

Studi Potensi Logam Tanah Jarang dari *Coal Combustion Product* Sisa Pembakaran PLTU Mulut Tambang

Firman^{1*}, Firman Nullah Yusuf², Arbi Haya¹, Amsal¹

1. Program Studi Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Khairun Ternate
2. Program Studi Teknik Pertambangan, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Muslim Indonesia

*firman@unkhair.ac.id

SARI

Coal combustion product (CCP) sisa pembakaran PLTU Mulut Tambang di Kabupaten Muara Enim, baik abu terbang maupun abu dasar jumlahnya sangat banyak dan belum termanfaatkan maksimal. CCP memiliki kandungan logam tanah jarang sehingga perlu dilakukan kajian potensinya untuk menjadi sumber daya dan cadangan LTJ dimasa depan. Tahapan dari penelitian ini adalah preparasi sampel dan pengujian distribusi ukuran butir dengan metode ayakan basah & kering. Bentuk butir diamati menggunakan mikroskop serta penentuan kandungan mineralogi dengan XRD, kandungan oksida dengan XRF dan kandungan unsur dengan ICP-MS. Distribusi ukuran butir abu batubaranya 79,72%-98,16% lolos ayakan No.200 (0,074 mm). Morfologi butirnya berbentuk *sub-rounded* dan masih ada batubara yang belum terbakar sempurna. Kandungan mineralnya yang dominan adalah kuarsa, mineral minor seperti muskovit, hematit, magnetit, pirit, lime dan periclase. Oksida yang dominan adalah SiO₂, Al₂O₃, SO₃, Fe₂O₃, CaO dan MgO. Berdasarkan hasil uji ICP-MS terdeteksi 16 unsur LTJ. Kandungan total LTJ setiap sampel, FA BB dan BA BB berturut-turut yaitu 263,92 ppm dan 105,99 ppm. LTJ dari CCP sisa PLTU mulut tambang yang potensial diekstraksi adalah serium kadarnya 84,8 ppm, neodimium 42 ppm, itrium 40,6 ppm dan lantanum 33,6 ppm dari abu terbang sedangkan pada abu dasar hanya serium yang kadarnya 38,1 ppm.

Kata kunci: abu terbang; abu dasar; LTJ; ICP-MS.

ABSTRACT

Coal combustion product (CCP) from the combustion of the Mine-Mouth Power Plant in Muara Enim Regency, both fly ash and bottom ash, are very large in number and have not been maximally utilized. CCP contains rare earth elements, so it is necessary to study its potential to become resources and reserves for REE in the future. The stages of this study were sample preparation and grain size distribution testing using the wet & dry sieve method.

How to Cite: Firman, Yusuf, F.N., Haya, A., Amsal., 2020. Studi Potensi Logam Tanah Jarang dari Coal Combustion Product Sisa Pembakaran PLTU Mulut Tambang. Jurnal Geomine, 8(3): 237-246.

Published By:

Fakultas Teknologi Industri
Universitas Muslim Indonesia

Address:

Jl. Urip Sumoharjo Km. 05
Makassar, Sulawesi Selatan

Email:

geomine@umi.ac.id

Article History:

Submite 15 Agustus 2020

Received in from 19 Agustus 2020

Accepted 10 Desember 2020

Lisensec By:

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



Grain morphology was observed using a microscope and determination of mineralogical content by XRD, oxide content with XRF and elemental content by ICP-MS. The grain size distribution of the coal ash is 79.72% -98.16% passing the No.200 (0.074 mm) sieve. The grain morphology is sub-rounded and there is still coal that has not been completely burned. The dominant mineral content is quartz, minor minerals such as muscovite, hematite, magnetite, pyrite, lime and periclase. The dominant oxides are SiO_2 , Al_2O_3 , SO_3 , Fe_2O_3 , CaO and MgO . Based on the ICP-MS test results, 16 REE elements were detected. The total content of REE for each sample, FA BB and BA BB were 263.92 ppm and 105.99 ppm, respectively. REE from the remaining CCP mine mouth power plant that has the potential to be extracted is cerium at 84.8 ppm, 42 ppm neodymium, 40.6 ppm yttrium and 33.6 ppm lanthanum from fly ash while at bottom ash only cerium is 38.1 ppm.

