



Analisis Pengaruh Ukuran Butir Terhadap *Desulfurisasi* dan *Deashing* Batubara Menggunakan Larutan NaOH

Sufriadin, Fuad Mawardi, Sri Widodo*

Departemen Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin, Indonesia.

ARTICLE INFO

Article history :

Received : 10/12/2022

Revised : 25/5/2023

Published : 18/7/2023



Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License.

Volume : 3

No. : 1

Halaman : 15-26

Terbitan : Juli 2023

ABSTRAK

Untuk memanfaatkan batubara dengan kadar abu dan sulfur yang tinggi diperlukan usaha berupa *deashing* dan *desulfurisasi* batubara. Pencucian batubara pada penelitian ini secara kimia menggunakan larutan *natrium hidroksida* (NaOH) pada sampel batubara dari daerah Padang Lampe, Desa Libureng, Kecamatan Tanete Riaja, Kabupaten Barru, Provinsi Sulawesi Selatan. Pencucian batubara dilakukan dengan variabel ukuran butir 65, 100, dan 150 *mesh*, konsentrasi larutan NaOH 2, 4, dan 6 M, dan kondisi percobaan yang telah ditentukan. Hasil analisis kualitas sampel batubara daerah Padang Lampe menunjukkan kadar air 5,48%, kadar abu 36,03%, zat terbang 26,65%, karbon tetap 31,84%, total sulfur 1,47%, dan nilai kalori 5.156 kal/gr. Dengan demikian, maka batubara Padang Lampe termasuk jenis *sub-bituminus C*. Hasil percobaan *desulfurisasi* batubara menggunakan larutan NaOH menunjukkan penurunan kandungan total sulfur tertinggi dengan persentase reduksi total sulfur 46,39%, dimana kandungan sulfur awal sebesar 1,47% berkurang menjadi 0,788%. Sementara itu, pada proses *deashing* batubara menggunakan larutan NaOH menunjukkan penurunan kadar abu tertinggi dengan persentase reduksi kadar abu sebesar 22,56%, dimana kadar abu awal sebesar 36,03% berkurang menjadi 27,9%. Proses *desulfurisasi* dan *deashing* batubara yang telah dilakukan menunjukkan percobaan pada ukuran butir 150 *mesh* dan konsentrasi larutan NaOH 6M merupakan variabel yang paling maksimal.

Kata Kunci : Batubara; Desulfurisasi; Natrium Hidroksida.

ABSTRACT

To utilize coal with high ash and sulfur content, efforts are needed in the form of *deashing* and desulphurization of coal. Coal washing in this study chemically used sodium hydroxide (NaOH) solution in coal samples from the Padang Lampe area, Libureng Village, Tanete Riaja District, Barru Regency, South Sulawesi Province. Coal washing was carried out with variable grain sizes of 65, 100, and 150 *mesh*, concentrations of 2, 4, and 6 M NaOH solutions, and predetermined experimental conditions. The results of the analysis of the quality of coal samples in the Padang Lampe area showed 5.48% *moisture content*, 36.03% *ash content*, 26.65% *volatile matter*, 31.84% *fixed carbon*, 1.47% total sulfur, and 5,156 cal/calorie value. gr. Thus, Padang Lampe coal is classified as sub-bituminous type C. The results of coal desulfurization experiments using NaOH solution showed the highest reduction in total sulfur content with a total sulfur reduction percentage of 46.39%, where the initial sulfur content of 1.47% reduced to 0.788%. Meanwhile, the coal *deashing* process using NaOH solution showed the highest reduction in *ash content* with a reduction percentage of 22.56%, where the initial *ash content* of 36.03% reduced to 27.9%. The process of desulphurization and *deashing* of coal that has been carried out shows that the grain size of 150 *mesh* and the concentration of 6M NaOH solution is the maximum variable.

Keywords : Coal; Desulfurization; Sodium Hydroxide.

A. Pendahuluan

Batubara merupakan batuan sedimen yang dapat terbakar, berasal dari tumbuhan atau bahan-bahan organik, berwarna coklat hingga hitam, dan sejak pengendapannya terkena proses fisika dan kimia yang menjadikan batubara kaya akan kandungan karbon [1]. Adapun menurut Funky Suhayadi [2], batubara merupakan salah satu sumber daya alam berupa batuan organik yang terbentuk secara alami. Proses pembentukannya dipengaruhi oleh suhu dan tekanan, serta mengandung berbagai unsur, seperti karbon, hidrogen, sulfur dan unsur lainnya. Batubara terbentuk melalui proses yang sangat panjang dan lama, prosesnya dipengaruhi oleh faktor alamiah yang tidak mengenal batas waktu, terutama ditinjau dari segi fisika, kimia ataupun biologis. Faktor-faktor yang memengaruhi dan menentukan terbentuknya batubara tersebut antara lain posisi *geoteknik*, keadaan *topografi* daerah, iklim daerah, proses penurunan cekungan sedimentasi, umur geologi, jenis tumbuhan, proses dekomposisi, sejarah setelah pengendapan, struktur geologi cekungan dan *metamorfosa* organik [3].

Sumber daya batubara Indonesia tercatat sebesar 149 miliar ton dan cadangan 37 miliar ton dan cadangan 37 miliar ton atau 24% dari jumlah sumber daya. Sumber daya batubara terutama tersebar di Sumatera Selatan dan Kalimantan. Sebagian dari sumber daya batubara ini tergolong batubara berkalori rendah (*low rank coal*) atau *lignitik*. Jenis batubara ini memiliki kadar air total sebesar 30 - 40% dan nilai kalor <5.000 kkal/kg. Apabila dilakukan pengendalian produksi batubara sebesar 400 juta ton per tahun, maka cadangan batubara Indonesia diperkirakan masih mencukupi hingga 97 tahun ke depan. Berdasarkan data total sumber daya batubara cadangan batubara nasional masih berada di kisaran 3-4% dari cadangan batubara dunia dan menempati peringkat ke 9 dunia [4].

Kualitas batubara Indonesia sebagian kecil hanya termasuk kategori kualitas sedang-tinggi yaitu berupa *sub-bituminus* (26,63%) dan *bituminus* (14,38%), kualitas tinggi berupa *antrasit* (0,36%). Sisanya masih tergolong batubara muda dengan kualitas rendah berupa *lignit* (58,6%). Kualitas batubara asal Sulawesi Selatan tergolong rendah, sebab kandungan sulfur dan abu relatif tinggi, namun dengan kalori tinggi yaitu menghampiri 7.000 kkal/kg, dapat dipertimbangkan dijadikan sumber energi alternatif [5].

