

Research Article

Desulfurisasi Batubara Menggunakan Ekstrak Belimbing Wuluh (*Everrhoa Bilimbi L*)

Muhammad Amin^{1*}, David Candra Birawidha¹, Kusno Isnugroho¹, Yusup Hendronursito¹, Muhammad Al Muttaqqi¹, Nurbaiti Marsas Prilitasari¹.

¹Balai Penelitian Teknologi Mineral – Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia, Jl. Ir. Sutami Km.15 Tanjung Bintang Lampung Selatan 35361

*Penulis korespondensi, e-mail: muhao47@lipi.go.id

Abstrak

Proses desulfurisasi batubara mampu meningkatkan kualitas batubara dan mengurangi terjadinya pencemaran lingkungan. Pada penelitian ini metode yang digunakan untuk proses desulfurisasi adalah metode pelindian menggunakan ekstrak belimbing wuluh sebagai agen pelindian. Ekstrak belimbing wuluh didapatkan dengan cara menggiling, menyaring dan mendapatkan larutan ekstrak buah belimbing. Batubara dihaluskan dengan menggunakan *grinding ball mill*, diayak hingga didapatkan sampel dengan ukuran 80 mesh, 120 mesh, dan 150 mesh. Batubara ditambahkan dengan larutan ekstrak belimbing wuluh, kemudian dipanaskan di atas *hot plate stirrer* pada suhu 110°C, kecepatan pengadukan 300 rpm dan variasi waktu pelindian 3, 4, dan 5 jam. Sulfur dari hasil pelindian dianalisa dengan menggunakan uji XRF. Hasil penelitian menunjukkan total sulfur batubara ukuran 80 mesh adalah sebesar 1,777%, 120 mesh sebesar 1,556% dan 150 mesh sebesar 1,053%. Pada ukuran 150 mesh, terjadi penurunan total sulfur batubara maksimum menjadi 0,261% dengan waktu pelindian 5 jam. Kadar abu yang awalnya 11,43% turun hingga mencapai 6,18% dan kadar fixed carbon yang awalnya 42,15%, naik menjadi 51,33%. Proses desulfurisasi menggunakan ekstrak belimbing wuluh dipengaruhi oleh ukuran butir batubara dan waktu kontak pelindian. Semakin halus ukuran butir batubara dan semakin lama waktu kontak pelindian maka semakin kecil kandungan sulfur yang didapat dalam batubara setelah desulfurisasi.

Kata kunci: batubara, desulfurisasi, belimbing wuluh, *leaching agent*, *fixed carbon*

Abstract

Desulphurization process can improve the quality of coal and reduce the environmental pollution. In this study, the method used for desulphurization process was a leaching method using wuluh starfruit extract as a leaching agent. Starfruit extract obtained by grinded, filtered and extracted the starfruit solution. Coal was crushed by using a grinding ball mill, sifted to obtain samples of 80 mesh, 120 mesh, and 150 mesh. Coal was added with starfruit extract, heated on a hotplate stirrer at a temperature of 110°C, 300 rpm of stirring speed and 3, 4, 5 hours of leaching time. Leachate solution were analyzed using XRF test. The results of the study showed that 80, 120 and 150 mesh could produce 1.777%, 1.556% and 1.053% of sulfur, respectively. Maximum decrease of sulfur occurred in 150 mesh with 5 hours of leaching time which could reach 0.261% of concentration. Ash content also could decreased from 11.43% to 6.18% and fixed carbon content from 42.15% rose to 51.33%. The desulphurization process using starfruit extract was influenced by the grain size of the coal and the contact time of leaching. The finer the grain size of the coal and the longer the leach contact time, the smaller the sulfur content obtained in the coal after the desulfurization process was carried out.

Keywords: coal, desulphurization, starfruit, *leaching agent*, *fixed carbon*

1. Pendahuluan

Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM) menyatakan bahwa konsumsi batu bara di dalam negeri pada tahun 2017, hanya 97 juta ton yang terserap dari target dalam negeri sebanyak 121 juta ton (Wicaksono, 2018). Berdasarkan draft keputusan Menteri ESDM tentang penetapan kebutuhan dan persentase minimal penjualan batubara untuk kepentingan dalam negeri tahun 2018 diperkirakan kebutuhan batu bara dalam negeri pada tahun ini sebanyak 114,51 juta ton. Proyek kebutuhan batu bara di dalam negeri itu setara dengan 28,2% dari target produksi nasional pada 2018 sesuai rencana pembangunan jangka menengah nasional (RPJMN) 2015—2019 sebanyak 406 juta ton. Akan tetapi pemanfaatan batu bara sebagai bahan bakar fosil menimbulkan beberapa masalah ekologi, misalnya permukaan tanah akibat operasi penambangan serta terdapatnya sulfur dalam batubara. Pembakaran batubara berkadar sulfur tinggi menghasilkan gas sulfur dioksida namun ada konsekuensi dari penggunaan batubara yaitu polusi dan emisi yang ditimbulkannya, semakin besar penggunaan batubara maka semakin banyak polusi dan emisi yang dihasilkan karena terdapatnya sulfur dalam batubara. Kandungan sulfur dalam batubara apabila dibakar akan berubah menjadi oksida sulfur. Oksida sulfur (SO_x) ini akan menjadi H_2SO_4 (asam sulfat) yang secara langsung maupun tidak langsung dapat mengganggu kehidupan manusia, seperti penyebab sesak pada saluran pernapasan, serta penyebab hujan asam dan korosi pada peralatan pabrik. Untuk mengurangi gas SO_2 , dilakukan pengurangan kandungan sulfur sebelum (desulfurisasi) ataupun sesudah batubara dibakar (desulfurisasi flue-gas).

