The ability of calcification or neutralization power of fly ash has a large variation depending on the source of ash and weathering processes. The trial results of fly ash for neutralization of acidic water also showed positive results with levels of 55 g / l managed to raise the pH from 4.25 to pH 7.25. The decrease of 45.65% Fe content of 0.81 mg / l to 0.44 mg / l and 49.01% Mn of 10.2 mg / l to 5.2 mg / l in acid mine drainage. The use of lime is more optimal for grading 1.0 g / l managed to raise the pH of 4.25 and 8.00. The decrease of 51.85% Fe content of 0.81 mg / l to 0.39 mg / l and 62.54% of 10,2mg Mn / l to 3.82 mg / l in acid mine drainage.

Keywords: acid mine water, fly ash, lime, Fe and Mn

## 1. PENDAHULUAN

Kegiatan penambangan batubara dapat menimbulkan air asam tambang (Acid Mine Drainage) baik tambang terbuka maupun tambang dalam, unit pengolahan batubara serta timbunan batuan buangan (Over Burden). Potensi air asam tambang harus diketahui agar langkah-langkah pencegahan dan pengendaliannya dapat dilakukan sehingga timbulnya permasalahan terhadap lingkungan dapat diatasi serta tidak menjadi persoalan dikemudian hari, baik tambang tersebut masih aktif ataupun setelah tambang tersebut tidak beroperasi lagi [1].

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 [2].

Penggunaan kapur tohor (CaO) pada saluran keluar (outlet) dari kolam pengendap lumpur dapat menaikkan nilai pH agar sesuai dengan baku mutu lingkungan. Pengapuran tidak hanya dilakukan disaluran outlet, tetapi juga di saluran masuk (inlet) pada kolam pengendap lumpur. Penambahan kapur tohor yang dilakukan secara terus menerus dan dengan dosis yang tepat dapat menaikkan pH air asam tambang pada proses penanganan air asam tambang [3].

Abu batubara adalah bagian dari sisa pembakaran batubara pada boiler pembangkit listrik tenaga uap yang berbentuk partikel halus amorf dan bersifat pozzolan [4]. Abu terbang (fly ash) umumnya dibuang ke landfill atau ditumpuk begitu saja di dalam area industri sehingga menimbulkan masalah lingkungan[5]. *Fly ash* umumnya bersifat alkalin di alam, namun pH abu terbang dapat bervariasi dari 4,5-12. Nilai pH abu terbang sebagian besar ditentukan oleh kandungan S dalam bahan induk batubara, tipe batubara yang digunakan selama pembakaran, dan kandungan S dalam abu terbang. Dari sini penelitian ini dilakukan untuk membandingkan penggunaan *fly ash* dan kapur tohor pada proses pengolahan air asam tambang di PT. Bukit Asam (persero)Tbk [6].

Kapur merupakan salah satu batuan yang dapat dipergunakan untuk meningkatkan pH secara praktis, murah dan aman sekaligus dapat mengurangi kandungan-kandungan logam berat yang terkandung dalam air asam tambang. Ada beberapa macam kapur yang dapat digunakan, yaitu kapur pertanian (CaCO<sub>3</sub>), kapur tohor (CaO), kapur tembok (Ca(OH)<sub>2</sub>), dolomite (CaMg(CO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>) dan kapur silika (CaSiO<sub>3</sub>) [7].

Tujuan dilakukan penelitian ini adalah untuk mengetahui bagaimana perubahan pH, Fe dan Mn larutan pencampuran *fly ash* dan kapur tohor, dan Berapa banyak penggunaan *fly ash* dan kapur untuk penanganan limbah air asam sesuai dengan baku mutu lingkungan.

Analisa laju penurunan logam dihitung dengan rumus:

$$E = \frac{C_0 - C_e}{C_0} \times 100 \% \quad (1)$$

Keterangan :

- E = Persen penurunan (%)
- C<sub>0</sub> = Kadar besi (Fe) dan Mangan (Mn) sebelum (mg/L)
- C<sub>e</sub> = Kadar besi (Fe) dan Mangan (Mn) sesudah (mg/L)

Pemisahan logam berat dalam air limbah dalam hal ini air asam tambang dapat dipisahkan dengan berbagai cara yaitu dengan proses fisika, kimia dan biologi. Pemisahan kandungan logam berat pada penelitian ini dilakukan dengan proses fisika-kimia dan proses pengadukan dilakukan dengan penambahan zat kimia. *Fly ash* dan kapur sebagai agen penetral asam dan pengikat logam berat Fe dan Mn [8].

