

Studi Karakteristik Batubara Berdasarkan Analisa Abu Batubara PT XYZ Kalimantan Utara

Anggi Auliya Zaneti *, Linda Pulungan, Noor Fuzi Isniarno

Prodi Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Islam Bandung, Indonesia.

*anggirzaneti@gmail.com, linda.lindahas@unisba.ac.id, noorfauzi@unisba.ac.id

Abstract. As modern industry enters, coal is used as fuel and widely studied to discover its characteristics. The characteristics of coal ash are attributed to its non-organic constituents. The first step is gravimetric testing (XRF) to find coal characteristics in coal ash, and the last step is ICP-OES to determine the content of coal characteristics in coal ash. Coal ash was prepared with coal samples, and the results were tested twice. The first step is gravimetric (XRF), which identifies coal characteristics in coal ash based on the components present. The last step is ICP-OES, which determines the content of coal characteristics in coal ash identification of coal characteristics based on mineral matter clay and pyrite-bearing carbonate minerals. I am judging from the maximum value of each SiO_2 , Al_2O_3 , and Fe_2O_3 content.

Keywords: *Coal, Coal Ash, Ash Analysis.*

Abstrak. seiring memasuki industri modern, batubara bukan hanya digunakan sebagai bahan bakar saat ini, banyak dipelajari untuk mengetahui karakteristiknya. Karakteristik abu batubara dikaitkan dengan konstituen non-organiknya. Langkah pertama adalah pengujian gravimetri (XRF) untuk menemukan karakteristik batubara pada abu batubara, dan langkah terakhir adalah ICP-OES untuk mengetahui kandungan karakteristik batubara pada abu batubara. Preparasi abu batubara dilakukan dengan sampel batubara dan hasilnya diuji dua kali. Langkah pertama adalah gravimetri (XRF) untuk mengidentifikasi karakteristik batubara pada abu batubara berdasarkan komponen yang ada di dalam abu batubara. Langkah terakhir adalah ICP-OES untuk mengetahui kandungan karakteristik batubara pada abu batubara. Identifikasi sifat batubara berdasarkan mineral matter clay dan mineral karbonat pembawa pirit. Dilihat dari nilai maksimum masing-masing kadar SiO_2 , Al_2O_3 , dan Fe_2O_3 .

Kata Kunci: *Batubara, Abu Batubara, Ash Analysis.*

A. Pendahuluan

Menurut Anshariah, A. R. (2016), batubara adalah jenis bahan bakar fosil yang terdiri dari batuan sedimen yang mudah terbakar. Pembentukannya dimulai dengan pematubaraan endapan organik dari dedaunan dan batang pohon. Jenis batubara terdiri dari antrasit, bituminus, subbituminus, lignit, dan gambut, dan dibentuk oleh tekanan, panas, dan waktu. Sifat kimia dan fisika batuan organik berasal dari berbagai jenis bentuknya. Proses pembentukan batubara berlangsung dalam jangka waktu yang lama, dari puluhan juta tahun hingga ratusan juta tahun. Proses ini dimulai dengan penggabungan sampai dengan pematubaraan, yaitu pengeluaran zat pembakar (O_2) dalam bentuk karbon dioksida (CO_2) dan air (H_2O), yang menghasilkan konsentrasi karbon tetap (*fixed carbon*). Menurut Elliot dalam (Pasymi & Hatta, 2020) batubara merupakan batuan sedimen yang secara kimia dan fisika adalah heterogen yang mengandung unsur-unsur karbon, hidrogen, serta oksigen sebagai komponen unsur utama dan belerang serta nitrogen sebagai unsur tambahan. Zat lain, yaitu senyawa anorganik pembentuk ash (debu), tersebar sebagai partikel zat mineral yang terpisah di seluruh senyawa batubara. Secara ringkas, batubara bisa didefinisikan sebagai batuan karbonat berbentuk padat, rapuh, berwarna cokelat tua sampai hitam, dapat terbakar, yang terjadi akibat perubahan tumbuhan secara kimia dan fisik. (Yodi Kurniawan *et al.*, 2023)