Metode terbaik untuk membatasi jumlah belerang oksida yang dipancarkan ke atmosfer adalah dengan mengurangi kandungan sulfur dalam batubara sebelum pembakaran (He et al., 2012). Metode pemisahan oksida sulfur yang lebih dikenal dengan istilah desulfurisasi dapat dilakukan dengan dua cara, yaitu dengan metode basah (*wet method*) dan metode kering (*dry method*). Cara pertama disebut metode basah karena menggunakan cairan sebagai media penyerap sulfur. Cara kedua disebut metode kering karena bahan-bahan padat seperti oksida metal dan arang aktif digunakan sebagai pengikat sulfur (Sulaiman dkk., 2016). Penghilangan sulfur dari produk gasifikasi batubara pada temperatur gasifikasi $800^\circ C - 900^\circ C$ adalah dengan cara ditangkap saat dibakar, karena apabila dibiarkan terbuang bebas dapat secara signifikan berdampak pada kesehatan manusia. Emisi sulfur dioksida (SO_2) dan sulfur oksida (SO_x) perlu diatur agar tidak mencemari udara ambien. Metode untuk menghilangkan sulfur didasarkan pada penggunaan ion sulfida yang membentuk sulfida logam. Pada suhu tinggi, sulfur yang terkandung dalam aliran batubara gasifikasi, dibuang secara selektif dengan cara memanfaatkan ion sulfida yang dipisahkan menggunakan membran separasi memungkinkan terjadinya pembersihan gas sulfur secara benar dari batubara yang terjadi saat proses gasifikasi (Shake Liu et al., 2017). Proses desulfurisasi batubara sebelum digunakan untuk mengurangi dampak lingkungan hujan asam dilakukan dengan melarutkan batubara dengan pelarut air panas, H_2O_2 , H_2SO_4 , HNO_3 . Kandungan sulfur bisa turun karena dipengaruhi oleh suhu pelindian, waktu pelindian, dan ukuran partikel (Mahmood Saleem et al., 2014) Proses benefesiasi dengan menggunakan pelarut oksida aktif berupa caustic soda NaOH pada batubara akan secara signifikan menurunkan kandungan abu dan sulfur. Setelah dilakukan proses pencucian dan pelindian maka hasil yang didapat terjadi penurunan kandungan abu sebanyak 85% dan kandungan sulfur sebanyak 40% (Washab.A, et.al, 2015). Proses desulfurisasi dengan menggunakan pelarut acetone dengan beda konsentrasi, serta pengaruh dari ukuran partikel batubara 355 mesh, kecepatan pengadukan, suhu, akan dapat menurunkan kandungan sulfur dari 24% menjadi 40% (Ghauri, 2016). Penurunan kandungan sulfur pyrite (FeS_2) pada batubara dengan menggunakan larutan H_2SO_4 dan H_2O_2 dengan penambahan larutan pengkomplek oksalat, asam fosfat dan sitrat dengan pemanasan suhu $25 - 50^\circ C$ akan dapat menurunkan kandungan sulfur pyrite pada batubara (Pecina et al., 2014). Penurunan kandungan sulfur pada batubara dilakukan dengan cara kering yaitu dengan cara pemisahan magnetik gradien tinggi basah dari sampel batubara dilakukan untuk meminimalkan kandungan pyrit sulfur yang mencapai 1,60% (total sulfur 2,9%). Optimalisasi proses menggunakan pemisah cepat boxmag termasuk laju aliran, kepadatan pulpa, medan magnet yang diterapkan, dan % pemuatan canister ini dilakukan melalui CCRD dan RSM, menggunakan peranti lunak design expert 6.0. Hasil penelitian menunjukkan bahwa, pada kondisi pemisahan optimal, yaitu 101 / jam laju aliran, 5% kepadatan pulpa, 2200 gauss, dan 0,6% pemuatan tabung, konsentrat batu bara yang menguji 0,57% sulfur pyrite diperoleh dengan pengurangan 58% dan pemisahan efisiensi 79,34%. (Suzan et al., 2017). Penggunaan kalsium hipochlorit konsentrasi sebesar 0,5 dan 1 M pada proses desulfurisasi yang dilakukan dengan pemanasan suhu $60 - 80^\circ C$ dengan kecepatan pengadukan 250 rpm akan dapat menurunkan kandungan sulfur pada batubara yang semula 1,74% menjadi 0,26-0,49%

(Sulaiman, 2011). Dengan proses desulfurisasi menggunakan larutan HCl 20% dan demineralisasi menggunakan larutan NaOH 20%, dilanjutkan dengan proses karbonisasi atau pembakaran pada suhu 400°C dalam tungku pembakaran dengan sedikit udara (Brotowati, 2018). Sabhrina dkk (2015), menggunakan metode pembakaran dengan cara penambahan batu kapur pada saat pembakaran batubara. Soigiharto (2017) menggunakan metode pembakaran atau proses karbonisasi batubara pada suhu tinggi 450 – 1200°C. Hasil pengujian kandungan asam organik buah belimbing menyatakan bahwa asam sitrat yang paling dominan dalam buah belimbing.

