

Pengaruh Penggunaan *Fly Ash* dan *Bottom Ash* Sebagai *Cover* Dalam Pencegahan Pembentukan Air Asam Tambang Menggunakan Metode *Free Draining Column Leach Test*

Muhammad Farhan dan Candra Nugraha

Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, ITENAS,
Bandung

E-mail: muhamaddfarhann42@gmail.com

ABSTRAK

Upaya pencegahan pembentukan air asam tambang dapat dilakukan dengan metode dry cover yang dilakukan dengan menutup batuan yang berpotensi membentuk asam dengan batuan yang tidak berpotensi membentuk asam. Tujuan dilakukan penutupan untuk mengurangi kontak antara sulfida dengan oksigen dan air sehingga pembentukan air asam tambang dapat dihambat. Fly ash dan bottom ash berpotensi dijadikan sebagai penutup karena memiliki sifat alkali yang dapat menetralkan asam dan ukuran butiran yang sangat kecil dapat menghambat masuknya oksigen dan air ke lapisan sulfida. Jurnal ini menjelaskan penelitian yang menggunakan variasi pelapisan dan pencampuran dari fly ash dan bottom ash. Hasil simulasi menunjukkan bahwa penggunaan fly ash dan bottom ash dapat meningkatkan nilai pH, menurunkan nilai TDS serta DHL sebagai hasil oksidasi pirit didalam batuan. Uji statistika juga digunakan untuk mengetahui perbedaan dari variasi penggunaan fly ash dan bottom ash terhadap perubahan nilai pH, TDS dan DHL yang dihasilkan.

Kata kunci : *Fly ash, Bottom ash, pH, TDS, DHL.*

ABSTRACT

Prevention efforts of the acid mine drainage water can be carried out by dry cover method which is done by closing the rock that is potentially acid forming with a rock is not potentially acid forming. The purpose of closing is to reduce the contact between the sulfide minerals with oxygen and water so the formation of acid mine drainage water can be slowed. Fly ash and bottom ash could potentially be used as cover because it has alkaline properties that can neutralize the acid and the grain size is very small can inhibit the ingress of oxygen and water to a layer of sulfide. This journal describes research that uses the variation of the coating and mixing of the fly ash and bottom ash. The simulation results shows that the use of fly ash and bottom ash can increase pH value, decrease the value of TDS as well as DHL as a result of oxidation of pyrite in the rock. Statistical test is also used to determine the difference from the variation of the use of fly ash and bottom ash to change the pH value, TDS and DHL that is produced.

Keywords: *Fly ash, Bottom ash, pH, TDS, DHL.*

1. PENDAHULUAN

Air asam tambang (AAT) yang dikenal dengan *acid mine drainage* (AMD) adalah air yang berasal dari kegiatan penambangan yang bersifat asam yang terbentuk sebagai hasil dari oksidasi mineral sulfida dengan keberadaan air. Sumber keasaman dalam pembentukan air asam tambang adalah mineral sulfida dengan pengoksidasinya berupa oksigen. Air dalam pembentukan air asam tambang merupakan media yang membawa hasil oksidasi. Perubahan kualitas air yang membawa hasil oksidasi mineral sulfida tersebut memiliki nilai keasaman yang tinggi sehingga disebut sebagai air asam tambang [1].

Salah satu masalah serius yang ditimbulkan akibat dari terbentuknya air asam tambang adalah pencemaran air. Air asam tambang yang terbentuk jika mengalir ke badan air dapat menjadi polutan beracun terhadap organisme yang ada diperairan. Air yang sudah tercemar air asam tambang mengakibatkan kerusakan korosi terhadap peralatan tambang dan pipa saluran air untuk irigasi maupun pipa saluran untuk air minum.. Selain itu, air asam tambang juga menjadi permasalahan serius apabila tidak ditangani dengan baik. Air asam tambang akan tetap terbentuk walaupun kegiatan operasional tambang sudah berhenti operasi [1].

Penanganan yang dapat dilakukan untuk mencegah terbentuknya air asam tambang dapat dilakukan menggunakan metode enkapsulasi. Dalam metode ini dilakukan penutupan terhadap material pembentuk asam dengan material yang bukan pembentuk asam. Tujuan dari penutupan adalah untuk mencegah kontak antara komponen penyebab air asam tambang yaitu sulfida, air dan oksigen. Metode enkapsulasi yang umum digunakan adalah *dry cover* yang dilakukan dengan membuat lapisan kedap untuk menutupi batuan yang berpotensi membentuk asam sehingga infiltrasi air dan oksigen dapat diminimalisir agar tidak masuk ke dalam lapisan pembentuk asam. *Fly ash* dan *bottom ash* merupakan salah satu material yang memiliki potensi untuk dapat digunakan sebagai NAF. Dengan ukuran partikelnya yang kecil, *fly ash* dan *bottom ash* diharapkan dapat memperkecil infiltrasi air didalam batuan dan sifat alkali dari material ini diharapkan dapat menetralkan asam yang dihasilkan dari reaksi sulfida dengan air dan oksigen.

