

## DESULFURISASI BATUBARA DENGAN METODE FLOTASI MENGUNAKAN GEL LIDAH BUAYA

Abdullah Kuntaarsa<sup>1</sup>, Purwo Subagyo<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Jurusan Teknik Kimia, Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Yogyakarta  
Email: <sup>1</sup>kuntaarsa@yahoo.com, <sup>2</sup>subagyo\_p@yahoo.com

Masuk: 13 Desember 2019, Revisi masuk: 02 Januari 2020, Diterima: 03 Januari 2020

### ABSTRACT

*Coal is a solid hydrocarbon rock formed from organic deposits, plant remnants in an oxygen-free environment, effects of pressure and heat that lasts very long. Indonesian coal contains very high sulfur pyrite. Very high levels of sulfur in coal cause environmental pollution and damage to combustion tools. The aim of this research is to reduce the sulfur content in coal using the flotation method, using aloe vera gel.*

*Flotation, the process of separating solids that occur due to differences in surface properties and takes place in a system consisting of three phases, namely the gas, liquid and solid phases, with the help of surfactants there will be a separation between the hydrophobic component and the hydrophilic component, where coal which was originally hydrophilic is converted into hydrophobic with the help of surfactants, thus that the sulfur inside can be separated. In this study, aloe vera gel was used as a surfactant which has high saponin levels. The addition of surfactants causes coal components that are less hydrophobic to become more hydrophobic.*

*Based on the research, the more the addition of aloe vera gel in the flotation process, the more sulfur is taken and the optimum amount of aloe vera gel is 300 ml can reduce sulfur by 45.4024%. As for the flow rate, the smaller the flow rate, the longer contact time and the optimum air flow rate is 0.376 L/minute able to absorb 38.7776% sulfur.*

**Keywords:** *Aloe vera, Coal, Desulphurization, Flotation.*

### INTISARI

Batubara, batuan hidrokarbon padat terbentuk dari endapan organik, dari sisa-sisa tumbuhan dalam lingkungan bebas oksigen, pengaruh tekanan dan panas yang berlangsung sangat lama. Batubara di Indonesia mengandung sulfur pirit sangat tinggi. Kadar sulfur yang sangat tinggi pada batubara menyebabkan pencemaran lingkungan dan kerusakan alat pembakaran. Penelitian bertujuan untuk menurunkan kadar sulfur pada batubara dengan metode flotasi, menggunakan gel lidah buaya.

Flotasi, proses pemisahan padatan yang terjadi akibat perbedaan sifat permukaan dan berlangsung pada suatu sistem yang terdiri dari tiga fasa yaitu fasa gas, cair dan padat, dengan bantuan surfaktan akan terjadi pemisahan antara komponen hidrofobik dan komponen hidrofilik, dimana batubara yang awalnya bersifat hidrofilik diubah menjadi hidrofobik dengan bantuan surfaktan agar sulfur didalamnya dapat terpisah. Pada penelitian ini digunakan gel lidah buaya sebagai surfaktan yang memiliki kadar saponin tinggi. Penambahan surfaktan menyebabkan komponen batubara yang kurang hidrofobik menjadi lebih hidrofobik.

Dari penelitian diketahui, semakin banyak penambahan jumlah gel lidah buaya pada proses flotasi maka sulfur yang terambil semakin banyak dan jumlah gel lidah buaya optimum adalah 300 ml dapat mengurangi sulfur sebesar 45,4024%. Sedangkan untuk laju alir, semakin kecil laju alir maka waktu kontak semakin lama dan didapatkan laju alir udara optimum adalah sebesar 0,376 L/menit mampu menyerap sulfur 38,7776%.