Batubara merupakan bahan tambang pencemar lingkungan yang sangat besar. *Flue gas* hasil pembakaran batubara mengandung CO_x, SO_x dan NO_x dalam jumlah besar. Disamping itu abu terbang batubara (*fly ash*) juga merupakan penghasil total *suspended solid* ke udara. Sebagian para pemerhati lingkungan menolak penggunaan batubara sebagai bahan bakar, karena dinilai merupakan penyumbang utama terhadap pemanasan global. Sementara sebagian yang lainnya terus berupaya mendorong untuk pengembangan teknologi pengolahan batubara bersih atau ramah lingkungan [6].

Diketahui bahwa batubara pada daerah Padang Lampe Provinsi Sulawesi Selatan termasuk dalam formasi *mallawa* yang umumnya memiliki nilai kalori cukup tinggi namun dengan kandungan *sulfur* dan abu yang tinggi pula. Pengolahan batubara perlu dilakukan untuk mengatasi permasalahan tersebut agar batubara dapat dimanfaatkan, hal inilah yang membuat penulis merasa tertarik untuk melakukan penelitian mengenai analisis pengaruh ukuran butir terhadap *desulfurisasi* dan *deashing* batubara.

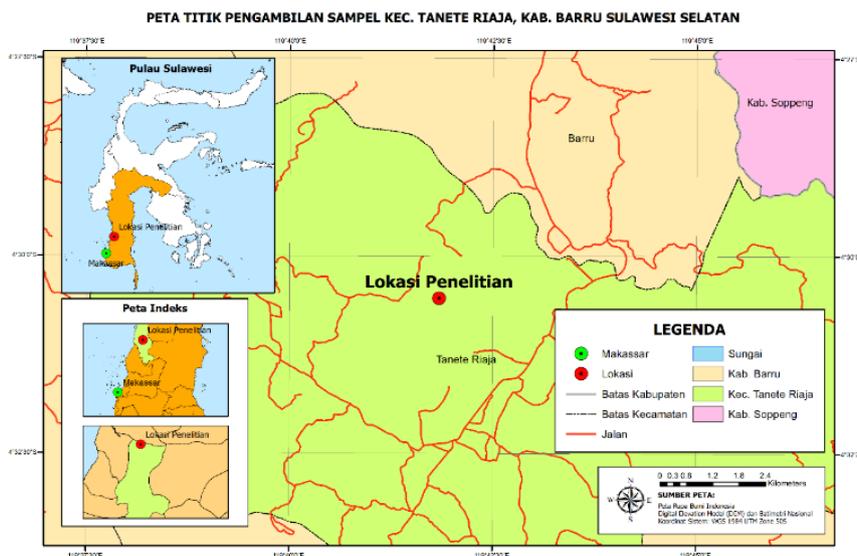
Berdasarkan hal tersebut, maka penelitian ini perlu dilakukan. Salah satu upaya yang dapat dilakukan dalam mengurangi kadar abu dan sulfur pada batubara yaitu dengan metode pencucian batubara secara kimia. Metode kimia melibatkan pengolahan dengan menggunakan bahan kimia yang efektif menggunakan *natrium hidroksida* (NaOH), sehingga kadar sulfur total dan abu pada batubara diharapkan dapat dikurangi [7].

B. Metode Penelitian

Metodologi penelitian berisi langkah-langkah dan parameter yang digunakan dalam penelitian. Langkah-langkah yang dilakukan pada penelitian ini meliputi pengambilan sampel, preparasi sampel, analisis awal conto batubara, dan pencucian batubara.

Pengambilan sampel batubara yang digunakan dalam penelitian ini diambil dari Desa Libureng, Kecamatan Tanete Riaja, Kabupaten Barru, Provinsi Sulawesi Selatan. Lokasi sampling terletak pada titik koordinat. Secara geografis dibatasi oleh titik koordinat S 04°30'32,07'' dan E 119°41'50,16''. *Sampling* dilakukan dengan metode *channel sampling*. *Channel sampling* yaitu pengambilan sampel dari suatu *seam*

batubara dengan cara membuat *channel* atau saluran dari bagian *floor* sampai ke *roof seam* sehingga sampel tersebut mewakili suatu lapisan batubara. Lokasi pengambilan sampel ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Peta Lokasi Pengambilan Sampel

Preparasi sampel dilakukan di Laboratorium Analisis dan Pengolahan Bahan Galian, Departemen Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin. Tujuan preparasi yaitu untuk mereduksi ukuran sampel untuk mempersiapkan sampel agar dapat dianalisis lebih lanjut. Peralatan preparasi sampel batubara yang digunakan dalam penelitian ini yaitu mortar dan ayakan. Preparasi sampel terdiri dari beberapa tahapan yaitu komposit sampel, *quartering*, reduksi ukuran dan pengayakan. Tujuan dari komposit sampel agar sampel yang terambil representatif dan merata. Sampel batubara yang telah dikomposit kemudian dikeringkan dengan cara diangin-anginkan dalam kondisi suhu kamar. *Kominusi* atau proses mereduksi ukuran butir dilakukan untuk memenuhi fraksi standar analisis yang akan digunakan. Proses *kominusi* dilakukan menggunakan *jaw crusher* dan *roll crusher*. *Quartering* sampel merupakan pembagian sampel menjadi empat bagian dengan tujuan untuk mengambil sampel *original* dan sisanya untuk dijadikan sampel *back up* atau cadangan. *Quartering* juga dilakukan untuk menghomogenkan sampel yang akan dianalisis sehingga representatif. Sampel batubara diperkecil atau direduksi ukurannya menggunakan mortar. Mortar adalah alat yang digunakan untuk mereduksi ukuran batubara, dilakukan secara manual untuk memperoleh ukuran yang lebih halus sesuai dengan kebutuhan dalam penelitian dalam penelitian. Ayakan adalah alat yang digunakan untuk menyaring batubara yang telah digerus menggunakan mortar. Ayakan yang digunakan yaitu *200 mesh*, *150 mesh*, *100 mesh* dan *65 mesh*. Analisis awal contoh batubara menggunakan ukuran *200 mesh* untuk analisis sulfur, nilai kalori, *XRD*, dan *mikroskopis* dan ukuran *65 mesh* untuk analisis *proksimat*. Ukuran ayakan untuk proses pencucian batubara menggunakan ukuran *65 mesh*, *100 mesh*, dan *150 mesh*.

Analisis awal pada penelitian ini meliputi untuk mengetahui karakteristik awal sampel, kandungan sulfur total dan kadar abu batubara sebelum proses pencucian. Analisis sampel awal meliputi analisis *proksimat*. Metode ini dikembangkan untuk menghitung kandungan batubara dengan memanaskannya pada kondisi tertentu. Berdasarkan definisinya, analisis *proksimat* batubara terdiri atas empat jenis yaitu kelembaban, kadar abu yang merupakan bahan anorganik sisa pembakaran, zat terbang yang terdiri dari gas dan uap air yang menguap selama proses pirolisis, dan karbon tetap yang merupakan bagian batubara yang tidak mudah menguap. Analisis *proksimat* dilakukan menggunakan alat *YAMATO FO 310 Muffle Furnace* untuk menentukan kadar air, kadar abu, bahan mudah menguap, dan karbon tetap. Sedangkan analisis sulfur total dan nilai kalori dilakukan dengan menggunakan *LECO S832DR Dual Range Sulphur Determinator* dan *Bomb Calorimeter TBCF EDIBON*.

