

Pengaruh Bahan Campuran *Fly Ash-Bottom Ash* Sebagai Pencegah Pembentukan Air Asam Tambang

Refal Krisna Azib¹, M. Candra Nugraha¹

1. Jurusan Teknik Lingkungan (Institut Teknologi Nasional Bandung)
Email: refalkrisnaazib@gmail.com

ABSTRAK

Air asam tambang (AAT) adalah air dengan pH rendah dan logam terlarut dalam air limpasan. AAT terbentuk dari tiga komponen yang kontak satu sama lain, yaitu batuan yang mengandung sulfur, air dan udara sehingga membentuk reaksi oksidasi sulfida yang menghasilkan asam dan logam terlarut. Untuk mencegah hal ini terjadi, upaya yang dapat dilakukan adalah penutupan (covering) batuan yang berpotensi asam atau Potential Acid Forming (PAF) dengan material tidak pembentuk asam atau Non Acid Forming (NAF). Hal ini ditujukan untuk menghalangi ketiga komponen kontak satu sama lain sehingga reaksi oksidasi sulfida diharapkan dapat dicegah. Material NAF yang dapat digunakan adalah Fly Ash (FA) dan Bottom Ash (BA) yang memiliki kandungan mineral bersifat alkali yang mampu menetralkan asam dan ukuran butiran halus yang mampu menghambat aliran air dan difusi oksigen ke lapisan material PAF. Naskah ini menjelaskan penelitian FDCL yang memiliki variasi pelapisan serta adanya aerasi pada lapisan PAF. Hasil yang diperoleh menunjukkan penggunaan material campuran Fly Ash-Bottom Ash (FABA) dapat meningkatkan nilai pH namun belum efektif, menurunkan TDS dan DHL. Analisis statistik inferensial juga digunakan dalam penelitian ini guna menganalisis pengaruh variasi pelapisan yang dilakukan terhadap nilai pH, TDS dan DHL.

Kata kunci: Air asam tambang, Fly ash-Bottom ash, pH, TDS, DHL.

ABSTRACT

Acid Mine Drainage (AMD) is water with a low pH and dissolved metals in runoff water. AAT is formed from three components that are in contact with each other, namely rocks containing sulfur, water and air to form a sulfide oxidation reaction that produces acids and dissolved metals. To prevent this, efforts that can be made are covering potentially acid rocks or Potential Acid Forming (PAF) with Non Acid Forming (NAF) materials. This is intended to prevent the three components from contacting each other so that the sulfide oxidation reaction is expected to be prevented. NAF materials that can be used are Fly Ash (FA) and Bottom Ash (BA) which have alkaline mineral content which is able to neutralize acids and the size of fine grains which can inhibit water flow and oxygen diffusion to the PAF material layer. This paper describes the FDCL study which has a variety of coatings and the presence of aeration in the PAF layer. The results obtained indicate that the use of a mixture of Fly Ash-Bottom Ash (FABA) can increase the pH value but is not yet

effective, reduce TDS and EC. Inferential statistic analysis was also used in this study to analyze the effect of coating variations on pH, TDS and EC values..

Keywords: *Acid mine drainage, Fly ash-Bottom ash, pH, TDS, EC.*

1. PENDAHULUAN

Air Asam tambang (AAT) atau Acid Mine Drainage (AMD) adalah air yang bersifat asam sebagai hasil dari oksidasi mineral sulfida yang terpapar di udara dengan adanya air. Terdapat tiga pelaku penting dalam pembentukan AAT, yaitu mineral sulfida sebagai sumber asam, oksigen sebagai pengubah senyawa sulfida menjadi ion-ion yang mudah larut dan air sebagai reaktan sekaligus yang melarutkan ion-ion hasil reaksi oksidasi serta sebagai media transport AAT ke lingkungan.

Dampak lingkungan oleh terbentuknya AAT adalah pencemaran air. Dalam industri pertambangan, AAT ini disebabkan oleh adanya resapan atau rembesan air permukaan ke batuan yang mengandung sulfida, serta oksidasi dari batuan yang terkupas pada lereng dinding tambang. Pencemaran air ini akan menjadi masalah serius bila tidak ditangani dengan baik. AAT yang bersifat asam dan korosif ini akan mengganggu ekosistem akuatik bila lingkungan perairan sudah tercemar.

Upaya pencegahan AAT yang dapat dilakukan adalah dengan menggunakan material penutup untuk menutup batuan yang mengandung mineral sulfida. Penutupan ini disebut juga dengan metode *dry cover* yang merupakan metode paling umum digunakan. Metode ini dilakukan dengan menempatkan material yang tidak membentuk asam atau *non-acid forming* (NAF) diatas batuan sulfida yang bersifat asam atau *potential acid forming* (PAF). Prinsipnya adalah dengan menghalangi ketiga komponen pembentuk AAT kontak satu sama lain dengan memberi lapisan material NAF sehingga meminimalkan potensi masuknya oksigen dan aliran air ke dalam lapisan PAF. Material yang digunakan sebagai NAF adalah *Fly ash* dan *Bottom ash*. Material ini memiliki sifat alkali yang berguna menetralkan asam dan ukuran butir yang halus sehingga diharapkan dapat menghambat aliran air ke dalam lapisan PAF.

Naskah ini dibuat dengan maksud mengetahui pengaruh penggunaan material campuran *fly ash-bottom ash* (FABA) sebagai NAF dalam *covering* yang dilakukan untuk mencegah pembentukan AAT. Injeksi oksigen digunakan untuk melihat kemampuan penetral dari FABA apakah masih efektif saat ada oksigen atau tidak. Pengaruh penggunaan material tersebut dapat dilihat dari kualitas air lindi yang dihasilkan pada uji FDCL ini. Kualitas air dilihat dari parameter pH, TDS dan DHL yang merupakan parameter utama dalam AAT.