Keyword: fly ash; bottom ash; REE; ICP-MS

PENDAHULUAN

Limbah *coal combustion product* (CCP) sisa dari pembangkit listrik tenaga uap (PLTU) jumlahnya sangat banyak dan belum termanfaatkan sehingga menjadi masalah dalam hal penampungan sementara maupun penampungan akhir. Buangan CCP setiap tahunnya antara 6,15-8,5 juta ton dari penggunaa batubara bagi PLTU, yaitu 85 juta ton/tahun. Jumlah limbah CCP akan meningkat jika program pembangunan PLTU sebanyak 35.000 MW di berbagai wilayah di Indonesia terealisasi. Artinya 1/10 dari batubara yang dibakar menjadi CCP yang sampai saat ini masih terkategori limbah B3 (bahan berbahaya dan beracun) yang berasal dari sumber spesifik khusus berdasarkan PP No. 101 tahun 2014. CCP terkategori limbah B3, lebih karena volumenya yang besar dibandingkan dengan komposisi kimianya.

Pemanfaatan CCP atau abu batubara PLTU mulut tambang antara lain digunakan pada enkapsulasi *overburden* yang bersifat *potentially acid forming* (PAF) untuk pencegahan terbentuknya *acid mine drainage* (AMD) pada PT. Berau Coal di Kalimantan Timur (Gautama dkk., 2013), pencampuran dengan material PAF (Firman dkk., 2020), pelapisan batuan sampung (*waste rock*) dari area kerja PT. KPC untuk pencegahan AMD (Kusuma dkk., 2012), *treatment* AMD dari pH 2,5 menjadi 6,5 dalam waktu 30 menit karena memiliki kandungan CaO 10-12% (Pradhan dan Deshmukh, 2008), pencampuran dengan tailing tambang emas Musselwhite untuk peningkatan pH air lindian (Yeheyis dkk., 2009).

Pemanfaatan lain dari CCP sisa pembakaran PLTU adalah digunakan sebagai bahan pembuatan bata beton berlubang yang ramah lingkungan dan dapat digunakan untuk dinding non struktural (Sulistiowati, 2013). Abu terbang dimanfaatkan sebagai campuran semen portland sehingga menjadi semen portland pozzolan yang sebelumnya diaktifkan pada suhu 400°C, 500°C dan 600°C (Romli dan Syahminan, 2015). Abu terbang digunakan sebagai campuran media tanaman tomat, tetapi kandungan logam Cu melebihi baku mutu (Wardhani dkk., 2012).

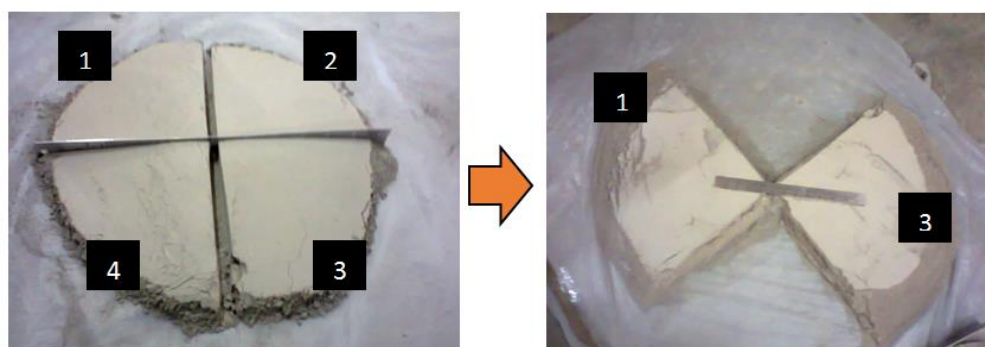
CCP merupakan material yang mengandung logam tanah jarang (LTJ). Sampel abu terbang dari sebuah PLTU yang berada di Jepang memiliki kandungan total LTJ 420 mg/kg (Kashiwakura dkk., 2013). CCP dari PLTU Kentucky di Amerika Serikat (AS) pada abu terbangnya memiliki kadar LTJ total antara 1.213,6 – 1.667,6 mg/kg sedangkan abu dasarnya 1.202,5 mg/kg (Mayfield dan Lewis, 2013). Kadar LTJ di Indonesia dari CCP sisa pembakaran PLTU Ombilin Sumatera Barat kurang dari 100 ppm untuk logam dominannya (serium). Jika dilakukan penghilangan senyawa dominan (pengolahan awal), misalnya silikat dan alumina, kandungan LTJ dalam CCP tersebut akan meningkat. Unsur LTJ pada CCP atau CCP sisa PLTU Ombilin yang dilaporkan dalam penelitian ini hanya 5, yaitu serium (Ce), lantanum (La), samarium (Sm), neodimium (Nd), dan itrium (Y), dan menduga mineral LTJnya adalah mineral monasit (Ce, La, Y, Th) fosfat (Suganal dkk., 2018).