Analisis mineral matter bertujuan untuk mengetahui kandungan mineral pada sampel batubara dilakukan dengan 2 metode yaitu analisis *mikroskopis* dan analisis *XRD*. Analisis *mikroskopis* dilakukan dengan tujuan

untuk mengetahui jenis mineral yang terkandung dalam sampel batubara pada skala *mikroskopis* dikarenakan mineral-mineral yang terkandung dalam sampel tidak bisa dilihat tanpa bantuan dari alat bantu optik. Sampel diamati setelah dibuat menjadi preparat berupa sayatan poles. Analisis dilakukan menggunakan alat *Nikon LV 100 Polarizing* di ruangan preparasi sampel Departemen Teknik Geologi Universitas Hasanuddin. Analisis *XRD (X-Ray Diffraction)* dilakukan untuk mengetahui komposisi mineral pada sampel yang dianalisis dalam hal ini batubara daerah Padang Lampe yang tidak dapat diamati secara *mikroskopis* menggunakan alat *Shimadzu Maxima-X XRD 7000*. Kemudian diolah menggunakan aplikasi *Match3* dengan *output* berupa *difraktogram* dari mineral yang terkandung dalam sampel batubara Padang Lampe.

Proses pencucian batubara dilakukan menggunakan pelarut *natrium hidroksida (NaOH)* sebagai *leaching agent*. Kondisi yang ditetapkan merupakan sutau variabel yang digunakan secara konstan dalam suatu penelitian atau biasa disebut variabel terikat. Kondisi yang ditetapkan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

Jumlah Batubara = 10 gram

Suhu = 80°C

Waktu = 30 menit

Kecepatan pengadukan = 260 rpm

Volume larutan = 50 ml

Variabel yang digunakan dalam penelitian ini, yaitu:

Ukuran partikel (*mesh*) = 65 ; 100 ; 150

Konsentrasi NaOH (M) = 2 ; 4 ; 6

Setelah proses pencucian batubara telah selesai selanjutnya sampel diangin-anginkan (*air drying*) untuk menghilangkan *free moisture* pada sampel. Setelah kering, sampel batubara dianalisis kadar abu dan total sulfur untuk melihat perubahan nilai kadar abu dan total sulfur setelah dilakukannya pencucian. Analisis kadar abu dilakukan menggunakan alat *YAMATO FO 310 Muffle Furnace* dan analisis total sulfur menggunakan alat *LECO S832DR Dual Range Sulphur Determinator*.

C. Hasil dan Pembahasan

Karakteristik Batubara Padang Lampe

Karakterisasi batubara bertujuan untuk mengetahui karakteristik sampel batubara sebelum pencucian. Deskripsi karakteristik sampel batubara terdiri dari kenampakan lapisan batubara Padang Lampe, kenampakan mineral batubara Padang Lampe, komposisi mineral batubara Padang Lampe, kualitas batubara Padang Lampe, dan peringkat batubara Padang Lampe.

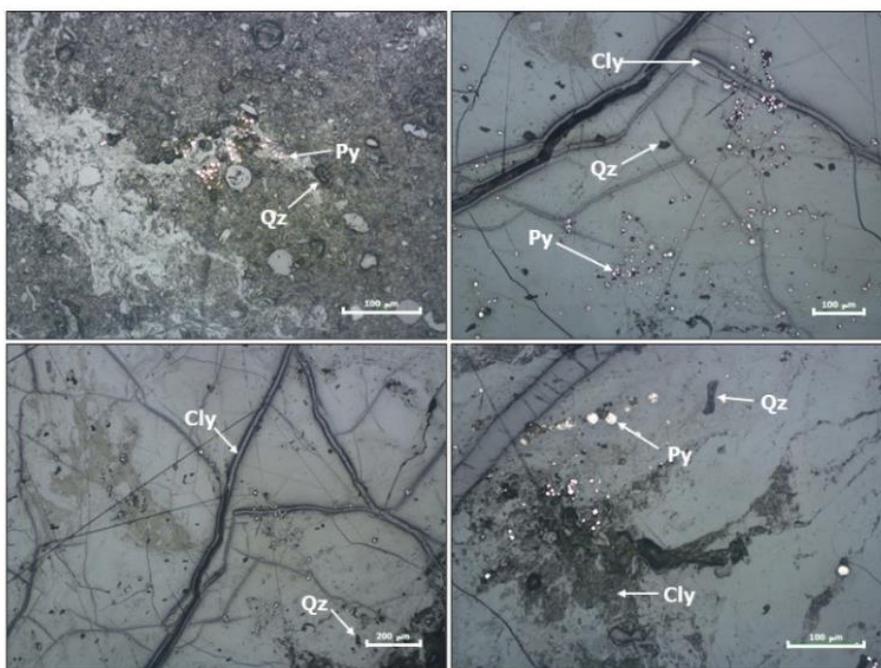
Sampel yang digunakan dalam penelitian ini merupakan sampel batubara Padang Lampe yang diambil dari Desa Libureng, Kecamatan Tanete Riaja, Kabupaten Barru, Provinsi Sulawesi Selatan. Lokasi pengambilan sampel batubara secara astronomis terletak pada koordinat S 04°30'32,07'' dan E 119°41'50,16'' elevasi 379 m diatas permukaan laut. Singkapan batubara memiliki ketebalan 70 cm. Singkapan batubara Padang Lampe dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Kenampakan Lapisan Batubara Padang Lampe

Formasi Mallawa sebagai formasi pembawa batubara di Sulawesi Selatan tersebar di Kabupaten Maros, Pangkep, Bone, Barru, dan Soppeng. Secara stratigrafi Formasi Mallawa tersusun atas Batupasir, Konglomerat, Batulanau, Batulempung, dan Napal dengan lapisan lensa atau lempung [8]. Pada singkapan ini, ditemukan batuan-batuan sedimen seperti Batubara, Batugamping, dan Batulempung. Singkapan stasiun ini memiliki pelapukan yang sangat kecil sehingga lapisan *soil* sangat tipis yang menyebabkan jarang tumbuhan yang tumbuh subur pada stasiun ini. Kondisi Lapisan batubara Paluda menunjukkan warna segar hitam kusam dan warna lapuk coklat, tekstur amorf, struktur bioherm, sortasi baik dan kemas tertutup.