2. METODOLOGI

2.1 Persiapan Sampel

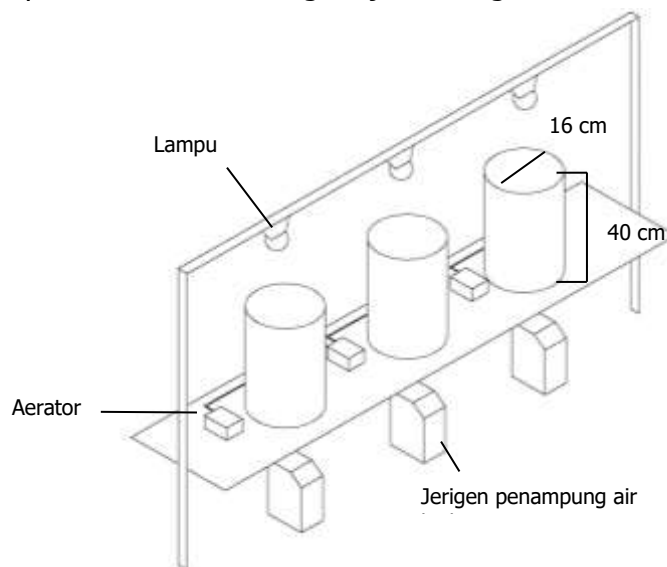
Dilakukan penggerusan batuan sulfida (pirit) dan diayak menggunakan ayakan 10 mesh (2 mm). Hal ini dilakukan agar permukaan material dapat terekspos dengan baik. Material bottom ash diayak menggunakan ayakan 200 mesh (75 μm). Fly ash tidak diayak sebab ukurannya yang halus berkisar < 75 μm . Pengayakan tiap material bertujuan agar memiliki ukuran butir yang seragam (homogen).

2.2 Pencampuran Fly Ash dengan Bottom Ash

Pencampuran dilakukan dengan perbandingan 1 : 1. Dimana untuk satu layer (10 cm) digunakan *Fly Ash* (FA) dan *Bottom Ash* (BA) masing - masing sebanyak $\frac{1}{2}$ layer (5 cm). Kemudian ditimbang untuk $\frac{1}{2}$ layer tersebut. Berdasarkan penimbangan, Fly Ash dibutuhkan sebanyak 684 gram dan *Bottom Ash* sebanyak 1318 gram. Sehingga untuk campuran Fly Ash-Bottom Ash (FABA) adalah 2002 gram.

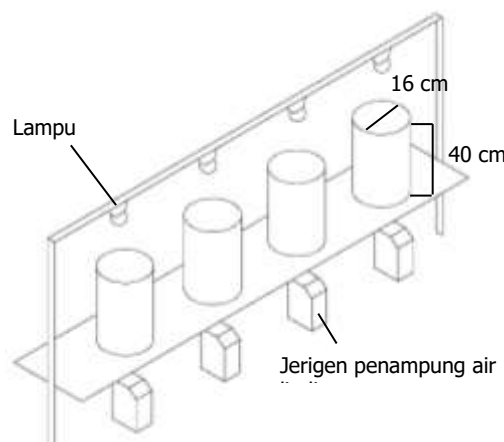
2.3 Uji *Free Draining Column Leach*

Percobaan dilakukan dalam skala laboratorium dengan menggunakan material NAF sebagai pencegah terbentuknya air asam tambang. Material NAF yang digunakan adalah *Fly Ash* dan *Bottom Ash*. Uji FDCL dirancang untuk mengalami kondisi siklus basah – kering secara harian. Siklus basah diawali dengan menyiramkan air destilasi ke permukaan sampel batuan kemudian air lindian akan ditampung pada tempat penampungan jerigen. Sampel dikondisikan terlebih dulu selama 16 jam sebelum air lindian diukur. Lampu (*warm light*) yang dipasang digunakan untuk memberikan kondisi panas sehingga sampel batuan mengalami siklus kering. Lampu dinyalakan selama 8 jam. Siklus kering diterapkan sehingga permukaan sampel dapat mencapai suhu (30-35)°C. Penyiraman dilakukan secara harian kecuali hari sabtu dan minggu selama 28 hari. Injeksi oksigen (aerasi) ke dalam lapisan sampel dilakukan sebagai bentuk modifikasi metode FDCL ini dengan tujuan mengetahui bagaimana pengaruh oksigen terhadap kualitas air lindian, apakah akan berpengaruh langsung atau tidak walau ada pelapisan NAF. Aerasi dilakukan pada saat siklus kering berjalan dengan alat aerator.



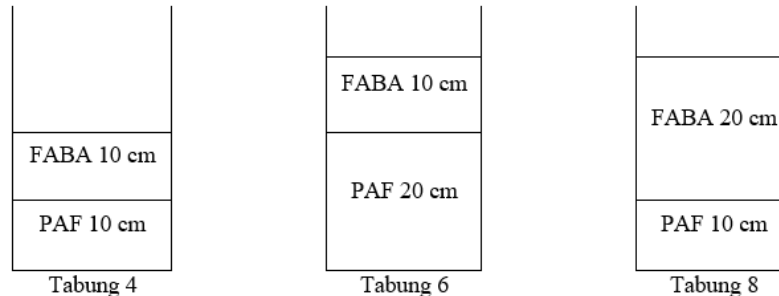
Gambar 1 Rancangan Tabung Uji Pelapisan FDCL

Reaktor uji FDCL dirancang berbentuk silinder dengan tinggi 40cm dan diameter 16cm. Pada dasar tabung diberi pembatas berbentuk piringan berlubang serta di bagian bawah tabung diberi lubang untuk pelindian dan injeksi oksigen untuk 3 tabung uji. Kemudian dipasang lampu diatas tabung percobaan serta alat aerator yang dihubungkan dengan lubang bagian bawah tabung. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada **Gambar 1** dan **Gambar 2**.