CCP sisa hasil pembakaran PLTU bersifat spesifik karena ditentukan oleh input batubara yang menjadi bahan bakar PLTU serta sistem pembakaran pada PLTU. PLTU

Mulut Tambang Muara Enim input batubaranya adalah brand Bukit Asam-50 dengan kualitas batubara, kandungan total sulfurnya sebesar 0,74%, abu 3,68%, nilai kalorinya (CV) 5142,81 kcal/kg, *volatile matter* atau VM 34,86%, serta *total moisture*nya sebesar 23,14%. Sistem pembakarannya adalah *Pulverized Coal Boiler*, PCB (Firman, 2017). Penelitian ini menjadi penting untuk mengetahui potensi logam tanah jarang dari CCP limbah buangan PLTU (abu terbang dan abu dasar) pada PLTU Mulut Tambang Muara Enim, mengingat volume limbah akan semakin besar dan selama ini belum termanfaatkan maksimal masih ditimbun sebagai pelapis batuan pentup yang bersifat PAF. Selain itu, LTJ adalah material penting di abad 21 dengan berbagai kegunaan sehingga potensial kedepan untuk diekstraksi. Pendataan sumber-sumber logam tanah jarang perlu dilakukan sebagai data cadangan atau sumberdaya LTJ masa depan. CCP limbah buangan PLTU mempunyai kandungan LTJ sehingga harus dimanfaatkan dengan baik agar kedepan bisa dikeluarkan dari kelompok limbah B3.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini merupakan kegiatan laboratorium mulai dari preparasi hingga pengujian kandungan LTJ. Sampel CCP (abu dasar dan abu terbang) diambil dari lapangan pada PLTU Mulut Tambang di Muara Enim. PLTU ini merupakan PLTU mulut tambang karena letaknya dekat *site* penambangan dan berada dalam wilayah Kabupaten Muara Enim Sumatera Selatan. Sampel CCP sisa pembakaran PLTU dilakukan preparasi, meliputi sampling material untuk mendapatkan sampel yang representatif maupun *grinding* untuk menghaluskan material. Sampling dilakukan dengan metode *qoning & quartering* yang dipadukan juga dengan *splitter box* guna mendapatkan sampel yang siap uji. Metode *qoning & quartering* dilakukan dengan tahapan: sampel dibuat gundukan kemudian ditekan sehingga rata dan dibagi 4 bagian seperti Gambar 1. Diambil bagian yang diagonal, seperti bagian 1 dan 3. Hasil dari *qoning & quartering* kemudian dimasukkan dalam *splitter box* sehingga sampel terbagi 2, seperti Gambar 2. Diambil salah satu bagian, jika sudah sesuai kebutuhan kegiatan dihentikan, kalau sampel masih terlalu banyak dilakukan lagi kombinasi tersebut hingga didapatkan sampel yang sesuai dan homogen.



Gambar 1. Proses *Qoning & Quartering* abu dasar PLTU Mulut Tambang



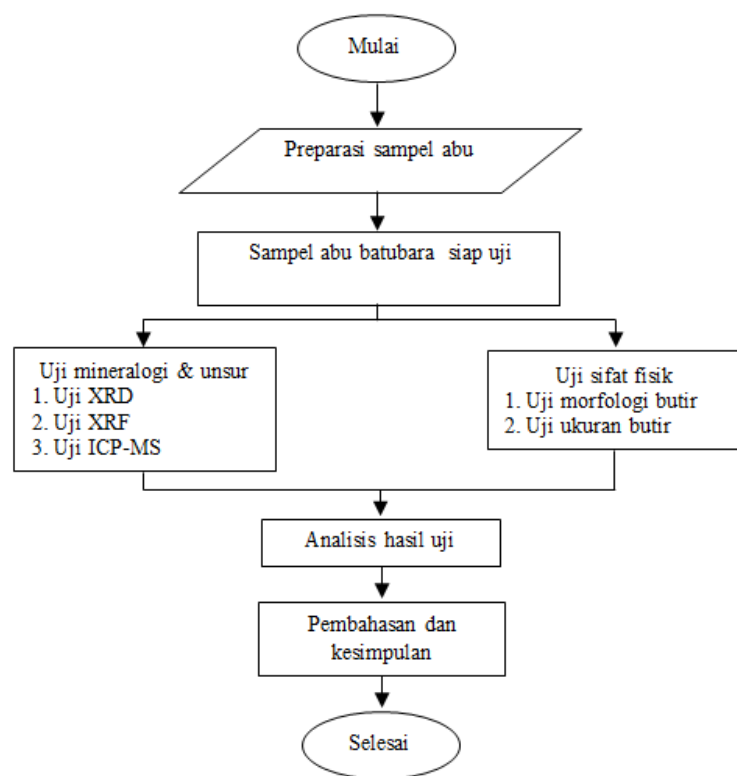
Gambar 2. Sampling dengan *splitter box*