**Kata-kata kunci:** Batubara, Desulfurisasi, Flotasi, Lidah buaya.

### PENDAHULUAN

Batubara merupakan hasil tambang penting yang digunakan di berbagai industri seperti energi, baja, dan semen. Produksi batu bara di Indonesia meningkat tiap tahunnya mengingat meningkatnya

kebutuhan batubara dalam negeri. Hal ini membuat Indonesia menjadi salah satu negara penghasil batu bara terbesar di dunia. Potensi sumber daya batubara di Indonesia terdapat di berbagai wilayah terutama di pulau Kalimantan dan pulau

Sumatera, sedangkan di daerah lainnya dapat dijumpai batubara walaupun dalam jumlah kecil dan belum dapat ditentukan keekonomisannya, seperti di Jawa Barat, Jawa Tengah, Papua dan Sulawesi. Batubara Indonesia sebagian besar berada pada perbatasan antara batubara subbitumen dan batubara bitumen, tetapi hampir 59% adalah lignit. Namun sayangnya batubara di Indonesia ini banyak menimbulkan pencemaran lingkungan dan kerusakan pada alat pembakaran. Pembakaran batubara yang mengandung sulfur pirit tinggi dapat membentuk polutan gas  $SO_x$  seperti gas  $SO_2$ , yang berpotensi membentuk hujan asam yang bersifat korosif, berbahaya bagi kelangsungan hidup di darat dan di laut (Aladdin, 2009).

Dalam usaha mereduksi kadar sulfur batubara, berbagai teknologi desulfurisasi telah dan sedang dikembangkan. Beberapa metode desulfurisasi yang biasa digunakan dibagi menjadi 3, yaitu fisika, kimia, dan biologi. Metode desulfurisasi secara fisika memiliki kelebihan diantaranya, mampu menurunkan sulfur sebesar 72% serta dapat dilakukan dengan mudah dan biaya yang murah dibandingkan metode lainnya.

Pada proses desulfurisasi biasanya menggunakan surfaktan untuk memisahkan sulfur pada batubara. Surfaktan yang berasal dari sintesis minyak bumi dapat digunakan pada desulfurisasi tetapi surfaktan ini tidak ramah lingkungan karena limbah yang dihasilkan sulit untuk diuraikan. Sehingga dibutuhkan surfaktan yang ramah lingkungan yang limbahnya dapat diuraikan oleh mikroorganisme (biosurfaktan). Surfaktan pada proses desulfurisasi dapat memisahkan sulfur dari batubara dengan cara menurunkan tegangan permukaan batubara sehingga surfaktan lebih mudah masuk ke dalam pori-pori batubara. Surfaktan memiliki 2 gugus molekul yaitu hidrofilik dan hidrofobik, apabila surfaktan sudah masuk dalam pori-pori batubara surfaktan akan membuat sulfur yang bersifat hidrofobik menjadi bersifat hidrofilik sehingga sulfur akan terbawa oleh air dan terpisah dari batubara (Pratama, dkk, 2013).

Dari pertimbangan diatas, pada penelitian ini menggunakan metode desulfurisasi batubara secara fisika yaitu dengan cara flotasi menggunakan gel lidah buaya yang mengandung saponin sebagai surfaktan alami. Variabel yang akan ditinjau pada penelitian ini adalah jumlah surfaktan, dan laju alir udara.

Rumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Berapa banyak persentase pengurangan sulfur yang dihasilkan dari proses desulfurisasi batubara menggunakan gel lidah buaya?
2. Bagaimana kondisi optimum dari masing-masing variable desulfurisasi batubara metode flotasi?

Tujuan utama penelitian ini adalah mereduksi kandungan sulfur batubara yang berasal dari Malinau, Kalimantan Utara dengan metode flotasi menggunakan gel lidah buaya. Dari penelitian diharapkan dapat memberikan pengetahuan mengenai mekanisme pemisahan sulfur batubara secara flotasi. Secara lebih terinci, tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Untuk mengetahui efektivitas gel lidah buaya dalam mengurangi kadar sulfur batubara.
2. Untuk mencari kondisi optimum dari masing-masing variabel desulfurisasi yang diamati dengan tetap mempertahankan partikel batubara.