Kenampakan mineral hasil analisis *mikroskopis* sampel batubara Padang Lampe dapat dilihat pada Gambar 3. Kenampakan mineral *pirit* (Py) dapat dilihat dengan jelas pada bagian (A) Gambar 3 yang berbentuk *framboidal* sedangkan untuk bagian (B), (C), dan (D) kenampakan mineral *pirit* tersebar dalam bentuk kecil sampai sedang dengan butiran yang cukup halus terutama pada bagian (C). *Pirit* yang diamati diasumsikan sebagai *pirit singenetik* yang terbentuk selama proses penggabutan, dikarenakan memiliki tekstur halus dan tidak terdapat dalam rekahan. *Pirit* ini bisa dikategorikan *pirit* masif dan umumnya berpori dan tidak kompak [9]. Selain mineral *pirit*, juga terdapat juga mineral lempung (Cly) dengan ciri fisik abu-abu dan memiliki intensitas cahaya pantul yang rendah. Itu Penampakan mineral lempung dapat dilihat dalam bentuk memanjang pada bagian (B), (C), dan (D) pada Gambar 3. Berdasarkan interpretasi tersebut, mineral lempung dapat diklasifikasikan sebagai tipe *epigenetik* yang terbentuk di pori-pori dan rongga sel dari konstituen organik selama proses gambut. Selain itu, pada Gambar 3 bagian (B) dan (C), penampakan mineral lempung juga terlihat mengisi celah dan diinterpretasikan sebagai tipe *epigenetik* yang terbentuk dari batuan pengapit selama proses pembatubaraan [10].



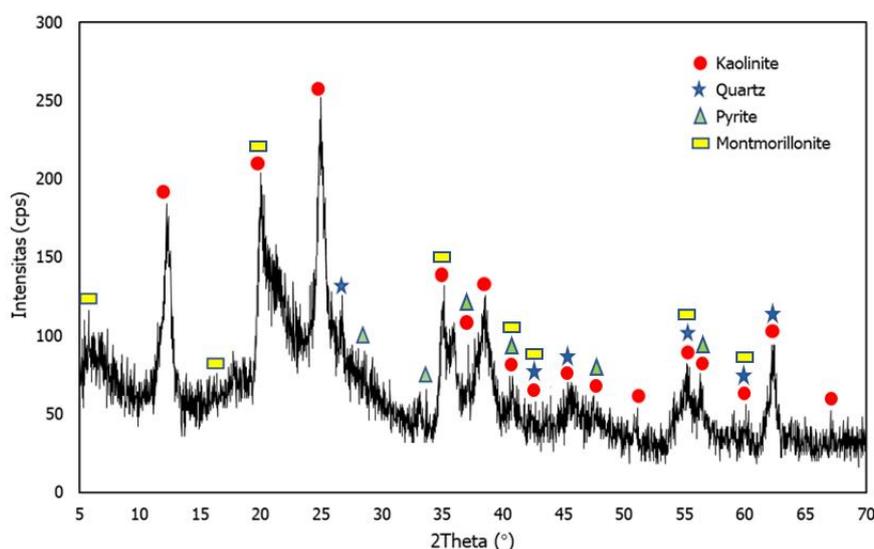
Gambar 3. Kenampakan Mineral Sampel Hasil Analisis *Mikroskopis*

Ket: Kandungan mineral sampel awal berdasarkan pengamatan mikroskop yaitu *pirit* (Py), *kuarsa* (Qz), dan mineral lempung (Cly).

Selain itu, mineral *kuarsa* (Qz) juga teramati keberadaannya dengan fisik karakteristik hitam pekat, intensitas cahaya pantul yang rendah, dan bentuk bulat yang dapat terlihat pada bagian (A), (C), (D), dan (E). Penampakan mineral *kuarsa* berdasarkan Gambar 3 adalah diinterpretasikan sebagai tipe *singenetik* yang terbentuk selama proses gambut. *Kuarsa* berbentuk bulat menunjukkan bahwa asalnya dari *kuarsa klastik* dan diendapkan melalui air [11]. Berdasarkan hasil analisis *mikroskopis*, dapat disimpulkan bahwa ada 3 mineral yang muncul pada sampel batubara Padang Lampe yaitu *Pirit* (Py), mineral lempung (Cly), dan *kuarsa* (Qz). Jenis *epigenetik* dan *singenetik* diklasifikasikan dalam kenampakan mineral lempung, sedangkan *pirit* dan *kuarsa* tergolong jenis *singenetik*. Penampakan mineral *singenetik* khususnya *pirit* menunjukkan bahwa sampel batubara Padang Lampe sangat cocok untuk digunakan dalam penelitian ini. Hal ini karena mineral yang

membentuk *singenetik* adalah lebih sulit dipisahkan dari batubara dibandingkan dengan mineral *epigenetik* yang terbentuk. Mineral *epigenetik* biasanya terbentuk dengan mengisi rekahan pada batubara sehingga tidak memerlukan perlakuan tambahan untuk dihilangkan, sehingga hanya membutuhkan pengolahan sederhana seperti kominusi untuk mengubah ukuran batubara dan memisahkannya dari mineral tersebut. Karena itu, mineral *singenetik* terutama *pirit* membutuhkan perawatan tambahan untuk dihilangkan seperti pencucian batubara dengan metode kimia [12].

Keberadaan mineral dalam sampel batubara yang dianalisis ditandai dengan puncak *difraksi* pada *difraktogram*. Hasil analisis XRD berdasarkan Gambar 4 menunjukkan bahwa sampel batubara Padang Lampe mengandung beberapa jenis mineral antara lain *kaolinit*, *kuarsa*, *pirit*, dan *montmorillonit*. Mineral lempung terutama *kaolinit* merupakan jenis mineral yang sangat umum di batubara, di mana keberadaan mineral ini diindikasikan berasal dari batuan pengapit yaitu berupa batulempung. Dominasi *kaolinit* di *difraktogram* ditunjukkan dengan munculnya puncak-puncak *difraksi* dengan nilai d (Å), yaitu 12,30Å; 20,04Å; 24,96Å; 35,06Å; 37,14Å; 38,48Å; 40,74Å; 42,28Å; 45,56Å; 47,50Å; 52,04Å; 55,22Å; 56,34Å; 60,10Å; 62,30Å; dan 67,22Å. Presentase keterdapatannya mineral *kaolinit* pada sampel batubara Padang Lampe sebesar 82,2%.