Pengolahan air asam dengan metode presipitasi merupakan salah satu metode pengolahan limbah yang banyak digunakan untuk memisahkan logam berat dari zat cair [9]. Dalam metode presipitasi kimia dilakukan penambahan sejumlah zat kimia tertentu untuk mengubah senyawa yang mudah larut ke bentuk padatan yang tak larut. Pembentukan presipitat atau endapan sangat ditentukan oleh penambahan bahan kimia sebagai pengikat logam-logam [10].

## 2. METODE PENELITIAN

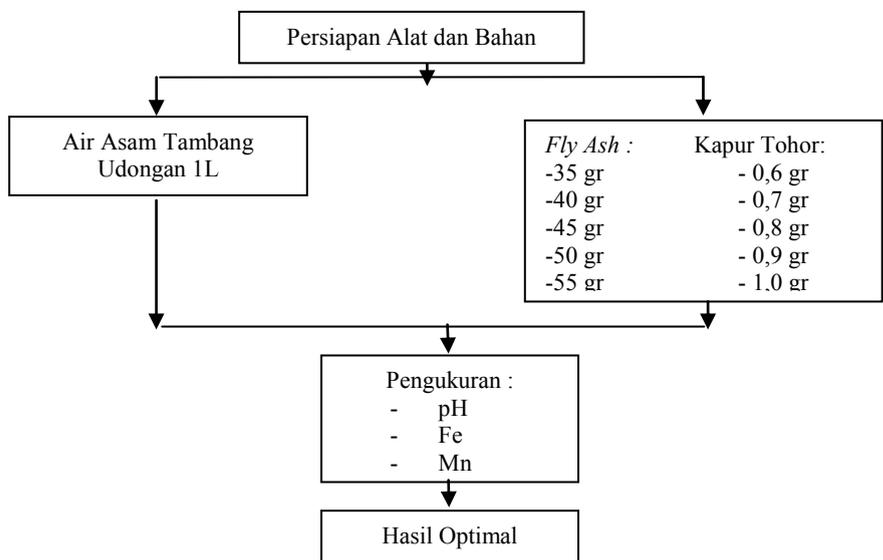
Sample penelitian ini berasal dari KPL TAL Utara (Udongan). Pengambilan sample dilokasi KPL TAL Udongan yang bersumber dari *mine sump* yang dipompakan keatas untuk dilakukan pengapuran.

Kualitas Air KPL Udongan sebelum dilakukan pencampuran memiliki pH 4,01 dengan kandungan logam Fe 0,63 mg/l dan kandungan logam Mn 11,5 mg/l.

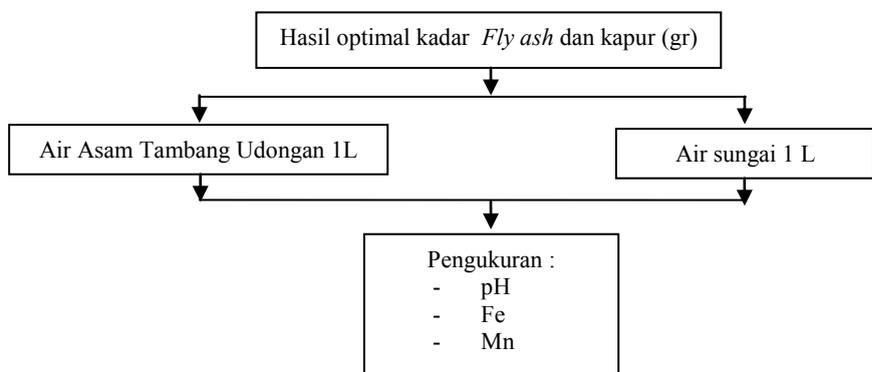
Pengujian dilakukan secara dua tahap. Tahap pertama dilakukan pengujian dengan mereaksikan *fly ash*/ kapur tohor secara langsung kedalam air asam tambang tanpa proses pengenceran. Proses tersebut dilakukan dengan cara mencampurkan langsung 1 liter air asam tambang dengan *fly ash* (35 - 55 gr/l) dan larutan kapur tohor (0,6 – 1,0 gr/l) ke dalam toples penguji dan dilakukan pengadukan menggunakan alat Jart-Test (Gambar 1).