#### **METODOLOGI PENELITIAN**

Bahan baku dalam penelitian ini adalah batubara, dengan batasan sebagai berikut:

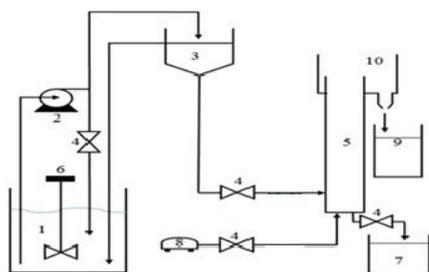
1. Massa batubara 200 gr.
2. Volume air 25 L.
3. Ukuran partikel batubara 100 mesh.
4. Laju alir umpan 0,3045 liter/detik.
5. pH campuran 6.
6. Analisis yang dilakukan adalah analisis kadar sulfur.

#### **Persiapan Bahan**

1. Batubara dari PT. Kayan Putra Utama Coal  
Batubara dihaluskan dengan penggilingan. Kemudian batubara diayak hingga diperoleh ukuran batubara dengan ukuran 100 mesh, lalu sampel dianalisis kandungan sulfur.
2. Gel Lidah Buaya  
Pada gel lidah buaya, mula-mula kulit lidah buaya disayat, kemudian diambil daging dan gelnya untuk dihancurkan dengan menggunakan blender sampai halus. Setelah itu di panaskan sampai mencapai suhu  $60^{\circ}C$ , kemudian di biarkan dingin.
3. Air

### Rangkaian Alat

Gambar 1 menampilkan alat proses desulfurisasi batubara yang digunakan pada penelitian ini.



Gambar 1. Rangkaian alat proses desulfurisasi batubara

Keterangan:

1. Tangki pengkondisian
2. Pompa
3. Tangki umpan
4. Kran
5. Kolom flotasi
6. Pengaduk
7. Tangki penampung *slurry*
8. Kompresor
9. Tangki penampung batu bara
10. Tangki *overflow*

### Proses Desulfurisasi

Alat flotasi yang akan digunakan dirangkai. Sampel batubara dan gel lidah buaya ditimbang dengan berat tertentu. Batubara sampel dan gel lidah buaya dimasukkan ke dalam tangki pengkondisian (tangki 1). Kemudian air dimasukkan ke dalam tangki pengkondisian (tangki 1). Campuran batubara, larutan lidah buaya, dan air diaduk. Kemudian campuran dialirkan menuju kolom flotasi. Udara dialirkan dari kompresor dengan laju alir udara sebesar 0,438 liter/menit, dengan berat batubara 200 gram, dengan jumlah gel lidah buaya 100 ml, kemudian diulangi dengan variable jumlah gel lidah buaya yang berbeda, yaitu 150 ml; 200 ml; 250 ml; dan 300 ml. Flotasi diulangi dengan variabel laju alir udara 0,25 liter/menit; 0,376 liter/menit; 0,438 liter/menit; 0,51 liter/menit; dan 0,74 liter/menit.

### Pengertian Batubara

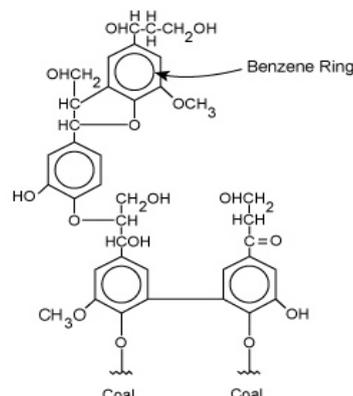
Batubara merupakan batuan hidrokarbon padat yang terbentuk dari endapan organik, utamanya adalah sisa-sisa tumbuhan dalam lingkungan bebas oksigen, serta terkena pengaruh tekanan dan panas yang berlangsung sangat lama. Proses pembentukan (*coalification*) memerlukan

jutaan tahun, mulai dari awal pembentukan yang menghasilkan gambut, lignit, subbituminus, bituminous, dan akhirnya terbentuk antrasit. Batubara adalah bahan bakar hidrokarbon padat yang terbentuk dari tumbuh-tumbuhan dalam lingkungan bebas oksigen dan terkena pengaruh temperatur serta tekanan yang berlangsung sangat lama

(<http://www.ptba.co.id/id/berita/detail/563/getting-to-know-coal>, 10 Desember 2019).