Gambar 4. Difraktogram Sampel Batubara Padang Lampe

Selain *kaolinit* terdapat pula mineral *montmorillonit* dapat ditemukan dalam *difraktogram* yang dicirikan oleh kenampakan puncak *difraksi* dengan nilai d (Å), yaitu 5,78Å; 17,74Å; 26,66Å; 35,06Å; 40,74Å; 42,28Å; 55,22Å; dan 60,10Å. Presentase keterdapatannya mineral *montmorillonit* pada sampel batubara Padang Lampe sebesar 3,6%. *Kuarsa* adalah jenis mineral *silikat* yang sangat umum dalam batubara dan juga merupakan mineral utama komponen pecahan batupasir dalam batubara yang berasal dari *detrital*. *Kuarsa* di *difraktogram* ditunjukkan dengan munculnya puncak-puncak *difraksi* dengan nilai d (Å), yaitu 26,66Å; 42,28Å; 45,56Å; 55,22Å; 60,10Å; dan 45,56Å. Presentase keterdapatannya mineral *kuarsa* pada sampel batubara Padang Lampe sebesar 10,4%. *Pirit* merupakan salah satu jenis mineral *sulfida* yang sangat banyak terdapat pada batubara [13]. *Pirit* pada *difraktogram* ditunjukkan dengan munculnya puncak-puncak *difraksi* dengan d (Å) yaitu 28,46Å; 33,10Å; 37,14Å; 40,74Å; 47,50Å; dan 56,34Å. Keberadaan *pirit* diduga mempengaruhi tingginya nilai kandungan sulfur pada batubara Padang Lampe [14] [15]. Presentase keterdapatannya mineral *pirit* pada sampel batubara Padang Lampe sebesar 3,9%.

Kualitas batubara Padang Lampe ditentukan berdasarkan beberapa parameter antara lain nilai kalor, total sulfur, dan hasil analisis *proksimat* yang meliputi penentuan kelembaban (*moisture content*), kadar abu (*ash content*), zat terbang (*volatile matter*), dan perhitungan nilai karbon tetap (*fixed carbon*) pada contoh batubara dengan metode yang telah ditentukan dan dianalisis sesuai dengan prosedur yang telah ditetapkan. Hasil analisis untuk menentukan kualitas batubara Padang Lampe dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Analisis Kualitas Batubara Padang Lampe

No	Parameter Kualitas Analisis Proksimat	Jumlah
1	<i>Inherent Moisture</i>	5,48%
2	<i>Ash Content</i>	36,03%
3	<i>Volatile Matter</i>	26,65%
4	<i>Fixed Carbon</i>	31,84%
5	Total Sulfur	1,47%
6	Nilai Kalori	51.156 kal/gr

Berdasarkan Tabel 1, hasil analisis kualitas batubara Padang Lampe menunjukkan bahwa Batubara Padang Lampe memiliki kandungan karbon tetap 31,84%, *volatile matter* 26,65%, dan nilai kalor 5.156 Kal/gr. Dapat disimpulkan bahwa batubara Padang Lampe adalah jenis batubara *sub-bituminus C* sesuai dengan standar ASTM. Batubara Padang Lampe tidak bisa digunakan sebagai bahan bakar untuk memenuhi kebutuhan industri dalam negeri karena batubara Padang Lampe memiliki nilai kalor dan memiliki kandungan abu dan sulfur yang tinggi [16].

Hasil Deashing dan Desulfurisasi Batubara

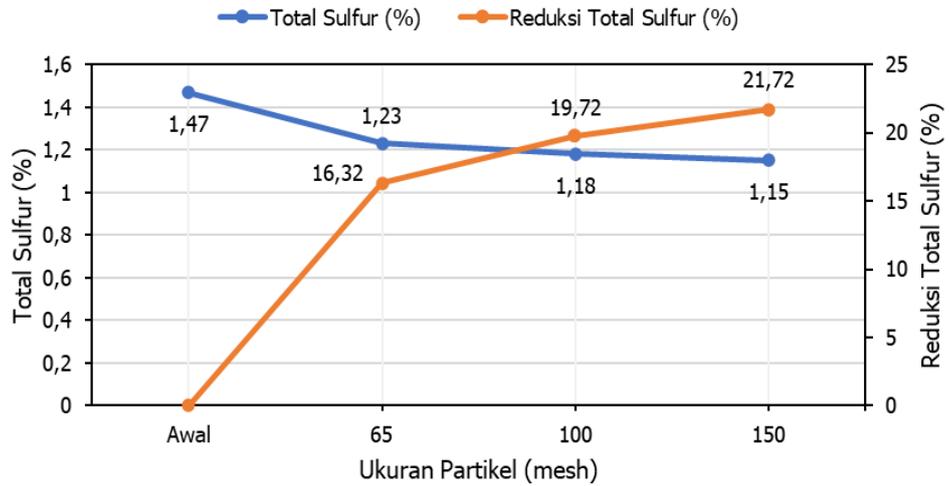
Pencucian batubara dilakukan dalam bentuk pencucian batubara dengan metode kimia menggunakan larutan *natrium hidroksida* (NaOH). Setiap tahap pencucian batubara dilakukan berdasarkan variabel pencucian, dimana variabel yang menjadi tinjauan utama adalah variasi ukuran butir (*mesh*) dan konsentrasi larutan (M). Analisis kadar abu dan total sulfur dilakukan untuk menentukan kadar abu dan total sulfur yang merupakan kualitas akhir sampel batubara setelah dicuci. Data hasil analisis kualitas setelah *desulfurisasi* dan *deashing* batubara menggunakan larutan *natrium hidroksida* pada batubara Padang Lampe dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Data Analisis Kadar Abu dan Total Sulfur Batubara Padang Lampe

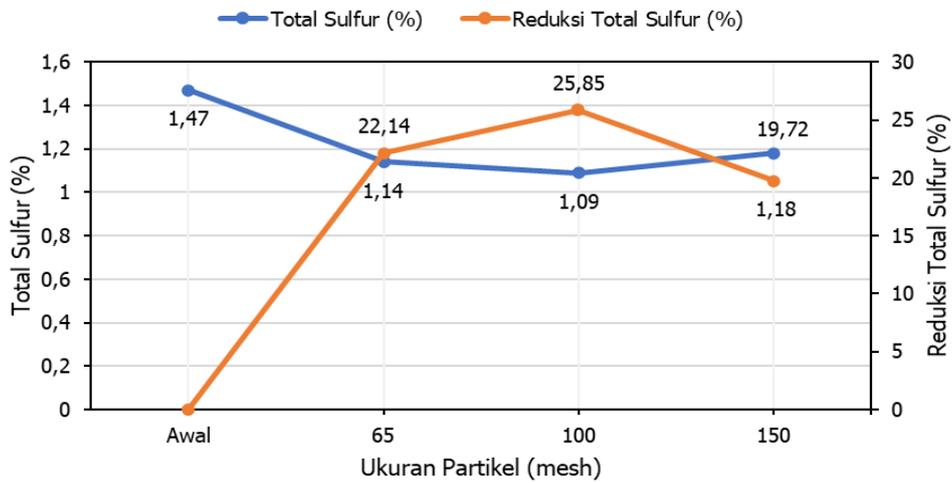
No.	Variabel		Kadar Abu (%)	Persentase Reduksi Abu (%)	Total Sulfur (%)	Persentase Reduksi Sulfur (%)
	Ukuran Partikel (<i>mesh</i>)	Konsentrasi NaOH (molar)				
1	65	2	28,8	5,05	1,23	16,32
2	100	2	31,14	10,49	1,18	19,72
3	150	2	32,18	11,32	1,15	21,76
4	65	4	27,9	10,68	1,14	22,14
5	100	4	30,78	13,57	1,09	25,85
6	150	4	31,95	20,06	1,18	19,72
7	65	6	29,99	14,57	1,21	17,68
8	100	6	32,25	16,76	1,13	23,12
9	150	6	34,21	22,56	0,788	46,39