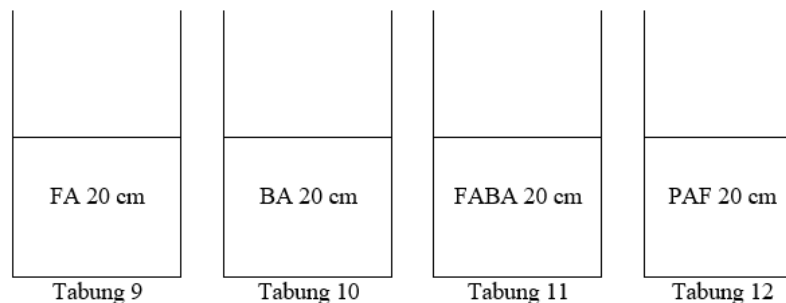


Gambar 2 Rancangan Tabung Uji Material Dasar FDCL

Terdapat 7 skenario tabung yang terdiri dari material NAF (*non acid forming*) dan material PAF (*potential acid forming*). Terdapat 3 tabung utama dengan susunan lapisan yang sama tapi ketebalannya berbeda, dan 4 tabung kontrol yang diisi hanya material dasar. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada **Gambar 3** dan **Gambar 4**.



Gambar 3 Skenario Tabung Uji Pelapisan



Gambar 4 Skenario Tabung Uji Material Dasar

2.4 Kebutuhan Penyiraman

Uji FDCL ini membutuhkan penyiraman dengan jumlah kebutuhan tertentu setiap skenarionya. Hal ini didasari oleh perbedaan jenis material dan susunan lapisan (layer) tiap skenario. Diasumsikan kebutuhan dasar tiap jenis material adalah 300 ml/kg akuades. Kebutuhan air dihitung dengan mengalikan kebutuhan dasar air akuades dengan total berat setiap tabung. Sebagai contoh tabung 4 = 300 ml/kg x 3949 kg = 1,18 L = 1,2 L. Kebutuhan air untuk masing-masing tabung dapat dilihat pada **Tabel 1**.

Tabel 1 Kebutuhan Penyiraman Tiap Tabung

Skenario	Kebutuhan Air Akuades (L)
Tabung 4	1,2
Tabung 6	1,8
Tabung 8	1,7
Tabung 9	0,8
Tabung 10	1,6
Tabung 11	1,2
Tabung 12	1,2

2.5 Analisis Data

Pada penelitian ini, hasil air lindian dianalisis secara kualitatif menggunakan analisis kimiawi berdasarkan parameter air seperti pH, TDS, DHL. Parameter tersebut merupakan parameter dasar dari air limbah tambang. Selain itu dilakukan juga analisis kualitas air lindian menggunakan pendekatan kuantitatif melalui analisis statistik inferensial dengan aplikasi IBM

SPSS V.20. Dalam penelitian ini data nilai pH, TDS dan DHL merupakan data bentuk populasi. Kemudian dari populasi data tersebut dilakukan uji varians / uji beda. Hal ini menguji hipotesis bahwa apakah ada perbedaan yang signifikan terhadap kualitas air dari perbedaan pelapisan ketiga tabung. Sehingga hipotesis tersebut dapat memperkuat analisis kualitatif secara kimawi. Statistik inferensial yang digunakan dalam penelitian ini adalah uji Kruskal-Wallis. Uji ini dipilih karena termasuk dalam statistik non parametrik sebab penyebaran data tidak berdistribusi normal dan homogen berdasarkan uji normalitas dan homogenitas (Sinaga dkk., 2019).

3. PEMBAHASAN

3.1 Analisis Mineralogi dengan XRD dan XRF

Uji *X-Ray Diffraction* (XRD) digunakan untuk menentukan komposisi mineral yang terkandung pada tiap sampel. Uji *X-Ray Fluorescence* (XRF) digunakan untuk mengetahui kuantitas mineral yang terkandung pada sampel. Rekapitulasi kandungan mineral pada tiap sampel dapat dilihat pada **Tabel 2**.

Tabel 2 Komposisi Mineral pada Tiap Sampel

Oksida/Unsur	FA	BA	PAF
Quartz (SiO_2)	37,6%	58,9%	58,5%
Periclase (MgO)	13,9%	8,11%	1,2%
Aluminium oksida (Al_2O_3)	8,97%	5,97%	22,2%
Ferri oksida (Fe_2O_3)	6,39%	5,55%	5,17%
Lime (CaO)	24,2%	19,4%	0,585%
SO_3	6,43%	0,904%	8,62%
Ca	34,5%	30%	1,14%
Si	27,9%	45,5%	52,6%
Mg	11,5%	6,92%	1,05%
S	4,64%	0,726%	8,52%
Fe	10,6%	10,1%	10,8%
Mn	0,345%	0,151%	0,058%
Al	7,09%	4,84%	18,5%

Sumber : Nugraha, dkk. 2020. *Characterization Study of Coal-Combustion Ash For Acid Mine Drainage Prevention*

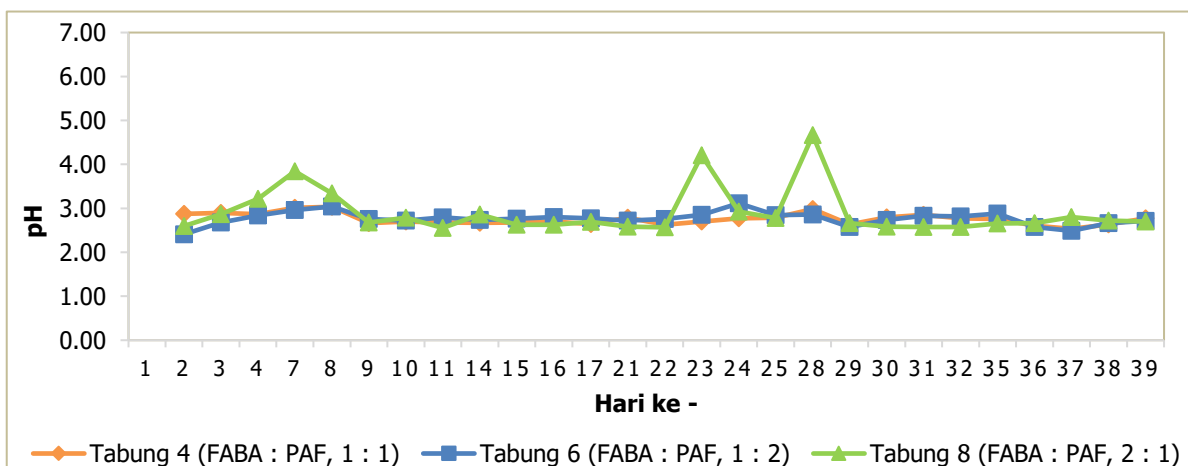
Berdasarkan hasil XRD dan XRF, material FA dan BA memiliki kandungan Ca yang tinggi. Ca berasal dari penambahan CaCO_3 dalam proses pembakaran batubara sebagai bentuk residu. Mineral ini berperan dalam proses netralisasi potensi asam dari PAF. Kandungan S pada material FA berhubungan dengan SO_3 yang terbentuk dari reaksi SO_2 dengan air di udara. Sedangkan pada material BA sedikit sekali ditemukan unsur S karena merupakan abu dasar. Pada material PAF kandungan S berhubungan dengan mineral pirit (FeS_2) dimana ini merupakan mineral utama dalam proses pembentukan air asam tambang. Kemudian pada material PAF, kandungan Al yang tinggi berasal dari mineral sekunder kaolinite $\text{Al}_2((\text{Si}_2\text{O}_5)(\text{OH})_4)$ dan gypsum (CaSO_4).

