



PENGARUH WAKTU PENGADUKAN DAN KONSENTRASI METANOL (CH₃OH) TERHADAP PENURUNAN KADAR SULFUR BATUBARA TONDONGKURA MELALUI PROSES DESULFURISASI

THE EFFECT OF STIRRING TIME AND METHANOL (CH₃OH) CONCENTRATION ON THE REDUCTION OF TONDONGKURA COAL SULFUR CONTENT THROUGH A DESULFURIZATION PROCESS

M. I. Juradi¹, S. Bakri², Anshariah³

¹⁻³Program Studi Teknik Pertambangan, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Muslim Indonesia

¹⁻³Jalan Urip Sumoharjo No. 5 Kota Makassar, (0411) 455696

e-mail: *¹muhidris.juradi@umi.ac.id, ²suriyanto.bakri@umi.ac.id, ³anshariah@umi.ac.id

ABSTRAK

Batubara Tondongkura diketahui memiliki kandungan sulfur yang cukup tinggi. Penurunan kandungan sulfur dalam batubara ini menjadi fokus utama untuk meningkatkan kualitas batubara. Proses desulfurisasi batubara merupakan salah satu metode yang efektif dalam mengurangi kandungan sulfur. Metanol (CH₃OH) telah diketahui memiliki kemampuan untuk bereaksi dengan sulfur dalam batubara dan membentuk senyawa yang lebih mudah dipisahkan. Penggunaan metanol dalam proses desulfurisasi telah menunjukkan hasil yang menjanjikan dalam berbagai penelitian sebelumnya. Namun, efektivitas desulfurisasi sangat bergantung pada beberapa faktor, termasuk konsentrasi metanol yang digunakan dan waktu pengadukan selama proses tersebut. Penelitian ini bertujuan mengetahui persen penurunan kadar sulfur dengan parameter konsentrasi larutan dan waktu pengadukan pada proses desulfurisasi. Penelitian ini menggunakan metode kuantitatif dengan mengumpulkan data variabel tetap dan variabel bebas. Langkah awal yang dilakukan adalah menentukan persentase pengenceran yang menghasilkan banyaknya larutan metanol yang digunakan untuk pelindian. Setelah itu ditentukan parameter penurunan persentase kadar sulfur keseluruhan mulai dari awal hingga setelah *leaching*. Data awal didapatkan kadar total sulfur sebesar 7,59%, dengan variabel waktu pengadukan kondisi terbaik yaitu 60 menit diperoleh persen penurunan sulfur sebesar 37,32% sedangkan pada variabel persen volume methanol kondisi terbaik yaitu 5% diperoleh persen penurunan kadar sulfur sebesar 61,98%.

Kata kunci: batubara, sulfur, desulfurisasi, metanol

ABSTRACT

Tondongkura coal is known to have a high sulphur content. Reducing the sulphur content in this coal is the main focus to improve coal quality. Coal desulphurisation process is one of the effective methods in reducing sulphur content. Methanol (CH₃OH) has been known to react with sulphur in coal and form compounds that are easier to separate. The use of methanol in the desulphurisation process has shown promising results in various previous studies. However, the effectiveness of desulphurisation is highly dependent on several factors, including the concentration of methanol used and the stirring time during the process. This study aims to determine the percent reduction in sulphur content with the parameters of solution concentration and stirring time in the desulphurisation process. This research uses a quantitative method by collecting data on fixed and independent variables. The first step was to determine the percentage of dilution that resulted in the amount of methanol solution used for leaching. After that, the parameters of the percentage decrease in total sulphur content from the beginning to after leaching were determined. Initial data obtained total sulfur content of 7.59% with variable stirring time the best condition is obtained at 60 minutes of stirring time with a percent decrease of 37.32% while in the variable percent volume of methanol the best condition is obtained 5% methanol volume with a percent decrease of 61.98%.

