

## Analisis Kandungan *Fly Ash* Sebagai Alternatif Bahan Penetral Dalam Penanggulangan Air Asam Tambang

Mohammad Salman Said<sup>1\*</sup>, Sitti Ratmi Nurhawaisyah<sup>1</sup>, Muhammad Idris Juradi<sup>1</sup>,  
Nur Asmiani<sup>1</sup>, Ginting Jalu Kusuma<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Jurusan Teknik Pertambangan Universitas Muslim Indonesia

<sup>2</sup>Institut Teknologi Bandung

\*said.salman@umi.ac.id

### SARI

Air asam tambang (AAT) merupakan dampak lingkungan penting dari kegiatan pertambangan, baik tambang bijih maupun tambang batubara yang teroksidasi dengan mineral sulfida. Isu ini menjadi semakin penting apabila penanganan AAT tidak dilakukan dengan baik maka akan menjadi beban pada masa pascatambang. Material yang digunakan dalam proses pengolahan air asam tambang adalah bahan yang memiliki alkalinitas seperti batugamping namun *fly ash* atau abu sisa pembakaran batubara berpotensi memiliki kadar alkalinitas dan selama ini hanya dianggap sebagai limbah B3 karena bisa menjadi kontaminan pencemar, maka dari itu dilakukan penelitian untuk mengkaji lebih dalam mengenai potensi pemanfaatan *fly ash* sebagai bahan penetral. Pada penelitian ini *fly ash* digunakan sebagai bahan utama, studi ini bertujuan untuk melakukan analisis kandungan *fly ash* untuk proses penetralan air asam tambang dan untuk mengkaji karakteristik dari *fly ash* berkaitan dengan kandungannya. Percobaan ini menganalisis kandungan *fly ash* dengan beberapa pengujian yaitu uji sifat fisik (distribusi ukuran partikel, SEM-EDS) dan pengujian sifat kimia (XRF, XRD, uji statik). Hasil penelitian ini menunjukkan *fly ash* dapat dijadikan salah satu alternatif bahan penetral asam karena memiliki nilai ANC yang tinggi 337,88 kgH<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>/ton dan kandungan total sulfur yang rendah 0,37%. Nilai pH paste dan NAG pH menunjukkan bahwa *fly ash* sangat reaktif dan ukuran butir *fly ash* yang kecil menunjukkan bahwa semakin kecil ukuran butir, maka semakin besar luas permukaan sampel untuk kontak dengan AAT. Hal ini menyebabkan sampel *fly ash* semakin reaktif atau sangat mudah bereaksi dengan AAT yang digunakan dalam proses penetralan. Dari hasil pengujian mineral dan unsur dengan keterdapatannya kandungan aluminium oksida, *gypsum* dan mineral yang mengandung kapur diindikasikan *fly ash* memiliki sifat alkalinitas.

**Kata kunci:** Air Asam Tambang; *Fly ash*; Alkalinitas.

**How to Cite:** Said, M.S., Nurhawaisyah, S.R., Juradi, M.I., Asmiani, N., Kusuma, G.J., 2019. Analisis Kandungan Fly Ash Sebagai Alternatif Bahan Penetral Dalam Penanggulangan Air Asam Tambang. *Jurnal Geomine*, 7(3): 163-170.

---

**Published By:**

Fakultas Teknologi Industri  
Universitas Muslim Indonesia

**Address:**

Jl. Urip Sumoharjo Km. 05  
Makassar, Sulawesi Selatan

**Email:**

[geomine@umi.ac.id](mailto:geomine@umi.ac.id)

**Article History:**

Submite 24 November 2019  
Received in from 26 November 2019  
Accepted 30 Desember 2019

**Lisensec By:**

[Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License.](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)



