

**ANALISIS PEMANFAATAN FLY ASH HASIL PEMBAKARAN  
BATUBARA PLTU TERHADAP UPAYA PENETRALAN AIR ASAM  
TAMBANG (AAT) BATUBARA DI KECAMATAN PALARAN KOTA  
SAMARINDA KALIMANTAN TIMUR**

*ANALYSIS OF UTILIZATION OF FLY ASH RESULTS OF COAL  
COMBUSTION ON POWER PLANT TO NEUTRALIZE ACID MINE  
DRAINAGE (AMD) AT PALARAN SAMARINDA, EAST BORNEO*

**LESTARI SRI RAHAYU  
(P032201003)**



**PROGRAM STUDI PENGELOLAAN LINGKUNGAN HIDUP**

**SEKOLAH PASCASARJANA**

**UNIVERSITAS HASANUDDIN**

**MAKASSAR**

**2022**

**ANALISIS PEMANFAATAN FLY ASH HASIL PEMBAKARAN  
BATUBARA PLTU TERHADAP UPAYA PENETRANAN AIR ASAM  
TAMBANG (AAT) BATUBARA DI KECAMATAN PALARAN KOTA  
SAMARINDA KALIMANTAN TIMUR**

Tesis

Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar Magister

Program Studi  
Pengelolaan Lingkungan Hidup

Disusun dan diajukan oleh

**LESTARI SRI RAHAYU**

Kepada

**SEKOLAH PASCARJANA  
UNIVERSITAS HASANUDDIN  
MAKASSAR**

**2022**

**LEMBAR PENGESAHAN TESIS**

**ANALISIS PEMANFAATAN FLY ASH HASIL PEMBAKARAN  
BATUBARA PLTU TERHADAP UPAYA PENETRALAN AIR ASAM  
TAMBANG (AAT) BATUBARA DI KECAMATAN PALARAN KOTA  
SAMARINDA KALIMANTAN TIMUR**

Disusun dan diajukan oleh

**LESTARI SRI RAHAYU  
P032201003**

Telah dipertahankan dihadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka penyelesaian Studi Program Magister Program Studi Pengelolaan Lingkungan Hidup Sekolah Pascasarjana Universitas Hasanuddin  
Pada tanggal 7 Desember 2022  
dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan



Menyetujui

Pembimbing Utama

Pembimbing Pendamping

Dr. Maming., M.Si  
NIP. 19631231 198903 1 031

Pipi Diansari, S.E., M.Si., Ph.D  
NIP. 1975082 9200604 2 001

Ketua Program Studi  
Pengelolaan Lingkungan Hidup

Dekan Sekolah Pascasarjana  
Universitas Hasanuddin

Dr. Ir. Muly Farid Samawi, M.Si  
NIP. 19650810 199103 1 006

Prof. Dr. Budu, Ph.D., Sp.M(K), M.Med.Ed  
NIP. 19661231 199503 1 009

## PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Lestari Sri Rahayu  
Nomor Pokok Mahasiswa : P032201003  
Program Studi : Pengelolaan Lingkungan Hidup

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa tesis yang saya tulis ini benar benar merupakan hasil karya saya sendiri, bukan merupakan pengambil alihan tulisan atau pemikiran orang lain. apabila dikemudian hari ternyata pernyataan saya terbukti tidak benar, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan saya.

Makassar, 3 Oktober 2022

Yang menyatakan,



Lestari Sri Rahayu

## PRAKATA

Assalamualaikumwarahmatullahiwabarakatuh

Puji syukur penulis panjatkan atas karunia dan rahmat Allah SWT., dan juga salam dan salawat kepada Nabi Muhammad SAW., atas selesainya Tesis yang berjudul “Analisa Pemanfaatan Fly Ash Hasil Pembakaran PLTU Terhadap Upaya Penetralan Air Asam Tambang (AAT) batubara di Kecamatan Palaran Kota Samarinda Kalimantan Timur” Tesis ini menjadi salah satu tahapan untuk memenuhi persyaratan akademik guna mencapai derajat Magister Lingkungan pada Program Studi Pengelolaan Lingkungan Hidup, Sekolah Pascasarjana Universitas Hasanuddin, Makassar. Penulis Menyadari bahwa dalam proses penyusunan tesis ini masih terdapat berbagai kekurangan yang mungkin belum terkoreksi mengingat keterbatasan kemampuan, tenaga, dan waktu.

Penulis mengucapkan banyak terimakasih kepada Ayahanda Munajir, SE dan Ibunda Nukrah atas dukungan moril maupun materil yang telah diberikan kepada penulis dengan sepenuh hati selama ini demi keberhasilan penulis. Penulis menyadari ada banyak pihak yang membantu dalam penyusunan tesis ini mulai dari awal hingga selesai, maka dari itu penulis ingin mengucapkan terimakasih kepada:

1. Bapak Dr.Maming.,M.Si sebagai ketua penasehat, dan Ibu Pipi Diansari,S.E.,M.Si.,Ph.D
2. Bapak Dr. Ir. Farid Samawi, M.Si sebagai ketua jurusan PLH dan Ibu Dr.Agus Dina.,ST.,M.Si, Ibu Dr.Ir.Nurbaya Busthanul.,M.Si dan Prof. Dr. Ir. Eymal Bahsar Demmalino, M.Si sebagai anggota komisi penasehat yang telah banyak memberikan masukan dan koreksi dalam penyusunan Tesis ini.
3. Bapak dan Ibu Dosen Pengampuh mata kuliah Sekolah Pascasarjana Pengelolaan Lingkungan Hidup atas ilmu yang diberikan.
4. Staf akademik Sekolah Pascasarjana UNHAS yang telah membantu kelancaran administrtasi selama perkuliahan
5. Penduduk Jalan Kopi Palaran Samarinda atas bantuan yang telah diberikan selama penulis melakukan penelitian di kawasan lubang pasca tambang batubara.
6. Adik saya Rizky Wulandari.,ST, Mijoo dan Abang Biggie atas bantuan dan semangat yang telah diberikan selama penyusunan Tesis ini.

7. Sahabat PLH 2020 atas semangat yang telah diberikan selama penyusunan Tesis ini.

8. Sahabat Cempaka, Golden Child, dan Peeraya atas semangat dan bantuan yang telah diberikan selama penyusunan Tesis ini.

9. Seluruh pihak yang tidak dapat saya sebutkan namanya yang turut membantu kelancaran dalam penyelesaian studi ini.

Semoga semua bantuan dan dukungan serta doa Bapak/Ibu/ Saudara (i) mendapat balasan dari Allah SWT dan Tesis penelitian ini juga bermamfaat bagi mereka yang ingin menggunakannya. Atas Perhatiannya penulis mengucapkan terimakasih.