Keywords: coal, sulfur, desulfurization, methanol

PENDAHULUAN

Batubara merupakan salah satu sumber energi fosil yang paling banyak digunakan di seluruh dunia. Namun, penggunaan batubara sebagai sumber energi menimbulkan berbagai masalah lingkungan, terutama emisi sulfur dioksida (SO_2) yang dihasilkan selama proses pembakaran. Emisi SO_2 dapat menyebabkan hujan asam, polusi udara, dan berbagai masalah kesehatan masyarakat. Oleh karena itu, upaya untuk mengurangi kandungan sulfur dalam batubara sangat penting untuk mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan [1].

Batubara mengandung berbagai kombinasi karbon, hidrogen, oksigen, nitrogen, dan berbagai pengotor lainnya. Sebagian karbon tetap stabil saat dipanaskan, dan sebagian lagi akan menjadi gas dan keluar bersama dengan faktor bahan bakar yang berbeda. Bagian bahan bakar ini mudah terbakar dan terbakar terus menerus dan cukup berasap dibandingkan karbon stabil yang membara [2].

Sulfur pada batubara dapat berupa senyawa organik maupun senyawa anorganik antara lain pirit, marcasite, dan sulfat. Sulfur merupakan bahan padat dalam senyawa alami batubara dan sering disebut sebagai sulfur alami yang sedikit terdapat dalam batubara. Sulfur dalam jumlah yang sangat kecil dapat terbentuk sebagai sulfat seperti kalsium sulfat atau besi sulfat. Kisaran sulfur dalam batubara berkisar dari jumlah yang sangat kecil (*strain*) hingga lebih dari 4% [3,4,5].

Bentuk polusi yang paling umum akibat pembakaran batubara adalah polutan udara. Dampak abu pembakaran batubara terhadap lingkungan sekitar biasanya bersifat lokal hingga regional. Upaya penurunan kandungan sulfur dan kandungan abu pada batubara, selain meningkatkan nilai kalor batubara, juga merupakan upaya untuk mengurangi unsur-unsur penyebab pencemaran lingkungan.

Sistem pemisahan sulfur ini dikenal sebagai desulfurisasi [6]. Salah satu pendekatan yang dapat digunakan untuk desulfurisasi adalah pelindian [7]. Pencucian adalah salah satu teknik kimia yang umumnya digunakan untuk desulfurisasi, pada asam, basa, dan garam kuat pada suhu tinggi [8].

Waktu pengadukan adalah parameter kunci dalam proses desulfurisasi karena mempengaruhi tingkat kontak antara metanol dan sulfur dalam batubara. Pengadukan yang optimal dapat meningkatkan efisiensi reaksi dan mempercepat proses penurunan kadar sulfur. Oleh karena itu, menentukan waktu pengadukan yang tepat sangat penting untuk mencapai hasil yang optimal [9].

Desulfurisasi batubara dapat dilakukan dengan menggunakan metode fisik dan kimia. Efektivitas berbagai strategi motif tergantung pada bentuk dan

komposisi serta afiliasi mineral dalam batubara. Metode fisik terutama didasarkan pada perbedaan rumah fisik unsur mineral dan karbon batubara. Metode kimia yang terkait dengan bahan kimia tertentu sangat efektif untuk menghilangkan bahan mineral, yang terlarut halus dan sangat terikat pada batubara [10].

Berbagai penelitian telah dilakukan berkaitan dengan pengurangan kadar sulfur batubara seperti yang dilakukan Sri Widodo dkk di tahun 2019, menggunakan metode leaching dengan variabel temperatur, ukuran partikel dan konsentrasi larutan. Larutan pelindi yang digunakan adalah NaOH dan HCl diperoleh penurunan kandungan sulfur dari 3,67 menjadi 2,93 atau penurunannya sebesar 20,16%.