Menurut (Sukandarrumidi, 2018), batubara terbentuk dari sisa-sisa tumbuhan yang mati dan komposisinya berupa selulosa. Proses terbentuknya batubara disebut proses koalifikasi. Faktor fisik dan kimia yang terjadi di alam mengubah selulosa menjadi lignit, subbituminous, bituminous atau antrasit. Menurut (Speight, 2015) sifat batubara yang mudah terbakar, batubara terdiri dari berbagai unsur, termasuk hidrogen, karbon, oksigen, sulfur, nitrogen, klorin, merkuri, dan arsenik. Karbon, oksigen, dan hidrogen adalah unsur yang paling sering ditemukan dalam batubara karena proses pembusukan material organik. Analisis proksimat dan ultimat dilakukan pada batubara di laboratorium untuk mengetahui kualitasnya. Analisis proksimat mengukur jumlah air, karbon padat, dan kadar abu, sedangkan analisis akhir mengukur kandungan unsur kimia batubara, termasuk sulfur, karbon, hidrogen, oksigen, dan nitrogen. Menurut (Widodo dan Antika, 2012) mineral pirit dan maseral dapat ditemukan dalam batubara. Menurut (Thomas, 2013) parameter kualitas batubara yang didasarkan pada analisis proksimat termasuk analisis kandungan air, kandungan pasir, zat volatil, dan karbon tetap. (Sufriadin *et al.*, 2023)

Berkumpulnya tumbuh-tumbuhan dalam lingkungan pengendapan tertentu menyebabkan batubara. Pengaruh *syn-sedimentary* dan *post-sedimentary* memengaruhi akumulasi tersebut. Pengaruh-pengaruh ini menghasilkan batubara dengan tingkat dan kerumitan struktur yang berbeda. Pengendapan batubara dapat memengaruhi penyebaran lateral, ketebalan, komposisi, dan kualitas batubara. Suatu skema pengendapan dengan produktifitas organik tinggi dan penimbunan yang perlahan namun terus menerus diperlukan untuk pembentukan endapan. Ini harus terjadi dalam kondisi reduksi tinggi dengan sirkulasi air yang cepat, sehingga tercipta kondisi anaerob dan zat organik dapat terawetkan. Kondisi seperti itu dapat terjadi di lingkungan paralik, yang berarti pantai atau muara sungai, dan limnik, yang berarti rawa-rawa. Menurut (Diessel, 1984, *op cit* Susilawati, 1992) lebih dari 90% batubara di seluruh dunia dibentuk di rawa-rawa dekat pantai. Lokasi seperti ini dapat ditemukan di dataran pantai, lagunal, deltaik, atau bahkan di sungai. Diessel (1992) menyatakan bahwa enam lingkungan pengendapan utama pembentuk batubara Lingkungan-lingkungan ini adalah lereng berdur, lereng berdur, lereng alluvial, dan lereng atas delta. (Akbar *et al.*, 2022)

Abu batubara didapatkan setelah melakukan beberapa pengujian seperti pengujian maseral dan proksimat, untuk mendapatkan abu batubara harus dilakukan preparasi terlebih dahulu dengan cara dibakar. Sehingga dari hasil abu batubara dapat dilakukan pengujian lebih lanjut seperti XRF dan ICP-OES. Menurut (Purbasari *et al.*, 2023) abu batubara ini merupakan unsur yang tidak ikut terbakar dalam proses pembakaran batubara. Komposisi abu batubara yang terdiri dari senyawa oksida (*mayor*) seperti SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , CaO , MgO , SO_3 , Na_2O , K_2O , P_2O_5 , TiO_2 dan MnO_2 dan senyawa anorganik (*minor*) seperti arsen, boron, klorin, tembaga, timbal, nikel dan seng. Menurut penelitian (Azzani, 2019) batubara tidak mengandung abu melainkan batubara sebenarnya mengandung mineral matter, mineral matter dapat di analisis

dan dinyatakan sebagai kadar abu atau kandungan abu. Dalam analisis batubara, abu didefinisikan sebagai sisa pembakaran yang tinggal setelah batubara dipijarkan. Senyawa dari material anorganik seperti MgO, SiO₂, Al₂O₃, Fe₂O₃, Na₂O, K₂O, P₂O₃, dan material organik lainnya dalam jumlah kecil seperti Cd, As, Pb, Zn, Hg, dan Ni serta ada vitrinit dan intertinit. Kadar abu menentukan banyaknya mineral yang terkandung pada batubara dan secara tidak langsung menentukan jumlah nilai kalori dari batubara.