Adanya makalah ini bertujuan untuk mengetahui bagaimana pengaruh dari penggunaan material *fly ash* dan *bottom ash* sebagai *cover* material sulfida dalam batuan terhadap pencegahan pembentukan air asam tambang. Pengaruh dari penggunaan material tersebut akan dilihat pada kualitas air yang dihasilkan dengan melihat parameter pH, TDS dan DHL dimana parameter tersebut berhubungan langsung dengan hasil oksidasi dari mineral sulfida pirit.

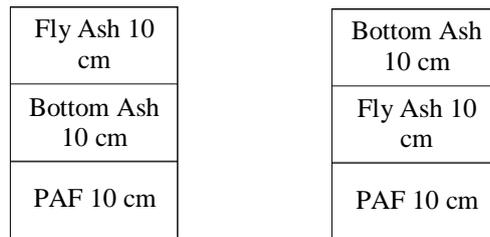
2. METODOLOGI

2.1 Sampel

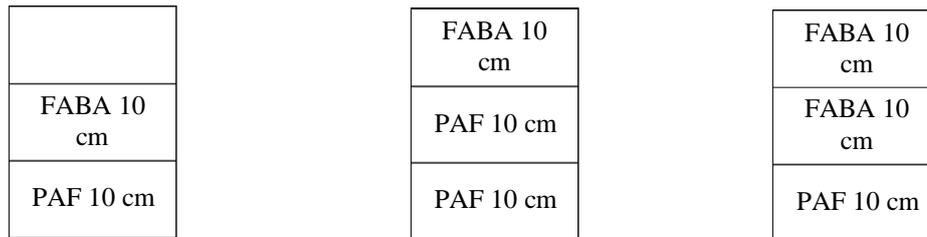
Sampel *fly ash* yang digunakan dalam penelitian tidak diayak karena distribusi ukuran yang kecil <75 mm. Sampel *bottom ash* dan pirit dalam penelitian ini diayak terlebih dahulu sebelum dimasukkan kedalam tabung. Sampel pirit dihaluskan menggunakan *crusher*, kemudian disaring untuk mendapatkan ukuran butiran sebesar -2 mm. Sampel *bottom ash* juga disaring untuk mendapatkan ukuran butiran sebesar -0,075 mm. Penyaringan sampel dilakukan agar sampel batuan memiliki distribusi ukuran yang merata dalam tabung.

2.2 Metode

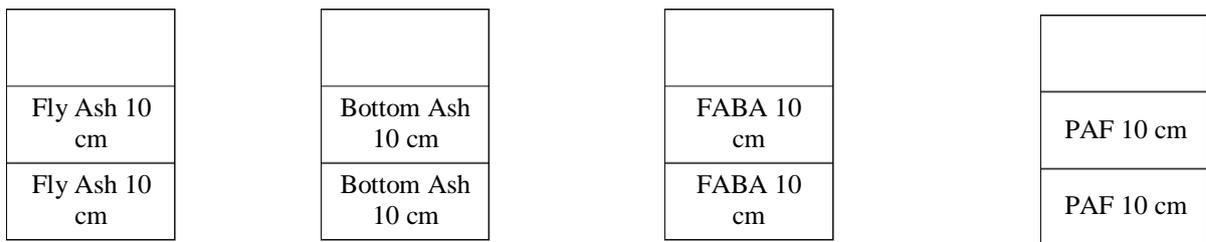
Percobaan uji kinetik *free draining column leach test* ini dilakukan dengan tabung reaktor berdiameter 16 cm dan tinggi 40 cm. Setiap lapisan dalam tabung diisi dengan 10 cm sampel yang akan digunakan. Tabung yang digunakan sebanyak 9 kolom yang terdiri dari 2 tabung variasi pelapisan NAF, 3 tabung variasi pencampuran FABA dan 4 tabung kontrol dari masing-masing sampel yang digunakan. Gambar skema dari variasi penelitian yang dilakukan dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 1. Skema Tabung Pelapisan



Gambar 2. Skema Tabung Pencampuran



Gambar 3. Skema Tabung Kontrol

Uji FDCL yang dilakukan pada penelitian ini menerapkan sistem pelapisan dan pencampuran material NAF *fly ash* dan *bottom ash* dengan komposisi dan ketebalan tertentu. Pengujian dilakukan selama 28 hari dengan siklus basah-kering harian. Air lindian yang keluar akan diukur nilai pH, TDS dan DHL.