Penelitian yang dilakukan Nana Dyah Siswati dan Aretna Festiani di tahun 2010 menggunakan metode flotasi dalam pengurangan kadar sulfur pada batubara. Hasil yang diperoleh sebesar 88,13% penurunan sulfur. Andi Aladin di tahun 2009 melakukan penelitian pengurangan kadar sulfur dengan metode flotasi, dimana variabel pengamatannya adalah rasio campuran, waktu tinggal, pH, laju aliran udara serta ukuran partikel. Hasil yang diperoleh terjadi penurunan kandungan sulfur sebesar 71,81%.

Dengan mempelajari penelitian terdahulu maka penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi pengaruh waktu pengadukan dan konsentrasi metanol terhadap penurunan kadar sulfur dalam batubara Tondongkura.

METODE PENELITIAN

Agar permasalahan tersebut dapat terselesaikan, diperlukan serangkaian tahapan dan teknik pembelajaran dalam upaya memperoleh informasi yang valid. Bentuk penelitian ini adalah penelitian eksperimental yang dilaksanakan di Laboratorium Analisis dan Manajemen Mineral Universitas Hasanuddin. Sampel batubara yang dianalisis berasal dari Desa Tondongkura, Kecamatan Tondong Tallasa, Kabupaten Pangkep, Provinsi Sulawesi Selatan.

Preparasi Sampel

Preparasi sampel merupakan kegiatan penelitian di laboratorium yang dilakukan pada sampel batubara untuk mengurangi massa gross sampel sampai pada massa dan ukuran yang dibutuhkan. Preparasi sampel terdiri dari beberapa tahap yaitu komposit sampel, kwartering, reduksi ukuran, dan pengayakan.

Sebelum dilakukan proses *leaching*, terlebih dahulu dilakukan reduksi ukuran menggunakan mortar, astle dan *sieve shaker* dengan berat sampel yang digunakan sebanyak 5 kg. Ayakan digunakan untuk memisahkan sampel berdasarkan ukuran sampel yang dibutuhkan yaitu berukuran +40, -40+65, -65 mesh. Gambar alat dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Peralatan preparasi sampel

Percobaan *Leaching*

Tujuan dilakukannya *leaching* terhadap sampel batubara asal Tondongkura yaitu terjadinya *desulfurisasi* pada sampel. *Desulfurisasi* batubara adalah proses pengurangan total sulfur dari batubara sedangkan *deashing* adalah proses penurunan kadar abu dari batubara. Pencucian batubara sebelum pembakaran adalah salah satu teknologi penting untuk pencegahan polusi udara. Metode kimia berguna untuk menghilangkan *sulfur* pirit tetapi tidak efektif untuk menghilangkan *sulfur* organik. Hanya metode *aqueous alkali treatment* yang dapat menghilangkan kedua mineral dan *sulfur* organik hampir sepenuhnya [11].

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah air suling dan larutan CH₃OH (Metanol). Alat-alat yang digunakan pada tahap pelindian sampel batubara adalah labu erlenmeyer 500 ml, corong buchner, kertas saring Whatman No.40, pompa vakum, gelas kimia 200 ml, pelat hangat, aluminium foil, termometer, stopwatch, pinset, batang pengaduk, lakmus, kertas, dan botol tangkai. Dalam variabel penelitian ini terdiri dari beberapa prosedur kerja yang dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Variabel Penelitian

No.	Kode Percobaan	Variabel Penelitian			
		Waktu (Menit)	Suhu (°C)	Ukuran Partikel (mm)	Persen volume Methanol (%)
1.	SP-1 Persen volume	60	80	4.250	5
2.	SP-2 Persen volume	60	80	4.250	15
3.	SP-3 Persen volume	60	80	4.250	25
4.	SP-4 Persen volume	60	80	4.250	35
5.	ST-1 Waktu	60	80	4.250	5
6.	ST-2 Waktu	30	80	4.250	5
7.	ST-3 Waktu	90	80	4.250	5
8.	ST-4 Waktu	120	80	4.250	5