Makassar, Oktober 2022

Lestari Sri Rahayu

## ABSTRAK

**Lestari Sri Rahayu**, Analisis Pemanfaatan Fly Ash Hasil Pembakaran Batubara PLTU Terhadap Upaya Penetralan Air Asam Tambang (AAT) Batubara Di Kecamatan Palaran Kota Samarinda Kalimantan Timur (dibimbing oleh **Maming** dan **Pipi Diansari**)

Penelitian ini bertujuan untuk (1) mempertimbangkan persepsi penduduk Jln.Kopi Palaran mengenai upaya pengelolaan limbah cair air asam tambang, (2) alternatif pemanfaatan air asam tambang dapat dilakukan dengan menetralkan air asam tambang dengan *Fly Ash* sebagai bahan penetral, (3) menganalisis kandungan mineral *Fly Ash* sebagai penetral air asam tambang. *Fly Ash* merupakan limbah pembakaran batubara pada Pembangkit Listrik Tenaga Uap dan telah keluar dari daftar limbah Bahan Berbahaya dan beracun (B3) sejak tahun 2021.

Penelitian ini merupakan penelitian yang menggunakan pendekatan *mixed method* yaitu penelitian yang mengombinasikan atau mengasosiasikan bentuk pendekatan kualitatif yang menganalisis persepsi masyarakat mengenai dampak yang ditimbulkan oleh lubang pasca tambang dan metode pendekatan kuantitatif untuk menganalisis pemanfaatan *fly ash* (limbah PLTU) sebagai penetral air asam tambang.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa (1) Penduduk Jln. Kopi Palaran menyatakan kebersediaan untuk berkerjasama dengan pemerintah ataupun dengan lembaga terkait dalam pemanfaatan air asam tambang pada lubang pasca tambang batubara yang berada disekitar pemukiman mereka. Penduduk sangat mendukung upaya pemanfaatan air asam tambang dengan melakukan penetralan menggunakan *Fly Ash* sebagai bahan penetral. (2) Dengan 25 g *Fly Ash* pada 1000 ml air asam tambang dapat menetralkan pH menjadi 8,76, menurunkan kadar logam Mn menjadi 0,38 mg/L dan TDS 379 mg/L dari kadar maksimal yang diperbolehkan adalah 500 mg/L. (3) *Fly Ash* dapat dijadikan alternatif bahan penetral air asam tambang karena menunjukkan reaktifitas yang tinggi terhadap air asam dan hasil uji *XRF* menunjukkan adanya unsur Ca atau Kalium yang merupakan alkali tanah sebesar 19,82% menjadikan *Fly ash* memiliki sifat alkalinitas dan penetral asam.

*Kata Kunci: Air Asam Tambang, lubang pasca tambang, Fly Ash, pH, Mn, Fe.*

## **ABSTRACT**

*Lestari Sri Rahayu, Analysis of the Utilization of Fly Ash result of Coal Combustion on Power Plant To Neutralize Acid Mine Draunage (AMD) at Palaran, Samarinda City, East Kalimantan (supervised by **Maming** and **Pipi Diansari**)*

*This study aims to (1) consider the perceptions of the residents of Jln.Kopi Palaran regarding efforts to manage acid mine drainage wastewater, (2) alternative uses of acid mine drainage can be done by neutralizing acid mine drainage with Fly Ash as a neutralizing agent, (3) analyzing the content of acid mine drainage. mineral Fly Ash as a neutralizer of acid mine drainage. Fly Ash is a coal burning waste at a Steam Power Plant and has been removed from the list of Hazardous and Toxic Materials waste since 2021.*

*This research is a research that uses a mixed method approach, research that combines or associates a qualitative approach to analyze public perceptions of the impacts caused by post-mining pit drainage and a quantitative approach method analyzes the use of fly ash (Power Plant waste) as a water neutralizer acid mine.*

*The results showed that (1) the residents of Jln. Kopi Palaran stated their willingness to cooperate with the government or with related institutions in the utilization of acid mine drainage in post-coal mining pits around their settlements. Residents strongly support the efforts to use acid mine drainage by neutralizing it using Fly Ash as a neutralizing agent. (2) With 25 g of Fly Ash in 1000 ml of acid mine water can neutralize the pH to 8.76, reduce the metal content of Mn to 0.38 mg/L and TDS 379 mg/L from the maximum allowable level of 500 mg/L. (3) Fly Ash can be used as an alternative for neutralizing acid mine drainage because it shows high reactivity to acid water and the XRF test results show the presence of Ca or Potassium which is alkaline earth by 19,82% making Fly ash has alkalinity and acid neutralizing properties.*

*Keywords: Acid Mining Water, post-mining pit, Fly Ash, pH, Mn, Fe.*

## DAFTAR ISI

<b>SAMPUL</b>	
<b>HALAMAN JUDUL.....</b>	<b>ii</b>
<b>LEMBAR PENGESAHAN .....</b>	<b>iii</b>
<b>PERNYATAAN KEASLIAN.....</b>	<b>iv</b>
<b>PRAKATA.....</b>	<b>v</b>
<b>ABSTRAK.....</b>	<b>vii</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>viii</b>
<b>DAFTAR ISI .....</b>	<b>ix</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>xiv</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>xvi</b>
<b>DAFTAR GRAFIK .....</b>	<b>xvii</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
A. Latar belakang .....	1
B. Rumusan Masalah .....	5
C. Tujuan Penelitian.....	5
D. Manfaat Penelitian .....	5

E. Ruang Lingkup.....	6
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....</b>	<b>7</b>
A. Pertambangan Batubara .....	7
B. Pencemaran Air .....	9
C. Air Asam Tambang .....	10
D. Kandungan Pencemar Air Asam Tambang .....	18
E. Fly Ash.....	21
F. Kerangka Konsep.....	23
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....</b>	<b>26</b>
A. Lokasi dan Waktu Penelitian .....	26
1. Lokasi Penelitian .....	26
2. Waktu Penelitian .....	26
B. Teknik Pengumpulan Data .....	27
1. Sumber Data Primer.....	27
a. Pengumpulan Data Responden .....	27
b. Pengumpulan Data Karakteristik Air Asam Tambang.....	27
c. Pengumpulan Data Karakteristik Fly Ash .....	28