Dari bahasan XRD dan XRF, dapat diketahui bahwa material FA dan BA memiliki kandungan unsur Ca yang tinggi, dimana unsur Ca ini bersifat alkali yang tidak berpotensi membentuk asam atau Non Acid Forming (NAF). Kemudian material pirit mengandung unsur S yang tinggi dari ketiganya sehingga berpotensi membentuk asam atau Potential Acid Forming (PAF).

3.2 Analisis Kualitas Air Lindian

- pH

Hasil percobaan selama 28 hari, menunjukkan perubahan pH yang bervariasi dengan layering yang berbeda pula. Perubahan pH tersebut dibahas lebih lanjut sebagai berikut.

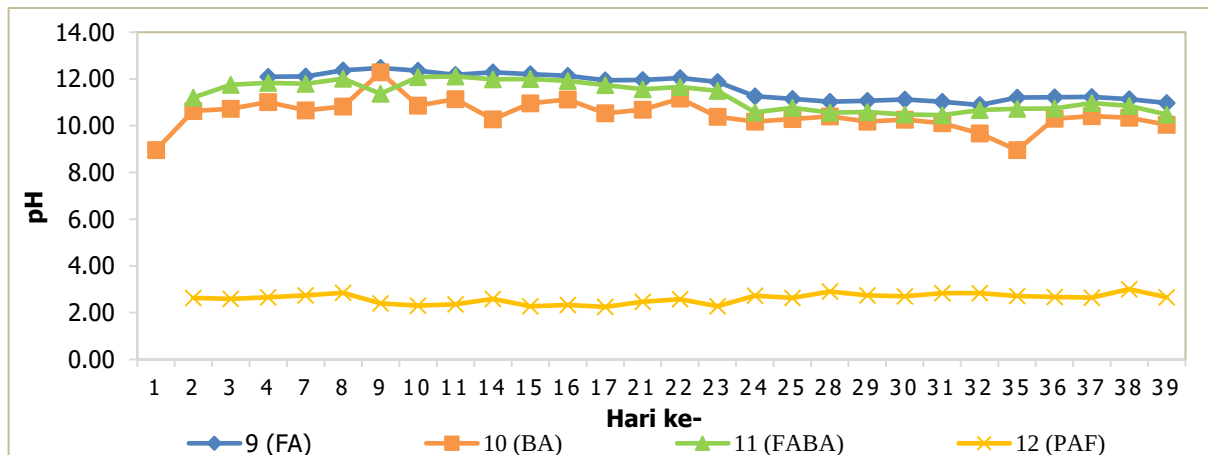


Gambar 5 Perubahan Nilai pH Tabung Uji Pelapisan

Ketebalan lapisan *fly ash-bottom ash* yang berbeda pada **Gambar 6** menunjukkan adanya perbedaan kualitas air yang dihasilkan. Nilai pH tabung 8 memiliki rata-rata pH paling tinggi dibandingkan keduanya yaitu sebesar 2,90. Sedangkan untuk tabung 6 nilai rata-rata pH sebesar 2,77 dan tabung 4 sebesar 2,76. Terlihat dari nilai pH yang ketiganya dibawah netral, hal ini disebabkan karena adanya oksigen yang diinjeksi kedalam lapisan materialnya pada ketiga tabung percobaan. Keberadaan oksigen berperan dalam pembentukan air asam tambang yang mana oksigen akan bereaksi dengan batuan pirit kemudian bereaksi dengan air membentuk asam.

Air akan merembes ke lapisan pertama yaitu FABA. Pada lapisan ini air tersebut bersifat alkali terlebih dulu. Ini dapat dilihat pada tabung kontrol (hanya berisi material dasar) dimana lapisan FABA pH nya bernilai >7, artinya bersifat alkali. Kemudian lapisan berikutnya (PAF) dengan injeksi oksigen ini akan menentukan nilai akhir pH air lindian, yang akhirnya bersifat asam. Hal ini berlaku pada ketiga tabung. Ketika lapisan FABA 20cm – PAF 10cm, maka air akan dipaksa merembes dan melalui pori-pori FABA lebih lama sehingga sebelum mencapai lapisan PAF air akan lebih bersifat alkali walau nilai pH tetap < 7. Saat FABA 10cm - PAF 20 cm, maka air akan merembes lebih lama pada lapisan ini dan bereaksi, sehingga air lindian akan lebih bersifat asam.