Dua puluh lima (25) gram pola batubara dengan ukuran partikel 40-65 mess (4,25 mm) dimasukkan ke dalam gelas kimia 200 ml. Kemudian larutan Metanol dimasukkan ke masing-masing pengenceran larutan 5 ml,

15 ml, 25 ml, 35 ml. Variabel waktu penelitian selama 60 menit pada suhu 80°C. Pelindian yang kedua menggunakan variabel waktu yaitu 30 menit, 90 menit, 120 menit, suhu 80°C dengan menggunakan termometer untuk menentukan temperatur larutan yang dipanaskan dan diaduk dalam gelas kimia. Selanjutnya disaring, dan setelah itu dikeringkan menggunakan oven selama ±1 jam dengan suhu 40°C, atau dikeringkan di udara selama satu hari atau sampai kering pada suhu ruangan di laboratorium. Kemudian dilakukan analisis kandungan sulfur secara umum. Kondisi percobaan dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Kondisi Percobaan

No	Volume Methanol (%)	Methanol Murni (%)	Vol. CH ₃ OH (ml)	Vol. Aquades (ml)	Vol. Aquades (ml)
1	5%	100	50	950	1000
2	15%	100	60	340	400
3	25%	100	100	300	400
4	35%	100	70	130	200

Pengolahan Data dan Analisis Data

Data yang diperoleh kemudian diolah dan dianalisis untuk memperoleh hasil dari penelitian tersebut. Pengujian kandungan sulfur pada sampel dilakukan sebelum dan sesudah proses *leaching*. Tujuannya untuk mengetahui perbandingan kandungan sulfur sebelum dan sesudah proses *leaching* pada sampel batubara. Analisis proksimat ini mengacu pada ASTM (*American Standard Testing and Materials*).

Persamaan Pengurangan kandungan sulfur (persamaan 1) dapat dihitung dengan menggunakan persamaan:

$$\text{Penurunan total sulfur (\%)} = \frac{X_1 - X_2}{X_2} \times 100\% \quad (1)$$

Keterangan:

X₁: Kandungan total sulfur sampel (%)

X₂: Kandungan total sulfur setelah pelindian (%)

Untuk menentukan persentase volume efek disolusi yang digunakan sebagai sistem pelindian (Persamaan kedua) dapat dihitung menggunakan persamaan:

$$M_1 \cdot V_1 = M_2 \cdot V_2 - V_1 \quad (2)$$

Keterangan:

M₁: Molaritas larutan sebelum pelarutan

V₁: Volume larutan sebelum pelarutan

M₂: Molaritas larutan sesudah pelarutan

V₂: Volume larutan sesudah pelarutan

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil analisis proksimat sampel awal menunjukkan bahwa kadar sulfur pada sampel batubara cukup tinggi sehingga batubara asal Tondongkura tidak dapat dimanfaatkan secara optimal. Hasil analisis total sulfur Batubara Tondongkura dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Analisis Proksimat dan Total Sulfur Sampel Batubara Tondongkura

Parameter Analisis Kualitas	Content (%) Adb
Kadar Abu (<i>Ash</i>)	31,16
Kadar <i>Carbon</i> Tertambat (<i>Fixed Carbon</i>)	15,62
Total Sulfur (TS)	7,59

Evaluasi perkiraan umum sampel awal dilakukan sesuai dengan standar ASTM (*American Standard Testing and Materials*). Hasil pengujian menunjukkan kadar abu sebesar 31,16% sehingga kadar karbon yang diperoleh sebesar 15,62%. Proporsi kadar abu sampel batubara Tondongkura lebih besar dari 30%, sehingga sampel batubara Tondongkura yang ada dikategorikan sebagai batubara dengan kadar abu tinggi [12]. Sedangkan kandungan sulfur total pada sampel batubara Tondongkura adalah 7,59%. Kandungan sulfur batubara secara keseluruhan melebihi persyaratan kandungan sulfur batubara yang ditetapkan melalui PLTU dan perusahaan [13]. Dengan demikian, Batubara Tondongkura belum bisa diaplikasikan secara maksimal. Nilai kalorinya berkisar antara 5.023 hingga 6.125 cal/gr. Berdasarkan nilai kalori peringkat batubara Tondongkura adalah Sub-bituminous (ASTM-1981) [14].