2.3 Analisis Data

Analisis data pada penelitian ini dilakukan dengan membandingkan hasil dari perubahan kualitas air setiap variasi dan dengan pengujian secara statistik. Perubahan nilai pH, TDS dan DHL dari masing-masing tabung dibandingkan untuk mengetahui kualitas air terbaik yang dihasilkan. Pengujian secara statistik dilakukan dengan aplikasi SPSS untuk mengetahui apakah terdapat perbedaan rata-rata kualitas air yang dihasilkan dengan menggunakan perbedaan variasi perlakuan sampel NAF. Pengujian perbedaan dalam penelitian ini dilakukan dengan menggunakan uji beda statistik non-parametrik karena beberapa alasan sebagai berikut:

1. Data variasi pelapisan terdiri dari 2 populasi data dengan distribusi data yang didapatkan adalah tidak berdistribusi normal. Ketika data tidak berdistribusi normal maka uji beda dilakukan dengan metode uji statistik Mann Whitney.
2. Data variasi perbedaan ketebalan lapisan FABA dan PAF terdiri dari 3 populasi data dengan distribusi data yang didapatkan ditemukan salah satu data tidak berdistribusi normal. Ketika data penelitian tidak berdistribusi normal populasi data terdiri dari 3 sampel maka dapat digunakan uji Kruskal-Wallis.

Perubahan fisik sampel akibat dari siklus basah kering juga dianalisis untuk mengetahui hubungan antara perubahan fisik sampel terhadap kualitas air yang dihasilkan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Perubahan Fisik Sampel

Perubahan fisik sampel yang terjadi pada masing-masing tabung kontrol dapat dilihat sebagai berikut:



Gambar 4. Tabung Kontrol Fly Ash



Gambar 5. Tabung Kontrol Bottom Ash



Gambar 6. Tabung Kontrol
Campuran FABA



Gambar 7. Tabung Kontrol Pirit

Pada tabung kontrol *fly ash*, terbentuk *crack* yang terjadi akibat dari siklus basah-kering. Bagian permukaan merupakan lapisan pertama yang terkena siklus penyiraman dan juga pemanasan sehingga akan terjadi perbedaan temperatur khususnya pada bagian permukaan. Perbedaan temperatur ini menyebabkan pemuaihan yang menyebabkan *crack* terbentuk. Perubahan lain yang terjadi pada sampel *fly ash* adalah butiran *fly ash* yang menjadi lebih halus. Ukuran butiran yang lebih halus akan mengurangi volume pori-pori batuan sehingga infiltrasi air dan oksigen yang masuk kedalam batuan akan terhambat.

Pada tabung kontrol *bottom ash*, tidak terjadi *crack* seperti yang terjadi pada tabung kontrol *fly ash*. Hal ini karena *bottom ash* memiliki karakteristik butiran yang bersifat seperti pasir sehingga tidak mudah untuk mengalami pemuaihan. Hal ini juga didukung dengan hasil penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Lestari (2010) dimana hasil pada penelitian tersebut menunjukkan bahwa *bottom ash* memiliki sifat yang keras dan susah terlapukkan, sehingga pelapukan yang terjadi akan lebih lambat dibandingkan dengan *fly ash* [6].

Perubahan fisik material yang terjadi pada tabung kontrol campuran FABA menunjukkan terjadinya perubahan ukuran butiran yang semakin kecil dan padat. Bagian permukaan tabung juga terjadi *crack* yang terjadi seperti pada tabung kontrol *fly ash*, tetapi *crack* yang terbentuk tidak sebesar pada *crack* yang terjadi pada tabung kontrol *fly ash*. *Crack* yang terbentuk diprediksi berasal dari material *fly ash* yang memiliki karakteristik butiran yang bersifat *clay*.

Pada tabung kontrol pirit, perubahan fisik yang terlihat yaitu terjadinya perubahan ukuran butiran

yang semakin kecil dan semakin halus. Hal ini dikarenakan dengan siklus basah kering mengakibatkan pelapukan pada material pirit yang mengakibatkan ukuran butir batuan menjadi lebih kecil. Ukuran butiran yang semakin kecil akan meningkatkan luas total permukaan reaktif dari batuan.