### ABSTRACT

*Acid Mine Drainage (AMD) is an important environmental impact of mining activities, both ore and coal mines which are oxidized with sulfide minerals. This issue becomes even more important if the handling of acid mine drainage is not carried out properly then it will become a burden during the post-mining period. Materials used in the processing of acid mine drainage are materials that have alkalinity such as limestone but fly ash or coal combustion ash has the potential to have alkalinity levels and so far has only been considered a B3 waste because it can be a contaminant, therefore research is conducted to assess more deeply about the potential use of fly ash as a neutralizing material. In this study, fly ash is used as the main ingredient, this study aims to analyze the content of fly ash for the process of neutralizing acid mine drainage and to assess the characteristics of fly ash related to its contents. This experiment analyzes the content of fly ash with several tests, namely physical tests (particle size distribution, SEM-EDS) and chemical tests (XRF, XRD, static test). The results of this study indicate that fly ash can be used as an alternative acid neutralizing agent because it has a high ANC value of 337.88 kgH<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>/ton and a low total sulfur content of 0.37%. The value of pH paste and NAG pH shows that fly ash is very reactive and small fly ash grain size indicates that the smaller the grain size, the greater the surface area of the sample for contact with acid mine drainage. This causes the fly ash sample to be more reactive or very easy to react with acid mine water used in the neutralization process. From the results of testing minerals and elements with a content of aluminum oxide, gypsum and minerals containing lime, it is indicated that fly ash has alkalinity.*

**Keyword:** Acid Mine Drainage; Fly ash; Alkalinity.

### PENDAHULUAN

Air asam tambang (AAT) merupakan dampak lingkungan penting dari kegiatan pertambangan, baik tambang bijih maupun tambang batubara yang teroksidasi dengan mineral sulfida. AAT adalah air yang bersifat asam (tingkat keasaman yang tinggi dan sering ditandai dengan nilai pH yang rendah di bawah 5) sebagai hasil dari oksidasi mineral sulfida yang terpajan atau terdedah (*exposed*) di udara dengan kehadiran air (Gautama, 2012). Tiga komponen utama pembentuk AAT adalah mineral sulfida, udara dan air. Mineral sulfida banyak ditemukan baik pada tambang bijih maupun batubara. Kegiatan penggalian dan penimbunan menyebabkan terdedahnya mineral sulfida yang sebelumnya berada di bawah permukaan bertemu dengan air dan udara. Area penambangan merupakan area yang tidak bias terhindar dari potensi pembentukan AAT (Abfertiawan, 2010). Metode pencegahan merupakan metode yang paling efektif dalam penanggulangan potensi AAT (Kefeni, 2017). Banyak contoh AAT yang masih terbentuk sampai saat ini padahal tambang telah berakhir puluhan, ratusan bahkan ribuan tahun yang lalu (Gautama, 2014). Oleh karena itu perlu dilakukan pengolahan untuk memperoleh kualitas air yang lebih baik berdasarkan standar baku mutu lingkungan yang sesuai dengan Kepmen LH Nomor 113 Tahun 2003 tentang baku mutu air limbah dari kegiatan pertambangan batubara. Teknologi pengolahan AAT terbagi menjadi tiga cara yaitu teknologi pengolahan aktif (*active treatment*), teknologi pengolahan pasif (*passive treatment*) dan teknologi pengolahan in situ (*in situ treatment*) (Gautama, 2014). *Fly ash* adalah residu yang dihasilkan dari pembakaran (batubara) dan terdiri dari partikel-partikel halus dan berpotensi mempunyai kemampuan penetralan (Taylor, 2005). Kemampuan *fly ash* untuk menetralkan sangat tergantung pada komposisi penyusunnya. Kapasitas penghilangan kontaminan dari *fly ash* sangat bergantung pada kandungan CaO (Gitari, 2010). *Fly ash* mempunyai sifat alkalinitas. Pada penelitian ini *fly ash* sebagai bahan utama dan

dilakukan beberapa pengujian sifat fisik dan kimia untuk mengetahui dan menganalisis kandungan penetral yang terkandung pada *fly ash*. Penggunaan *fly ash* sebagai bahan penetral utama dalam pengolahan air asam tambang masih tergolong baru. Maka dari itu dilakukan penelitian ini untuk mengetahui tingkat alkalinitas dari *fly ash*.