Menurut (Febryanti, 2018) Kandungan Abu (Ash Content) kandungan batubara terdiri dari 3 unsur yaitu air, bahan organik (karbon), dan bahan anorganik (mineral). Mineral matter terdiri dari dua jenis yang berbeda yaitu bahan anorganik (mineral asli) dan mineral dari luar batubara (mineral eksternal). Menurut (Juda-Rezler & Kowalczyk, 2013) batubara adalah batuan sedimen yang terdiri dari bahan organik dan beberapa fragmen batuan anorganik dan mineral seperti clay, serpih, kuarsa dan kalsit. Batubara tersusun dari beberapa komponen organik dan anorganik.

Penelitian ini dilakukan untuk mengidentifikasi karakteristik batubara didalam abu batubara di PT XYZ Kalimantan Utara. Mengidentifikasi karakteristik batubara pada abu batubara menggunakan pengujian X-Ray Fluorencence (XRF) dan ICP-OES. Pada XRF dapat mengetahui kandungan senyawa atau mineral dari abu batubara seperti senyawa oksida (mayor) seperti SiO₂, Al₂O₃, Fe₂O₃, CaO, MgO SO₃, Na₂O, K₂O, P₂O₅, TiO₂ dan MnO. Untuk mendapatkan unsur pada abu batubara maka diperlukan Uji ICP-OES dapat menganalisis berbagai unsur dengan tingkat sensitivitas yang tinggi.

Berdasarkan latar belakang tersebut maka pokok permasalahan yang ada yaitu karakteristik batubara yang terdapat didalam abu batubara, sehingga kondisi keterbentukan batubara akan mempengaruhi hasil abunya. Meninjau dari rumusan masalah tersebut, maka tujuan penelitian ini diantaranya:

1. Untuk mengetahui karakteristik abu batubara.
2. Untuk mengetahui jenis pengujian yang dilakukan dalam mendapatkan unsur abu Batubara

B. Metodologi Penelitian

Metodologi yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan metode kuantitatif dengan melakukan pengujian di laboratorium data tersebut selanjutnya diolah hingga diperoleh analisis dari kegiatan penelitian yang telah dilakukan. Data tersebut bersumber dari:

1. Data primer didapat dari pengujian secara langsung di laboratorium agar mendapatkan parameter-parameter yang dibutuhkan seperti unsur kimia dari analisis gravimetris (XRF) dan ICP-OES
2. Data sekunder didapatkan pada penelitian yang sebelum-sebelumnya telah dibuat dalam bentuk jurnal maupun buku untuk menunjang kegiatan penelitian yang bertujuan untuk mengumpulkan informasi, membaca dan mempelajari dari berbagai sumber literatur. Dari sumber literatur yang dikumpulkan berupa teori yang merujuk pada topik karakteristik batubara berdasarkan analisa abu batubara

Dengan teknik pengambilan sampel yaitu sampel batubara akan dilakukan preparasi abu batubara, hasil dari preparasi abu batubara di lakukan dua pengujian. gravimetri (XRF) sebagai langkah awal dalam mengidentifikasi senyawa-senyawa pada abu batubara berdasarkan unsur-unsur yang terkandung didalam abu batubara dilakukan pengujian ICP-OES sebagai langkah akhir .

Analisis X-Ray Fluorescence (XRF)

Menurut (Rafitriany Rasyid, n.d.) X-Ray Fluorescence (XRF) merupakan metode analisis yang digunakan untuk mengetahui komposisi semua unsur atau elemen dalam sistem periodik dapat diukur secara kualitatif, semikuantitatif dan kuantitatif dalam bubuk, padatan dan cairan beserta senyawa dengan cepat, tidak merusak sampel serta ramah lingkungan dengan ketelitian dan kemampuan reproduksibel yang sangat tinggi.

Analisis XRF merupakan teknik yang digunakan untuk menganalisis komposisi kimia dan konsentrasi unsur dalam sampel dengan menggunakan spektrometri. Analisis dapat dilakukan secara kualitatif dan kuantitatif. Analisis kualitatif bertujuan untuk mengidentifikasi

unsur dalam sampel, sementara analisis kuantitatif digunakan untuk menentukan jumlah unsur yang terkandung dalam sampel.