Tabel 1. Kandungan asam organik buah belimbing wuluh

Asam Organik	Jumlah (meq asam/100 g total padatan)
Asam asetat	1,6-1,9
Asam sitrat	92,6-133,8
Asam format	0,4-0,9
Asam laktat	0,4-1,2
Asam oksalat	5,5-8,9
Sedikit asam malat	-

Sumber: (Pino *et al.*, 2004).

Penggunaan bahan kimia dan pembakaran suhu tinggi pada proses desulfurisasi justru akan menambah pencemaran lingkungan karena limbah hasil pelindian akan dibuang meskipun bisa dipakai berkali-kali dan gas buang hasil pembakaran akan mencemari udara, desulfurisasi batubara dibutuhkan tidak hanya untuk meminimalkan pencemaran lingkungan yang diakibatkan oleh emisi dari sulfur dioksida selama pembakaran (Ehsani dkk, 2006).

Berdasarkan uraian beberapa hasil penelitian yang telah dilakukan, proses desulfurisasi baik secara kimia maupun fisika dapat mencemari lingkungan sehingga akan merusak ekosistem yang ada serta berdampak pada lingkungan dan manusia. Penelitian ini bertujuan untuk mencari alternatif bahan dan metode yang dapat digunakan sebagai agen pelindian yang tidak berdampak pada pencemaran lingkungan dan aman pada manusia sehingga ekstrak buah belimbing wuluh (*everrhoa bilimbi l*) merupakan alternatif bahan yang dapat digunakan sebagai agen pelindian karena bukan berasal dari bahan kimia tapi dari tumbuh-tumbuhan yang mudah untuk dibudidayakan serta mudah didapat, selain itu ekstrak buah belimbing wuluh banyak mengandung asam organik seperti: asam oxalat, asam citrat, asam asetat, asam peroksida, asam laktat, asam sulfat merupakan bahan yang sangat diperlukan pada proses pelindian karena mampu mereduksi sulfur didalam batubara, penelitian ini juga untuk mempelajari pengaruh ukuran butir batubara, waktu kontak pelindian. Selain itu, akan dilakukan karakterisasi senyawa kristal sebelum dan sesudah pelindian dianalisis menggunakan *X-Ray Diffraction (XRD)*.

2. Metodologi Penelitian

2.1. *Persiapan alat dan bahan*

Bahan yang digunakan antara lain batubara asal Tanjung Enim Sumatera Selatan, Buah belimbing wuluh asal Lampung. Alat yang digunakan antara lain *grinding ball mill*, ayakan 80 mesh, 120 mesh, 150 mesh, timbangan, blender, *muffle furnace* suhu 1200°C, *X-Ray Fluorescenes (XRF)*, jenis bench top merk PAN Analytical tipe Epsilon 3 XLE buatan Belanda, *X-Ray Diffraction (XRD)*.

2.2. *Proses Penelitian*

Persiapan bahan baku buah belimbing wuluh diawali dengan pencucian belimbing wuluh dengan air bersih, kemudian dilakukan penghalusan dengan menggunakan mesin blender. Penyaringan dilakukan dengan menggunakan penyaring terbuat dari kain dan didapatkan larutan buah belimbing wuluh. Persiapan bahan baku batubara, batubara dilakukan penghalusan dengan menggunakan mesin *grinding ball mill*, dimana hasil penggilingan diayak menggunakan ayakan ukuran 80 mesh, 120 mesh, dan 150 mesh, sehingga akan didapatkan contoh batubara dengan 3 macam ukuran. Selanjutnya dilakukan analisis proximat meliputi kadar kadar abu, carbon tetap dan analisis sulfur total sebelum dilakukan pelindian. Setelah dilakukan pelindian, analisis proximat dan sulfur total terhadap batubara dilakukan kembali sesuai dengan variasi waktu dan ukuran untuk melihat apakah terjadi penurunan kadar sulfur total, penurunan kandungan abu dan peningkatan nilai fixed carbon.

2.3. **Metode Pengujian.**

Pengujian kandungan sulfur total didalam batubara sebelum dan setelah pelindian dilakukan menggunakan metode XRF sedangkan pengujian kandungan proximat: berdasarkan uji kadar abu (*ash*) SNI-3478:2010 dan uji karbon tetap (*fixed carbon*) tertambat SNI-13-3479-1994. Analisa dilakukan berdasarkan *air-dried basis*.