Pengaruh Ukuran Butir Terhadap Penurunan Kandungan Sulfur dan Kadar Abu Batubara

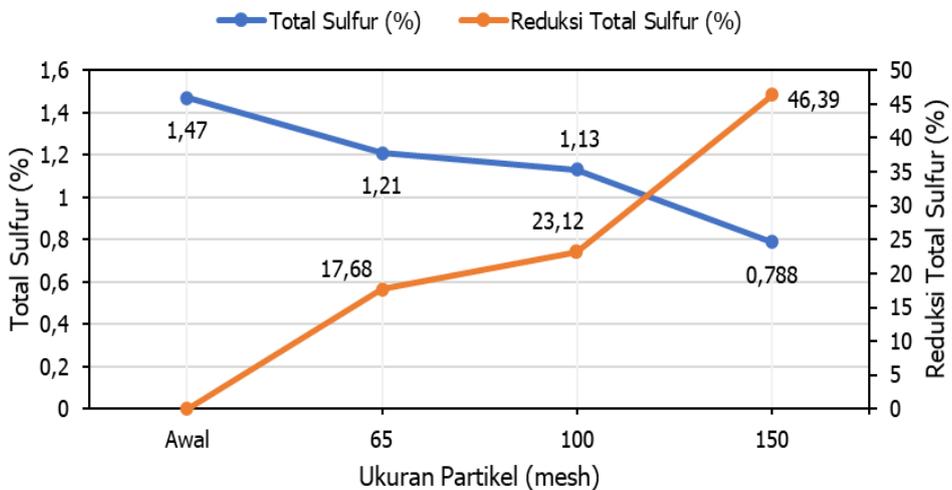
Hasil pencucian batubara menggunakan *Natrium Hidroksida* (NaOH) dengan menggunakan ukuran butir batubara 65, 100, 150 *mesh* menunjukkan variasi penurunan kandungan sulfur dan kadar abu. Analisis pengaruh perubahan ukuran butir pada pengurangan kandungan sulfur dan kadar abu batubara dilakukan untuk memberikan gambaran tentang efektivitas perubahan ukuran butir dalam tahap pencucian batubara. Analisis ini juga bertujuan untuk mengetahui variabel optimum yang digunakan pada tahapan pencucian batubara tersebut. Hubungan antara perubahan ukuran butir dan penurunan kandungan sulfur dan kadar abu batubara disajikan dalam bentuk grafik. Percobaan dilakukan menggunakan variabel tetap berupa suhu 800C, kecepatan pengadukan 260 rpm, jumlah batubara 10 gr, waktu percobaan selama 30 menit, dan volume larutan 10 ml.



Gambar 5. Pengaruh Ukuran Butir Terhadap Reduksi Total Sulfur pada Pencucian Batubara Menggunakan Naoh 2M



Gambar 6. Pengaruh Ukuran Butir Terhadap Reduksi Total Sulfur pada Pencucian Batubara Menggunakan Naoh 4M

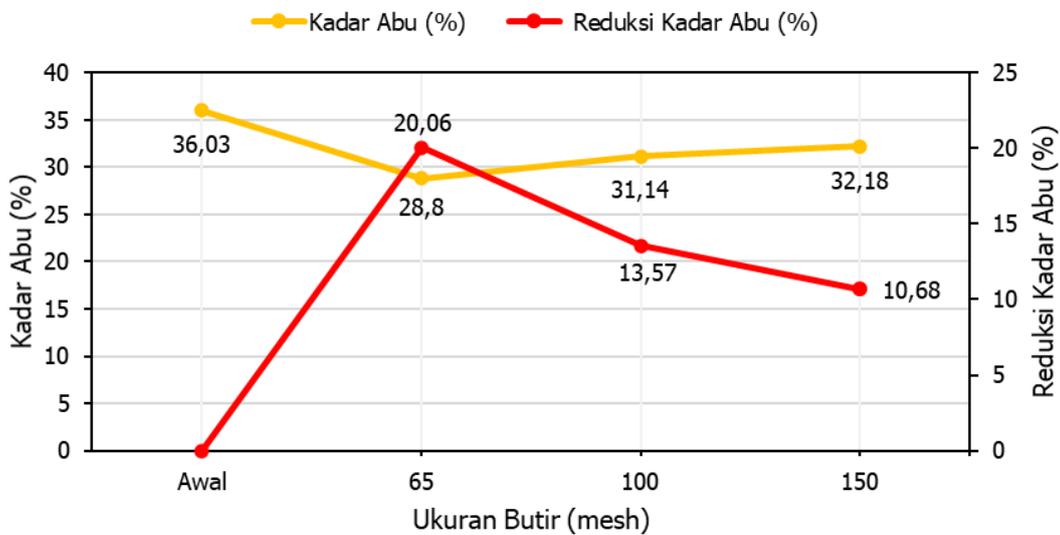


Gambar 7. Pengaruh Ukuran Butir Terhadap Reduksi Total Sulfur pada Pencucian Batubara Menggunakan Naoh 6M