Analisis dengan menggunakan XRF dilakukan berdasarkan identifikasi dan perhitungan karakteristik sinar – X yang timbul akibat efek fotolistrik. Efek fotolistrik terjadi ketika elektron dalam atom target pada sampel terkena sinar berenergi tinggi (radiasi gamma, sinar – X). Metode XRF sangat efektif untuk mengidentifikasi dan menganalisis kandungan kimia unsur utama seperti (Si, Ti, Al, Fe, Mn, Mg, Ca, Na, K dan P) dalam batuan dan sedimen. Selain itu, metode ini juga dapat digunakan untuk menganalisis kandungan kimia elemen lainnya dengan konsentrasi di atas 1 ppm, seperti (Ba, Ce, Co, Cr, Cu, Ga, La, Nb, Ni, Rb, Sc, Sr, Rh, U, V, Y, Zr dan Zn) dalam batuan dan endapan.

Pirinsip dari alat XRF adalah interaksi antara sinar elektron dan sinar – X dengan sampel yang memiliki panjang gelombang tertentu. Cara kerjanya adalah dengan menembakkan radiasi foton elektromagnetik ke material yang sedang diteliti. Radiasi elektromagnetik yang dipancarkan akan berinteraksi dengan elektron yang berada di kulit K dari unsur tersebut. Elektron yang berada di kulit K akan memiliki energi kinetik yang cukup untuk melepaskan diri dari ikatan inti, sehingga elektron tersebut akan terpental keluar.

Sampel diterangi oleh sinar – X primer dari tabung X – ray dan sinar X – fluoresens yang terstimulasi dipantulkan pada permukaan kristal datar untuk dipecah atau difraksi menjadi komponen panjang gelombang yang dipantulkan kembali oleh kollimator yang efisien dan diukur dengan perangkat elektronik yang sesuai.

Pada abu batubara senyawa kimia yang terdeteksi setelah pengujian gravimetri (XRF) sebagai berikut:

1. Senyawa SiO_2 paling dominan dalam abu batubara hal tersebut dikarenakan pada batubara terbentuk dari sisa-sisa tumbuhan yang terkubur dibawah tanah selama jutaan tahun dan mengalami proses metamorfosis selain itu unsur ini didalam batubara terbentuk dari akumulasi gambut yang biasanya kaya akan mineral kuarsa, clay dan mineral silikat.
2. Senyawa Al_2O_3 yang terkandung dalam abu batubara dalam jumlah yang relatif kecil, sekitar 20-30% di bandingkan dengan SiO_2 hal tersebut disebabkan oleh proses pembentukan batubara dan kandungan mineral yang ada pada batubara.
3. Senyawa Fe_2O_3 terbentuk dari proses pengendapan organik yang terjadi pada batuan sedimen, di mana sisa-sisa organik mengalami transformasi menjadi batubara.
4. Senyawa CaO Menurut (Gao et al., 2022) CaO ada dalam sedimen anorganik. Selain itu, CaO dapat hadir hanya sebagai CaO dalam clay dan batubara. Menunjukkan bahwa selama pembentukan batubara, sebagian besar Senyawa CaO dilepaskan dari bahan organik dan mengendap dengan larutan ke dalam retakan, sehingga membentuk mineral kalsit dan ankerit.
5. Senyawa MgO dibatubara terbentuk dari endapan sisa tumbuhan dan fosil yang mengalami proses pembatubaraan. Magnesium dalam batubara terutama terdapat pada clay dan mineral karbonat
6. Senyawa SO_3 dapat digunakan untuk menentukan abu dasar dan abu terbang dalam abu batubara. Menurut (Yu et al., 2022) batubara rendah sulfur sebagian besar mengandung sulfur organik, yang sebagian besar berasal dari pembentuk batubara asli. Batubara dengan kandungan sulfur sedang dan tinggi sebagian besar dipengaruhi oleh air laut, terkait dengan besi sulfida, dan terutama bergantung pada pasokan besi di daerah terrigenous dan ion sulfat yang dibawa oleh air laut.
7. Senyawa Na_2O dibatubara unsur ini ada karena terjadinya proses karbonisasi yang terjadi pada tumbuhan mati di bawah tekanan dan suhu tinggi dapat menghasilkan batu bara yang mengandung unsur natrium.
8. Senyawa K_2O dibatubara terbentuk, mineral-mineral (mineral yang kaya akan kalium seperti felspar) ini terkubur bersama dengan material tanaman dan terdekomposisi selama jutaan tahun. Proses ini melepaskan kalium dalam bentuk ion, yang kemudian bereaksi dengan oksigen dan membentuk K_2O .
9. Senyawa P_2O_5 dalam batubara terbentuk melalui proses pembakaran tumbuhan dan