Sampel yang telah diperoleh, baik abu terbang maupun abu dasar dibagi untuk berbagai pengujian dan sebagian sebagai arsip. Pengujian yang dilakukan meliputi: pengujian ukuran butir, morfologi butir, pengujian kandungan senyawa atau mineral, pengujian kandungan oksida serta pengujian kandungan unsur atau logam. Pengujian *grain size* dilakukan dengan metode ayakan kering dan ayakan basah sedangkan pengujian morfologi butir dilakukan dengan menggunakan mikroskop bijih. Pengujian kandungan senyawa atau mineral dilakukan metode *X-Ray Diffraction* (XRD) sedangkan kandungan oksida dilakukan pengujian dengan metode *X-Ray Fluorescence* (XRF). Kandungan unsur atau logam dilakukan dengan metode ICP-MS atau *Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry*. CCP untuk pengujian XRD, XRF dan ICP-MS adalah sampel CCP yang lolos ayakan No. 200. Sampel tersebut digrinding sehingga didapatkan ukuran tersebut. Sampel hasil penggerusan tersebut seperti Gambar 3.



Gambar 3. Sampel yang lolos ayakan No. 200

Desain dari penelitian kajian potensi LTJ dari CCP sisa pembakaran PLTU mulut tambang seperti Gambar 4 berikut ini:



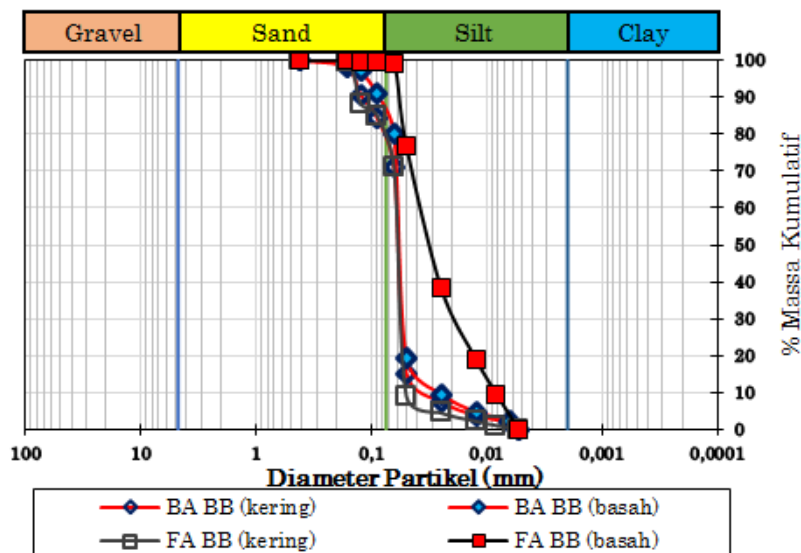
Gambar 4. Desain penelitian kajian potensi kandungan LTJ CCP

Data dari pengujian ukuran butir didapatkan berat masing-masing fraksi mulai dari ayakan yang luas bukaanannya besar hingga yang paling halus (lubang bukaanannya kecil). Ukuran ayakannya mulai dari yang kecil hingga besar lubang bukaanannya adalah No. 270, 200, 140, 100, 80, 60, 40 dan 30 berdasarkan *U.S. Standard Sieve Sizes*. Pengujian XRD akan didapatkan mineral atau senyawa dominan yang ada dalam sampel CCP sedangkan pengujian XRF akan didapatkan kandungan oksida dominan dalam sampel. Pengujian ICP-MS akan didapatkan unsur-unsur dari yang kandungannya dominan (satuan %) hingga yang kandungannya minor hingga *trace element* (satunya bagian persepuluhan atau ppm hingga bagian permiliar atau ppb).