Pada pengujian selanjutnya dilakukan pengenceran dengan air sungai dengan kadar *fly ash* dan kapur tohor yang optimum dari penelitian sebelumnya. Pengujian dibatasi menjadi 30 menit karena berdasarkan penelitian terdahulu yang cenderung menunjukkan kestabilan setelah lebih dari 30 menit pengadukan [11]. Tahapan pengujian pengenceran ini dapat dilihat pada gambar 2.

Pengujian hasil kandungan logam Fe dan Mn dilakukan dengan menggunakan alat Spectrofotometer Portable Hach DR 2800. Penambahan reagen kimia *FerroVer Iron* digunakan untuk pengujian kandungan logam Fe dan reagen kimia *citrate mangan* dan *sodium peridote* untuk kandungan logam Mn.



Gambar 1. Bagan Alir Penelitian Pencampuran Secara langsung



Gambar 2. Bagan Alir Penelitian Pengenceran

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1 Pengaruh *fly ash* terhadap kualitas air asam tambang

Hasil penelitian menunjukkan bahwa pencampuran antara sample air asam tambang dengan *fly ash* dapat meningkatkan pH air asam tambang tersebut, Air asam tambang yang semula memiliki pH 4,25 meningkat menjadi rata-rata memiliki pH 6,0. Hal ini terjadi ketika pencampuran dilakukan selama 80 menit.

Gambar 3 menunjukkan grafik hasil kenaikan pH setelah dilakukan pencampuran langsung.

Hasil yang paling optimum didapat ketika air asam tambang dicampurkan dengan 55gr/l *fly ash*, dimana kandungan logam Fe turun dari 0,63 mg/l menjadi sebesar 0,28 mg/l. Demikian juga kandungan logam Mn. Kandungan logam Mn yang semula sebesar 11,5 mg/l menjadi sebesar 4,5 mg/l (table 1.).

Untuk mengetahui kadar konsentrat *fly ash* yang telah dilakukan pencampuran, digunakan rumus pengenceran:

$$M_1 = V_2 \cdot M_2 \quad (2)$$

Dimana :

$V_1$  = volume awal

$M_1$  = gram awal

$V_2$  = volume akhir

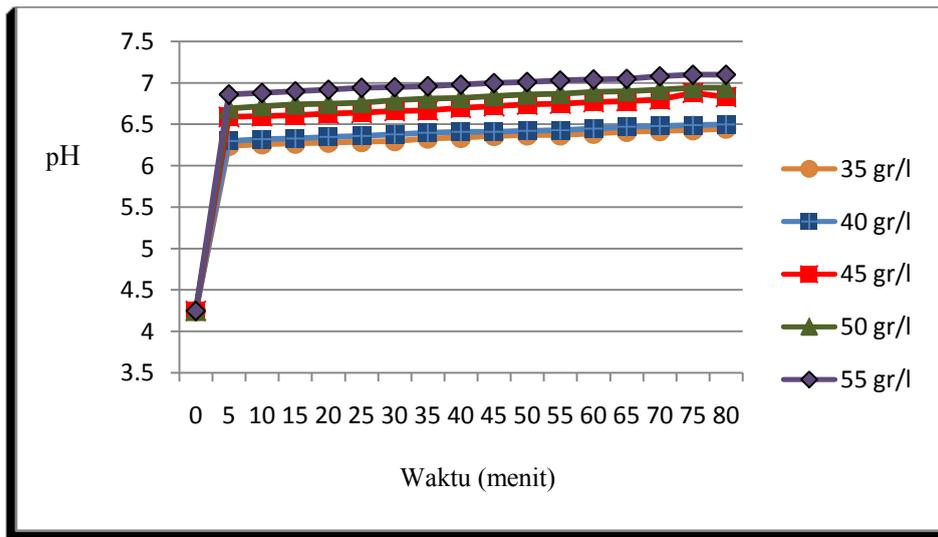
$M_2$  = gram akhir

Pada penelitian ini, volume awal yang digunakan adalah sebanyak 1000 ml dan volume akhir setelah pengenceran adalah sebanyak 2000 ml. Berat *fly ash* yang digunakan sebelum pengenceran adalah sebesar 55 gr, sehingga berat atau kadar *fly ash* setelah dilakukan pengenceran adalah sebagai berikut :