Hasil Percobaan Leaching

Evaluasi sampel setelah pelindian dilakukan untuk mengetahui pengaruh variabel-variabel yang digunakan dalam penelitian, antara lain variabel waktu dan variabel persentase jumlah metanol terhadap persentase pengurangan sulfur keseluruhan dalam sampel batubara setelah pencucian. Hasil evaluasi kadar sulfur setelah pelindian berdasarkan variabel penelitian yang terdiri dari pengaruh waktu pengadukan dan pengaruh persentase luas pelindian ditampilkan dalam bentuk tabel dan grafik.

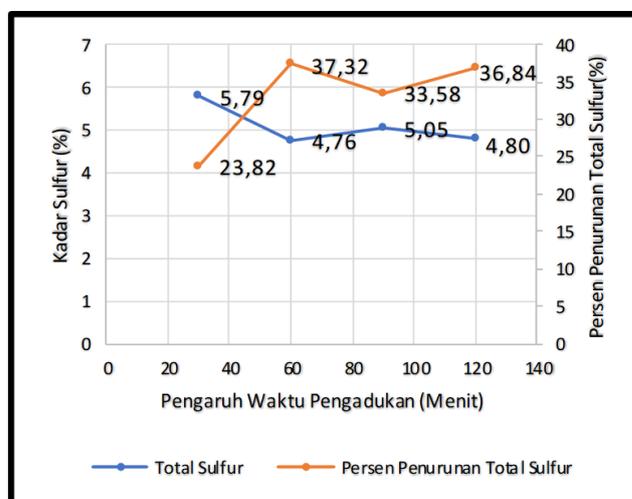
Variabel Pengaruh Waktu Pengadukan

Pengaruh waktu pengadukan pada desulfurisasi dan deashing batubara asal Tondongkura dilihat pada variasi 30, 60, 90, 120 menit. Sampel *dileaching* dengan suhu 80°C pada kecepatan putaran *magnetic stirrer* 240 rpm dengan ukuran partikel 4,25 mm, menggunakan larutan metanol dengan persen volume 5 ml sebanyak 150 ml. Variabel pengaruh waktu pengadukan dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Data Pengamatan Hasil penurunan Total Sulfur Sampel Batubara Tondongkura dengan variabel penelitian waktu pengadukan

Kode Percobaan	Waktu Pengadukan (Menit)	Total Sulfur (%)	Penurunan Total Sulfur (%)
ST-0 WK	0	7,59	0
ST-1 WK	30	5,78	23,81
ST-2 WK	60	4,76	37,32
ST-3 WK	90	5,04	33,58
ST-4 WK	120	4,79	36,83