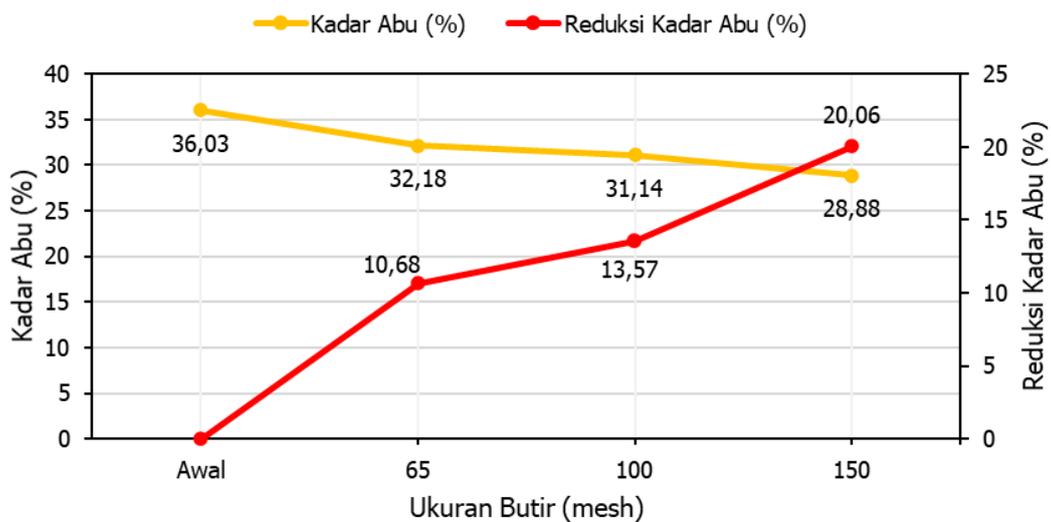
Berdasarkan percobaan yang telah dilakukan, ukuran butir batubara berpengaruh terhadap penurunan kandungan total sulfur batubara Padang Lampe. Bahwa semakin kecil ukuran partikel semakin meningkat persentase penurunan kandungan total sulfur. Selain itu penurunan kandungan total sulfur pada setiap percobaan dengan yang telah ditentukan sebelumnya konsentrasi NaOH menunjukkan kemampuan NaOH untuk menghilangkan total sulfur yang terkandung dalam sampel batubara Padang Lampe. Penggunaan NaOH dalam pencucian batubara mampu menghilangkan berbagai bentuk sulfur (*piritik*, sulfat, dan organik) yang terkandung dalam batubara. NaOH dapat bereaksi dengan sulfur *pirit* dan sulfur organik yang akan hilang pada proses pencucian batubara, pembentukan reaksi dapat dilihat pada persamaan berikut [7].



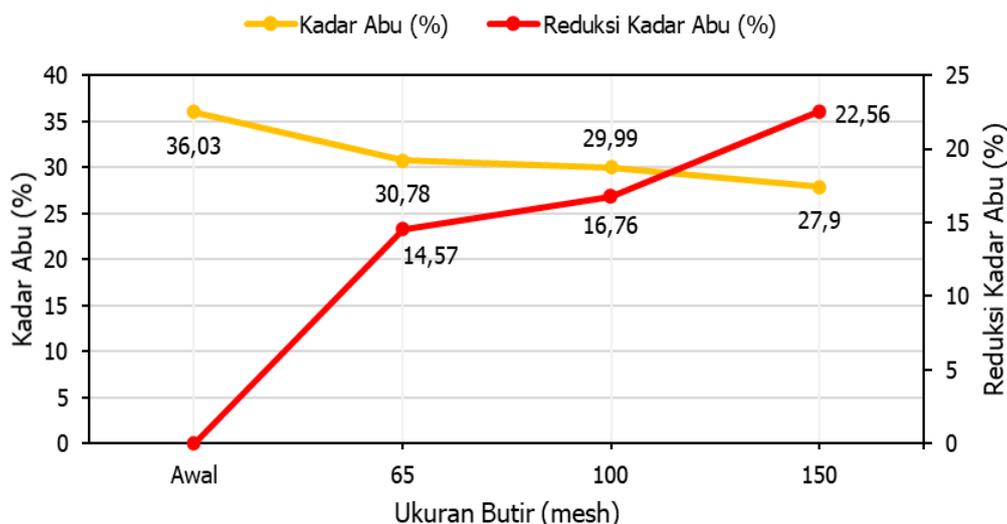
Dari hasil percobaan diperoleh penurunan kandungan total sulfur maksimum yakni pada ukuran partikel 150 *mesh* dengan konsentrasi larutan NaOH 6M, karena presentase kandungan total sulfur terbesar yang dapat turunkan sebesar 46,39%.



Gambar 8. Pengaruh Ukuran Butir Terhadap Reduksi Kadar Abu pada Pencucian Batubara Menggunakan Naoh 2M



Gambar 9. Pengaruh Ukuran Butir Terhadap Reduksi Kadar Abu pada Pencucian Batubara Menggunakan Naoh 4M



Gambar 10. Pengaruh Ukuran Butir Terhadap Reduksi Kadar Abu pada Pencucian Batubara Menggunakan Naoh 6M

Berdasarkan percobaan yang telah dilakukan, ukuran butir batubara berpengaruh terhadap penurunan kadar abu batubara. Bahwa semakin kecil ukuran butir semakin meningkat persentase penurunan kadar abu. Selain itu penurunan kadar abu pada setiap percobaan dengan pelarut yang telah ditentukan konsentrasinya menunjukkan bahwa NaOH mampu melarutkan mineral terkandung dalam sampel batubara. Hal ini diduga dapat terjadi karena kemampuan NaOH melarutkan *silikat* dan *aluminat* dari mineral lempung dan *kuarsa* yang terkandung dalam sampel batubara, sehingga membentuk *kalium silikat* dan *aluminat* yang larut. Reaksi pembentukan kalium *silikat* dan aluminat larut dapat disajikan secara sederhana dalam bentuk berikut [7]:



Dari hasil percobaan pencucian batubara diperoleh penurunan kadar abu maksimum yakni pada ukuran butir batubara sebesar 150 mesh dengan konsentrasi larutan *Natrium hidroksida* (NaOH) 6M, karena persentase kadar abu batubara terbesar yang dapat turunkan sebesar 22,56%.

Potensi dan Pemanfaatan Batubara Tercuci dalam Memenuhi Kebutuhan Industri dalam Negeri

Batubara merupakan salah satu jenis energi yang digunakan sebagai bahan bakar di beberapa sektor industri dalam negeri. Batubara telah digunakan di beberapa sektor industri-industri besar seperti pembangkit listrik pabrik, industri semen, dan industri logam. Pemanfaatan batubara dalam beberapa industri ini adalah diikuti dengan penetapan sifat-sifat tertentu yang telah diatur agar terhindar dari bahaya ataupun kerusakan yang ditimbulkan dan untuk menghasilkan produktivitas yang tinggi [15]. Beberapa karakteristik ditentukan untuk penggunaan batubara dalam industri ini termasuk kandungan abu dan kandungan sulfur yang dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Standar Kadar Abu dan Sulfur untuk Beberapa Industri [15].