2. Sumber Data Sekunder .....	28
C. Teknik Analisis Data .....	28
1. Analisis Persepsi Masyarakat Jln.Kopi .....	28
a. Uji Validitas .....	30
b. Uji Reliabilitas .....	31
2. Analisis Karakteristik Air Asam Tambang .....	32
3. Analisis Komposisi Mineral dan Unsur Fly Ash .....	33
D. Tahap-tahap Penelitian .....	33
1. Studi Literatur .....	33
2. Pelaksanaan Penelitian .....	34
a. Pengumpulan Data Perspektif Masyarakat .....	34
b. Pengumpulan Data Karakteristik Air Asam Tambang .....	34
c. Pengumpulan Data Karakteristik Fly Ash .....	35
3. Pengolahan dan Analisis Data .....	35
a. Data Perspektif Masyarakat .....	35
b. Data Karakteristik Air Asam Tambang .....	35
c. Data Karakteristik Fly Ash .....	36

4. Hasil.....	36
<b>BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>39</b>
A. Hasil Penelitian .....	39
1. Deskripsi Pelaksanaan Penelitian .....	40
2. Gambaran Sampel Penelitian .....	41
3. Deskripsi Data Hasil Penelitian .....	41
a. Deskripsi Karakteristik Responden .....	42
b. Deskripsi Jawaban Responden .....	49
c. Hasil Uji Validitas.....	54
d. Hasil Uji Reliabilitas .....	56
e. Hasil Uji Laboratorium Air Asam Tambang .....	58
f. Hasil Uji Laboratorium Fly Ash.....	62
B. Pembahasan.....	64
1. Persepsi Masyarakat .....	64
2. Penetralan Air Asam Tambang .....	67
a. Karakteristik Air Asam Tambang .....	67
b. Karakteristik Fly Ash .....	69
c. Pengaruh Fly Ash Terhadap pH Air Asam Tambang .....	70
d. Pengaruh Fly Ash Terhadap Fe Air Asam Tambang.....	74
e. Pengaruh Fly Ash Terhadap Mn Air Asam Tambang .....	79
<b>BAB V PENUTUP .....</b>	<b>84</b>
A. Kesimpulan .....	84

B. Saran .....	85
<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>	<b>87</b>
<b>KUESIONER .....</b>	<b>91</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>93</b>
1. Pengolahan Data Kuesioner .....	93
2. Hasil Uji Laboratorium Air Asam Tambang .....	166
3. Hasil Uji Laboratorium Fly Ash .....	174

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 2.1</b> Mineral Sulfida yang diketahui sebagai pembentuk Air Asam Tambang dengan oksigen sebagai oksidan .....	12
<b>Tabel 2.2</b> Mineral sulfida yang dapat menghasilkan Air Asam Tambang dengan oksida besi.....	13
<b>Tabel 2.3</b> Penelitian Terkait Air asam Tambang .....	15
<b>Tabel 2.4</b> Komposisi dan klasifikasi <i>fly ash</i> .....	22
<b>Tabel 3.1</b> Tabel Penelitian.....	25
<b>Tabel 3.2</b> <i>Skala Likert</i> .....	39
<b>Tabel 4.1</b> Hasil pengolahan data berdasarkan jenis kelamin responden .....	42
<b>Tabel 4.2</b> Hasil pengolahan data distribusi usia atau umur responden .....	43
<b>Tabel 4.3</b> Hasil pengolahan data berdasarkan pendidikan terakhir.....	44
<b>Tabel 4.4</b> Hasil pengolahan data berdasarkan pekerjaan dan riwayat penyakit responden .....	47
<b>Tabel 4.5</b> Hasil pengolahan data berdasarkan pekerjaan responden .....	48
<b>Tabel 4.6</b> Hasil Pengolahan Jawaban Kuesioner berdasarkan Pernyataan Mengetahui Adanya Lubang Pasca Tambang di Lingkungan Tempat Tinggal.....	50
<b>Tabel 4.7</b> Hasil Pengelolaan Jawaban Kuesioner berdasarkan Pernyataan Sumber Air Minum .....	50
<b>Tabel 4.8</b> Hasil Pengelolaan Jawaban Kuesioner berdasarkan Pernyataan Mengetahui Fly Ash atau Abu Terbang.....	51
<b>Tabel 4.9</b> Hasil Pengolahan Data Jawaban Kuesioner Responden dengan Skala Likert.....	52

<b>Tabel 4.10</b> Hasil Uji Validitas dengan Analyz Tools Microsoft Excel .....	55
<b>Tabel 4.11</b> Hasil Uji Validitas dengan Pearson Correlation Microsoft Excel.	55
<b>Tabel 4.12</b> Hasil Uji Reliabilitas dengan Half Split Spearman-Brown Microsoft Excel .....	57
<b>Tabel 4.13</b> Hasil Uji laboratorium sebelum dan sesudah penetralan air asam tambang pada parameter pH .....	59
<b>Tabel 4.14</b> Laju Penurunan Logam Mn.....	61
<b>Tabel 4.15</b> Persentase Laju Penurunan Logam.....	61
<b>Tabel 4.16</b> Komposisi penyusun Fly Ash.....	63
<b>Tabel 4.17</b> Hasil Uji Laboratorium Karakteristik kimia Air Asam Tambang...	67

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 3.1</b> Gambaran lokasi penelitian .....	26
--	----

## DAFTAR GRAFIK

<b>Grafik 4.1</b> Persentase komposisi Fly Ash.....	69
<b>Grafik 4.2</b> Pengaruh Fly Ash pada parameter pH.....	71
<b>Grafik 4.3</b> Forecast Linear pH terhadap 1 g Fly Ash.....	73
<b>Grafik 4.4</b> Pengaruh Fly Ash pada kadar logam Fe.....	75
<b>Grafik 4.5</b> Forecast Linear Logam Fe terhadap 1 g Fly Ash .....	78
<b>Grafik 4.6</b> Pengaruh Fly Ash pada kadar Logam Mn.....	79
<b>Grafik 4.7</b> Besar Penurunan Kadar Logam Mn.....	81
<b>Grafik 4.8</b> Forecast Linear Logam Mn terhadap 1 g Fly Ash .....	82

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **A. Latar Belakang**

Kegiatan pertambangan merupakan kegiatan dengan daya ubah lingkungan yang sangat besar dapat mengakibatkan terjadinya perubahan lingkungan yang dapat memacu terjadi perubahan kimiawi pada lingkungan. Pertambangan batubara menjadi industri tambang primadona dan menjadi salah satu sumber daya energi utama pembangkit listrik di Indonesia. Indonesia menjadi negara yang memiliki cadangan dan keberadaan sumber daya energi dan mineral yang cukup besar, termasuk batubara. Ada 20 provinsi yang memiliki sumberdaya batubara, dengan Sumatera Selatan dan Kalimantan Timur merupakan provinsi dengan tingkat sumberdaya batubara tertinggi di Indonesia, yaitu setara dengan 82% dari total sumberdaya batubara di Indonesia. Dengan rata-rata produksi 600 juta ton/tahun dan cadangan sebesar 38,84 MT atau cadangan hingga 65 tahun kedepan (Pribadi, 2021).