material organik lainnya yang terkubur dalam tanah selama jutaan tahun. Kandungan P_2O_5 dalam batubara bervariasi tergantung pada jenis batubara. P_2O_5 dapat terbentuk dalam abu batubara karena hasil dari proses pembakaran tumbuhan dan material organik selama jutaan tahun.

10. Senyawa TiO_2 dominan berada di batubara terbentuk dari daerah yang kaya akan mineral titanium. TiO_2 dapat menggantikan Al pada clay seperti kaolinit yang berbentuk isomorfisme.
11. Senyawa MnO (mangan oksida) adalah komponen umum dalam batubara, terutama dalam abu batubara. Mangan adalah unsur transisi yang sering ditemukan dalam deposit batubara, dan dapat hadir dalam berbagai bentuk, termasuk oksida, silikat, dan karbonat

Analisis Inductively Coupled Plasma (ICP)

Menurut (Rafitriany Rasyid, n.d.) Inductively Coupled Plasma (ICP) yang juga dikenal sebagai Optical Emission Spektrofotometri (OES) atau Mass spectrometry (MS) merupakan sebuah alat yang digunakan untuk menganalisis kandungan unsur – unsur logam dalam suatu material. Metode yang digunakan dalam analisis ini adalah spektrofotometer emisi, yang berdasarkan pada pengukuran intensitas emisi pada panjang gelombang yang khas untuk setiap unsur. Sebelum dianalisis menggunakan ICP, material yang akan diuji harus berwujud larutan yang homogen dan kemudian dilarutkan dengan bahan kimia cair. Setelah itu, larutan tersebut dibakar dengan suhu di atas 6000 K ($5727^{\circ}C$) sehingga menjadi plasma. Dalam plasma tersebut, elektron – elektron akan tereksitasi dan kemudian dianalisis. Cara kerja alat ICP adalah dengan melakukan pembakaran specimen menggunakan plasma yang dihasilkan dari gas argon. Proses ini menghasilkan emisi elektron yang kemudian mengeluarkan energi cahaya dengan panjang gelombang yang berbeda-beda yang dapat mengidentifikasi unsur yang terkandung dalam benda uji secara spesifik. Analisis ICP digunakan untuk menganalisis komposisi unsur – unsur kimia dalam material padat dan cair yang mampu mengidentifikasi hingga 30 unsur secara bersamaan dengan konsentrasi hingga tingkat ppb (part per billion/ bagian per miliar). ICP hanya memberikan data analisis dalam bentuk unsur bukan senyawa atau asosiasi mineral. Analisis ICP terdapat dua jenis yaitu ICP - OES dan ICP – MS.

Menurut (Rafitriany Rasyid, n.d.) ICP-OES ialah suatu teknik penting dan utama dalam analisis unsur. Sampel yang akan dianalisis, jika padat pertama-tama dilarutkan kemudian diencerkan dengan air kemudian dimasukkan ke dalam plasma. Keunggulannya ialah kemampuannya mengukur banyak unsur di dalam suatu sampel baik secara satu per satu (sequential) ataupun serentak (simultan). Instrument sequential disukai untuk digunakan dalam riset, pengembangan metoda dimana jenis sampel sangat beraneka ragam dan sering kali belum diketahui karakteristiknya. Instrument simultan cocok digunakan untuk menganalisis sampel-sampel produksi yang jumlahnya banyak tetapi jenisnya sudah tertentu. Sehingga waktu analisis lebih cepat dan produktif. Teknik ICP merupakan metode pendeteksian unsur yang sangat handal dan serbaguna untuk penentuan unsur (ultra) runtu, dimana hal ini disebabkan ICP mempunyai banyak keunggulan dibandingkan metode pendeteksian selektif unsur lain seperti AAS, AES dan AFS. Keunggulan tersebut seperti batas deteksi yang sangat rendah dengan sensitifitas tinggi, range konsentrasi analit yang dapat diukur cukup luas yaitu orde ppm hingga ppt, kemampuan analisis multi unsur, spektranya sederhana dan dapat digunakan untuk analisis isotop.