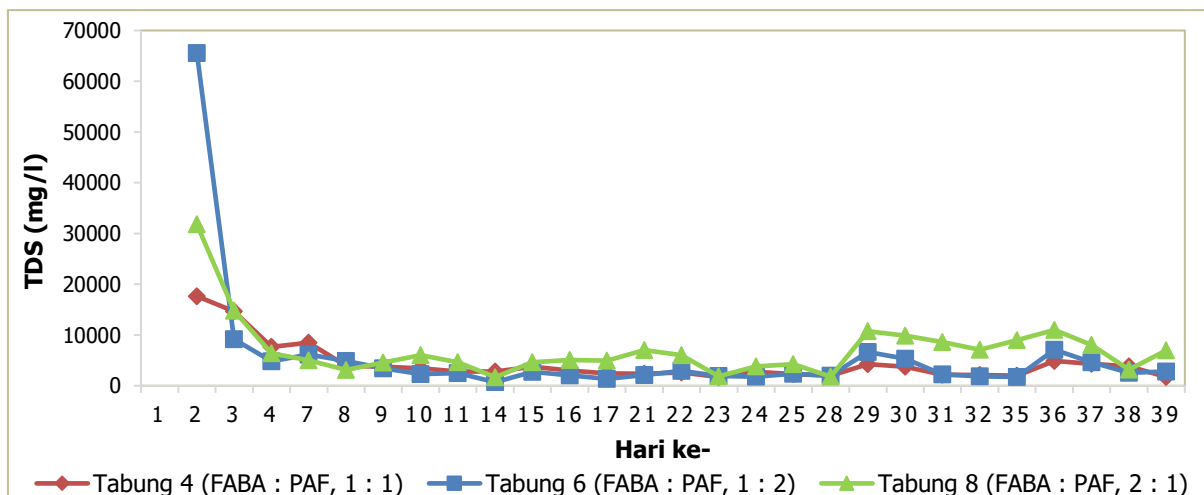
Bila ditinjau dari masing – masing material dasar seperti pada **Gambar 6**, material FA, BA, dan FABA memiliki rentang pH 8,0 – 14,0 (basa) dengan nilai rata – ratanya sebesar 11,65, 10,48 dan 11,27. Sedangkan untuk material PAF, memiliki kisaran pH pada 2,0 – 4,0 (asam) dengan nilai rata – ratanya 2,61. Ini menunjukkan bahwa FA, BA dan FABA berperan sebagai *Non Acid Forming* (NAF) dan batuan pirit berperan sebagai *Potential Acid Forming* (PAF).



Gambar 6 Perubahan Nilai pH Tabung Uji Material Dasar

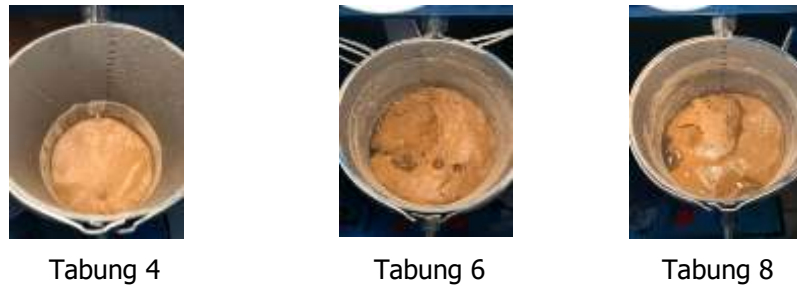
TDS

Hasil percobaan selama 28 hari, masing-masing tabung mengalami perubahan nilai TDS dengan layering yang bervariasi.



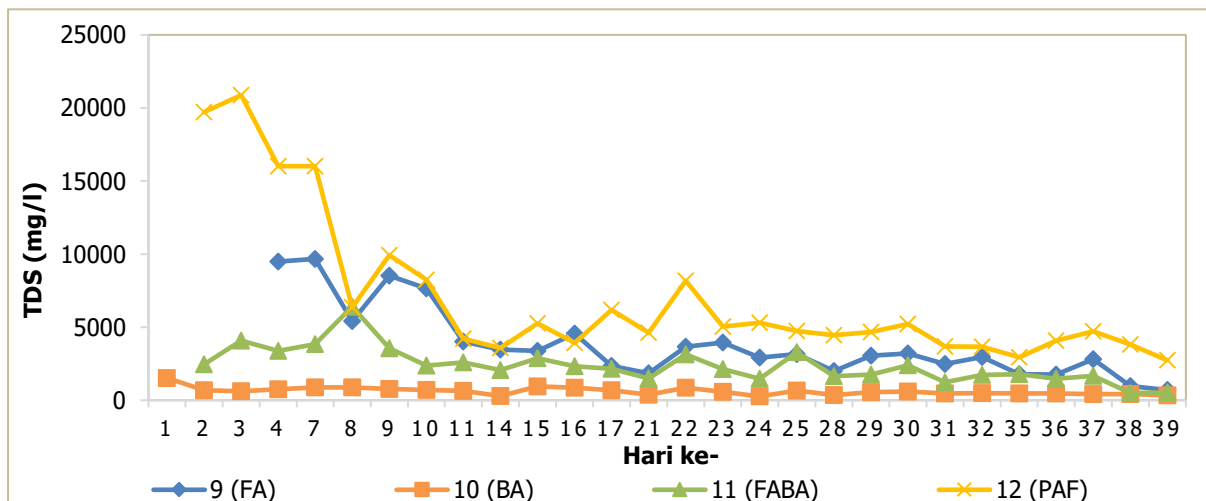
Gambar 7 Perubahan Nilai TDS Tabung Uji Pelapisan

Pada tabung 4 nilai rata-rata TDS sebesar 4337,80 mg/l, tabung 6 sebesar 5691,06 mg/l dan tabung 8 sebesar 7111,20 mg/l. Ketiganya memiliki nilai TDS yang sangat tinggi pada hari awal panen air lindian yaitu hari ke-2, kemudian hari berikutnya menurun secara signifikan. Air akan bereaksi dan melarutkan mineral-mineral dari material FABA dan PAF ini yang masih baru (*fresh*). Mineral-mineral yang terlarut ini khususnya adalah besi dan sulfida dari material batuan pirit ini. Batuan pirit ini (FeS_2) akan bereaksi dengan air (H_2O) dan oksigen (O_2) sehingga besi akan terlarut menjadi ion Ferri (Fe^{2+}) dan sulfida akan terlarut menjadi ion Sulfat (SO_4^{2-}). Pada hari ke-3 TDS semakin menurun hingga hari ke 4 – 6 lalu cenderung tetap kecil hari setelahnya. Rendahnya nilai TDS disebabkan adanya perubahan fisik yang menunjukkan adanya sampel yang jenuh dan rekahan seperti pada **Gambar 8**.