3. **Hasil dan Diskusi**

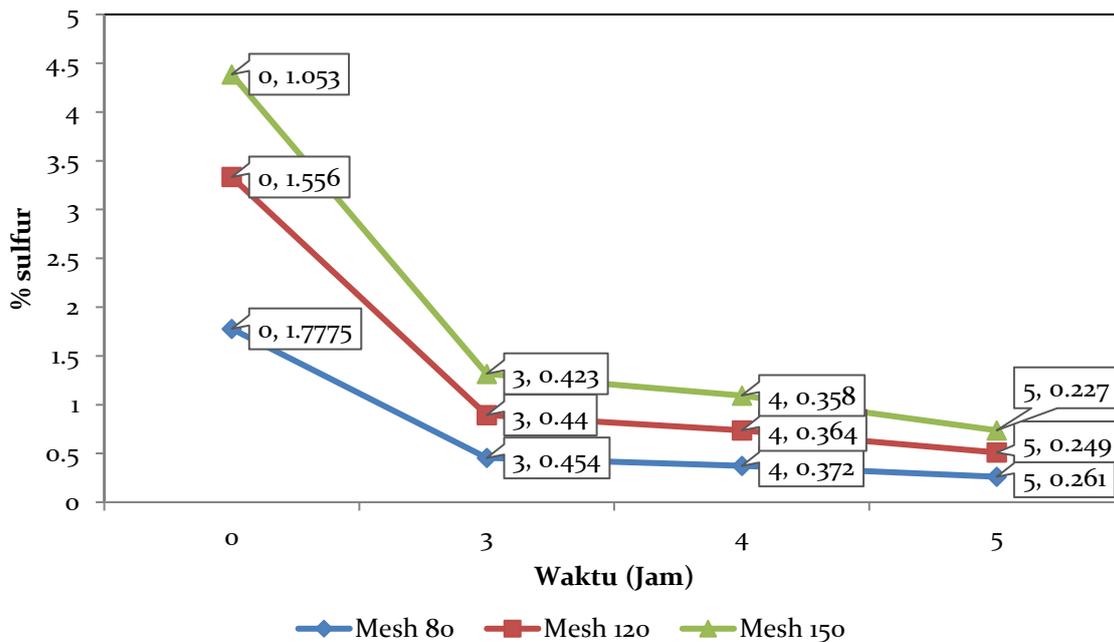
3.1. **Uji Pelindian**

Sebelum dilakukan proses pelindian, maka terlebih dahulu dilakukan analisis kandungan sulfur yang terdapat didalam batubara dengan menggunakan alat *X-Ray Fluorescenes (XRF)*. Hasil kandungan batubara sebelum dilakukan proses pelindian dapat dilihat pada **Tabel 2**.

Tabel 2. Hasil Analisa Kandungan Sulfur Batubara Sebelum Pelindian

No	Ukuran Batubara (mesh)	Hasil Analisa (%)
1	80	1,777
2	120	1,556
3	150	1,053

Hasil analisis data pada **Tabel 2** menunjukkan analisa batubara sebelum dilakukan pelindian tampak ukuran berpengaruh terhadap kandungan sulfur semakin diperkecil ukuran maka semakin kecil kandungan sulfur. Dari **Tabel 2** dapat dilihat bahan baku batubara pada ukuran mesh 80 sebesar 1,7775%, ukuran mesh 120 sebesar 1,556% dan untuk ukuran mesh 150 sebesar 1,053%, sedangkan kandungan sulfur yang diperbolehkan maksimum 1% dengan demikian batubara tersebut harus dilakukan proses desulfurisasi. Dalam penelitian ini proses desulfurisasi dilakukan menggunakan metode pelindian dengan pelarut ramah lingkungan yaitu ekstrak buah belimbing wuluh (*everrhoa bilimbi l*) yang banyak mengandung asam organik dan dilakukan pemanasan diatas *hotplate stirrer* pada suhu 110°C, kecepatan pengadukan 300 rpm dan variasi waktu pelindian selama 3 ,4, 5 jam dengan ukuran batubara mesh 80, 120 dan 150. Hasil analisa kandungan sulfur setelah dilakukan pelindian dengan variasi waktu pelindian dapat dilihat pada **Gambar 1**.



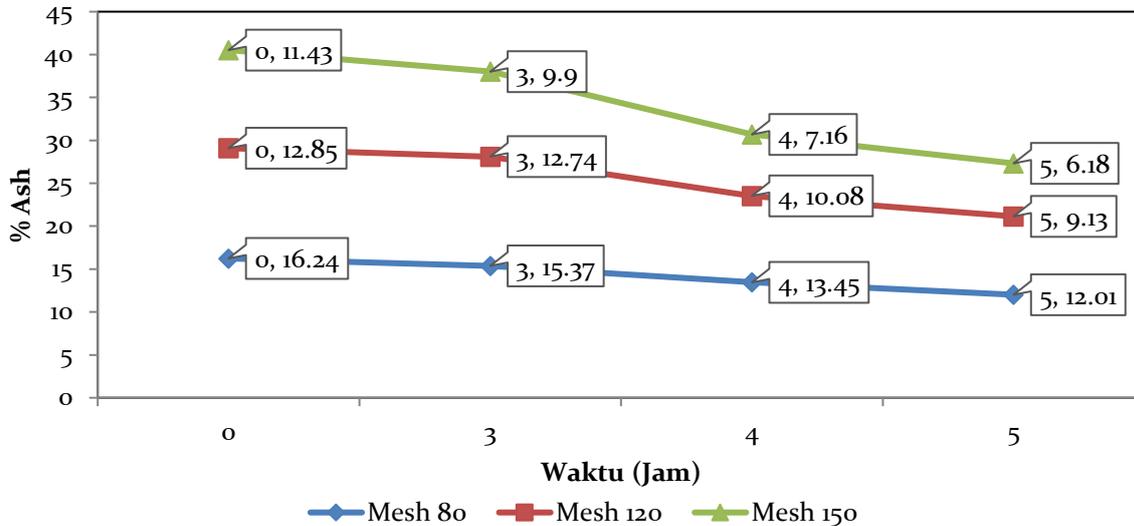
Gambar 1. Grafik hubungan antara lama waktu pelindian terhadap kadar sulfur