## METODE PENELITIAN

*Fly ash* menjadi bahan utama pada penelitian ini. Penelitian ini dilakukan pada skala laboratorium bertempat di Lab. Lingkungan Pertambangan ITB Bandung, sampel *fly ash* diambil dari salah satu PLTU yang ada di Indonesia. Metode yang digunakan adalah melakukan beberapa pengujian pada sampel *fly ash* yang terdiri dari:

1. Uji distribusi ukuran partikel bertujuan untuk mengetahui karakteristik fisik dari sampel dan menganalisa komposisi ukuran butir dominan yang terdapat dalam sampel
2. Uji SEM-EDS (*Scanning Electrone Mircoscopy-Energy Dispersive X-ray Spectroscopy*) bertujuan untuk melihat morfologi butir dominan pada sampel
3. Uji statik bertujuan untuk mengkarakterisasi potensi pembentukan AAT
4. Analisis XRD (*X-ray Diffraction*) bertujuan untuk mengidentifikasi spesies-spesies mineral yang terkandung pada sampel *fly ash*
5. Analisis XRF (*X-Ray fluorescence*) bertujuan untuk mengidentifikasi unsur yang terdapat pada sampel

## HASIL PENELITIAN

### Analisis Sifat Fisik *Fly Ash*

Karakterisasi fisik dilakukan dengan cara melakukan pengayakan (*sieving*) baik dalam kondisi kering maupun basah untuk mengetahui distribusi ukuran butir. Distribusi ukuran butir ini berhubungan dengan karakterisasi fisik material dan luas permukaan butir yang akan mempengaruhi reaktivitas *fly ash* dalam proses penetralan AAT. Pengayakan telah dilakukan pada material *fly ash* dengan berat sampel 200 gram.

Tabel 1. Distribusi ukuran partikel

No	Ukuran (mm)	Mesh	Berat Sampel (gram)	Persentase Kumulasi Berat (%)	Persentase Lolos (%)
1.	4,76	+4#	16,52	8,26	91,75
2.	2,00	-4#+10#	34,40	25,46	74,54
3.	1,00	-10#+18#	30,65	40,79	59,22
4.	0,50	-18#+35#	28,00	54,79	45,22
5.	0,25	-35#+60#	10,09	59,83	40,17
6.	0,15	-60#+100#	6,70	63,18	36,82
7.	0,08	-100#+200#	3,10	64,73	35,27
<b>Persentase Lolos 200#</b>					<b>35,27</b>

Tabel 2. Komposisi Ukuran Butir

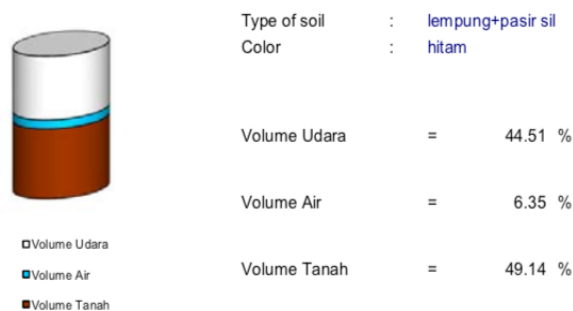
No	Ukuran Butir	Persentase (%)
1.	<i>Gravel</i> (batu)	30,48
2.	<i>Sand</i> (pasir)	35,81
3.	<i>Silt</i> (lanau)	32,48
4.	<i>Clay</i> (lempung)	1,24

Hasil pengujian distribusi ukuran butir terlihat komposisi antara ukuran *gravel*, *sand*, *silt* hampir merata dengan nilai komposisi antara 30-35% dan ukuran partikel *clay* hanya

berkisar 1,24%. Untuk memvalidasi pengujian awal maka dilakukan pengujian *Index Property* untuk sampel *fly ash* yang dilakukan di laboratorium Mekanika Tanah ITB.

Tabel 3. Hasil Uji *Index Property*

No	Pengujian	Total
1.	<i>Water Content</i> (%)	4,36
2.	<i>Wet Density</i> (t/m <sup>3</sup> )	1,52
3.	<i>Dry Density</i> (t/m <sup>3</sup> )	1,46
4.	<i>Specific Gravity</i>	2,96
5.	<i>Void Ratio</i> (e)	1,03
6.	<i>Porosity</i> (n)	0,51
7.	<i>Saturated Deg</i> (%)	12,48