Gambar 8 Kondisi Fisik Tabung Uji Pelapisan

Adanya lubang kecil dan rekahan pada layer FABA ini menyebabkan air akan mengalir hanya pada bagian lubang tersebut, bagian lain sudah jenuh. Sehingga mineral yang terlarut kemungkinan hanya pada bagian berlubang saja dan pelarutan tidak merata semua bagian. Ini menimbulkan tingginya nilai TDS pada tabung 8, khususnya pada minggu terakhir, sebab material FABA yang lebih banyak terlarut.

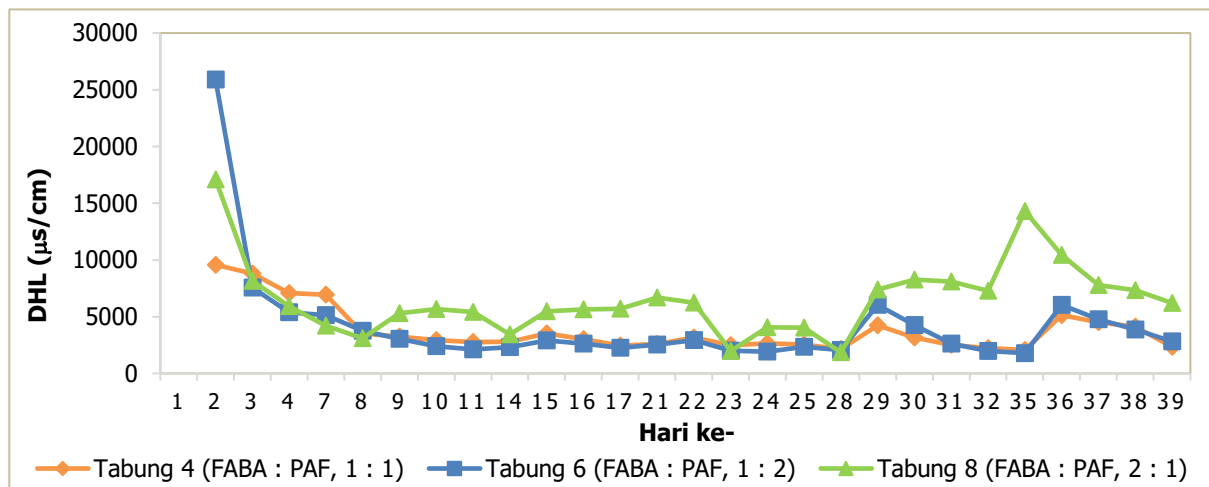


Gambar 9 Perubahan Nilai TDS Tabung Uji Material Dasar

Bila ditinjau dari masing – masing material dasar Nilai TDS yang paling rendah adalah material BA dengan rata – rata sebesar 925,84 mg/l. Nilai TDS tertinggi adalah material PAF dengan rata – rata sebesar 6969,36 mg/l. Lalu untuk FA dan FABA rata – rata TDS-nya sebesar 3831,30 mg/l dan 2382,07 mg/l. Tabung 12 (PAF) memiliki kandungan mineral sulfida (pirit) yang tinggi dibanding dengan ketiga material lainnya. Pirit merupakan mineral sumber utama dari besi dan bersifat paling reaktif. Artinya reaksi oksidasi mineral sulfida pada tabung 12 lebih tinggi dibanding lainnya sehingga pelarutan logam meningkat dan nilai TDS pun tinggi. Untuk material FA, BA dan FABA memiliki kandungan mineral sulfida yang lebih rendah. Kandungannya yang sebagian besar mengandung *clay* akan sedikit mengandung mineral sulfida sehingga reaksi oksidasi sulfida yang terjadi lebih kecil dibanding PAF.

• DHL

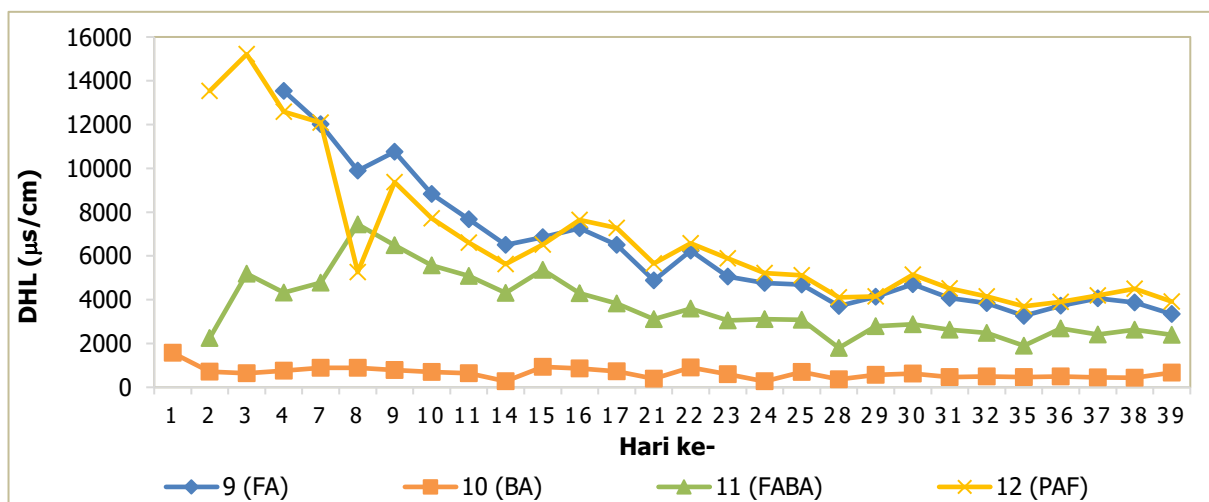
Hasil percobaan selama 28 hari, masing-masing tabung mengalami perubahan nilai DHL seperti yang dapat dilihat pada gambar.