Dari **Gambar 1** dapat dilihat hasil pelindian menggunakan pelarut ekstrak buah belimbing wuluh dapat mempengaruhi penurunan kandungan sulfur pada batubara dengan variasi waktu pelindian dan ukuran butir berbeda. Pada ukuran batubara mesh 80 waktu pelindian 3 jam, 4 jam dan 5 jam didapatkan kandungan sulfur berturut-turut sebesar 0,454%, 0,372% dan 0,261%, pada ukuran batubara mesh 120 waktu pelindian 3 jam, 4 jam dan 5 jam didapat kandungan sulfur berturut-turut sebesar 0,440%, 0,364% dan 0,249%, sedangkan pada ukuran mesh 150 waktu pelindian 3 jam, 4 jam dan 5 jam didapat kandungan sulfur berturut-turut sebesar 0,423%, 0,358% dan 0,227%. Tingkat kehalusan butir berpengaruh terhadap perolehan sulfur ketika dilakukan proses pelindian dengan menggunakan pelarut asam organik yang terkandung dalam ekstrak buah belimbing wuluh karena semakin kecil dan halus ukuran partikel batubara maka semakin besar luas permukaannya hal ini dikarenakan ukuran partikel berkaitan dengan berbagai kondisi fisik dan kimia batubara yang dibutuhkan oleh asam organik. Ukuran partikel akan berpengaruh pada luas permukaan, tegangan permukaan, cepat larut adsorpsi, daya larut, dan viskositas dengan kata lain ukuran partikel suatu zat mempengaruhi luas permukaan zat tersebut (Estuningsih, 2001). Hal ini menyebabkan semakin cepat asam organik mereduksi sulfur yang berbentuk sulfur. Sedangkan, dalam bentuk anorganik dapat dijumpai dalam bentuk pyrite (FeS_2), markasit atau dalam bentuk sulfat dan organik dalam batubara. Semakin kecil ukuran partikel maka semakin meningkat pula pengurangan sulfur dalam batubara (Demirci et al., 2017). Demikian juga dengan waktu kontak pelindian, semakin lama waktu kontak pelindian maka semakin lama juga waktu kontak antara pelarut dengan batubara sehingga pereaksi atau larutan ekstrak belimbing wuluh yang banyak mengandung asam organik ini mampu mereduksi semua kandungan sulfur anorganik dan sebagian sulfur organik dalam batubara, semakin lama waktu pelindian maka semakin menurun kandungan sulfur dalam batubara (Shahraki et al., 2018).

Tabel 3. Standar Kandungan Abu dan Sulfur pada Beberapa Industri (Widodo dkk, 2019).

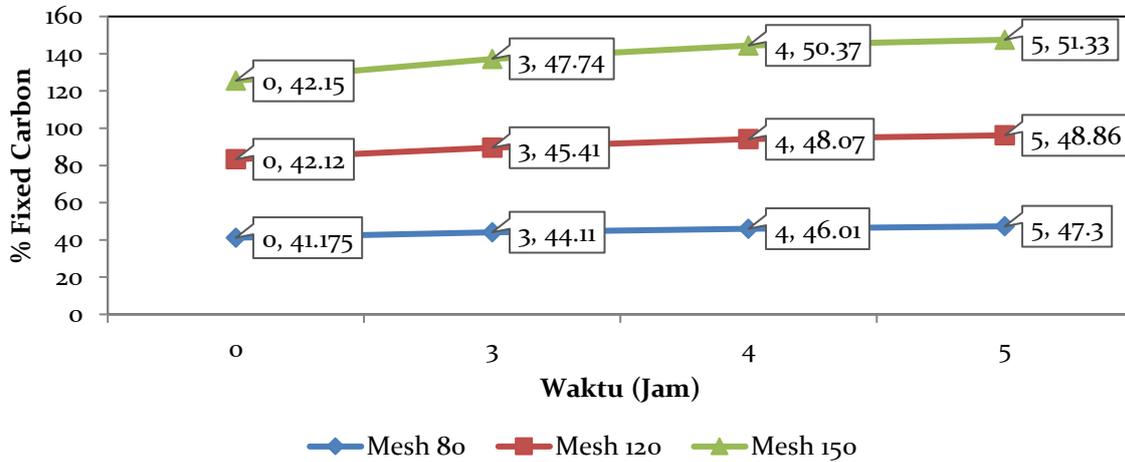
No	Industri	Kandungan Abu (%)	Kandungan Sulfur (%)
1	PLTU	7,8	0,4
2	Industri Semen	6	0,8
3	Industri Logam	6	0,025