$$1000 \text{ ml} \cdot 55 \text{ gr} = 2000 \text{ ml} \cdot M_2$$

$$M_2 = \frac{55.000 \text{ gr/ml}}{2000 \text{ ml}}$$

$$M_2 = 27,5 \text{ gr}$$



Gambar 3. Grafik Hubungan pH Pencampuran Larutan *Fly Ash* Terhadap Waktu Kontak

**Tabel 1. Hasil Analisa Logam Fe dan Mn Pencampuran *fly ash*.**

No	Kadar (gr/l)	Logam (mg/l)	
		Fe	Mn
1	35	0,27	6
2	40	0,27	5,8
3	45	0,28	5,5
4	50	0,28	5
5	55	0,28	4,5

Berdasarkan perhitungan tersebut maka dapat diketahui bahwa setelah dilakukan pengenceran, terdapat penurunan berat *fly ash* menjadi 27,5 gr pada campuran air asam dan air sungai (Tabel 2). Berat *fly ash* mengalami penurunan dari sebelumnya 55 gr *fly ash* karena kadar sebelumnya tidak dicampur dengan air sungai dengan pH 6,55 yang dapat membantu *fly ash* menaikkan pH air asam dan menurunkan jumlah abu yang harus direaksikan (Gambar 4).

Hasil penelitian ini juga menunjukkan bahwa setelah dilakukan pengenceran kandungan logam Fe mengalami penurunan dari 0,81 mg/l menjadi 0,44 mg/l dan logam Mn dari 10,2 mg/l menjadi 5,2 mg/l setelah dilakukan pencampuran dengan air sungai dengan pH 6,55. Tabel 2 menunjukkan analisa logam Fe dan Mn pencampuran kadar 1000 ml dari 55 gr/l *Fly Ash*

Analisa laju penurunan logam dihitung dengan rumus pers. (1) :

Dimana :

E = Persen penurunan (%)

C<sub>0</sub> = Kadar besi (Fe) dan Mangan (Mn) sebelum (mg/L)

C<sub>e</sub> = Kadar besi (Fe) dan Mangan (Mn) sesudah (mg/L)

Berdasarkan hasil uji analisa maka Laju Penurunan Logam Fe adalah sebagai berikut :

C<sub>0</sub> = 0,81 mg/l

C<sub>e</sub> = 0,44 mg/l

$$E = \frac{0,81-0,44}{0,81} \times 100 \% = 45,65 \%$$

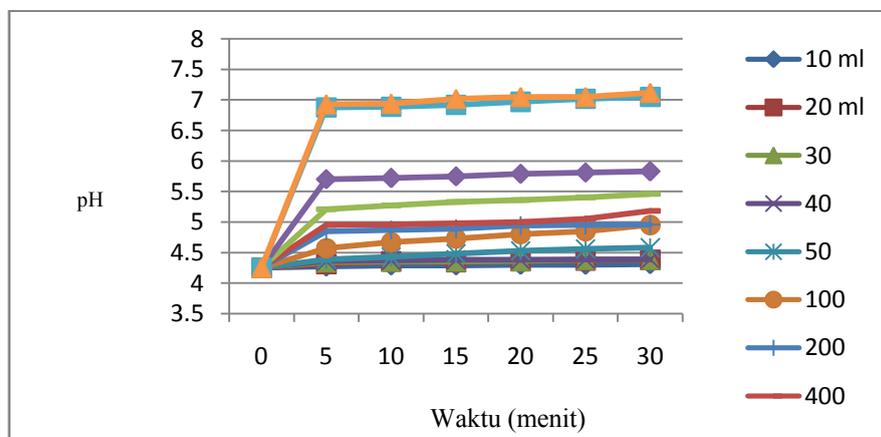
Berdasarkan hasil uji analisis maka Laju Penurunan Logam Mn adalah sebagai berikut:

C<sub>0</sub> = 10,2 mg/l

C<sub>e</sub> = 5,2 mg/l

$$E = \frac{10,2-5,2}{10,2} \times 100 \% = 49,01 \%$$

Dari perhitungan diatas laju penurunan kandungan logam Fe dan Mn menunjukkan hasil sebesar 45,65 % untuk logam Fe dan 49,65 % untuk logam Mn.