HASIL PENELITIAN

Sampel abu terbang (kode FA BB) dan abu dasar (kode BA BB) dianalisis ukuran butirnya menggunakan metode ayak kering dan basah. Ayak kering dilakukan setelah sampel dikeringkan pada suhu kamar kemudian di ayak dengan ayakan No. 270; 200; 140; 100; 80; 60; 40; dan 30. Proses ayak basah dengan menggunakan air untuk memudahkan CCP atau abu batubara lolos ayakan, ukuran ayakan yang digunakan sama pada ayak kering. Pengayakan dengan 2 metode untuk mendapatkan *grain size* yang sebenarnya dari sampel CCP limbah PLTU. Ayakan kering (*dry sieve*) tidak menunjukkan *grain size* yang sebenarnya dari CCP karena abu dasar dan abu terbang mudah menyerap air atau sifatnya yang higroskopis. Sifat higroskopis adalah sifat material yang mudah mengikat molekul air dari lingkungan sekitarnya, baik melalui proses absorpsi ataupun dengan proses adsorpsi. Sampel FA BB seperti Gambar 6 tampak banyak menyerap air sehingga cenderung membentuk gumpalan (lingkaran merah) yang dengan ayak kering tidak efektif. Terlihat dari grafik ukuran butir sampel FA BB dengan *dry sieve* sekitar 70,96% dinyatakan lolos ayakan No. 200 sedangkan dengan *wet sieve* bisa mencapai 98,16% yang lolos. CCP jenis BA BB dengan *dry sieve* sekitar 70,94% yang lolos ayakan No. 200 sedangkan dengan *wet sieve* jumlah yang lolos

sebanyak 79,72%. Terlihat bahwa ukuran butir abu terbang lebih kecil dibandingkan dengan abu dasar. Berdasarkan USCS sampel CCP limbah PLTU, FA BB dan BA BB termasuk material berbutir halus (*clay and silt*) karena lebih dari 50% lolos ayakan No. 200 (0,074 mm).



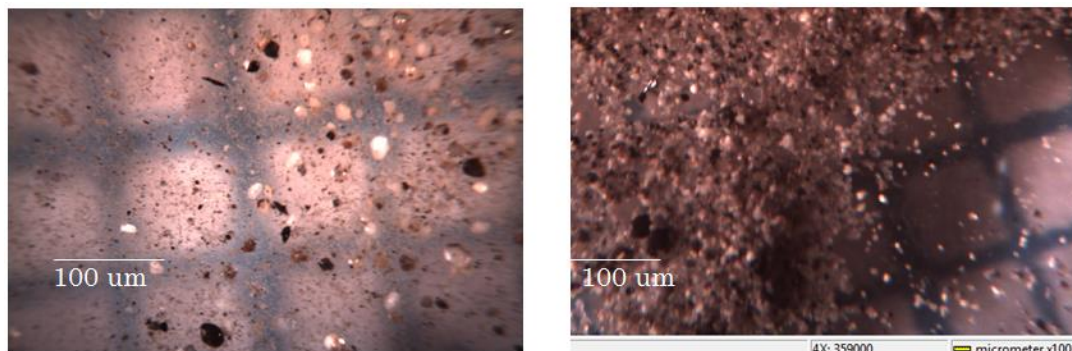
Gambar 5. Hasil pengujian ukuran butir CCP limbah PLTU

PLTU Mulut Tambang ini menggunakan batubara brand BM-50 dengan sistem pembakaran *Pulverized Coal Boiler* (PCB). Ukuran batubara inputnya lebih halus sehingga menghasilkan CCP atau abu terbang dengan ukuran butir yang lebih kecil, termasuk limbah abu dasar. Limbah CCP atau abu batubara sangat ditentukan input batubara yang menjadi bahan bakarnya dan sistem pembakaran pada masing-masing PLTU. Jika dibandingkan dengan PLTU lain yang sistem pembakarannya *Circulating Fluidized Bed* (CFB) ukuran butir abu dasarnya sangat besar.



Gambar 6. Abu Terbang PLTU Mulut Tambang

Bentuk butir dari CCP (abu terbang dan dasar) limbah PLTU Mulut Tambang Muara Enim sesuai hasil pengujian menggunakan mikroskop hasilnya diperlihatkan pada Gambar 7. Pengamatan dengan mikroskop untuk mengetahui morfologi butir sampel abu terbang dan abu dasar termasuk mengamati apakah batubara terbakar sempurna atau tidak saat proses pembakaran.



Gambar 7. Morfologi butir abu terbang (kiri) dan abu dasar (kanan)

Sampel abu terbang *grain* *sizenya* lebih halus jika dibandingkan dengan abu dasar dan bentuknya *sub rounded* menunjukkan produk pembakaran saat temperatur tinggi yang berlangsung dalam waktu yang relatif cepat. Sampel CCP yang diamati masih terlihat butiran yang mengandung batubara (warna hitam) seperti diperlihatkan pada Gambar 7. Batubara yang diperlihatkan dengan warna hitam tersebut adalah sisa material batubara yang belum sempurna proses pembakarannya. Pengamatan morfologi butir ini mengonfirmasi ukuran butir hasil uji ayakan, bahwa abu terbang mempunyai ukuran butir yang lebih halus dibanding dengan abu dasar.