Hasil analisa data pada **Tabel 3** menunjukkan standar kandungan sulfur pada batubara telah memenuhi persyaratan untuk waktu pengadukan 4 jam dan 5 jam karena dibawah 0,4%, akan tetapi ketika waktu pengadukan dilakukan hanya 3 jam maka kandungan sulfur belum memenuhi persyaratan standar yaitu masih diatas 0,4% sedangkan standar maksimum 0,4% untuk kandungan sulfur, dengan demikian batubara hasil pelindian menggunakan larutan ekstrak buah belimbing wuluh dapat dimanfaatkan pada berbagai industri, seperti PLTU, industri semen, dan industri pengolahan logam. Standar kandungan sulfur maksimum berturut-turut pada standar industri sebesar 0,4%, 0,8%, dan 0,025% (Widodo dkk, 2019).



Gambar 2. Grafik hubungan antara waktu pelindian dengan kadar abu (ash)

Selain kandungan sulfur total didalam batubara yang harus diperhatikan juga adalah kandungan proximat untuk melihat apakah pelindian batubara dengan menggunakan pelarut ekstrak buah belimbing wuluh berpengaruh terhadap kandungan abu atau *ash* dan karbon tetap atau *fixed carbon*. Untuk melihat apakah ada pengaruh waktu pelindian dengan menggunakan pelarut ekstrak belimbing wuluh terhadap kadar abu dan *fixed carbon* pada batubara setelah pelindian dapat dilihat pada **Gambar 2 dan 3**.