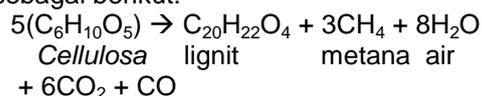
Di Indonesia, endapan batubara yang bernilai ekonomis terdapat di cekungan tersier yang terletak di bagian barat Paparan Sunda (termasuk Pulau Sumatera dan Kalimantan), pada umumnya endapan batubara tersebut tergolong usia muda, yang termasuk kelompok batubara berumur tersier bawah dan tersier atas.

Pembentukan batubara memerlukan kondisi-kondisi tertentu dan hanya terjadi pada era-era tertentu sepanjang sejarah geologi. Zaman karbon, kira-kira 340 juta tahun yang lalu adalah masa pembentukan batubara yang paling produktif dimana hampir seluruh deposit batubara (*black coal*) yang ekonomis di belahan bumi bagian utara terbentuk. Rumus bangun batubara ditampilkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Rumus bangun batubara

Menurut Sukandarrumidi (2006) reaksi pembentukan batubara dapat diperlihatkan sebagai berikut:



### Klasifikasi dan Kandungan Batubara

Menurut *American Society for Testing Material (ASTM)*, klasifikasi batubara secara umum yang dipergunakan dalam industri sebagai berikut:



Gambar 3. Jenis-jenis batubara

1. Antrasit ( $C_{94}OH_3O_3$ ), adalah kelas batubara tertinggi dengan warna hitam berkilauan (luster) metalik, yang terdiri dari subkelas meta-antrasit, antrasit, dan semi-antrasit. Kelas batubara ini mengandung antara 86% - 98% unsur karbon (C) dengan kadar air kurang dari 8%, dan kandungan abu yang sedikit. Antrasit memiliki kandungan kalori yang paling tinggi yaitu diatas 7777 kcal/kg.
2. Bituminus ( $C_{80}OH_5O_{15}$ ), merupakan kelas batubara dengan warna hitam mengkilat, yang memiliki kandungan kalori antara 5833 kcal/kg – 7777 kcal/kg, dengan unsur karbon (C) 68% – 86%, kandungan abu yang sedikit, dan kadar air 8% – 10% dari beratnya.
3. Sub-bituminus ( $C_{75}OH_5O_{20}$ ), merupakan kelas batubara dengan warna hitam mengkilat, yang mengandung sedikit karbon dan banyak air serta dengan kandungan kalori yang lebih rendah rendah yaitu antara 4611 kcal/kg – 5833 kcal/kg, oleh karenanya menjadi sumber panas yang kurang efisien dibandingkan dengan bituminous.
4. Lignit atau batubara coklat ( $C_{70}OH_5O_{25}$ ), adalah batubara yang sangat lunak dengan nilai kalori yang lebih rendah dibandingkan dengan sub-bituminus sekitar 3500-4611 kcal/kg dan mengandung air 35-75% dari beratnya, serta memiliki kandungan abu dan sulfur yang banyak.
5. Gambut ( $C_{60}H_6O_{34}$ ), adalah kelas batubara yang paling rendah nilai kalorinya dibawah 3500 kcal/kg dengan kandungan kadar air diatas 75% dari beratnya.

Batubara juga merupakan batuan organik yang memiliki sifat-sifat fisika dan kimia yang kompleks yang dapat ditemui dalam berbagai bentuk. Unsur-unsur utamanya terdiri dari karbon, hidrogen dan oksigen.

Disamping unsur-unsur karbon, hidrogen, oksigen, belerang, dan nitrogen di dalam batubara ditemukan pula unsur-unsur

logam yang berasal dari pengotor batubara, yaitu lapisan batubara yang tersisip dan terperangkap diantara lapisan batubara.