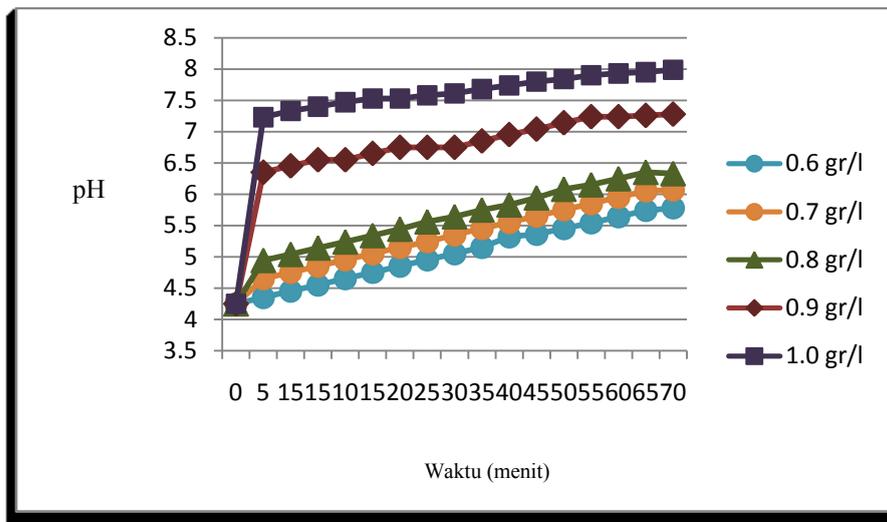


**Gambar 4. Grafik Kenaikan pH *Fly Ash* Terhadap Waktu Kontak Pada Konsentrasi 55gr/l**

**Tabel 2. Hasil Analisa Logam Fe Dan Mn Pencampuran Kadar 1000 ml dari 55 gr/l Fly Ash**

No	Kadar	Logam (mg/l)	
		Fe	Mn
1	0 (tanpa pencampuran)	0,81	10,2
2	27,59 gr/l	0,44	5,2
<b>Baku mutu Pergub No. 18</b>		<b>7</b>	<b>4</b>

3.2. Pengaruh Kapur Tohor Terhadap Kualitas Air Asam Tambang



**Gambar 5. Hubungan pH Larutan Kapur Tohor Terhadap Waktu Kontak**

**Tabel 3. Hasil Analisa Logam Fe dan Mn Pencampuran Kapur Tohor.**

No	Kadar (gr/l)	Logam (mg/l)	
		Fe	Mn
1	0 (tanpa pencampuran)	0,62	9,78
2	0,6	0,51	7,57
3	0,7	0,51	7,52
4	0,8	0,52	7,52
5	0,9	0,52	7,49
6	1,0	0,52	5,97
<b>Baku mutu Pergub No. 18</b>		<b>7,00</b>	<b>4,00</b>

Pengujian dilakukan dengan cara mencampurkan langsung 1 Liter air asam tambang dengan kapur (0,6-1,0 gr) ke dalam toples penguji dan dilakukan pengadukan menggunakan alat Jart-Test. Hasil penelitian menunjukkan bahwa terjadi perubahan pH air asam tambang yang cukup signifikan, dimana yang semula memiliki pH 4,25 naik menjadi rata-rata pH 8. Kenaikan pH yang cukup signifikan ini terjadi hingga waktu kontak selama 75 menit. Waktu kontak diatas 80 menit terlihat tidak menunjukkan hasil yang signifikan terhadap kenaikan pH (Gambar 5).

Hasil analisis logam Fe dan Mn yang terkandung pada campuran kapur tohor dan air asam tambang dapat dilihat pada tabel 3. Hasil ini menunjukkan bahwa pencampuran kapur dan air asam sebesar 1,0 gr/l memiliki kandungan logam Fe sebesar 0,52 mg/l dan kandungan logam Mn sebesar 5,97 mg/l . Hal ini menunjukkan bahwa walaupun kapur tohor dapat menaikkan pH, akan tetapi pencampuran kapur tohor dan air asam tambang ini tidak terlalu berpengaruh signifikan terhadap penurunan kandungan logam Fe.

Berikut hasil pencampuran dari 1000 ml air sungai dengan kadar kapur tohor 1 gr/l yang telah diencerkan kedalam 1000 ml air asam tambang. Pengujian dibatasi menjadi 30 menit untuk satu seri pengujian setelah melihat penelitian sebelumnya yang cenderung menunjukkan kestabilan setelah lebih dari 30 menit pengadukan [WM. Gitari et.al (2010)]. (Gambar 6).