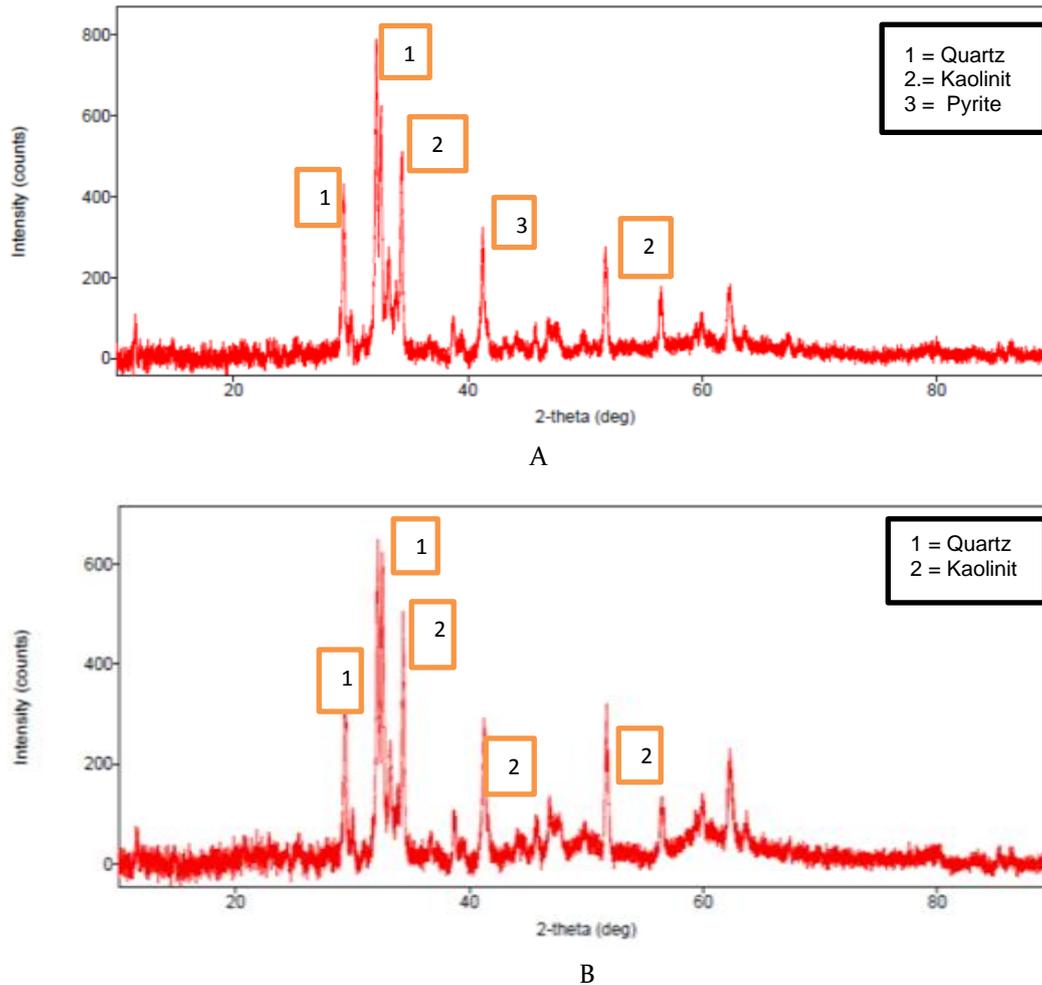


Gambar 3. Grafik hubungan antara lama waktu pelindian dengan kadar Fixed Carbon

Gambar 2 dan 3 menunjukkan grafik pengaruh waktu kontak pelindian terhadap kadar abu dan kadar karbon tetap. Semakin lama waktu kontak pelindian semakin naik turun kadar abu dan semakin naik kadar karbon tetap dalam batubara. Seiring dengan peningkatan waktu pelindian dibandingkan sebelum dilakukan pelindian sebesar 41,175%, sedangkan waktu pelindian 3 jam, 4 jam dan 5 jam diperoleh hasil karbon tetap berturut-turut sebesar 44,11%, 46,01%, dan 47,30% pada batubara ukuran mesh 80. Pada batubara dengan ukuran mesh 120 dan waktu pelindian 3 jam, 4 jam dan 5 jam diperoleh hasil karbon tetap berturut-turut sebesar 45,41%, 48,07%, dan 48,86% sebelum pelindian sebesar 42,12%. Pada batubara dengan ukuran mesh 150 dan waktu pelindian 3 jam, 4 jam dan 5 jam diperoleh hasil karbon tetap berturut-turut sebesar 47,74%, 50,37%, dan 51,33% sebelum pelindian sebesar 42,15%. Naiknya nilai karbon tetap dipengaruhi oleh semakin turunnya nilai kadar abu pada batubara setelah dilakukan pelindian, semakin kecil ukuran batubara maka semakin meningkat persentase penurunan kadar abu begitu juga dengan semakin lama waktu pelindian maka semakin menurun kadar abu. Terlihat kadar abu dapat turun menjadi 6,18% setelah dilakukan pelindian selama 5 jam dengan ukuran butir batubara 150 mesh sedangkan kadar abu sebelum pelindian sebesar 11,43% pada kehalusan butir 150 mesh. Penurunan kadar abu berdasarkan hasil pelindian dengan menggunakan larutan ekstrak buah belimbing wuluh dikarenakan asam organik yang ada pada buah belimbing wuluh mampu mereduksi abu yang ada pada batubara. Abu dalam batubara merupakan senyawa Si, Al, Fe, Cr dan sedikit Ti, Mn, Mg, Na dan K Larutan asam organik pada belimbing wuluh mempunyai kemampuan cukup kuat untuk melarutkan senyawa mineral dalam abu batubara (Brotowati dkk, 2018).

3.2. Karakterisasi Senyawa Kristal Batubara

Untuk melihat perubahan senyawa kristal yang terjadi pada batubara sebelum dilakukan pelindian dan setelah dilakukan pelindian maka dilakukan karakterisasi dengan menggunakan alat *X-Ray Diffraction (XRD)* seperti **Gambar 4**.



Gambar 4. XRD Batubara sebelum pelindian (A) dan batubara setelah pelindian (B)

Dari **Gambar 4** dapat dilihat perbedaan sebelum dilakukan pelindian terdapat kandungan quartz, kaolinit dan pyrite di dalam batubara dan setelah dilakukan pelindian menggunakan ekstrak belimbing wuluh sebagai agen pelindian dengan suhu pemanasan 110°C, kecepatan pengadukan 300 rpm dan waktu kontak pelindian selama 5 jam, terlihat kandungan pyrite telah berkurang hal ini dikarenakan asam-asam yang ada pada ekstrak belimbing wuluh mampu mereduksi pyrite (FeS_2)

4. Kesimpulan

Proses desulfurisasi dengan larutan ekstrak belimbing wuluh (*everrhoa bilimbi l*) berhasil mengurangi kandungan sulfur yang terdapat pada batubara. Angka pengurangan sulfur bervariasi tergantung pada ukuran besar butir batubara dan waktu reaksi yang digunakan, dari proses pelindian yang sebelumnya kadar sulfur total sebesar 1,777% dapat turun menjadi 0,227% pada pelindian selama 5 jam dengan ukuran batubara 150 mesh. Proses desulfurisasi dengan larutan ekstrak belimbing wuluh (*everrhoa bilimbi l*) dapat menurunkan kandungan abu pada batubara yaitu sebelum pelindian 11,43% dan setelah pelindian menjadi 6,18% dengan menurunnya kandungan abu maka dapat meningkatkan nilai carbon tetap (*fix carbon*), yang sebelum proses pelindian sebesar 42,15% menjadi 51,33% setelah pelindian selama 5 jam dengan ukuran batubara 150 mesh. Proses desulfurisasi batubara dengan menggunakan ekstrak buah belimbing wuluh sebagai agen pelindian dapat menurunkan kandungan sulfur dalam batubara yang dipengaruhi oleh ukuran butir batubara dan waktu kontak pelindian. Semakin kecil ukuran butir batubara dan semakin lama waktu kontak pelindian maka semakin kecil kandungan sulfur dalam batubara apabila dilakukan pelindian dengan menggunakan ekstrak buah belimbing wuluh serta proses

desulfurisasi dengan menggunakan ekstrak belimbing wuluh merupakan agen pelindian yang ramah lingkungan karena tidak berdampak pada pencemaran lingkungan yang dapat merusak ekosistem bila dibandingkan dengan menggunakan pelarut kimia atau proses karbonisasi dengan pemanasan. Selanjutnya, penelitian lebih lanjut diperlukan untuk menganalisis pengaruh variasi konsentrasi larutan pelindi, suhu pemanasan dan variasi kecepatan pengadukan.