3.2 Analisis Mineralogi XRD dan XRF

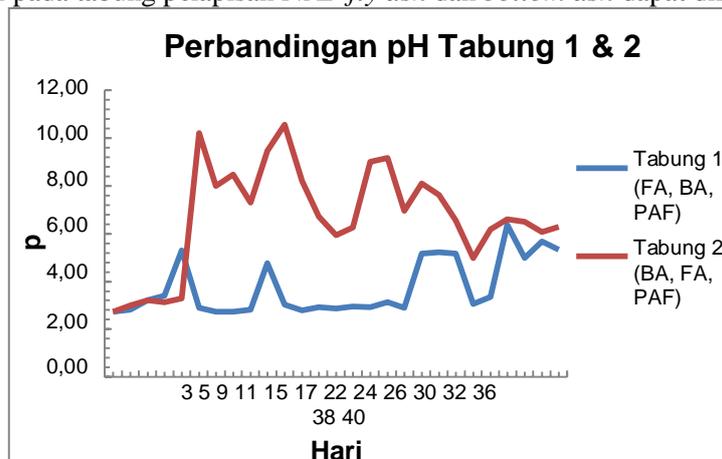
Dari hasil analisa mineralogi menggunakan uji XRD dan XRF yang dilakukan oleh Nugraha et. al., (2020) beberapa catatan penting adalah sebagai berikut:

1. Kandungan CaO pada material FA dan BA cukup tinggi. Keberadaan mineral ini mengindikasikan adanya kandungan penetral pada sampel uji. Kandungan Ca adalah sumber alkalinitas sebagai sumber penetral asam.
2. Tingginya kandungan S pada material FA dapat berasal dari SO₂ yang bereaksi dengan air di udara. Sedangkan pada material BA, kandungan S lebih kecil karena merupakan abu dasar. Kandungan S pada PAF berkaitan dengan mineral *pyrite* (FeS₂).
3. Tingginya kandungan Al pada material PAF berasal dari mineral sekunder seperti *kaolinite* Al₂((Si₂O₅)(OH)₄).

3.3 Analisa Kualitas Air Tabung Pelapisan NAF

Pada sistem ini, material NAF berfungsi membatasi masuknya oksigen sehingga oksigen yang masuk ke lapisan PAF dibawahnya akan berkurang. Penutupan dengan material NAF ini bertindak sebagai *barrier* untuk mencegah terjadinya kontak mineral pirit dengan air dan oksigen. Hasil kualitas air yang dihasilkan dari skenario uji pelapisan dapat dilihat pada pembahasan berikut:

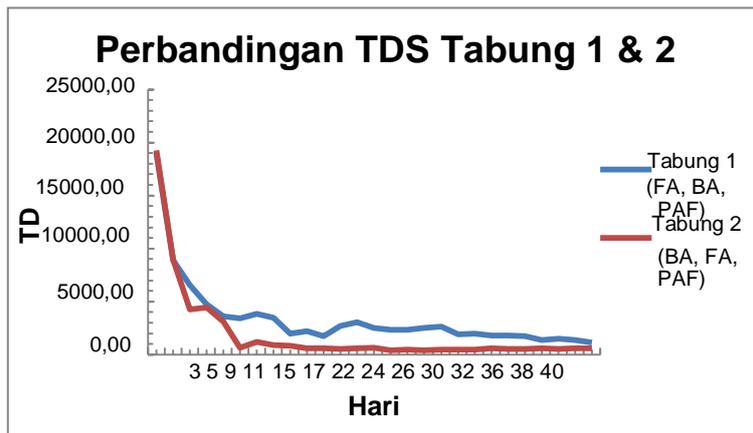
Perubahan nilai pH pada tabung pelapisan NAF *fly ash* dan *bottom ash* dapat dilihat sebagai berikut:



Gambar 8. Grafik Perbandingan Perubahan Nilai pH Pada Kolom Pelapisan

Pada sistem pelapisan, lapisan paling atas tabung merupakan lapisan pelembab (*moisture*) yang menghalangi masuknya air dan oksigen sehingga oksidasi sulfida didalam pirit akan terhambat. Sedangkan pada lapisan tengah, merupakan lapisan yang menghasilkan penetral alkali [2]. Dengan kandungan alkali yang lebih besar pada *fly ash*, maka tabung 2 dengan posisi *fly ash* berada pada lapisan tengah tabung akan menghasilkan lebih banyak mineral alkali untuk menetralkan asam dari oksidasi pirit sehingga nilai pH yang dihasilkan akan lebih besar.