Pengujian dengan XRD untuk sampel abu dasar memperlihatkan kandungan mineralnya diantaranya kuarsa, periclase, muskovit, hematit, pirit, dan magnetit.. Abu terbang kandungan mineralnya adalah kuarsa, lime, pirit, hematit, magnetit, dan muskovit. Mineral dominan dari semua conto (abu dasar dan abu terbang) yaitu mineral kuarsa. Mineral liat yang terkategori minor dalam sampel adalah muskovit. Mineral pembawa logam besi (Fe) meliputi hematit (Fe_2O_3), magnetit (Fe_3O_4), dan pirit (FeS_2) serta mineral CaO (lime) dan MgO (periclase), mineral tersebut semuanya terkategori mineral minor. Pengujian dengan metode XRD belum menunjukkan hadirnya mineral pembawa LTJ dalam CCP limbah PLTU. Mineral pembawa logam tanah jarang kadarnya rendah dibandingkan mineral-mineral utama seperti kuarsa, mineral clay dan mineral pembawa logam besi.

Hasil uji XRF mengkonfirmasi hasil uji XRD, dimana ditemukan oksida-oksida yang juga terbaca pada uji XRF, seperti SiO_2 , CaO, MgO, dan Fe_2O_3 . Hasil uji XRD didapatkan bahwa mineral kuarsa (SiO_2) kandungannya dominan dan berdasarkan hasil uji XRF kandungan oksida SiO_2 diatas 50% untuk kedua sampel. Selain itu, oksida lain yang dominan adalah Al_2O_3 , SO_3 , Fe_2O_3 , CaO, MgO, K_2O (kecuali pada BA BB hanya 0,64%) dan Na_2O (kecuali pada BA BB hanya 0,17%). Oksida yang lain kandungannya kurang dari 1% untuk kedua sampel. Hasil XRF ini belum memperlihatkan oksida pembawa logam tanah jarang (LTJ) karena kandungannya kurang dari 0,01% (batas minimal untuk terdeteksi pada alat XRF). Hasil uji XRF ini menjadi dasar pengelompokan CCP sisa pembakaran PLTU sesuai ASTM-C-618. Berdasarkan standar tersebut abu terbang (FA-BB) dan abu dasar (BA-BB) dari PLTU Mulut Tambang ini masuk dalam kategori kelas F. Jumlah mineral $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$ minimalnya 70% sedangkan abu terbang dan abu dasar kandungannya sebanyak 80,26% dan 94,14%. Jumlah oksida SO_3 maksimum 5% (terkategori kelas-F) sedangkan abu dasar kadarnya 2,05%. Kandungan air abu terbang 2,92% dan abu dasar hanya 0,08% sedangkan kandungan maskimal untuk kelas F adalah 3% (memenuhi kategori kelas F).

Tabel 1. Hasil Uji XRF CCP Limbah PLTU

No.	Komponen	% Massa	
		BA BB	FA BB
1	Na ₂ O	0,17	1,75
2	MgO	1,02	2,43
3	Al ₂ O ₃	23,80	21,90
4	SiO ₂	66,30	50,60
5	P ₂ O ₅	0,11	0,06
6	SO ₃	2,05	12,20
7	Cl	0,01	0,01
8	K ₂ O	0,64	2,02
9	CaO	1,10	2,55
10	TiO ₂	0,69	0,90
11	Cr ₂ O ₃	-	0,02
12	MnO	0,02	0,22
13	Fe ₂ O ₃	4,04	7,76
14	ZnO	0,02	0,02
15	Rb ₂ O	-	0,01
16	SrO	0,02	0,02
17	ZrO ₂	0,08	0,03
Total		100	100

Pengujian potensi logam tanah jarang efektif dilakukan dengan metode ICP-MS karena limit deteksinya hingga satuan ppb. Hasil pengujian dengan metode ICP-MS menunjukkan ada 16 unsur yang terdeteksi. Kandungan total LTJ untuk kedua sampel, FA BB dan BA BB berturut-turut 263,92 ppm dan 105,99 ppm. Kandungan LTJ sampel abu terbang lebih tinggi dari abu dasar karena sebagian logam LTJ menjadi teruapkan saat pembakaran pada suhu tinggi ketika batubara diproses di boiler. Proses selanjutnya terjadi kondensasi kembali setelah menyatu bersama partikel-partikel padatan dari abu terbang serta terperangkap dalam *electrostatic precipitator*. Logam yang terdeteksi tersebut meliputi terbium (Tb), disprosium (Dy), europium (Eu), itterbium (Yb), lantanum (La), skandium (Sc), holmium (Ho), itrium (Y), neodimium (Nd), serium (Ce), samarium (Sm), erbium (Er), tulium (Tm), lutetium (Lu), gadolinium (Gd), serta praseodimium (Pr), hanya prometium (Pm) yang tidak terdeteksi. Hasil lengkap uji ICP-MS pada Tabel 2.