Dengan kebutuhan energi batubara untuk konsumsi domestik mencapai 60% dari produksi nasional, produksi batubara sebagai bahan bakar PLTU berada pada kisaran 45,20-75,4 juta ton pada 2011-2016 (ESDM, 2020) menghasilkan limbah padat berupa FABA (*Fly Ash* dan *Bottom Ash*) yang signifikan dan semakin bertumpuk jika tidak dimanfaatkan. Ditahun 2019 produksi FABA mencapai 10% dari jumlah konsumsi batubara PLTU (ESDM, 2020) .Dengan tingginya persentase

limbah padat hasil pembakaran batubara PLTU, penanganan dan pemanfaatan FABA telah dilakukan secara masif seperti bahan baku konstruksi, campuran semen, pembuatan refraktori, *road base* dan campuran beton. Di Indonesia FABA dikategorikan sebagai limbah B3 (Bahan Berbahaya dan Beracun) karena mengandung unsur-unsur logam berbahaya seperti Mn, Pb, Cu, Zn, Cd, Cr, Co, Hg, Se, V dan As. Pusat Penelitian dan Pengembangan Teknologi Mineral dan Batubara (Puslitbang tekMIRA) yang merupakan institusi riset dibawah Kementerian Energi dan Sumberdaya Mineral (KESDM) melakukan penelitian terhadap abu batubara yang dikaitkan dengan permasalahan pertambangan dan lingkungan. Kemudian FABA dikeluarkan dari daftar limbah B3 berdasarkan hasil uji karakteristik FABA PLTU yang menunjukkan bahwa FABA PLTU masih dibawah baku mutu karakter limbah berbahaya dan beracun oleh Kementerian LHK PP No.22 tahun 2021 (Kehutanan, 2021).

Selain FABA yang merupakan limbah padat hasil produksi batubara, air asam tambang juga menjadi salah satu permasalahan lingkungan dalam aktivitas selama dan setelah penambangan batubara. Air asam tambang terbentuk dari hasil oksidasi mineral sulfida tertentu yang tersingkap akibat proses penggalian yang bereaksi dengan oksigen di udara pada lingkungan yang berair (Sagoya, 2012). Air Asam Tambang juga merupakan limbah pencemar lingkungan yang terjadi akibat aktivitas selama dan sesudah pertambangan. Mineral pirit dan mineral sulfida lainnya yan tersingkap ke permukaan ketika proses pertambangan

berlangsung akan mengalami osidasi kimia dan biologi pada lingkungan berair yang akan menghasilkan sulfat dengan tingkat keasaman yang tinggi. Secara langsung dan tidak langsung zat asam hasil oksidasi ini akan mempengaruhi kualitas lingkungan berupa peningkatan keasaman pada badan air dan mengganggu kehidupan organisme didalamnya (Sagoya, 2012).

Kalimantan Timur menjadi salah satu penghasil batubara terbesar di Indonesia dengan adanya ratusan perusahaan yang melakukan kegiatan pertambangan disektor batubara. Kegiatan pertambangan skala besar ini memberi dampak langsung terhadap lingkungan dan masyarakat. Tercatat hingga 2018, di Kalimantan Timur terdapat 1735 lubang pasca tambang yang ditinggalkan tanpa dilakukannya reklamasi (Rahmatullah, 2021). Lubang pasca tambang ini menampung air hujan dan secara kimiawi mengubah air hujan menjadi Air Asam Tambang (AAT). Keberadaan lubang pasca tambang ditengah-tengah kediaman masyarakat menambah deretan dampak yang ditimbulkan oleh pertambangan batubara. Dampak berupa adanya kubangan besar, langkanya air bersih, tercemarnya air tanah dan air permukaan, tercemarnya tanah oleh air asam, kerusakan tumbuhan dan hewan oleh air yang masam, hingga sampai pada dampak paling berbahaya yaitu memakan korban jiwa. Terhitung hingga 2021 melalui data Jaringan Advokasi Tambang, di Kalimantan Timur, lubang pasca tambang telah menelan sebanyak 40 korban dalam satu dekade.

Upaya penanggulangan dampak terkait air asam tambang dilakukan dengan beberapa penelitian seperti menggunakan proses elektrokoagulasi monopolar, *settling pond*, penambahan bahan kimia berupa kapur tohor (CaO), kalsium hidroksida (Ca(OH)<sub>2</sub>), soda abu (NaCO<sub>3</sub>), soda kaustik (NaOH).

Jurnal penelitian dari Geomine mengkaji *fly ash* sebagai salah satu alternatif bahan penetral dalam penanggulangan air asam tambang. Kemampuan *fly ash* untuk menjadi bahan penetral tergantung pada komposisi penyusunnya yang menjadikan *fly ash* memiliki sifat alkalinitas. Berdasarkan hasil uji XRF, pada *fly ash* menunjukkan material dominan berupa oksida silika, oksida besi dan juga adanya kandungan kalsium yang menjadi sumber alkalinitas yang merupakan bahan penetral asam. Meskipun telah dilakukan beberapa pengujian terhadap komposisi penyusun *fly ash* dan membuktikan *fly ash* mampu menjadi bahan penetral air asam tambang, penelitian terhadap air asam tambang tidak dilakukan dalam jurnal ini. Penelitian berupa perubahan kimia berupa pH, laju penurunan logam Fe (besi) dan Mn (mangan) sebelum dan sesudah penambahan *fly ash* perlu dilakukan untuk mengkorelasikan hasil penelitian terhadap upaya pemanfaatan air asam tambang.

## **B. Rumusan Masalah**

1. Bagaimana persepsi masyarakat sekitar dengan keberadaan kubangan air asam tambang?
2. Bagaimana perubahan karakteristik sifat kimia berupa pH, Fe (besi) dan Mn (mangan) pada Air Asam Tambang setelah penambahan *Fly Ash* dalam upaya penetralan?
3. Bagaimana komposisi kandungan penetral yang terkandung dalam *Fly Ash*?