No.	Jenis Industri	Standar Kadar Abu (%)	Standar Kandungan Sulfur (%)
1	Pembangkit Listrik	< 7,8	< 0,4
2	Industri Semen	< 6	< 0,8
3	Industri Logam	< 6	< 0,025

Pemanfaatan batubara Sulawesi khususnya batubara Padang Lampe dalam memenuhi kebutuhan industri dalam negeri belum dilakukan karena batubara Padang Lampe diketahui memiliki kandungan abu dan sulfur yang tinggi. Oleh karena itu, pencucian batubara berupa pencucian kimia menggunakan NaOH telah dilakukan pada batubara Padang Lampe untuk mendapatkan kualitas yang lebih baik dengan mengurangi kadar abu dan sulfur (*deashing* dan *desulfurisasi*) yang terkandung dalam batubara Padang Lampe. Hasil akhir dari

pencucian batubara yang telah dilakukan merepresentasikan kualitas akhir batubara Padang Lampe yang dapat dilihat pada Tabel 2.

Berdasarkan Tabel 2 dapat diketahui bahwa *deashing* batubara dalam penelitian ini dapat menghasilkan batubara dengan kualitas maksimal dalam percobaan menggunakan ukuran butir 150 *mesh* dengan larutan NaOH 6M, dimana kadar abu batubara adalah 27,9% sedangkan untuk *desulfurisasi* batubara dalam percobaan menggunakan ukuran butir 150 *mesh* dengan larutan NaOH 6M, dimana kandungan sulfur batubara adalah 0,788%. Menurut Tabel 2, produk batubara pada percobaan menggunakan ukuran butir 150 *mesh* dengan larutan 6M dianggap memenuhi kriteria kandungan sulfur pada pemanfaatan industri semen. Namun, semua produk batubara tersebut tidak memenuhi kriteria kadar abu untuk pembangkit listrik, industri semen, dan industri logam karena kadar sulfur yang tinggi dari produk batubara. Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa batubara Padang Lampe yang telah dicuci menggunakan NaOH masih tidak bisa digunakan di pembangkit listrik, industri semen, dan industri logam karena produk batubara dengan kualitas maksimal diketahui tidak dapat memenuhi kriteria batubara sesuai tabel 2, terutama untuk kadar abu.

D. Kesimpulan

Hasil analisis sampel awal yang dilakukan pada sampel batubara daerah Padang Lampe berupa analisis *proksimat*, total sulfur dan nilai kalori menunjukkan karakteristik kadar air sebesar 5,48%, kadar abu 36,03%, zat terbang 26,65%, karbon tetap 31,84%, kandungan total sulfur 1,47%, dan nilai kalori sebesar 5.156 kal/g, sehingga batubara Padang Lampe tergolong batubara peringkat *sub-bituminus C*.

Hasil penelitian dari proses *desulfurisasi* batubara menggunakan larutan NaOH menunjukkan penurunan kandungan sulfur maksimum yaitu pada ukuran partikel batubara 150 *mesh* dengan konsentrasi larutan NaOH 6M, dimana kandungan sulfur awal adalah 1,47% berkurang menjadi 0,788% dengan persentase penurunan kandungan sulfur sebesar 46,39%.

Hasil penelitian dari proses *deashing* batubara menggunakan larutan NaOH menunjukkan penurunan kadar abu maksimum yaitu pada ukuran partikel batubara 150 *mesh* dengan konsentrasi larutan NaOH 6M, dimana kadar abu awal adalah 36,03% berkurang menjadi 27,9% dengan persentase penurunan kadar abu sebesar 22,56%.

Daftar Pustaka

- [1] Sukandarrumidi, *Batubara dan Gambut*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press, 1995.
- [2] Funky Suhayadi and Sriyanti, "Kajian Lingkungan Pengendapan Berdasarkan Karakteristik Batubara Formasi Pulau Balang," *Jurnal Riset Teknik Pertambangan*, pp. 1–8, Jul. 2022, doi: 10.29313/jrtp.v2i1.779.
- [3] A. Hutton and B. Jones, *Short Course on Coal Exploration*. Bandung: Manpower Development Centre For Mines, 1995.
- [4] Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (KESDM), "Ringkasan Renstra 2020-2024," Jakarta, 2020.
- [5] Mandasini and A. Aladin, "Karakterisasi, Desulfurisasi, dan Deashing Batubara Patukku secara Flotasi (Efek Waktu dan Dimensi Kolom), Peningkatan Daya Saing Nasional melalui Pemanfaatan Sumber Daya Alam untuk Pengembangan Produk dan Energi Alternatif," Disertasi Universitas Muslim Indonesia, Makassar, 2005.
- [6] Pasymi, *Batubara*, 1st ed. Padang: Bung Hatta University Press, 2008.
- [7] S. Mukherjee and P. C. Borthakur, "Effect of Leaching High Sulfur Subbituminous Coal by Potassium Hydroxide and Acid on Removal of Mineral Matter and Sulfur," *Fuel*, vol. 82, no. 7, May 2003.
- [8] A. Anshariah, M. Imran, S. Widodo, and U. Irvan, "The influence of intrusion on change characteristic of coal in Mallawa Formation of South Sulawesi Province," *IOP Conf Ser Earth Environ Sci*, 2021.

- [9] S. Widodo, W. Oschmann, A. Bechtel, R. F. Sachsenhofer, K. Anggayana, and W. Puettmann, "Distribution of Sulfur and Pyrite in Coal Seams from Kutai Basin (East Kalimantan, Indonesia): Implications for Paleoenvironmental Conditions," *International Journal Coal Geology*, pp. 151–162, 2010.
- [10] S. Widodo, Sufriadin, M. Thamrin, Wahyufirmansyah, and N. Jafar, "Mineralogy and quality of Banti Coal, Baraka District, Enrekang Regency, South Sulawesi Province, Indonesia.," in *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, IOP Publishing Ltd, May 2020. doi: 10.1088/1755-1315/473/1/012112.
- [11] C. R. Ward, "Analysis origin and significance of mineral matter in coal: An update review," *Int J Coal Geol*, vol. 165, pp. 1–27, Aug. 2016.
- [12] S. Widodo, A. Saputno, A. Imai, and K. Anggayana, "Geochemical Characterization and Its Implication for Beneficiation of Coal from Tondongkura Village, Pangkep Regency South Sulawesi Province," *International Journal of Engineering and Science Applications IJEScA*, vol. 4, 2017.
- [13] J. G. Speight, *Handbook of Coal Analysis*, vol. 166. USA: John Wiley & Sons, 2005.
- [14] A. Imai and K. Anggayana, "Characterization of Some Coal Deposits Quality by Use of Proximate and Sulfur Analysis in The Southern Arm Sulawesi, Indonesia," vol. 3, 2016.
- [15] S. Widodo and E. Suhendar, "Desulfurisasi dan Deashing pada Batubara Menggunakan NaOH dan HCl sebagai Leaching Agent," *Jurnal Geomine*, vol. 7, no. 1, 2019.
- [16] D. Lestari, M. A. Asy'ari, and R. Hidayatullah, "Geokimia Batubara untuk Beberapa Industri," *Jurnal Poros Teknik*, vol. 8, no. 1, Jun. 2016.