Untuk mengetahui kadar konsentrat kapur tohor yang telah dilakukan pencampuran, digunakan rumus pers. (2) :

Dimana :

- $V_1$  = volume awal
- $M_1$  = gram awal
- $V_2$  = volume akhir
- $M_2$  = gram akhir

Pada penelitian ini, volume awal yang digunakan adalah sebanyak 1000 ml dan volume akhir setelah pengenceran adalah sebanyak 2000 ml. Berat kapur tohor yang digunakan sebelum pengenceran adalah sebesar 1,0 gr, sehingga berat atau kadar kapur tohor setelah dilakukan pengenceran adalah sebagai berikut :

$$1000 \text{ ml} \cdot (1,0) \text{ gr} = 2000 \text{ ml} \cdot M_2$$

$$M_2 = \frac{1000 \text{ gr/ml}}{2000 \text{ ml}}$$

$$M_2 = 0,5 \text{ gr}$$

Berdasarkan perhitungan tersebut maka dapat diketahui bahwa setelah dilakukan pengenceran, terdapat penurunan berat kapur tohor menjadi 0,5 gr pada campuran air asam dan air sungai. Kadar mengalami penurunan dari sebelumnya 1,0 gr/l kapur tohor karena kadar sebelumnya tidak dicampur dengan air sungai dengan pH 6,55 yang dapat membantu kapur tohor menaikkan pH air asam dan menurunkan jumlah abu yang harus direaksikan (Gambar 6).

Analisa laju penurunan logam dihitung dengan rumus pers. (1), dimana :

$E$  = Persen penurunan (%)

$C_0$  = Kadar besi (Fe) dan Mangan (Mn) sebelum (mg/L)

$C_e$  = Kadar besi (Fe) dan Mangan (Mn) sesudah (mg/L)

Berdasarkan hasil uji analisa maka Laju Penurunan Logam Fe adalah sebagai berikut :

$C_0 = 0,81 \text{ mg/l}$

$C_e = 0,39 \text{ mg/l}$

$$E = \frac{0,81-0,39}{0,81} \times 100 \% = 51,85 \%$$

Berdasarkan hasil uji analisa maka Laju Penurunan Logam Mn adalah sebagai berikut :

$C_0 = 10,2 \text{ mg/l}$

$C_e = 3,82 \text{ mg/l}$

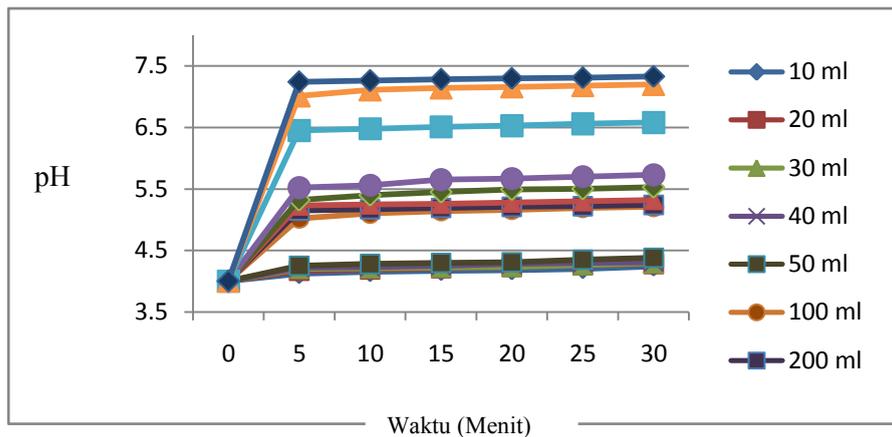
$$E = \frac{10,2-3,3}{10,2} \times 100 \% = 62,54 \%$$

Dari perhitungan diatas laju penurunan kandungan logam Fe dan Mn menunjukkan hasil sebesar 51,85 % untuk logam Fe dan 62,54 % untuk logam Mn.

Kandungan logam Fe mengalami penurunan dari 0,81 mg/l menjadi 0,39 mg/l dan kandungan logam Mn dari 10,2 mg/l menjadi 3,82 mg/l setelah dilakukan pencampuran menggunakan air sungai dengan pH 6,55.