## **C. Tujuan Penelitian**

1. Menganalisis persepsi masyarakat sekitar dengan keberadaan kubangan air asam tambang.
2. Menganalisis perubahan karakteristik sifat kimia berupa pH, Fe (besi) dan Mn (mangan) pada Air Asam Tambang setelah penambahan *Fly Ash* dalam proses penetralan.
3. Menganalisis kandungan penetral yang terkandung dalam *Fly Ash*.

## **D. Manfaat Penelitian**

Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi dalam pengembangan ilmu pengetahuan, terutama dalam menganalisis penambahan *Fly Ash* sebagai bahan penetral dalam upaya pemanfaatan Air Asam Tambang (AAT) Batubara.

## **E. Ruang Lingkup**

Ruang lingkup dari penelitian ini seluruh data yang didapatkan berdasarkan hasil penelitian laboratorium, observasi dan data kuisioner masyarakat Jl. Kopi Kecamatan Palaran, Kota Samarinda yang tinggal disekitar kubangan pasca tambang batubara.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **A. Pertambangan Batubara**

Bahan tambang yang saat ini masih menjadi primadona adalah batubara, yang digunakan sebagai salah satu sumber daya energi primer. Indonesia setidaknya memiliki 20 provinsi dengan sumberdaya energi dan mineral, Sumatra Selatan dan Kalimantan Timur menjadi provinsi dengan tingkat sumber daya batubara tertinggi yaitu setara 82% dari total sumber daya batubara di Indonesia. Dengan sumber daya batubara mencapai 16,34 miliar ton (MT) dan cadangan sebesar 28,17 MT menjadikan Indonesia salah satu negara dengan potensi sumber daya dan mineral yang cukup besar (Pribadi, 2021).

Sepanjang tahun 2008-2012, pertumbuhan produksi batubara mencapai 13% pertahun, dengan rata-rata produksi sekitar 200 juta ton setiap tahunnya. Didalam negeri, sektor kelistrikan menjadi pengguna primer sumber daya batubara, selebihnya batubara digunakan untuk industri semen, tekstil, pupuk, metalurgi dan lain-lain. Produksi batubara terus mengalami peningkatan setiap tahunnya menjadikan batubara sebagai komoditi teratas dalam subsektor pertambangan serta menempati posisi vital yaitu salah satu sumber energi primer bagi dunia industri di Indonesia (Pribadi, 2021).

Batubara menjadi salah satu sumber daya alam yang tidak dapat diperbaharui dimana jika bahan galian tambang batubara habis, maka

sumber daya alam ini tidak akan dapat dipulihkan kembali atau kembali ke keadaan semula. Proses produksi batubara sebagaimana pertambangan lainnya yaitu seraingkaian kegiatan dan tahapan berupa studi eksplorasi, kelayakan, eksploitasi, pengolahan dan pemurnian, distribusi atau pengangkutan dan kegiatan pemulihan pasca tambang.

Aktifitas pertambangan merupakan kegiatan yang kompleks, sangat rumit, memiliki resiko kerusakan, kegiatan jangka panjang, penggunaan teknologi tingkat tinggi, padat modal dan membutuhkan aturan regulasi yang berlaku pada beberapa sektor. Selain itu, industri pertambangan identik dengan pembukaan lahan, mengubah bentang alam sehingga potensi merubah tatanan ekosistem suatu wilayah baik dari segi biologi, geologi, fisik, sosio ekonomi dan budaya masyarakat (Hakim, 2017).

Keberadaan industri pertambangan batubara menimbulkan dampak terhadap lingkungan, sosial dan ekonomi masyarakat setempat. Dari dampak sisi negatifnya, aktifitas pertambangan lebih banyak menimbulkan masalah mulai dari gangguan kesehatan, konflik perebutan lahan, terjadinya kerusakan lingkungan, hingga area bekas tambang yang dibiarkan. Disisi lain manfaat dari aktifitas pertambangan adalah membuka daerah yang terisolir, sumber pendapatan asli daerah, membuka lapangan pekerjaan, hingga merupakan sumber devisa negara (Hakim, 2017).

## **B. Pencemaran Air**

Penyebab menurunnya kualitas air adalah meningkatnya kegiatan manusia yang tidak bijak sehingga menimbulkan pencemaran air pada sumber-sumber air. Kondisi tersebut terjadi karena air menerima beban pencemaran yang melampaui daya dukungnya. Pencemaran air merupakan salah satu masalah yang sangat penting untuk diperhatikan, karena air merupakan kebutuhan primer makhluk hidup dan sangat penting untuk kehidupan. Keberadaan air yang tercemar akan sangat mengganggu sistem kehidupan, karena makhluk hidup membutuhkan air dengan kualitas yang baik dan kualitas yang cukup serta ketersediaannya harus terus kontinu. (Sariwati, 2010).

Air yang tercemar, baik senyawa organik maupun anorganik akan mudah sekali menjadi media berkembangnya berbagai macam penyakit. Air terlihat jernih belum tentu kualitas airnya baik, maka perlu dilakukan suatu penelitian. (M. Naslimuna, Chatarina Muryani, Sigit Santoso, 2018).

Di daerah yang memiliki perkembangan suatu wilayah yang pesat diperhadapkan dengan berbagai masalah berupa pencemaran air tanah akibat adanya aktivitas penduduk dan industri yang menghasilkan limbah (Kete S, 2017). Menurut MetCalf dan Eddy (1979), menyatakan bahwa pada umumnya limbah yang dihasilkan oleh domestik maupun industri merupakan sumber terbesar dari pencemaran air yang memberikan perubahan sifat air yang berpengaruh pada hidrokimia yang terkontaminasi oleh limbah tersebut. Disisi lain permintaan kebutuhan

keperluan air terus mengalami peningkatan sejalan dengan perkembangan penduduk yang terus mengalami peningkatan.

Air tanah memiliki beberapa kerugian atau kelemahan dibanding sumber air lainnya karena air tanah mengandung zat-zat mineral dalam konsentrasi yang tinggi. Zat-zat mineral tersebut antara lain magnesium, kalsium dan besi yang dapat menyebabkan kesadahan. Penggunaan air yang tidak memenuhi persyaratan baku mutu kesehatan lingkungan dapat menimbulkan gangguan kesehatan. Gangguan kesehatan tersebut berupa penyakit menular dan tidak menular. Penyakit menular disebabkan oleh air secara langsung disebut penyakit bawaan (*waterborne disease*). Penyakit tidak menular akibat penggunaan air telah terkontaminasi zat-zat berbahaya atau beracun.