C. Hasil Penelitian dan Pembahasan

Kegiatan Penelitian

Sampel bongkah batubara didapatkan dari lokasi penelitian sebanyak 3 sampel. Sampel batubara yang diuji sampel 1, sampel 2 dan sampel 3 yang berasal dari PT XYZ Provinsi Kalimantan Utara Data yang digunakan didapatkan dari hasil pengujian laboratorium seperti pengujian gravimetri (XRF) dan ICP-OES.

Analisis XRF

Pada pengujian sampel batubara pengujian pertama yang dilakukan maseral dan petrografi, data

dua pengujian Selanjutnya dilakukan analisis XRF abu batubara adalah metode analisis yang digunakan untuk menentukan kualitas batubara berdasarkan parameter-parameter fisik dan kimia yang terkandung di dalamnya. Gravimetri (XRF) adalah metode analisis kimia yang digunakan untuk menentukan kadar abu batubara

Prosedur pengujian gravimetri abu batubara untuk mendapatkan nilai XRF berdasarkan ASTM-C25-17 melibatkan beberapa langkah, antara lain:

1. Persiapan sampel
Pertimbangkan jumlah sampel campuran (0,5 g kalsium terhidrasi, atau 1 gr batu kapur) dan sampel abu batubara
2. Penyelesaian
 - a. Masukkan sampel abu batubara kedalam cawan dengan hati-hati lalu basahi sampel dengan beberapa mililiter air
 - b. Oleskan sampel abu batubara dengan 10 ml asam nitrat yang terkonsentrasi (HNO_3)
 - c. Tambahkan 20 ml asam perklorik (HClO_4) lalu didihkan sampai muncul asap putih.
 - d. Jika hasil larutan gelap maka perlu di tambahkan beberapa mililiter HNO_3 sampai larutanya bening/bersih
 - e. Lalu panaskan kembali kemudian dinginkan dan tambahkan 50 ml air. Panaskan kembali dan filter sesegera mungkin.
3. Filter
 - a. Saring larutan dengan kertas tekstur menengah, lalu cuci sisa dengan air panas sampai larutan tersebut bebas asam.
 - b. Letakan kertas filter dan isi dalam platinum (porselen crucible)
4. Pembakaran
 - a. Panaskan perlahan dengan api rendah sampai kertas filter mengering tanpa adanya nyala api, atau bisa sebaliknya mengering dalam muffle listrik dengan temperatur 300-400C
 - b. Tingkatkan secara suhu perlahan sampai karbon terbakar
 - c. Suhu maksimal temperatur sampai 1000C selama 30 menit, lalu dinginkan dan timbang crucible untuk menentukan massa.

Alat XRF dapat mengidentifikasi mineral-mineral yang berbutir halus seperti clay. Identifikasi diperoleh dengan membandingkan pola difraksi dengan sinar-X. Contoh yang dianalisis harus berukuran halus sekitar 200 mesh (75 mikron).

Berdasarkan mineral matter pada batubara banyaknya senyawa pada abu batubara yang menunjukkan karakteristik batubara ditemukan pada mineral clay dan pirit. Adapun senyawa yang didapatkan dari pengujian XRF sebagai berikut:

1. SiO_2 umumnya menunjukkan kehadiran kuarsa atau silikat dan clay;
2. Al_2O_3 umumnya menunjukkan kehadiran feldspar atau mineral lempung;
3. Fe_2O_3 umumnya menunjukkan kehadiran kandungan besi, mungkin berasal dari mineral seperti hematit (Hematit dalam batubara terutama terdapat dalam bentuk sulfida terdapat pirit, pirhotit, dll.) atau magnetit;
4. MgO umumnya menunjukkan kehadiran mineral seperti dolomit atau olivin;
5. CaO umumnya menunjukkan kehadiran adanya mineral karbonat seperti kalsit (Clay) dan ankerit;
6. K_2O umumnya menunjukkan kehadirannya berasal dari feldspar;
7. TiO_2 umumnya menunjukkan kehadiran mineral kaolinit dan clay;
8. P_2O_5 umumnya menunjukkan kehadiran fosfor, ilmenit atau rutil;
9. MnO umumnya menunjukkan kehadiran silikat dan karbonat ;
10. HD dan H_2O umumnya menunjukkan kandungan air dalam sampel penelitian;
11. SO_3 umumnya menunjukkan kehadiran mineral pirit (FeS_2) dan kalkopirit (CuFeS_2);
12. Na_2O umumnya menunjukkan kehadirannya berasal dari feldspar, halit (NaCl) dan albite ($\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$).