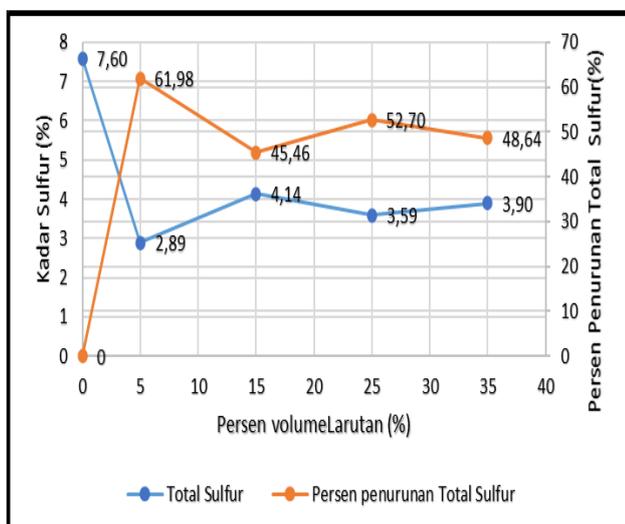
Variabel penelitian yang digunakan adalah pengaruh waktu pengadukan yang berbeda-beda yaitu 30, 60, 90 dan 120 menit mengalami ketidakstabilan dengan persentase penurunan masing-masing sebesar 23,81%, 37,32%, 33,58%. dan 36,83%. Berdasarkan beberapa penelitian terdahulu, peningkatan durasi waktu pengadukan akan menghasilkan total sulfur yang lebih rendah, dengan kata lain peningkatan lama waktu pengadukan berbanding lurus dengan semakin rendahnya total sulfur pada batubara. Dibandingkan dengan hasil penelitian yang telah dicapai dimana pada kandungan wala sebesar 31,16% turun menjadi 23,81. Penurunan sulfur secara keseluruhan pada menit ke 60 dengan persen penurunan sebesar 37,32% merupakan kondisi terbaik yang didapatkan dari hasil pelindian. Grafik Pengaruh waktu pengadukan terhadap penurunan total sulfur dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Grafik pengaruh waktu pengadukan terhadap penurunan total sulfur

Variabel Pengaruh Persen Volume Methanol

Pengaruh persen volume methanol dalam *desulfurisasi* sampel batubara terlihat pada ukuran partikel 4,25 mm dengan melakukan *leaching* selama dua jam pada suhu 80°C, dengan variasi persen volume methanol 5, 15, 25, dan 35 ml. Gambar 3 menunjukkan pengaruh persen volume *leaching* agent (methanol) terhadap penurunan total *sulfur* sebesar 61,98% pada persen volume 5 ml, 45,46% pada persen volume 15 ml, 52,69% pada persen volume 25 ml dan 48,64% pada persen volume 35 ml. Dari hasil percobaan diperoleh maksimum persen volume methanol yaitu 5 ml dengan persentase penurunan total sulfur sebesar 61,98%. Hasil terbaik yang diperoleh pada pelindian batubara tersebut adalah menghasilkan kandungan total sulfur sebesar 2,89%. Data pengamatan hasil penurunan total sulfur sampel Batubara Tondongkura dengan variabel persen volume metanol dapat dilihat pada Tabel 5.



Gambar 3. Grafik Persen volume Methanol terhadap Penurunan Total Sulfur

Tabel 5. Data pengamatan hasil penurunan total *sulfur* sampel Batubara Tondongkura dengan variabel persen volume metanol

Kode Percobaan	Volume Methanol (%)	Total Sulfur (%)	Penurunan Total Sulfur (%)
ST-0 KS	0	7,59	0
ST-1 KS	5	2,89	61,98
ST-2 KS	15	4,14	45,46
ST-3 KS	25	3,59	52,69

Pemanfaatan Batubara

Kandungan total sulfur sampel batubara asal Tondongkura sebesar 7,59%, setelah dilakukan *leaching* secara bertahap total total sulfur akhir menjadi 2,89%. Meskipun terjadi penurunan total total sulfur hingga 2,89%, namun batubara ini belum bisa dimanfaatkan di berbagai industri karena PLTU, industri semen, dan industri pengolahan logam menetapkan standar kandungan sulfur maksimum berturut-turut sebesar 0,4%, 0,8%, dan 0,025% [8]. Dengan demikian, batubara asal Tondongkura belum dapat dimanfaatkan di beberapa industri karena kandungan total sulfur sampel Batubara melebihi standar yang ditetapkan. Standar Kandungan Abu dan Sulfur pada beberapa Industri dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Standar Kandungan Abu dan *Sulfur* pada Beberapa Industri [15].