Gambar 10 Perubahan Nilai DHL Tabung Uji Pelapisan

Pada tabung 4 nilai rata-rata DHL sebesar 3795 $\mu\text{S}/\text{cm}$, tabung 6 sebesar 4197 $\mu\text{S}/\text{cm}$ dan tabung 8 sebesar 6559 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Nilai DHL akan sebanding nilai TDS. Konsentrasi ion-ion terlarut akan sangat mempengaruhi nilai DHL, terutama ion Fe^{2+} , Mn^{2+} , Al^{2+} dan SO_4^{2-} . Pada hari pertama panen, air destilasi yang masih baru, akan merembes kedalam pori-pori lapisan pertama yaitu FABA dan berikutnya ke lapisan kedua yaitu PAF. Air yang masih baru ini, akan bereaksi dan melarutkan mineral-mineral dari material FABA dan PAF ini yang masih baru (*fresh*).

Rendahnya DHL pada hari ke-3 dan seterusnya disebabkan material yang jenuh dan perubahan fisik seperti pada **Gambar 8**, sehingga air siraman sudah mulai sulit untuk merembes masuk kedalam pori - pori material FABA dan PAF. Air lindian yang panen pun berkurang. Mineral yang ada di dalamnya pun sukar untuk bisa dilarutkan oleh air dan kondisi kering tidak terjadi. Konsentrasi ion-ion terlarut, khususnya logam akan mulai berkurang, Ketika lapisan FABA 20cm – PAF 10cm, maka bahan abu ini (*ash*) yang lebih banyak digunakan. Bahan FABA ini memiliki mineral yang beragam, sehingga banyak mineral yang terlarut membentuk ion-ion. Saat FABA 10cm – PAF 20cm, bahan yang lebih banyak digunakan adalah pirit yang tidak memiliki keberagaman mineral tinggi melainkan hanya terkonsentrasi pada salah satu mineral saja, sehingga bila dibandingkan dengan FABA yang lebih tebal lapisannya maka DHL akan lebih kecil.



Gambar 11 Perubahan Nilai DHL Tabung Uji Material Dasar

Gambar 11 menunjukkan material BA memiliki nilai DHL paling rendah dimana nilai DHL rata-ratanya sebesar 654,46 $\mu\text{S/cm}$. Kemudian material PAF memiliki nilai DHL paling tinggi dengan nilai rata-rata sebesar 6674,26 $\mu\text{S/cm}$. Lalu material FA dan FABA dengan nilai DHL rata – ratanya sebesar 6168,20 $\mu\text{S/cm}$ dan 3686,11 $\mu\text{S/cm}$. Tabung 12 (PAF) memiliki kandungan mineral sulfida (pirit) yang tinggi dibanding dengan ketiga material lainnya. Pirit merupakan mineral sumber utama dari besi dan berisfat paling reaktif. Artinya reaksi oksidasi mineral sulfida pada material PAF lebih tinggi dibanding lainnya sehingga pelarutan logam meningkat dan nilai DHL pun tinggi. Kandungan BA yang sebagian besar adalah *clay* akan sedikit mengandung mineral sulfida sehingga reaksi oksidasi sulfida dan pelarutan logam sedikit.

3.3 Analisis Secara Statistik

Dalam penelitian ini dilakukan juga analisis secara kuantitatif menggunakan statistik inferensial dengan batuan perangkat lunak IBM SPSS v.20. Hal yang jadi poin analisis ini adalah apakah perlakuan pelapisan ketiga tabung memiliki perbedaan yang signifikan terhadap kualitas air masing-masing parameter. Diketahui bahwa berdasarkan uji homogenitas dan normalitas data, data masing-masing parameter tidak homogen dan tidak bersitribusi normal sehingga uji ANOVA tidak dapat dilakukan. Alternatifnya adalah dengan menggunakan uji Kruskal-Wallis yang tidak mempersyaratkan homogenitas dan normalitas data. Dasar pengambilan kesimpulan metode Kruskal-Wallis adalah nilai *Asymp. Sig.* $> \alpha$ maka H_0 diterima dan bila *Asymp. Sig.* $< \alpha$ maka H_0 ditolak. Hipotesis yang digunakan adalah sebagai berikut.

H_0 : tidak terdapat perbedaan yang signifikan dari perbedaan perlakuan (pelapisan) ketiga tabung terhadap kualitas air.

H_1 : terdapat perbedaan yang signifikan dari perbedaan perlakuan (pelapisan) ketiga tabung terhadap kualitas air.

• pH

Hasil analisis Kruskal-Wallis menggunakan software IBM SPSS v.20 dengan galat sebesar 5 % adalah sebagai berikut.

Tabel 3 Hasil Uji Kruskal-Wallis pH

Ranks			
	Perbedaan Ketebalan Lapisan	N	Mean Rank
Kualitas Air (pH)	Tabung 4 (FABA : PAF = 1 : 1)	27	40.93
	Tabung 6 (FABA : PAF = 1 : 2)	27	44.11
	Tabung 8 (FABA : PAF = 2 : 1)	27	37.96
	Total	81	

Test Statistics ^{a,b}	
Kualitas Air (pH)	
Chi-Square	.924
df	2
Asymp. Sig.	.630

Sumber : Pengolahan Data, IBM SPSS 2020

Berdasarkan hasil uji Kruskal Wallis pada **Tabel 3**, diperoleh nilai *asymp. Sig.* $> \alpha$ atau 0,630 $> 0,05$, sehingga peluang terkecil dari pengujian hipotesis melebihi batas toleransi kesalahan penelitian (galat). Artinya H_0 diterima. Dapat dikatakan bahwa tidak terdapat perbedaan yang

signifikan dari perbedaan perlakuan (pelapisan) ketiga tabung terhadap kualitas pH. Hal ini dapat dilihat bahwa nilai pH masing-masing tabungnya yang saling mendekati pada rentang pH 2,5-3. Dapat disimpulkan bahwa bahan campuran *Fly Ash-Bottom Ash* (FABA) yang disusun dengan ketebalan FABA : PAF 1:1, 1:2, dan 2:1 belum efektif untuk meningkatkan kualitas air parameter pH.