Gambar 1. Persentase volume *fly ash*

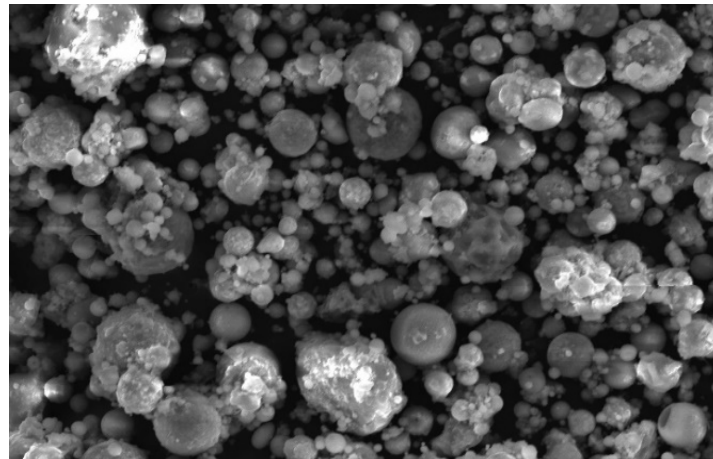
Pada sampel yang digunakan dalam pengujian, material yang lolos ayakan 75 $\mu$ m (*mesh* #200) adalah 35,27% dengan koefisien keseragaman (*Coefficient of Uniformity*, CU) adalah 67,804 dan koefisien gradasi (*Coefficient of Curvature*, Cz) adalah 0,068. Berdasarkan data diatas maka *fly ash* yang digunakan dalam pengujian ini tergolong pasir berlanau. Koefisien keseragaman yang tinggi menunjukkan bahwa material *fly ash* yang digunakan tidak seragam (memiliki karakteristik butir yang berbeda-beda) itu semua ditunjukkan dengan klasifikasinya yang memiliki 2 ukuran yang dominan yaitu pasir dan lanau. Sampel *fly ash* ini berkisar antara 0,028-2,65 mm. Diameter butir efektif direpresentasikan oleh D<sub>50</sub> (diameter butiran yang melewati persen kumulatif berat lolos 50% atau diameter butir rata-rata). Nilai D<sub>50</sub> adalah 0,65 mm dan masuk dalam kategori pasir medium. Selain itu, ukuran butir *fly ash* yang kecil menunjukkan bahwa semakin kecil ukuran butir, maka semakin besar luas permukaan sampel. Hal ini menyebabkan sampel *fly ash* semakin reaktif atau sangat mudah bereaksi dengan AAT. Porositas *fly ash* adalah 0,51 yang menunjukkan volume *fly ash* sangat rentan terisi oleh fluida. Nilai porositas dan ukuran butir *fly ash* menandakan bahwa *fly ash* memiliki rongga yang lebih banyak, sehingga material dapat bereaksi dan kontak dengan AAT.

#### Analisis SEM -EDS (*Scanning Electorne Microscopy – Energy Dispersive X-Ray Spectroscopy*)

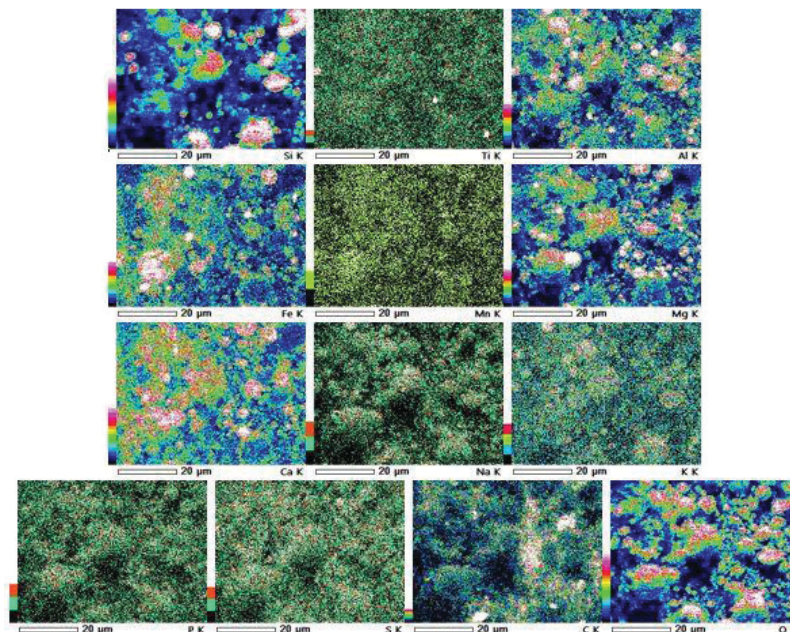
Hasil pengamatan morfologi ukuran butir CCP *Scanning Electron Microscopy* (SEM) menunjukkan bahwa material *fly ash* ukuran relatif lebih kecil dan memiliki bentuk dominan *sub-rounded*.