Tabel 2. Kandungan Logam Tanah Jarang (LTJ) CCP limbah PLTU

Sampel	Kadar (ppm)															
	Sc	Y	Ce	Pr	Nd	Sm	Gd	Dy	Tb	Er	Tm	Yb	Lu	Eu	La	Ho
FA BB	18,1	40,6	84,8	10	42	8,8	6,2	5,7	1,1	3,8	0,6	5	0,8	1,32	33,6	1,3
BA BB	6,9	12,7	38,1	4,4	17,8	3,4	2,2	1,8	0,4	1,1	0,2	1,5	0,2	0,49	14,4	0,4

Kandungan dominannya adalah serium, neodimium, itrium dan lantanum. Logam serium kandungannya mencapai 84,8 ppm pada sampel abu terbang. Jika dalam 1 ton abu terbang dengan *recovery* 100% (kondisi ideal) akan didapatkan 84,8 gram logam serium (Ce), 42 gram neodimium, 40,6 gram itrium dan 33,6 gram lantanum. Logam tanah jarang pada sampel abu dasar hanya serium yang kandungannya tinggi, yaitu 38,1 ppm sedangkan yang lainnya kandungannya kurang dari 18 ppm.

Logam tanah jarang dikelompokkan menjadi LTJ ringan atau LREE (*light rare earth elements*) dan LTJ berat atau HREE (*heavy rare earth elements*). LREE meliputi logam Sc, Y, La, Sm, Ce, Pr, Eu, Nd, dan Pm, sedangkan sisanya termasuk LTJ berat. LTJ ringan adalah LTJ yang memiliki nomor atom 63 kebawah sedangkan LTJ berat adalah logam tanah jarang yang memiliki nomor atom 64-71. Logam tanah jarang yang dominan pada kedua sampel CCP tersebut adalah LTJ ringan. Perbandingan LTJ ringan dan LTJ berat pada sampel FA BB adalah 10 : 1 sedangkan pada sampel BA BB adalah 13 : 1. CCP kandungan LTJ ringannya lebih dominan dibandingkan LTJ berat. Hasil serupa juga seperti yang dilaporkan oleh Suganal dkk (2018) terkait hasil penelitiannya pada PLTU Ombilin.

Keberadaan LTJ pada CCP sisa pembakaran PLTU dipengaruhi jenis batubara yang digunakan. Batubara digunakan dalam proses pembakaran untuk boiler. Pembakaran batubara merupakan proses pengkayaan dari beberapa unsur logam dalam CCP termasuk komponen LTJ. PLTU Mulut Tambang tersebut menggunakan batubara dari *site* terdekat dengan lingkungan pengendapan yang spesifik. Endapan batubaranya termasuk pada formasi Muara Enim wilayah Tanjung Enim. Lokasi pengendapan formasi ini berada di lingkungan laut dangkal, daratan delta, dan *non-marine*. Formasi ini memiliki ciri batuan berupa *sandstone*, *siltstone*, *claystone* serta batubara. Formasi ini terbentuk pada fase *syn-rift* dimana proses pengendapan terjadi selama pembentukan *rift* yang aktif pada periode Eosen-Oligosen (Paleogen). Endapan fluviatil-lakustrin menjadi asosiasi untuk sebagian besar batubara yang terendapkan pada fase ini. Batubara pada fase ini memiliki nilai kalori tinggi (hingga 7000 kkal/g) dengan konten sulfur yang rendah (<1%), kandungan abu yang bervariasi serta penyebaran lateral yang relatif terbatas (Koesoemadinata, 2002). Kondisi lingkungan pengendapan dan proses pembatubaraan tersebut menjadikan terakumulasinya material pembentuk batubara bersama komponen LTJ.