Secara kimia, batubara tersusun atas tiga komponen utama, yaitu:

1. Air (*moisture*)

Dalam batubara *moisture* paling sedikit terdiri atas satu senyawa kimia tunggal. Wujudnya dapat berbentuk air yang dapat mengalir dengan cepat dari dalam sampel batubara, senyawa teradsorpsi, atau sebagai senyawa yang terikat secara kimia. Sebagian *moisture* merupakan komponen zat mineral yang tidak terikat pada batubara. *Moisture* dapat dihilangkan bila batubara dipanaskan sampai 105°C

2. Senyawa batubara (*coal substance* atau *coal matter*)

Senyawa batubara terdiri atas zat organik yang mudah menguap dan *fixed carbon*. Zat organik yang mudah menguap kebanyakan tersusun atas: a. gas-gas yang dapat terbakar seperti hidrogen, karbon monoksida, dan metan, b. uap yang dapat mengembun, seperti tar dengan sedikit kandungan gas yang dapat terbakar, dan c. uap seperti karbon dioksida dan air, yang terbentuk dari penguraian senyawa karbon secara termis. Kandungan *volatile matter* (gabungan zat organik dan anorganik yang mudah menguap) berkaitan sekali dengan peringkat batubara dan merupakan parameter yang penting dalam mengklasifikasikan batubara.

3. Zat mineral (*mineral matter*)

Zat mineral atau *mineral matter* terdiri atas komponen-komponen yang dapat dibedakan secara kimia dan fisika. Zat mineral terdiri atas *ash* (abu) dan zat anorganik yang mudah menguap (*inorganic volatile matter*). Apabila batubara dibakar akan terbentuk *ash* yang terdiri atas berbagai oksida logam pembentuk batuan, sedangkan zat anorganik yang mudah menguap akan pecah menjadi gas karbon dioksida (dari karbonat-karbonat), sulfur (dari pirit), dan air yang menguap dari lempung.

Mineral terbanyak di dalam batubara, yaitu kaolin, lempung, pirit, dan kalsit. Semua mineral itu akan mempertinggi kadar silikon lainnya. Oksida aluminium, besi, dan kalsium, di dalam *ash*. Kemudian menyusul berbagai senyawa magnesium, natrium, kalium, mangan, fosfor, dan sulfur yang didapatkan dalam *ash* dengan persentase yang berbeda-beda.

*Fixed carbon* merupakan residu yang tersisa setelah *moisture* dan *volatile matter* dihilangkan. Senyawa ini yang terdiri atas unsur-unsur karbon, hidrogen, oksigen, sulfur, dan nitrogen, dapat dibakar.

### Batubara di Indonesia dan Pemanfaatannya

Pengembangan pemanfaatan batubara dalam industri di Indonesia sebagai berikut:

a. Bahan bakar pembangkit tenaga listrik  
Dalam pembangkit tenaga listrik, batubara digunakan untuk Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU). Sebagai bahan bakar pembangkit listrik, maka PLTU merupakan pengguna batubara terbesar. Diperkirakan akan meningkat terus permintaan batubara sebagai bahan bakar PLTU. Hal ini dikarenakan akan banyaknya dibangun PLTU-PLTU yang baru.

b. Bahan bakar industri semen  
Industri ini menempati urutan kedua dalam penggunaan batubara sebagai bahan bakar. Bila dilakukan perluasan industri semen ini maka akan mengalami peningkatan kebutuhan pasokan batubara. Persyaratan mutu batubara yang dibutuhkan oleh industri semen:

- Nilai bakar (kalor) net cukup tinggi, yaitu >6000 cl/gr
- *Volatil matter* medium maksimum 36-42%
- *Total Moisture* maksimum 12%
- Kadar abu maksimum 6%
- Kadar sulfur maksimum 0,8%
- Kadar alkali dalam abu maksimum 2%

c. Bahan baku industri

Batubara sebagai bahan baku industri seperti jenis antrasit digunakan bahan produksi sebagai reduktor dipeleburan timah dan sebagai bahan bakar pada pengeringan bijih pada industri pengolahan logam, bahan bakar dalam industri penuangan logam (dalam bentuk kokas), pemurnian pada industri kimia. Persyaratan utama batubara dijadikannya sebagai bahan bakar dan sumber panas untuk industri pengolahan logam adalah (Sukandarrumidi, 1995):

- Nilai kalori batubara >6000 cl/gr
- Kandungan abu sedikit maksimal 6%
- Kandungan sulfur kurang dari 0,025%
- Kandungan moisture harus rendah
- Kandungan fosfor rendah

Tabel 1 dan Tabel 2 menampilkan persyaratan batubara yang diizinkan untuk operasi PLTU Suralaya.

Tabel 1. Persyaratan batubara yang diizinkan untuk operasi PLTU Suralaya

	Karbon (%)	Volatile Matter (%)	Calorivic Value (MJ/kg)	Moisture (%)
Gambut	60	>53	16,8	>75
Lignit	60-71	53-49	23	35
Subbitumen	71-77	49-42	29,3	25-10 (insitu)
Bitumen	77-87	42-29	36,3	8 (insitu)

Tabel 2. Persyaratan batubara yang diizinkan untuk operasi PLTU Suralaya

No	Unsur	Unit	Worst	Average
1	HHV	Kgcal/kg	4,225	5,242
2	Total moisture	%	28,3	23,6
3	Volatile matter	%	15,1	30,3
4	Ash content	%	12,8	7,8
5	Sulphur content	%	0,9	0,4
6	HGI	-	59,4-65	61,8

### Sulfur pada Batubara

Sulfur dalam batubara didapatkan dalam bentuk mineral sulfat, mineral sulfida dan material organik. Sulfur adalah salah satu komponen dalam batubara, yang terdapat sebagai sulfur organik maupun anorganik. Terdapat 3 (tiga) jenis sulfur yang terdapat dalam batubara, yaitu:

1. Sulfur pirit

Pirit dan markasit merupakan mineral sulfida yang paling umum dijumpai pada

batubara. Kedua jenis mineral ini memiliki komposisi kimia yang sama ( $FeS_2$ ) tetapi berbeda pada sistem kristalnya. Pirit berbentuk isometric sedangkan Markasit berbentuk orthorombik. Pirit ( $FeS_2$ ) merupakan mineral yang memberikan kontribusi besar terhadap kandungan sulfur dalam batubara, atau lebih dikenal dengan sulfur pirit. Berdasarkan genesanya, pirit pada batubara dibedakan menjadi 2, yaitu:

- a. Pirit singenetik  
Pirit epigenetik merupakan pirit yang terbentuk selama proses penggabutan (peatification). Pirit jenis ini biasanya berbentuk framboidal dengan butiran sangat halus dan tersebar dalam material pembentuk batubara.
- b. Pirit epigenetik  
Pirit epigenetik merupakan pirit yang terbentuk setelah proses pembatubaraan. Pirit jenis ini biasanya terendapkan dalam kekar, rekahan dan cleat pada batubara serta biasanya bersifat massif.

2. Sulfur organik  
Sulfur organik merupakan suatu elemen pada struktur makromolekul dalam batubara yang kehadirannya secara parsial dikondisikan oleh kandungan dari elemen yang berasal dari material tumbuhan asal. Dalam kondisi geokimia dan mikrobiologis spesifik, sulfur anorganik dapat berubah menjadi sulfur organik.

Sulfur organik dapat terakumulasi dari sejumlah material organik oleh proses penghancuran biokimia dan oksidasi. Namun secara umum, penghancuran biokimia merupakan proses yang paling penting dalam pembentukan sulfur organik, yang pembentukannya berjalan lebih lambat pada lingkungan yang basah atau jenuh air.