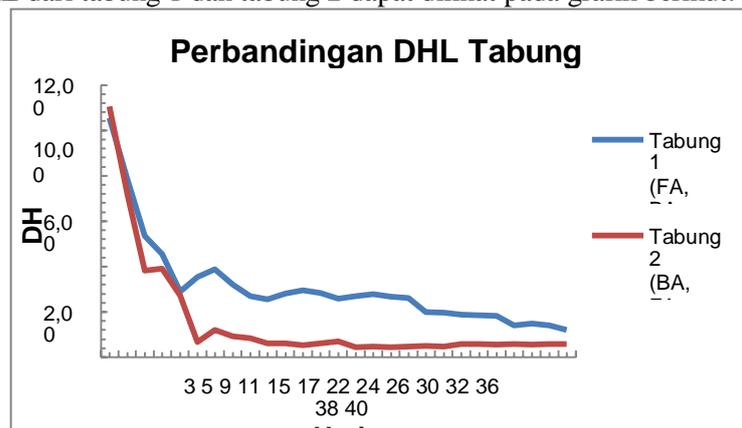
Untuk perubahan nilai TDS dari sistem pelapisan dapat dilihat pada grafik berikut:



Gambar 9. Grafik Perbandingan Nilai TDS Pada Kolom Pelapisan

Grafik perubahan nilai TDS pada tabung 1 dan 2 menunjukkan penurunan nilai TDS pada kedua tabung. Nilai TDS sangat berkaitan dengan perubahan pH dimana pada pH asam ion dan logam akan terlarut sehingga nilai TDS akan meningkat. Tabung 1 memiliki nilai pH yang lebih rendah daripada tabung 2. Kondisi pH rendah pada tabung 1 ini mengakibatkan padatan dari material PAF terlarut sehingga nilai TDS akan meningkat.

Perubahan nilai DHL dari tabung 1 dan tabung 2 dapat dilihat pada grafik berikut:

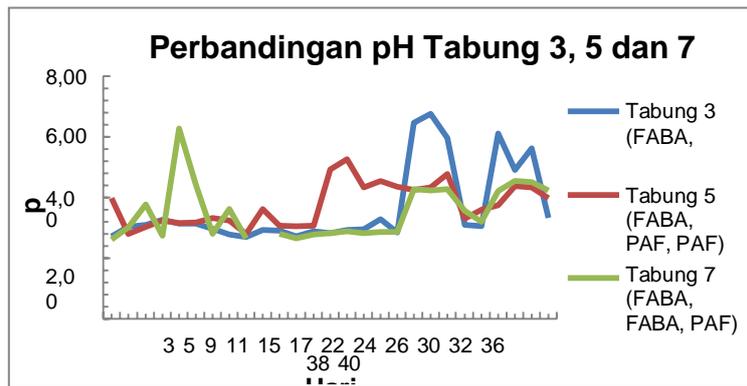


Gambar 10. Grafik Perbandingan Perubahan Nilai DHL Kolom Pelapisan

Nilai DHL pada tabung 1 lebih tinggi dibandingkan dengan tabung 2. Hal ini disebabkan karena tabung 1 memiliki pH yang lebih rendah dari tabung 2 sehingga akan lebih banyak logam yang terlarut. Dengan pH yang rendah, logam akan terlarut sehingga menghasilkan ion bebas dilarutan yang dapat menghantarkan arus listrik.

3.4 Analisa Kualitas Air Tabung Pencampuran

Pengujian lainnya dilakukan dengan membuat skenario pencampuran material NAF *fly ash* dan *bottom ash*. Kemudian dilakukan perlakuan perbedaan ketebalan dari material campuran FABA dan material PAF pirit. Hasil kualitas air pH, TDS dan DHL yang dihasilkan dari skenario pencampuran NAF FABA dan PAF pirit dapat dilihat pada pembahasan berikut:



Gambar 11. Grafik Perbandingan Perubahan Nilai pH Kolom Ketebalan

Rendahnya nilai pH pada tabung 3 dan 7 disebabkan karena terbentuknya rekahan yang mengakibatkan bertambahnya kapasitas oksigen didalam tabung. Dalam kondisi jenuh, reaktivitas pirit dipengaruhi oleh konsentrasi dan transport oksigen dalam air [1]. Penyiraman harian yang terus dilakukan akan membawa udara yang terperangkap didalam rekahan masuk hingga ke lapisan reaktif sulfida didasar tabung. Akibatnya pirit akan teroksidasi sehingga menghasilkan keasaman yang menurunkan nilai pH air. Rekahan yang terbentuk pada tabung 3 dan 7 dapat dilihat pada gambar berikut:



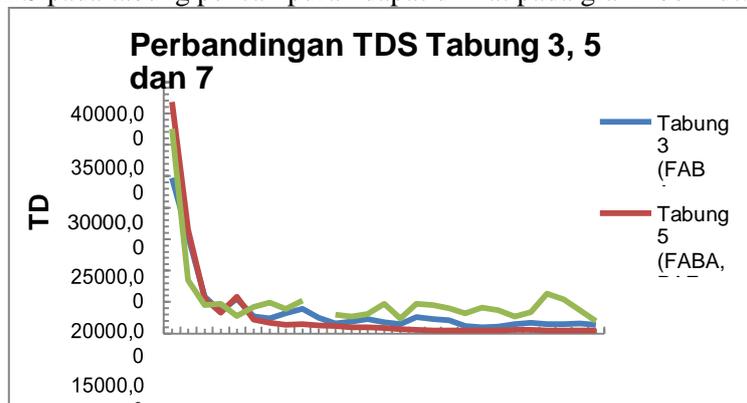
Gambar 12. Rekahan Tabung 3



Gambar 13. Rekahan Tabung 7

Sedangkan pada tabung 5, rendahnya nilai pH diakibatkan karena kandungan PAF yang lebih besar dari kandungan penetral FABA didalam tabung. Penetral dari FABA belum mampu untuk menetralkan keasaman yang dihasilkan dari oksidasi pirit dalam tabung.

Perubahan nilai TDS pada tabung pencampuran dapat dilihat pada grafik berikut:

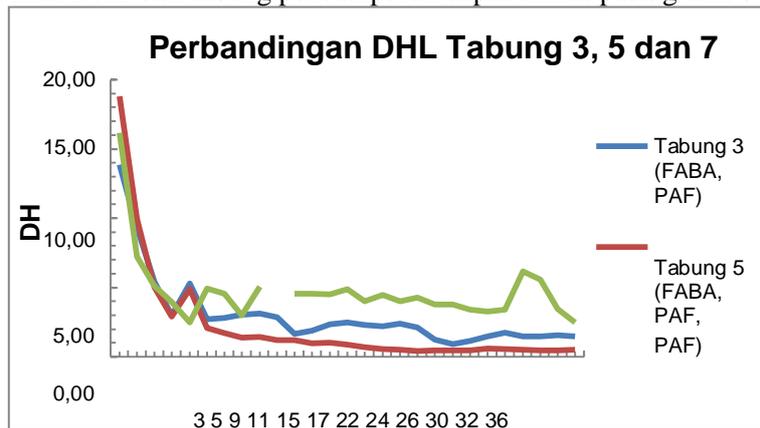


Gambar 14. Grafik Perbandingan Perubahan Nilai TDS Kolom Ketebalan

Nilai TDS pada tabung 3 dan 7 masih cukup tinggi dikarenakan pH yang rendah akibat dari oksidasi pirit didalam tabung sehingga banyak ion dan logam dari PAF akan terlarut. Faktor lain yang diprediksi yaitu karena penggunaan FABA yang lebih banyak menghasilkan nilai TDS yang lebih tinggi karena pada kandungan FABA memiliki lebih banyak *ash* yang berukuran kecil dan halus sehingga lebih mudah terlarut.

Nilai TDS pada tabung 5 merupakan nilai terkecil dari 2 tabung lainnya. Hal ini disebabkan karena jumlah *ash* yang digunakan lebih sedikit. Selain itu, pirit didalam tabung 5 mengalami oksidasi yang lebih lambat dibandingkan 2 tabung lainnya karena tidak terdapat rekahan dilapisan atasnya. Dengan kondisi minim oksigen didalam tabung maka asam hasil oksidasi pirit pada lapisan tengah tabung bisa ternetralkan sehingga diprediksi pH air pada lapisan tengah akan lebih tinggi. Karena pH air yang lebih tinggi pada lapisan tengah tabung, maka kandungan ion dan logam pada lapisan tengah tidak terlarut. Air kemudian mengalir melewati lapisan PAF didasar tabung dengan membawa kandungan alkali yang telah berkurang untuk menetralkan keasaman dari oksidasi pirit pada lapisan tengah tabung. Sisa alkali tersebut tidak cukup untuk menetralkan asam hasil oksidasi pirit yang terjadi didasar tabung sehingga pH air kembali menurun yang mengakibatkan ion dan logam dilapisan PAF dasar tabung akan terlarut. Hal inilah yang diprediksi menjadi penyebab rendahnya nilai TDS pada tabung 5. Rendahnya nilai TDS pada tabung 5 diprediksi karena dibagian PAF dasar tabung saja yang menghasilkan ion dan logam terlarut pada lindian.

Untuk perubahan nilai DHL dari tabung pencampuran dapat dilihat pada grafik berikut:



Gambar 15. Grafik Perbandingan Perubahan Nilai DHL Kolom Ketebalan

Nilai DHL dari ketiga tabung masih menunjukkan nilai yang tinggi hingga akhir penelitian. Tingginya nilai DHL dari ketiga tabung disebabkan karena rendahnya nilai pH sehingga melarutkan logam- logam dari material yang digunakan. Logam-logam terlarut tersebut akan menghasilkan ion yang bergerak bebas sehingga menghasilkan arus listrik.