Berdasarkan Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No.115 Tahun 2003, salah satu metode untuk menentukan indeks kualitas air digunakan metode indeks pencemaran air sungai (PIj). Indeks pencemaran air digunakan untuk menilai kualitas badan air dan kesesuaian peruntukan badanair tersebut. Informasi indeks pencemaran dapat digunakan untuk memperbaiki kualitas badan air apabila terjadi penurunan kualitas dikarenakan kehadiran senyawa pencemar.

### **C. Air Asam Tambang (AAT)**

Air Asam Tambang merupakan salah satu isu lingkungan yang berpotensi terjadi di kegiatan penambangan baik batubara maupun bijih. Air asam tambang terbentuk karena adanya mineral sulfida yang

tersingkap akibat kegiatan penggalian dan penimbunan batuan penutup. Mineral sulfida tersebut kontak dan teroksidasi oleh oksidator utama yakni oksigen dan membentuk produk-produk oksidasi. Produk-produk oksidasi tersebut kemudian terlindi oleh adanya air (air hujan). Hal ini menyebabkan peningkatan keasaman di badan air penerima yang ditandai dengan rendahnya nilai pH. Selain peningkatan keasaman, pembentukan air asam tambang juga menyebabkan peningkatan terhadap konsentrasi logam-logam terlarut di badan air penerima. Di pertambangan batubara yang menerapkan metode tambang terbuka (*open pit mine*), air asam tambang berpotensi terbentuk di dua lokasi yakni pit penambangan (*mine pit*) dan timbunan batuan penutup (*overburden disposal*) (Said, 2014) .

Pembentukan air asam tambang di pit penambangan tidak dapat dihindari ketika lapisan batuan penutup yang berpotensi membentuk air asam tambang tersingkap menjadi dinding pit dan kontak dengan oksigen dan air. Oleh karena itu, air asam tambang yang bersumber dari pit penambangan berpotensi memiliki kualitas yang tidak memenuhi baku mutu lingkungan sehingga harus dialirkan ke sistem pengolahan air asam tambang sebelum masuk ke badan air penerima. Sedangkan pembentukan air asam tambang di timbunan batuan penutup berpotensi dapat terbentuk ketika timbunan tersebut belum final dan jika tidak adanya upaya pencegahan pembentukan air asam tambang yang salah satunya

dapat dilakukan melalui metode enkapsulasi material PAF dengan menggunakan NAF (Bantar Tyas Sukmawati Rukmana, 2017).

Mineral sulfida merupakan mineral yang secara alami berdasarkan proses pembentukannya sudah terkandung didalam batuan. Mineral yang menjadi sumber pembentuk air asam tambang ini berpotensi dapat ditemukan di area penambangan baik tambang batubara maupun mineral (emas, lead, zinc, dll). Terdapat beberapa jenis mineral yang menyebabkan terbentuknya air asam tambang.

**Tabel 2.1 Mineral Sulfida sebagai pembentuk Air Asam Tambang dengan oksigen sebagai oksidan**

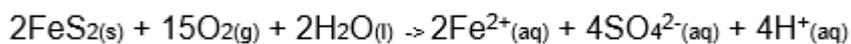
<b>Mineral</b>	<b>Formula</b>
Pyrite, Marcasite	FeS <sub>2</sub>
Pyrrhotite	Fe <sub>1-x</sub> S
Arsenopyrite	FeAsS
Enargite/famatinite	Cu <sub>3</sub> AsS <sub>4</sub> /Cu <sub>3</sub> SbS <sub>4</sub>
Tennantite/tetrahedrite	(Cu,Fe,Zn) <sub>12</sub> As <sub>4</sub> S <sub>13</sub> /(Cu,Fe,Zn) <sub>12</sub> Sb <sub>4</sub> S <sub>13</sub>
Realgar	AsS
Orpiment	As <sub>2</sub> S <sub>3</sub>
Stibnite	Sb <sub>2</sub> S <sub>3</sub>

**Tabel 2.2 Mineral Sulfida yang dapat menghasilkan Air Asam  
Tambang dengan oksidan besi**

<b>Mineral</b>	<b>Formula</b>
Sphalerite	ZnS
Galena	Pbs
chalcopyrite	CuFeS <sub>2</sub>
Covellite	CuS
Cinnabar	HgS
Millerite	NiS
Pentlandite	(Fe,Ni) <sub>9</sub> S <sub>8</sub>

Mineral sulfida itu akan teroksidasi kehadiran oksigen saat terdapatnya aktivitas penggalian dan penimbunan di pertambangan. Oksidasi mineral sulfida dan adanya air akan membentuk produk oksidasi berupa besi fero, sulfat dan asam. Reaksi pembentukan air asam tambang dapat terjadi berdasarkan tahapan reaksi sebagai berikut:

**Oksidasi Mineral Sulfida (Pyrite) oleh kehadiran Oksigen**



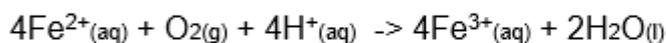
Pirit + Oksigen + Air -> Besi Ferro + Sulfat + Keasaman

Pyrite merupakan salah satu mineral sulfida utama yang sering ditemukan di area pertambangan terutama tambang batubara. Ketika kegiatan penggalian dan penimbunan dilakukan, mineral pyrite yang terkandung di dalam batuan penutup (*overburden*)

maupun *interburden* tersingkap ke udara terbuka. Hal ini menyebabkan pyrite teroksidasi oleh oksigen bebas dan terlindi oleh air (hujan). Hasil reaksi tersebut membentuk besi ferro, sulfat, dan keasaman  $H^+$  yang menyebabkan penurunan nilai pH air.

Pada tahapan selanjutnya, besi ferro yang dihasilkan pada reaksi

### **Oksidasi Besi Ferro menjadi Besi Ferri oleh kehadiran Oksigen**



Besi Ferro + Oksigen + Keasaman  $\rightarrow$  Besi Ferri + Air

pertama dioksidasi oleh oksigen pada kondisi yang asam membentuk besi ferri. Reaksi ini berjalan cukup lambat namun keberadaan bakteri acidophiles yang berperan sebagai katalisator menyebabkan reaksi menjadi lebih cepat.

### **Hidrolisa Besi Ferri**

#### **Reaksi Lanjutan: Oksidasi Pyrite oleh Oksidan Besi Ferri**



Pirit + Besi Ferri + Air  $\rightarrow$  Besi Ferro + Sulfat + Keasaman (16 mol)

Hidrolisa adalah reaksi yang pemisahan molekul air. Besi ferri terhidrolisa membentuk besi hidroksida dan 12 mol keasaman. Proses reaksi ini lebih banyak terjadi pada lingkungan air dengan pH di atas 3,5. Reaksi ini menyebabkan terbentuknya presipitat besi hidroksida yang berwarna kuning keemasan yang sering dikenal dengan istilah "yellowboy".