Analisis ICP-OES

ICP adalah teknik yang berbasis ion yang tereksitasi dan mengeluarkan sinar. ICP-OES adalah salah satu jenis ICP yang digunakan untuk menganalisis unsur yang ada dalam abu batubara. ICP-OES memiliki beberapa keunggulan dibandingkan dengan menggunakan metode lain, karena dapat mengidentifikasi dan mengukur setiap elmen secara bersamaan dengan tingkat akurasi yang tinggi dalam waktu yang relatif singkat.

Prosedur pengujian ICP-OES abu batubara untuk mendapatkan unsur kimia dalam abu batubara yang melibatkan beberapa langkah, antara lain:

1. 0,5 gr conto abu batubara sebesar 150 mesh
2. Cairan HF, HClO₄, HNO₃ dipanaskan dengan menggunakan hot plate, suhu yang digunakan sebesar 100°C - 150°C
3. Larutan sampel secara merata
4. Selanjutnya analisis dengan menggunakan ICP-OES

Alat dan bahan yang digunakan pada ICP-OES sebagai berikut:

1. Alat:
 - a. Timbangan
 - b. Labu ukur
 - c. Cawan Teflon
 - d. Hot Plate
 - e. ICP-OES. Alat ICP-OES dapat dilihat pada Gambar 4.8
2. Bahan:
 - a. HCl 37%, p.a
 - b. HNO₃ 65 %, p.a
 - c. HF 40%, p.a
 - d. Akuades
 - e. Larutan standar 1000 ppm

D. Kesimpulan

Berdasarkan pembahasan dalam penelitian ini, kesimpulan yang didapatkan sebagai berikut:

1. Karakteristik abu batubara dapat dilihat pada mineral batubara yang dapat di ketahui pada saat melakukan pengujian XRF seperti SiO₂, Al₂O₃, Fe₂O₃, CaO, MgO SO₃, Na₂O, K₂O, P₂O₅, TiO₂ dan MnO
2. Pegujian yang dilakukan dalam menentukan karakteristik yaitu pengujian gravimetri (XRF) unsk menentukan senyawa kimia yang terkandung dalam abu batubara dan pengujian ICP-OES untuk menentukan unsur-unsur yang terkandung dalam abu batubara.

Acknowledge

Penyusun mengucapkan terimakasih banyak kepada pihak-pihak yang tekah membantu dan mendukung diantaranya:

1. Orang tua yang senantiasa memberikan dukungan dan mendo'akan dalam penelitian ini.
2. Dr. Ir. Yunus Ashari M.T. selaku Ketua Program Studi Teknik Pertambangan Unisba.
3. Noor Fauzi Isnarno S.Si., M.T. selaku Sekretaris Program Studi Teknik Pertambangan Unisba dan selaku Co-Pembimbing yang telah membimbing dan memberikan ilmu selama penelitian
4. Ir. Zaenal, M.T. sebagai Koordinator Skripsi yang senantiasa mengarahkan dalam kelancaran kegiatan skripsi
5. Ibu Ir. Linda Pulungan, M.T. selaku Pembimbing yang telah membimbing dan memberikan ilmu selama penelitian serta memberikan kesempatan untuk ikut dalam penelitian ini.
6. Ibu Sriyanti, S.T., M.T. selaku dosen wali yang telah memberikan dukungan dan memberikan ilmu serta masukan selama penelitian.
7. Seluruh Bapak/Ibu Dosen Program Studi Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik,

- Universitas Islam Bandung yang telah memberikan arahan dan mendidik penyusun selama perkuliahan.
8. Seluruh staff tenaga kependidikan Program Studi Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Islam Bandung yang telah membantu penyusun dalam urusan akademik dan juga administrasi selama perkuliahan dan terutama selama penyusunan laporan penelitian
 9. Keluarga Laboratorium Unisba, yang telah memberikan pengalaman, ilmu dan kenangan selama penyusun menjadi mahasiswa.
 10. Keluarga Tambang 2020, yang telah bersama-sama berjuang dan memberikan dukungan.