Ucapan Terimakasih

Penulis mengucapkan terimakasih pada Pimpinan Balai Penelitian Teknologi Mineral – LIPI yang telah memberikan izin tempat, waktu dan sarana prasarana kepada peneliti dalam melakukan penelitian sehingga berjalan dengan baik.

Daftar Pustaka

- Brotowati, S. dan Sofia I. (2018). Peningkatan Kualitas Batubara Subbituminus Mallawa Menjadi Batubara Bituminus, *Journal INTEK*. 2018, Vol 5 (1) 34-38.
- Demirci, S., Altınçelep Z., dan Bayat O. (2017). Desulfurization of High-Sulfur Lignites (Çan, Çanakkale-Turkey) by the Meyers Method, *International Journal for Research in Applied Science & Engineering Technology (IJRASET)*, Vol 5 (3) 707-712.
- Ehsani, M.R. (2006). Desulfurization of Tabas Coal Using Chemicalreagents. *Journal of Chemical Engineering Department, Isfahan University of Technology, Isfahan, I.R. Iran*.
- Estuningsih, S.P. (2010). Pengembangan Teknik Bioleaching: Pertumbuhan Isolat Bakteri Desulfurisasi Dari Tanjung Enim Sumatera Selatan Pada Bebarapa Ukuran Partikel (Mesh) Batubara, *Jurnal Penelitian Sains*, No.10, 74-83.
- Fatah, S. dan Setiawan, I.B. (2011), Desulfurisasi Batubara Bayah Dengan Metode Leaching Menggunakan Pelarut Kalsium Hipoklorit, *Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Untirta Banten*.
- Ghauri, M. Shahzad, K., Inayat, A., Ali, Z., Akhtar, W.A.K.J., and Cliffe, K.R. (2016). High Pressure Oxydesulphurisation of Coal—Effect of Oxidizing Agent, Solvent, Shear and Agitator Configuration, *Journal Energies*, vol 5 (505) 1-15.
- He, H, Hong, F.F., Tao, X.X., Li, L., Ma, C.Y. dan Zhao, Y.D. (2012). Biodesulfurization of coal with *Acidithiobacillus caldus* and analysis of the interfacial interaction between cells and pyrite. *Fuel Processing Technology*, 101, 73-77.
- Leatemia, L.L. (2018) Kebutuhan Batubara Domestik: 53 Perusahaan Raksasa Wajib Pasok 66 Juta Ton. Diakses dari <https://kalimantan.bisnis.com/read/20180105/451/723373/kebutuhan-batu-bara-domestik-53-perusahaan-raksasa-wajib-pasok-66-juta-ton>, tanggal 12 Mei 2018.
- Liu, S., Li, L., Guo, L., Kuo, H.J. and Li G. (2017). Sulfur Transformation Characteristics and Mechanisms during Hydrogen Production by Coal Gasification in Supercritical Water, *ACS Publication Energy & Fuels*, vol 31 (11) 12046-12053.
- Pecina, E.T., Rendon. N., Davalos, A., Carrillo F.R. and Martinez D. (2014). Evaluation of Process Parameters of Coal Desulfurization in Presence of H₂O₂ and Complexing Agents. *International Journal of Coal Preparation and Utilization*, vol 34 (2) 85-97.
- Pino, J.A., Marbot, R. dan Bello A. (2004). Volatile Components of *Averrhoa bilimbi L*. Fruit Grown in Cuba. *Journal of Essential Oil Research*. Vol. 342. 23-38.
- Saleem, M., Ahmed, A., Shah, R. dan Ahmad, N. (2014). Coal Desulfurization by Solvent Leaching Methods, *Journal of Faculty of Engineering & Technology*, 47-56.
- Shahraki, S., Karamoozian M. dan Aziz A. (2018). Desulfurization of coal by HNO₃ leaching: Optimization of influential factors using Box-Behnken design, *Journal of Mining & Environment*, Vol. 9 (3) 657-665.
- Suzan S., Ibrahim, Ali Q., Selim, Mohsen, M., Farhat, Ahmed, M.E., Menshaway dan Boulos T.R. (2017). On Improving the Separation Efficiency of a Wet High Gradient Magnetic Separator for the

- Removal of Pyrite from Egyptian Coal, *International Journal of Coal Preparation and Utilization*, vol 37 (2) 59-74.
- Wahhab, A., Nawaz, Shahzad, Aktar, J., Kanwal, S., dan Munir, S. (2015). Desulfurization and Demineralization of Lakhra Coal by Molten Caustic Leaching, *Journal Energy Sources, Part : Recovery, Utilization, and Environ Mental Effects*, Vol 37 (11) 1219-1225.
- Wicaksono, P.E. (2018). Konsumsi Batu Bara Dalam Negeri di 2017 Tak Capai Target, diakses dari <https://www.liputan6.com/bisnis/read/3222961/konsumsi-batu-bara-dalam-negeri-di-2017-tak-capai-target>, tanggal 12 Mei 2018.
- Widodo S., dan Suhendar E. (2019). Desulfurisasi dan Deasing Pada Batubara Menggunakan NaOH dan HCl Sebagai Leaching Agent, *Jurnal Geomine*, Vol 7 (1) 67-78.