Reaksi ini ialah reaksi lanjutan saat lingkungan air terpenuhi. Besi ferri dapat berperan menjadi oksidan kuat pada kondisi lingkungan air

yang sangat asam ( $\text{pH} < 3$ ). Reaksi ini ialah reaksi propagasi (perbanyakan) yang berlangsung sangat cepat dan akan berhenti ketika mineral sulfida pyrite dan atau besi ferri telah habis. Reaksi lanjutan ini merupakan reaksi yang menghasilkan nilai keasaman lebih besar jika dibandingkan dengan reaksi lainnya. Keasaman yang dihasilkan dalam reaksi ini mencapai 16 mol  $\text{H}^+$ .

**Tabel 2.3 Penelitian Terkait Air Asam Tambang**

No	Judul	Penulis	Tahun	Hasil Penelitian
1	Analisa Logam Berat (Mn,Fe,Cd), Sianida dan Nitrit Pada Air Asam Tambang Batubara.	Kiswanto, Wintah, Nur Laila Rahayu	2020	Pengolahan air asam tambang batu bara yang dilakukan PT. Mifa Bersaudara dengan metoda memakai dolomit menjadi absorben dengan perbandingan 100liter limbah cair asam tambang batu bara dan 50 gram kapur dolomit. hasil pembubuhan ini belum optimum untuk mengurangi kadar kadar logam berat Fe, Mn dan Cd

**Tabel 2.3 Penelitian Terkait Air Asam Tambang (Lanjutan)**

<b>2</b>	Analisa Penanganan Air Asam Tambang Batubara	Indra Wahyudi, Sri Widodo, Arif Nurwaskito	2018	Sesuai analisis uji AHP pada settling pond efektif sebagai metode pengelolaan air limbah tambang pada daerah penelitian berdasarkan parameter yang digunakan.
<b>3</b>	Analisa Kandungan Fly Ash sebagai Alternatif Bahan Penetral dalam Penanggulangan Air Asam Tambang	M.Salman Said, Sitti Ratmi N, M. Idris J, Nur Asmiani, Ginting Jalu K	2019	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> /tongan 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.

**Tabel 2.3 Penelitian Terkait Air Asam Tambang (Lanjutan)**

---

<b>3</b>	Analisa Kandungan Fly Ash sebagai Alternatif Bahan Penetral dalam Penanggulangan Air Asam Tambang	M.Salman Said, Sitti Ratmi N, M. Idris J, Nur Asmiani, Ginting Jalu K	2019	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> /tongan 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.
----------	---	---	------	---

---

**Tabel 2.3 Penelitian Terkait Air Asam Tambang (Lanjutan)**

<b>4</b>	Penanganan Air Asam Tambang pada Skala Laboratorium dengan menggunakan Kapur Tahor berdasarkan Parameter Ketebalan NAF	Bantar Tyas Sukmawati, Abdul Rauf, Desyana Ghafarunnisa	2017	Dosis kapur tohor yang efektif untuk menetralkan air asam tambang pada skala skalaboratorium adalah 0,4 gr/L untuk pH air antara 2,4 sampai 3,2 dan 0,3 gr/L untuk pH air antara 3,3 sampai 4,0.
----------	--	---	------	--

#### **D. Kandungan Pencemar Air Asam Tambang**

Industri pertambangan batubara terbuka akan banyak terdapat banyak bahan pencemar khususnya kandungan logam berat dan beberapa senyawa toksik. Dalam Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No.113 Tahun 2003, kandungan batubara berupa logam berat besi, mangan, kadmium, sianida dan nitrit merupakan bahan berbahaya dan bersifat toksik terhadap lingkungan dan pad air permukaan (Munawar, 2017).

1. Besi (Fe) Keberadaan besi pada kerak bumi menempati posisi keempat terbesar. Besi ditemukan dalam bentuk kation ferro ( $Fe^{2+}$ ) dan ferri ( $Fe^{3+}$ ). Pada perairan alami dengan pH sekitar 7 dan kadar oksigen terlarut yang cukup, ion ferro bersifat mudah larut dioksidasi menjadi ion ferri. Pada oksidasi ini terjadi pelepasan elektron. Pada reduksi ferri menjadi ferro terjadi penangkapan elektron. Menurut Efendi dalam

Kiswanto (2018), bahwa kadar besi yang berlebihan dapat menghambat fiksasi unsur lainnya.

2. Mangan (Mn) Mangan adalah kation logam yang memiliki karakteristik kimia serupa dengan besi. Mangan berada dalam bentuk manganous ( $Mn^{2+}$ ) dan manganik ( $Mn^{3+}$ ). Konsentrasi mangan yang lebih tinggi dapat ditemukan di perairan dengan tingkat pH rendah (Damayanti, 2018).

3. Cadmium (Cd) Kadmium (Cd) merupakan metal berbentuk kristal putih keperakan. Kadmium ditemukan bersama-sama dengan unsur Zn, Cu, dan Pb dalam jumlah yang kecil. Kadmium ditemukan pada industri alloy, pemurnian Zn, pestisida, dan lain-lain (Said, 2014). Manusia di dalam tubuhnya tidak memerlukan kadmium dalam fungsi pertumbuhannya, sebab kadmium sangat beracun bagi manusia. Keracunan akut yang disebabkan kadmium akan berpengaruh terhadap gejala gasterointestinal dan penyakit ginjal. Gejala klinis keracunan kadmium sangat mirip dengan penyakit glomerulonephritis biasa. Hanya pada fase lanjut dari keracunan kadmium ditemukan pelunakan dan fraktur (patah) tulang punggung yang multipel. Di Jepang sakit pinggang ini dikenal sebagai penyakit "Itai-Itai disease". Gejalanya adalah sakit pinggang, patah tulang, tekanan darah tinggi, kerusakan ginjal, gejala seperti influenza, dan sterilitas pada laki-laki.

4. Sianida ( $CN^-$ ) Bekas penambangan mengalami perubahan akibat tereksposnya lapisan batuan yang tersusun atas senyawa sulfida.