Nilai DHL pada tabung 5 merupakan nilai DHL terkecil dari 2 tabung lainnya. Hal ini diprediksi karena kandungan logam terlarut pada tabung 5 lebih sedikit sehingga ion-ion penghantar listrik yang terkandung didalamnya juga lebih sedikit. Akibatnya, nilai DHL yang dihasilkan akan rendah.

3.5 Analisis Data Secara Statistik Tabung Pelapisan

Analisis statistik pada penelitian ini menggunakan uji beda non-parametrik dikarenakan distribusi data hasil uji normalitas menunjukkan data yang digunakan tidak berdistribusi dengan normal. Pada penelitian ini uji beda yang digunakan yaitu uji Mann Whitney untuk data dengan 2 sampel. Sedangkan untuk data dengan 3 sampel digunakan uji Kruskal-Wallis. Hipotesis awal yang digunakan pada penelitian ini adalah:

H_a = Ada perbedaan kualitas air dengan perbedaan perlakuan pelapisan.

Pengambilan keputusan pada uji Mann Whitney adalah sebagai berikut:

1. Jika nilai signifikansi atau (Asymp. Sig. (2-tailed) < 0,05 maka hipotesis (Ha) diterima.
2. Jika nilai signifikansi atau (Asymp. Sig (2-tailed) > 0,05 maka hipotesis (Ha) ditolak.

Hasil analisis uji beda non-parametrik Uji Mann Whitney parameter pH pada tabung pelapisan dapat dilihat pada pembahasan berikut:

Tabel 3. Hasil Uji Beda Mann Whitney Tabung Pelapisan Parameter pH

Kualitas Air (pH)	
Mann-Whitney	85,500
Asymp. Sig. (2-tailed)	0,000

Nilai Asymp. Sig. (2-tailed) 0,000 < dari nilai probabilitas 0,05 maka dapat disimpulkan bahwa Ha diterima. Dengan demikian dapat dikatakan ada perbedaan nilai pH dengan perbedaan perlakuan pelapisan sampel *fly ash* dan *bottom ash*.

Hasil uji beda Mann Whitney dari tabung pelapisan parameter TDS dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 4. Hasil Uji Beda Mann Whitney Tabung Pelapisan Parameter TDS

Kualitas Air (TDS)	
Mann-Whitney	119,000
Asymp. Sig. (2-tailed)	0,000

Nilai Asymp. Sig. (2-tailed) sebesar 0,000 < dari nilai probabilitas 0,05 maka dapat disimpulkan bahwa Ha diterima. Dengan demikian dikatakan bahwa ada perbedaan nilai TDS dengan perbedaan perlakuan pelapisan sampel *fly ash* dan *bottom ash*.

Hasil uji beda Mann Whitney parameter DHL dari tabung pelapisan dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 5. Hasil Uji Beda Mann Whitney Tabung Pelapisan Parameter DHL

Kualitas Air (DHL)	
Mann-Whitney	112,500
Asymp. Sig. (2-tailed)	0,000

Nilai Asymp. Sig. (2-tailed) sebesar 0,000 < dari nilai probabilitas 0,05 maka dapat disimpulkan bahwa Ha diterima. Dengan demikian dapat dikatakan ada perbedaan nilai DHL dengan perbedaan perlakuan pelapisan sampel *fly ash* dan *bottom ash*.

3.6 Analisis Data Secara Statistik Tabung Pencampuran

Uji Kruskal-Wallis digunakan pada analisis tabung pencampuran karena data yang digunakan lebih dari 2 sampel yang tidak saling berpasangan. Uji ini digunakan ketika distribusi data yang digunakan tidak berdistribusi normal. Pedoman pengambilan keputusan pada Uji Beda Kruskal-Wallis adalah sebagai berikut:

1. Jika nilai Asymp.Sig > 0,05 maka tidak ada perbedaan atau Ho diterima.
2. Jika nilai Asymp.Sig < 0,05 maka ada perbedaan atau Ho

ditolak. Hipotesis awal yang digunakan pada pengujian ini adalah:

Ho : Tidak ada perbedaan kualitas air dengan perbedaan ketebalan lapisan campuran FABA dan PAF. Ha : Ada perbedaan kualitas air dengan perbedaan ketebalan lapisan campuran FABA dan PAF.