Daftar Pustaka

- [1] Anshariah, A. R. (2016). Analisis kadar Sulfur Terhadap Kualitas Batubara Di Kecamatan TanahGrogot Kabupaten Paser Provinsi Kalimantan Timur. *Jurnal Geomine*, 1-5
- [2] Asof, M., Arita, S., Andalia, W., & Naswir, M. (2022). Analisis Karakteristik, Potensi dan Pemanfaatan Fly Ash dan Bottom Ash PLTU Industri Pupuk Analysis of Characteristics, Potential and Utilization of Fly Ash *Jurnal Teknik Kimia*
- [3] Azzani, N. (2019). Analisis Kadar Air, Kadar Abu dan Nilai Kalori pada Batubara di Unit Kiln pada PT. Semen Tonasa. Kementrian Perindustrian R.I. Politeknik Ati Makassar, 1–51.
- [4] Diessel, Claus F.K. 1992. Coal Bearing Depositional System. The University of Newcastle. Newcastle, Australia
- [5] Gao, J., Lv, D., Tom van Loon, A. J., Hower, J. C., Raji, M., Yang, Y., Ren, Z., Wang, Y., & Zhang, Z. (2022). Reconstruction of provenance and tectonic setting of the Middle Jurassic Yan'an Formation (Ordos Basin, North China) by analysis of major, trace and rare earth elements in the coals. *Ore Geology Reviews*, 151(September), 105218.
- [6] Juda-Rezler, K., & Kowalczyk, D. (2013). Size Distribution and Trace Elements Contents of Coal Fly Ash from Pulverized Boilers. *Polish Journal of Environmental Studies*, 22(1).
- [7] Pasyimi, P., & Hatta, U. B. (2020). Batubara (jilid 1). *October 2008*.
- [8] Rafitriany Rasyid, 2011. (n.d.). Perbandingan X-Ray Fluorescence dan Inductively Coupled Plasma-Optical Emission Spectrophotometer (ICP-OES) untuk Analisis Nikel dalam Sampel Converter Slag pada Industri Pertambangan Nikel.
- [9] Speigth, J. G. (2015). *Hand Book of Coal Analysis*. New York : Wiley and Sons Inc.
- [10] Sukandarrumidi. (1995). Batubara dan Gambut, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta
- [11] Sukandarrumidi, (2018). Batubara dan Gambut. Yogyakarta: Gajah Mada University Press, p. 151
- [12] Susilawati. (1992). Proses Pembentukan Batubara, Analisis Penelitian dan Pengembangan Geologi. Institute Teknologi Bandung.
- [13] Thomas, L., (2013), *Coal Geology Second Edition*, USA : Wiley-Blackwell
- [14] Widodo S., dan Antika R., (2012), Studi Fasies Pengendapan Berdasarkan Komposisi Maseral di Kabupaten Barru Sulawesi Selatan, Prosiding Hasil Penelitian Fakultas Teknik, Universitas Hasanudin, Vol 6, No.TG8.
- [15] Yu, C., Mu, N., Huang, W., Xu, W., & Feng, X. (2022). Major and Rare Earth Element Characteristics of Late Paleozoic Coal in the Southeastern Qinshui Basin: Implications for Depositional Environments and Provenance. *ACS Omega*.
- [16] Sufriadin, Mawardi, F., & Sri Widodo. (2023). Analisis Pengaruh Ukuran Butir Terhadap Desulfurisasi dan Deashing Batubara Menggunakan Larutan NaOH. *Jurnal Riset Teknik Pertambangan*, 15–26. <https://doi.org/10.29313/jrtp.v3i1.1681>
- [17] Yodi Kurniawan, Elfida Moralista, & Zaenal. (2023). Penentuan Remaining Service Life Struktur Conveyor B pada Tambang Batubara PT XYZ. *Jurnal Riset Teknik Pertambangan*, 1–6. <https://doi.org/10.29313/jrtp.v3i1.786>