**Tabel 4. Hasil Analisa Logam Fe Dan Mn Pencampuran Kadar 1000 ml dari 1,0 gr/l Kapur Tohor**

No	Kadar	Logam (mg/l)	
		Fe	Mn
1	0 (tanpa pencampuran)	0,81	10,2
2	0,5 gr/l	0,39	3,82
Baku mutu Pergub No. 18		7	4



**Gambar 6. Grafik Kenaikan pH Kapur Tohor Terhadap Waktu Kontak Pada Konsentrasi 1,0 gr/l**

#### 4. KESIMPULAN

Dari penelitian dilapangan, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Hasil analisis perubahan pH larutan penggunaan *fly ash* dari pH 4,25 menjadi pH 7, dengan laju penurunan logam Fe dari 0,81 mg/l menjadi 0,44 mg/l dan laju penurunan untuk logam Mn dari 10,2 mg/l menjadi 5,2 mg/l.
2. Hasil analisis perubahan pH larutan penggunaan kapur tohor dari pH 4,25 menjadi pH 7, dengan laju penurunan logam Fe dari 0,81 mg/l menjadi 0,39 mg/l dan laju penurunan untuk logam Mn dari 10,2 mg/l menjadi 3,82 mg/l.
3. Besarnya penggunaan *fly ash* untuk penetral air asam tambang sebesar 55 gr/l dan penggunaan kapur tohor sebesar 1,0 gr/l untuk pH rata-rata 7. *Fly ash* memiliki efektifitas penurunan logam Fe sebesar 45,65% dan penurunan logam Mn sebesar 49,01 %. Penurunan logam Fe penggunaan kapur tohor sebesar 51,85 % dan penurunan logam Mn sebesar 62,54 %.
4. *Fly ash* memiliki efektifitas penurunan logam Fe sebesar 45,65% dan penurunan logam Mn sebesar 49,01 %. Penurunan logam Fe penggunaan kapur tohor sebesar 51,85 % dan penurunan logam Mn sebesar 62,54 %. Dari penelitian ini kapur tohor lebih optimal untuk menaikkan pH dan kandungan logam Fe dan Mn.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Anonim. (2011). *Evaluasi Air Asam Tambang Pada Lahan Bekas Tambang Yang Ditinggalkan*. Jakarta: PPTP.
- [2] Fatmawati. (2009). *Pengolahan Air Asam Tambang dengan Metode Passive Treatment*. (<http://id.scribd.com/doc/88861737/56292733-Air-Asam-Tambang>), diakses januari 2014.
- [3] Rudi Sayoga. 2012. Pengelolaan Air Asam Tambang. *Jurnal Indonesian Network for Acid Drainage*. Hal 3.
- [4] Arifin B. (2009). Penggunaan Abu Batubara PLTU MPANAI Sebagai Bahan Stabilisasi Tanah Lempung. *Jurnal SMARTek, Vol 7*.
- [5] Hilda Zulkifli. (2009). Pemanfaatan Limbah Padat (*fly ash*) Untuk Mencegah Pencemaran Mikrobiologis dan Kimia Sampah Kota Pada Ekosistem Rawa. *Jurnal BIOSFERA a Scientist*.
- [6] Nurisman, Enggal et.al. (2012). Studi Terhadap Dosis Penggunaan Kapur Tohor (CaO) Pada Proses Pengolahan Air Asam Tambang Pada Kolam Pengendap Lumpur Tambang Air Laya pt. Bukit Asam (Persero), tbk. *Jurnal Teknik Patra Akademika*. Politeknik Akamigas Palembang, diakses Desember 2014.
- [7] Heynes. (2009). *Acid Mine Drainage Treatment System: Chemicals and Cost*. Green Lands.
- [8] Faulkner, B. (1990). *Handbook For Use of Ammonia in Treating Mine Waters*. West Virginia: West Virginia Mining and Reclamation Association, Charleston.
- [9] Jeffrey J Skousen et.al. (2000). *Acid Mine Drainage Control and Treatment*. Reclamation of Drastically Disturbed Lands : American Society of Agronomy and American Society for Surface Mining and Reclamation.
- [10] Anonim. (1973). *Physical Chemical Wastewater Treatment Plant Design, U.S. Environmental Protection Agency*. Technology Transfer Seminar Publication. Hal 7.
- [11] W.M. Gitari et.al.(2010). *Partitioning of major and trace inorganic contaminants in fly ash acid mine drainage derived solid residues*. : Int. J. Environ. Sci. Tech.