- **TDS**

Tabel 4 Hasil Uji Kruskal-Wallis TDS

Ranks			
	Perbedaan Ketebalan Lapisan	N	Mean Rank
Kualitas Air (TDS)	Tabung 4 (FABA : PAF = 1 : 1)	27	36.13
	Tabung 6 (FABA : PAF = 1 : 2)	27	32.63
	Tabung 8 (FABA : PAF = 2 : 1)	27	54.24
	Total	81	

Test Statistics ^{a,b}	
Kualitas Air (TDS)	
Chi-Square	13.127
df	2
Asymp. Sig.	.001

Sumber : Pengolahan Data, IBM SPSS 2020

Berdasarkan hasil uji Kruskal Wallis pada **Tabel 4**, diperoleh nilai *asymp. Sig.* $< \alpha$ atau 0,001 $< 0,05$ sehingga peluang terkecil dari pengujian hipotesis kurang dari batas toleransi kesalahan penelitian (galat). Artinya H_0 ditolak. Dapat dikatakan bahwa terdapat perbedaan yang signifikan dari perbedaan perlakuan (pelapisan) ketiga tabung terhadap kualitas TDS. Hal ini dapat dilihat pada grafik nilai TDS masing-masing tabungnya yang beragam. Dapat dilihat dari nilai rata TDS masing-masing tabung yang berbeda jauh dengan nilai 4337,80 mg/l, 5691,06 mg/l, dan 7111,20 mg/l. Bahan FABA akan lebih banyak melarutkan padatan dan mineral-mineral dibandingkan bahan PAF sebab memiliki ukuran butir yang lebih halus sehingga lebih mudah terlarut. Dapat dikatakan bahwa bahan campuran FABA yang disusun dengan ketebalan FABA : PAF 1:1, 1:2, dan 2:1 memiliki pengaruh signifikan terhadap kualitas air parameter TDS.

- **DHL**

Tabel 5 Hasil Uji Kruskal-Wallis DHL

Ranks			
	Perbedaan Ketebalan Lapisan	N	Mean Rank
Kualitas Air (DHL)	Tabung 4 (FABA : PAF = 1 : 1)	27	35.04
	Tabung 6 (FABA : PAF = 1 : 2)	27	30.96
	Tabung 8 (FABA : PAF = 2 : 1)	27	57.00
	Total	81	

Test Statistics ^{a,b}	
Kualitas Air (DHL)	
Chi-Square	19.137
df	2
Asymp. Sig.	.000

Sumber : Pengolahan Data, IBM SPSS 2020

Hasil uji Kruskal Wallis pada **Tabel 5** menunjukkan nilai *asymp. Sig.* < α atau $0,000 < 0,05$ sehingga peluang terkecil dari pengujian hipotesis kurang dari batas toleransi kesalahan penelitian (galat). Artinya H_0 ditolak. Dapat dikatakan bahwa terdapat perbedaan yang signifikan dari perbedaan perlakuan (pelapisan) ketiga tabung terhadap kualitas DHL. Hal ini dapat dilihat pada grafik nilai DHL masing-masing tabungnya yang beragam. Dapat dilihat dari nilai rata TDS masing-masing tabung yang berbeda jauh dengan nilai 3795 $\mu\text{S/cm}$, 4197 $\mu\text{S/cm}$, dan 6559 $\mu\text{S/cm}$.

Bahan FABA akan lebih banyak melarutkan mineral-mineral yang membentuk ion terlarut dibandingkan bahan PAF, sebab FABA memiliki ukuran butir yang lebih halus sehingga lebih mudah terlarut membentuk ion-ion dan kaya akan mineral-mineral lain ketimbang bahan PAF. Oleh karena itu ketika bahan FABA digunakan lebih banyak (tabung 8) dari PAF, nilai DHL akan lebih tinggi dibandingkan bahan FABA yang sedikit seperti tabung 4 dan tabung 6. Dapat dikatakan bahwa bahan campuran *Fly Ash-Bottom Ash* (FABA) yang disusun dengan ketebalan bervariasi FABA : PAF 1:1, 1:2, dan 2:1 memiliki pengaruh signifikan terhadap kualitas air parameter DHL.

4. KESIMPULAN

Dari hasil pembahasan diatas, dari penelitian ini dapat ditarik beberapa poin penting yang menjadi simpulan ringkas sebagai berikut.

1. Bahan campuran *Fly Ash-Bottom Ash* (FABA) belum berpengaruh secara efektif untuk pencegahan pembentukan air asam tambang.
2. Bahan campuran FABA memiliki potensi penetral asam, hal ini dapat dilihat dari uji material dasar bahan tersebut yang memiliki pH diatas netral.
3. Perbedaan susunan ketebalan campuran FABA tidak berpengaruh secara signifikan terhadap nilai pH, namun berpengaruh signifikan terhadap nilai TDS dan DHL.
4. Penggunaan FABA diatas lapisan PAF dapat meningkatkan nilai pH walaupun belum efektif. Untuk PAF saja nilai pH diperoleh sebesar 2,61. Saat dilapisi FABA : PAF (1 : 1) pH menjadi 2,76. Ketika FABA : PAF (2 : 1) pH meningkat menjadi 2,90.

DAFTAR RUJUKAN¹

- Ahmad Helman, H. Y. A., S. (2011). Geokimia Batuan Penutup (Overburden) Batubara untuk Memprediksi Potensi Air Asam Tambang di PIT 1 IUP PWR, Daerah Kasai, Kabupaten Berau, Kalimantan Timur. *Bulletin of Scientific Contribution*, 9, 77-96.
- Gautama, R. S. (2019). *Pembentukan, Pengendalian dan Pengelolaan Air Asam Tambang* (E. Warsidi Ed.). Bandung: ITB Press.

- Lhila, R. (2017). *Pencegahan Air Asam Tambang*. Indonesia.
- Nugraha, C., Sukandar, dan Pratama, Y. (2020). Characterization Study of Coal-Combustion Ash For Acid Mine Drainage Prevention. *Proceeding of International Conference on Green Technology and Design 2020*, Itenas Bandung, 2020
- Sinaga, E. K., Matondang, Z., Sitompul, H., dan Simarmata, J. (2019). *STATISTIKA: Teori dan Aplikasi Pendidikan*: Yayasan Kita Menulis.
-