KESIMPULAN

1. CCP sisa pembakaran PLTU Mulut Tambang Muara Enim memiliki kandungan LTJ sebanyak 16 unsur, yaitu Ho, Eu, Lu, Yb, Tm, Er, Tb, Dy, Gd, Sm, Nd, Pr, Ce, Y, La, dan Sc, kandungan logam yang dominan adalah serium dan paling rendah kadarnya adalah tulium.
2. Abu terbang PLTU Mulut Tambang memiliki kandungan LTJ total sebesar 263,92 ppm sedangkan abu dasar hanya 105,99 ppm.
3. Kandungan LTJ sampel abu terbang potensial untuk diekstraksi, yaitu serium (84,8 ppm), neodimium (42 ppm), itrium (40,6 ppm) dan lantanum (33,6 ppm) sedangkan sampel abu dasar hanya serium (38,1 ppm)
4. Penelitian perlu dilakukan terhadap CCP sisa pembakaran PLTU Mulut Tambang atau PLTU yang lain untuk menjadi sumber daya dan cadangan LTJ dimasa depan serta melihat logam yang potensial untuk diolah.

REFERENSI

- Firman. 2017. *Kajian Pencampuran Abu Batubara Limbah PLTU Dengan Material Pembentuk Asam untuk Pencegahan Air Asam Tambang*. Tesis. Institut Teknologi Bandung.
- Firman, Haya, A., & Alkatiri, H. (2020, July). Study of Blending Fly Ash with Potentially Acid Forming Material to Prevent Acid Mine Drainage. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 1569, No. 4, p. 042075). IOP Publishing.
- Gautama, R.S., Kusuma, G.J., Abfertiawan, M.S., Wiedhartono, A., Gunawan, F., Lestari, I., Simbolon, R., and Diana, M.R. 2013. *Study on Capping Options for Overburden Encapsulations to Prevent Acid Mine Drainage in Lati Coal Mine, Kalimantan, Indonesia*. IMWA (pp. 30-38). Golden Co, USA.

- Kashiwakura, S., Kumagai, Y., Kubo, H. and Wagatsuma, K. 2013. Dissolution of Rare Earth Elements from Coal Fly Ash Particles in a Dilute H_2SO_4 Solvent. *Open Journal of Physical Chemistry*, 3(2), 69–75.
- Koesoemadinata, R.P. 2002. *Outline of Tertiary Coal Basins of Indonesia*, Berita Sedimentologi No. 17 I/2002.
- Kusuma, G. J., Hideki S., Nugraha C., Akihiro H., Takasi S., Matsui, K., Gautama, R. S., and Sulistianto, B. 2012. Study on Co-placement of coal Combustion ash-coal waster rock for Minimizing acid mine Drainage Generation: A preliminary Result Of Field Column Test Experiment. *Procedia Earth and Planetary Science*, 6 (1), 251-261.
- Mayfield, D. B. and Lewis, A. S. 2013. Environmental Review of Coal Ash as a Resource for Rare Earth and Strategic Elements. *2013 World of Coal Ash (WOCA) Conference* (pp. 10-17). April 22-25, in Lexington, KY.
- Pradhan, A., and Deshmukh, P. 2008. Utilization of Fly Ash for Treatment of Acid Mine Drainage. *Journal of Environmental Research and Development*, 3(1), 1-6.
- Romli, A., dan Syahminan H. 2015. Pemanfaatan Fly Ash (Abu Batubara) yang Diaktifkan Untuk Komposisi Semen Portland Pozzolan. *Prosiding Snija* (pp. 1-6), Bandung, Indonesia. LPPM Unjani. Seminar Nasional Ilmu Pengetahuan dan Teknologi (IPTEK).
- Suganal, Umar, D.F., dan Mamby, H.E. 2018. Identifikasi Keterdapatan Unsur Logam Tanah Jarang Dalam Abu Batubara Pusat Listrik Tenaga Uap Ombilin, Sumatera Barat. *Jurnal Teknologi Mineral dan Batubara*, 14(2), 111-125.
- Sulistiowati, N. A. 2013. Bata Beton Berlubang dari Abu Batubara (Fly Ash dan Bottom Ash) yang Ramah Lingkungan. *Jurnal Teknik Sipil & Perencanaan*, 15(1), 87-96.
- Wardhani, E., Sutisna, M., dan Dewi, A. H. 2012. Evaluasi Pemanfaatan Abu Terbang (Fly Ash) Batubara Sebagai Campuran Media Tanam pada Tanaman Tomat (*Solanum lycopersicum*). *Jurnal Itenas Rekayasa*, 16(1), 44-56.
- Yeheyis, M. B., Shang, J. Q., and Yanful, E. K. 2009. Long-term Evaluation of Coal Fly Ash and Mine Tailings Co-placement: a Site-specific Study. *Journal of Environmental Management*, 9(1), 23–35.