Uji SEM-EDS dilakukan pada sampel *fly ash* untuk melihat komposisi dan persebaran (*mapping*) elemen tertentu di dalam sampel. Elemen yang dilihat persebarannya adalah silikon (Si), titanium (Ti), aluminium (Al), besi (Fe), manganese (Mn), magnesium (Mg), kalsium (Ca), natrium (Na), kalium (K), sulfur (S), karbon (C), dan oksigen (O). Pada gambar hasil uji SEM-EDS *fly ash* (gambar 3) menunjukkan persebaran elemen silikon, aluminium dan oksigen yang merata sebagai komponen utama *fly ash*. Terdapat juga oksida besi dan oksida alkali yang terdapat di permukaan oksida silikon-aluminium berupa oksida kalsium dan magnesium serta

oksida kalium dan natrium dalam jumlah yang lebih kecil. Terdapat juga fraksi karbon yang belum terbakar. Oksida alkali ini mampu menetralkan AAT.



Gambar 2. Morfologi butir dengan uji SEM (1000x perbesaran)



Gambar 3. Hasil *mapping element* sampel *fly ash*

### Analisis Uji Statik

Uji statik telah dilakukan pada material *fly ash* untuk mengetahui potensi pembentukan asam dari sampel batuan. Uji statik yang dilakukan meliputi pH Pasta, *Single Addition NAG*-pH, total sulfur dan *Acid Neutralizing Capacity* (ANC). Dapat dilihat pada tabel 4.

Tabel 4. Hasil uji statik

Kode Sampel	pH Paste	NAG pH	NAG pH 4,5	NAG pH 7,0	TS %	MPA (kgH <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> /ton)	ANC (kgH <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> /ton)	NAPP (kgH <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> /ton)	Kategori
<i>Fly Ash</i>	9,92	9,40	6,39	0	0,37	11,33	337,88	-326	NAF

Hasil pengujian statik (tabel 4) pH paste pada sampel menunjukkan potensi penetralan yang terdapat pada sampel *fly ash*. Kandungan sulfur total didekati dari jumlah sulfur oksida yang dihasilkan (Gautama, 2014). Hasil uji memperlihatkan nilai pH paste yang tinggi yaitu 9,92. Ini menunjukkan tingkat reaktivitas sampel terhadap sampel, hal ini juga didukung oleh nilai ANC atau kapasitas penetralan asam yang terkandung pada sampel. Sampel *fly ash* memiliki nilai kapasitas penetralan asam yang sangat tinggi 337,88 kgH<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>/ton dan sampel *fly ash* memiliki total sulfur yang sangat rendah 0,37% yang mengindikasikan sumber keasaman yang cukup rendah maka dari itu sampel *fly ash* dikategorikan sebagai NAF (*Non-Acid Forming*) atau tidak berpotensi menimbulkan AAT.

#### Analisis Uji XRD (*X-Ray Diffraction*)

Analisis selanjutnya adalah analisis komposisi mineral pada *fly ash* dengan menggunakan pengujian XRD pada sampel *fly ash* untuk mengetahui komposisi penetral yang terkandung pada *fly ash*.

Tabel 5. Hasil uji XRD

No	Mineral	Persentase (%)
1.	Kuarsa	52,70
2.	Hematit	12,80
3.	Aluminium Oksida	12,30
4.	Gypsum	12,20
5.	Magnesit	10,00

Hasil uji XRD (tabel 5) menunjukkan bahwa mineral yang paling dominan adalah mineral kuarsa sekitar 52,7%, dan komposisi hematit, aluminium oksida, *gypsum* dan magnesit berkisar antara 10-13%.