No	Industri	Kandungan Abu (Maksimum)	Kandungan Sulfur (Maksimum)
1.	PLTU (Pembangkit Listrik Tenaga Uap)	7,80%	0,40%
2.	Industri Semen	6%	0,80%
3.	Industri Pengolahan Logam	6%	0,03%

KESIMPULAN

Hasil *desulfurisasi* terbaik dengan variabel waktu pengadukan terlihat pada waktu pengadukan 60 menit yang menunjukkan penurunan total *sulfur* dari sampel awal 7,59% menjadi 4,76% dengan persentase penurunan sebesar 37,32%. Untuk variabel persen volume metanol kondisi terbaik diperoleh pada persen volume 5% dengan penurunan total sulfur mencapai 2,89% atau persentase penurunan sebesar 61,98%. Berdasarkan hasil percobaan tersebut dapat diketahui bahwa batubara asal Tondongkura belum dapat dimanfaatkan di beberapa industri karena kandungan total sulfur pada sampel hasil percobaan masih melebihi standar yang ditetapkan.

DAFTAR PUSTAKA

[1] Ahmed, A., Naser, A., Shah, R., Naeem B., and Mahmood S., (2007). Coal desulfurization by Solvent *Leaching* Methods. *Journal of faculty of engineering & Technology*, 47-56.
[2] Aladin, A. (2006). *Desulfurisasi Batubara Asal Sulawesi Secara Flotasi Menggunakan*



Surfaktan Crude Palm Oil (CPO). ITS Surabaya.

- [3] Ali, A., Sunil., K. Srivastava and Haque, R., (1992), Chemical Desulphurization of High Sulphur Coals, *FUEL*, 7(1), 835-839.
- [4] Berkowitz, N., (1979), *An Introduction to Coal Technology*. New York: Academic Press.
- [5] Casagrande, D., Garonly, K., and Sutton, N., (1980), The Distribution of Sulfur and Organic Matter In Various Fractions Of Peat: Origins Of Sulfur In Coal, *Geochimica et Cosmochimica*, 44(1), 25-32.
- [6] Ehsani, Reza M., (2006), Desulfurization of Tabas Coal Using Chemical Reagents. *J.Chem.* 25(2), 59-66.
- [7] Lestari, D., Asy'ari, M., A., dan Hidayatullah, R., (2016). Geokimia Batubara untuk Beberapa Industri, *Jurnal Poros Teknik*, 8(1), 1-5.
- [8] Mawardi, Afkar Z., dan Aswita, D., (2013), Penggunaan HCl Sebagai *Leaching Agent* Dan Pengaruh Penambahan H₂O₂ Pada Desulfurisasi Green Coke, *Chemistry Journal of State University of Padang*, 2(1), 6-9.
- [9] Culfaz, M., Ahmed, M., dan Gurkan, S., (1995), Removal of Mineral Matter and Sulfur from Lignites By Alkali Treatment, *Fuel Processing Technology*, 47(2), 99-109.
- [10] Mukherjee, S., and Borthakur, P., C., (2002), Effect of *Leaching* High Sulphur Subbituminous Coal by Potassium Hydroxide and Acid on Removal of Mineral Matter and Sulphur, *Fuel*, 80, 2037-2040.
- [11] Osborne, D., (2013), *The Coal Handbook Towards Cleaner Production Volume 1: Coal Production*, United Kingdom: Woodhead Publishing, Cambridge.
- [12] Sanwani, E., Ibrahim, A., Sudarsono, A., Sule, D., dan Handayani, I., (1998), *Pencucian Batubara*, Bandung: Institut Teknologi Bandung.
- [13] Sukandarrumidi., (2006). *Batubara dan Pemanfaatannya*, Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- [14] Syamsidar H., S., (2011), Optimalisasi Proses Desulfurisasi Batubara Asal Sulawesi Selatan Dengan Menggunakan Penambahan Minyak Nabati, *Ains*, 5(1), 51-58.
- [15] Uslu, T., Sahinoglu, E., dan Yavuz M., (2012), Desulphurization and Deashing of Oxidized Fine Coal By Knelson Concentrator, *Fuel Processing Technology*, 101, 94-100.