Hasil Uji Beda Kruskal-Wallis parameter pH pada tabung pencampuran dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 6. Hasil Uji Beda Kruskal-Wallis Tabung Pencampuran Parameter pH

Kualitas Air (pH)	
Kruskall-Wallis	5,549
Df	2
Asymp.Sig.	0,062

Nilai Asymp.Sig sebesar $0,062 > 0,05$. Dengan demikian dapat dikatakan bahwa H_0 diterima yang berarti tidak ada perbedaan nilai pH dengan perbedaan perlakuan ketebalan lapisan FABA dan PAF. Hal ini dapat terlihat dari rata-rata perubahan nilai pH pada tabung 3, 5 dan 7 yang menunjukkan perbedaan nilai yang tidak terlalu signifikan diantara ketiganya dimana pada tabung 3 nilai rata-rata pH didapatkan sebesar 3,64 serta pada tabung 5 dan 7 berturut-turut sebesar 3,77 dan 3,52.

Hasil Uji Beda Kruskal-Wallis parameter TDS pada tabung pencampuran dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 7. Hasil Uji Beda Kruskal-Wallis Tabung Pencampuran Parameter TDS

Kualitas Air (TDS)	
Kruskall-Wallis	28,698
Df	2
Asymp.Sig.	0,000

Nilai Asymp.Sig sebesar $0,000 < 0,05$. Dengan demikian dapat dikatakan bahwa H_0 ditolak yang berarti ada perbedaan nilai TDS dengan perbedaan perlakuan ketebalan lapisan FABA dan PAF. Dilihat dari nilai rata-rata TDS masing-masing tabung, hasil yang didapatkan menunjukkan nilai yang sangat berbeda jauh dari tiap tabung. Tabung 3 menghasilkan nilai TDS sebesar 3534,56 mg/l, tabung 5 menghasilkan nilai TDS sebesar 3191,56 dan tabung 7 menghasilkan nilai TDS terbesar yaitu sebesar 5130,48 mg/l sehingga memberikan perbedaan nilai TDS yang dihasilkan.

Hasil Uji Beda Kruskal-Wallis parameter DHL pada tabung pencampuran dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 8. Hasil Uji Beda Kruskal-Wallis Tabung Pencampuran Parameter DHL

Kualitas Air (DHL)	
Kruskall-Wallis	33,384
Df	2
Asymp.Sig.	0,000

Nilai Asymp.Sig sebesar $0,000 < 0,05$. Dengan demikian dapat dikatakan bahwa H_0 ditolak yang berarti ada perbedaan nilai DHL dengan perbedaan perlakuan ketebalan lapisan FABA dan PAF. Nilai DHL rata-rata pada masing-masing tabung 3, 5 dan 7 berturut-turut adalah sebesar 3,06 mS/cm, 2,23 ms/cm dan 4,69 mS/cm.

4. KESIMPULAN

Penggunaan material *fly ash* dan *bottom ash* sebagai *cover* dapat menghambat terbentuknya air asam tambang dengan cara menghalau masuknya air dan oksigen ke lapisan reaktif pirit. Penggunaan *fly ash* dan *bottom ash* dapat meningkatkan nilai pH, menurunkan nilai TDS serta DHL dari air lindian yang dihasilkan karena sifat dari *fly ash* dan *bottom ash* yang bersifat basa. Selain bersifat basa, NAF yang digunakan terutama *fly ash* memiliki ukuran butiran yang kecil dan

halus sehingga akan sangat mudah mengalami kejenuhan didalam batuan yang dapat menghambat terbentuknya air asam tambang. Berdasarkan pengukuran kualitas air lindian dengan parameter pH, TDS dan DHL maka didapatkan perlakuan dengan variasi perbedaan posisi *fly ash* dan *bottom ash* pada tabung 2 menghasilkan kualitas air paling baik dibandingkan dengan tabung lainnya.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Gautama, R. S. (2019). *Pembentukan, Pengendalian dan Pengelolaan Air Asam Tambang*. ITB: ITB Press.
- [2] Nugraha, C., Sukandar, & Pratama, Y. (2020). *Characterization Study of Coal-Combustion Ash for Acid Mine Drainage Prevention.*, Proceeding International Conference on Green Technology and Design
- [3] Nugraha, C. (2012). *The Importance of Physical Rock Weathering in Acid and Metalliferous Drainage Generation at Waste Rock Dumping Area*. Paper presented at the International Acid and Metalliferous Drainage Workshop, Beijing, China.
- [4] AMIRA International. (2002). *ARD Test Handbook*. Australia.
- [5] Herlina, A., Handayani, H. E., & Iskandar, H. (2014). *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*. Jurnal Ilmu Teknik, 2(2).
- [6] Lestari, I. (2010). *Studi Perilaku Pelapukan dan Kinetika Lindian Batuan Akibat Penambahan Abu Batubara Untuk Pencegahan Pembentukan Air Asam Tambang*. ITB, Bandung.