#### Analisis Uji Unsur XRF (*X-ray Fluorescence*)

Hasil uji unsur XRF (tabel 6) menunjukkan bahwa material *fly ash* terdiri atas dominan (oksida) silika dan besi oksida, terdapat juga aluminium oksida dan oksida alkali/alkali tanah seperti kalsium, kalium natrium, magnesium (hal ini menguatkan hasil XRD).

Dari hasil uji XRF menunjukkan adanya kandungan Ca yang terdapat pada sampel *fly ash*, hal ini mengindikasikan adanya kandungan penetral pada *fly ash*. Kandungan Ca pada *fly ash* adalah sumber alkalinitas sebagai sumber penetral asam.

Tabel 5. Hasil uji XRF

No	Mineral	Persentase (%)
1.	SiO <sub>2</sub>	42,13
2.	TiO <sub>2</sub>	0,60
3.	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	9,91
4.	FeO	25,00
5.	MnO	0,40
6.	MgO	7,77
7.	CaO	11,50
8.	Na <sub>2</sub> O	0,50
9.	K <sub>2</sub> O	0,50
10.	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,00
11.	H <sub>2</sub> O	0,29
12.	SO <sub>3</sub>	1,50
13.	S	0,60
<b>Total</b>		<b>99,99</b>

## KESIMPULAN

Dari hasil penelitian ini *fly ash* dapat dijadikan salah satu alternatif bahan penetral asam karena memiliki nilai ANC yang tinggi 337,88 kgH<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>/ton dan kandungan total sulfur yang rendah 0,37%. Nilai pH paste dan NAG pH menunjukkan bahwa *fly ash* sangat reaktif dan ukuran butir *fly ash* yang kecil menunjukkan bahwa semakin kecil ukuran butir, maka semakin besar luas permukaan sampel untuk kontak dengan air asam tambang. Hal ini menyebabkan sampel *fly ash* semakin reaktif atau sangat mudah bereaksi dengan air asam tambang yang digunakan dalam proses penetralan. Dari hasil pengujian mineral dan unsur dengan keterdapatan kandungan aluminium oksida, *gypsum* dan mineral yang mengandung kapur diindikasikan *fly ash* memiliki sifat alkalinitas.

## PUSTAKA

- Abfertiawan, M.S. and Gautama, R.S., 2011. Acid Mine Drainage Management Using Catchment Area Approach (Doctoral dissertation, Thesis, June 2010, Bandung (in Bahasa Indonesia)).
- Gautama, R. S., Kusuma, G. J., Lestari, I., dan Anggana, R. P. (2010): Weathering Behavior of overburden-Coal ash Blending in relation to overburden Management for acid Mine drainage Prevention in Coal Surface Mine, *Prosiding International Mine Water Association 2010*, Mine Water and Innovative Thinking, Sydney, Editors, Wolkersdorfer & Freund, 417-420.
- Gautama, R. S. (2012): *Kursus Air Asam Tambang di Indonesia ke-4, Bandung 7-8 Februari 2012. Pelatihan Air Asam Tambang*, Kelompok Keahlian Teknik Pertambangan Fakultas Teknik Pertambangan dan Perminyakan Institut Teknologi Bandung, Bandung.
- Gautama, R. S. (2014): *Pembentukan, Pengenalan dan Pengelolaan Air Asam Tambang*, Penerbit ITB, Bandung, 1-5.
- Gautama, R. S. (2015): *Materi Kuliah Air Asam Tambang*, Program Studi Rekayasa Pertambangan. Fakultas Teknik Pertambangan dan Perminyakan Institut Teknologi Bandung, Bandung.
- Gitari, W.M., Petrik, L.F., Key, D.L. and Okujeni, C., 2010. Partitioning of major and trace inorganic contaminants in fly ash acid mine drainage derived solid residues. *International Journal of Environmental Science & Technology*, 7(3), pp.519-534.
- Kefeni, K.K., Msagati, T.A. and Mamba, B.B., 2017. Acid mine drainage: prevention, treatment options, and resource recovery: a review. *Journal of Cleaner Production*, 151, pp.475-493.

Taylor, J., Pape, S. and Murphy, N., 2005, August. A summary of passive and active treatment technologies for acid and metalliferous drainage (AMD). In Proceedings of the in Fifth Australian workshop on Acid Mine Drainage.