Limbah pencucian batu bara juga ditemukan pada zat organik dalam perairan tambang batu bara mengalami pembusukan dan menimbulkan bau hasil penguraian zat organik dan senyawa lainnya seperti sulfida. Sulfida yang berada dalam kolam tambang batu bara berasal dari proses pembusukan zat organik berupa hidrogen sulfida ( $H_2S$ ) yang diproduksi oleh mikroorganisme pembusuk dari zat organik yang bersifat racun terhadap ganggang dan mikroorganisme lainnya. Zat organik hasil pembusukan akan menimbulkan pencemaran udara dan bau. Sulfida bersifat korosif dalam bentuk hidrogen sulfida yang menyebabkan masalah di lingkungan (Indra Wahyudin, 2018)

5. Nitrit ( $NO_2$ ), keberadaan nitrit menggambarkan berlangsungnya proses biologis perombakan bahan organik di perairan, dimana nitrogen dalam bentuk ammonia dirombak oleh bakteri nitrosomonas menjadi nitrit. Kadar nitrit yang tinggi dapat menyebabkan kekebalan tubuh (imunitas) organisme menurun sehingga organisme gampang terinfeksi penyakit. Kisaran nilai nitrit ini masih berada pada batas yang diperbolehkan berdasarkan baku mutu yang ditetapkan. Menurut hasil penelitian yang dilakukan oleh Wang (2004), kadar nitrit yang tinggi dapat mengganggu keseimbangan antara antioksidan dan prooksidan pada udang *Macrobrium nipponense*. Selain itu nitrit juga dapat bereaksi dengan hemoglobin yang menyebabkan terbentuknya methemoglobin sehingga darah tidak dapat mengikat dan mentransport oksigen ke tissue (jaringan tubuh).

## E. Fly Ash

*Fly ash* dan *bottom ash* ialah limbah padat dari pembakaran batubara pada pembangkit tenaga listrik. Terdapat type pembakaran batubara pada industri listrik yakni: “*dry bottom boilers, wet-bottom boilers* dan *cyclon furnace*”. Dulu *fly ash* didapat dari produksi pembakaran batubara sederhana, lewat corong gas serta tersebar ke atmosfer. Ini memunculkan persoalan lingkungan dan kesehatan, sebab *fly ash* ini dibuang jadi timbunan. *Fly ash* dan *bottom ash* ini terdapat berjumlah cukup besar, maka perlu pengelolaan supaya tidak timbulkan persoalan lingkungan yakni pencemaran udara, atau perairan, dan penurunan kualitas ekosistem.

*Fly ash* ialah material yang berukuran seperti butiran halus, dengan warna keabu-abuan yang miliki kandungan unsur kimia seperti: silika ( $\text{SiO}_2$ ), alumina ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ), fero oksida ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) dan kalsium oksida ( $\text{CaO}$ ), serta ada juga magnesium oksida ( $\text{MgO}$ ), titanium oksida ( $\text{TiO}_2$ ), alkalin ( $\text{Na}_2\text{O}$  dan  $\text{K}_2\text{O}$ ), sulfur trioksida ( $\text{SO}_3$ ), pospor oksida ( $\text{P}_2\text{O}_5$ ) serta carbon. Faktor yang pengaruhi sifat fisik, kimia dan teknis dari *fly ash* ialah tipe batubara, kemurnian batubara, tingkat penghancuran, tipe pemanasan dan operasi, metoda penyimpanan dan penimbunan. Komposisi kimia dan klasifikasinya terlihat di Tabel Komposisi dan Klasifikasi *Fly ash*.

**Tabel 2.4 Komposisi dan klasifikasi *Fly Ash***

<b>Komponen (%)</b>	<b>Bituminus</b>	<b>Subbitumins</b>	<b>Lignit</b>
<i>SiO<sub>2</sub></i>	20-60	40-60	15-45
<i>Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub></i>	5-35	20-30	20-25
<i>Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub></i>	10-40	4-10	4-15
CaO	1-12	5-30	15-40
MgO	0-5	1-6	3-10
<i>SO<sub>3</sub></i>	0-4	0-2	0-10
<i>Na<sub>2</sub>O</i>	0-4	0-2	0-6
<i>K<sub>2</sub>O</i>	0-3	0-4	0-4
LOI	0-15	0-3	0-5

*Fly ash* terbagi dua kelas yakni *fly ash* kelas F dan kelas C dengan perbedaan dari banyaknya calcium, silika, aluminium dan kadar besi didalamnya. Meski kelas F dan kelas C sangat ketat ditandai dipakai *fly ash* yangenuhi spesifikasi ASTM C618, tapi istilah ini lebih umum dipakai sesuai asal produksi batubara atau kadar CaO. Penting diketahui, tidak seluruh *fly ash* bisaenuhi persyaratan ASTM C618, kecuali pada aplikasi untuk beton, persyaratan itu perlu dipenuhi.

*Fly ash* kelas F: ialah *fly ash* yang didapat dari pembakaran batubara anthracite atau bituminous, bersifat pozzolanic serta guna dapatkan sifat cementitious perlu diberi penambahan quick lime, hydrated

lime, atau semen. *Fly ash* kelas F ini kadar kapurnya rendah ( $\text{CaO} < 10\%$ ).

*Fly ash* kelas C: dari pembakaran batubara lignite atau sub-bituminous bersifat pozzolanic serta self-cementing (kemampuan guna mengeras serta menambah strength bila bereaksi dengan air) serta sifat ini muncul tanpa penambahan kapur. Umumnya memuat kapur ( $\text{CaO} > 20\%$ ).

## **F. Kerangka Konsep**

Kerangka konsep ialah sebuah penjabaran serta gambaran mengenai hubungan antara konsep atau variabel yang akan diamati atau diukur lewat penelitian yang akan dijalankan.

Bagan *Input* berupa masalah yang timbulkan dari keberadaan lubang pasca tambang batubara yang dibiarkan dan tidak dilakukannya penimbunan atau reboisasi. Lubang pasca tambang batubara menyebabkan pencemaran air berupa air asam tambang. Terlebih lubang pasca tambang batubara berada disekitar pemukiman penduduk.

Bagan proses berupa metode pendekatan yang akan dipakai ialah pendekatan kualitatif dan kuantitatif. Untuk pendekatan kualitatif, variable yang akan diteliti adalah persepsi masyarakat Palaran terhadap adanya kubangan pasca tambang batubara dilingkungan tempat tinggal dan untuk pendekatan kuantitatif, variable yang diteliti adalah karakteristik dan sifat kimia air asam tambang dan usaha pengelolaan limbah air asam tambang

lewat pemurnian. *Fly Ash* digunakan sebagai bahan alternatif dalam proses pemurnian air asam tambang.

Pada bagan *Output* merupakan hasil pengelolaan limbah air asam tambang dan pemanfaatan *Fly Ash* sebagai bahan penetral dan menyimpulkan alternatif pemanfaatan air asam tambang dan *Fly Ash*.