Sulfur yang bukan berasal dari material pembentuk batubara diduga mendominasi dalam menentukan kandungan sulfur total. Sulfur inorganic yang biasanya melimpah dalam lingkungan marin atau payau kemungkinan besar akan berubah membentuk hidrogen sulfida dan senyawa sulfat dalam kondisi dan proses geokimia. Reaksi yang terjadi adalah reduksi sulfat oleh material organik menjadi hidrogen sulfida ( $H_2S$ ). Reaksi reduksi ini dipicu oleh adanya bakteri desulfovibrio dan desulfotomaculum

### 3. Sulfur sulfat

Kandungan sulfur sulfat biasanya rendah sekali atau tidak ada kecuali jika batubara telah terlapukkan dan beberapa mineral pirit teroksidasi akan menjadi sulfat. Pada umumnya kandungan sulfur organik lebih tinggi pada bagian bawah lapisan, sedangkan kandungan sulfur piritik dan sulfat akan tinggi pada bagian atas dan bagian bawah lapisan batubara.

### Sulfur pada Batubara di Indonesia

Batubara Indonesia dikenal sebagai batubara yang memiliki kadar sulfur yang

rendah. Kondisi ini menyebabkan batubara Indonesia sangat kompetitif di pasaran dunia karena dianggap sebagai batubara yang ramah lingkungan. Sejumlah data memang menunjukkan kisaran kandungan sulfur yang secara signifikan rendah pada batubara Indonesia. Namun demikian, sesungguhnya belum ada penelitian yang dilakukan khusus untuk mempelajari kandungan sulfur dalam batubara Indonesia. Data hasil analisis kandungan sulfur batubara yang diperoleh dari berbagai daerah di Indonesia baru memperlihatkan gambaran kualitas secara lokal baik dari daerah konsesi penambangan suatu perusahaan maupun dari hasil penyelidikan yang bersifat sporadis. Begitu pula, sejauh ini belum ada publikasi yang secara khusus memberi informasi mengenai kandungan sulfur dalam batubara Indonesia.

Kandungan sulfur batubara Indonesia berdasarkan data sejumlah hasil analisis, umumnya relatif rendah yaitu <2.0%. Pada beberapa daerah memang dijumpai batubara dengan kandungan sulfur yang tinggi, tapi tampaknya hanya bersifat setempat dan dianggap tidak mewakili suatu formasi pembawa batubara, umur dan terlebih cekungan. Begitu pula apabila dibandingkan dengan batubara yang berumur (Fatimah, 2015).

Dampak akibat adanya sulfur pada batubara dari hasil pembakaran di boiler menyebabkan sulfur itu terbakar dan menghasilkan gas sulfur dioksida ( $SO_2$ ) dan sebagian kecil menjadi sulfur trioksida ( $SO_3$ ). Sulfur dioksida dapat menyebabkan iritasi pada alat pernafasan manusia, mengurangi jarak pandang, sesak nafas, dan lebih lanjut dapat menyebabkan kematian. Reaksi sulfur dioksida dengan kelembaban atau hujan dapat menimbulkan hujan asam yang sangat berbahaya bagi tanaman, hewan, dan manusia serta sifatnya yang korosif dapat merusak infrastruktur-infrastruktur yang ada. Sulfur trioksida yang sangat mudah bereaksi dengan air dapat membentuk asam sulfat dimana asam sulfat bersifat korosif dan berbahaya.

### Desulfurisasi Batubara

Desulfurisasi merupakan reaksi kimia yang melibatkan pemisahan belerang dari suatu molekul. Desulfurisasi batubara merupakan suatu proses penurunan kadar sulfur dari batubara. Kandungan sulfur tersebut dapat menyebabkan pencemaran

lingkungan, menyebabkan kerusakan (korosif) dan memperpendek umur alat. Agar batubara dapat dimanfaatkan sebagai bahan bakar maka terlebih dahulu dilakukan proses desulfurisasi. Desulfurisasi batubara dibutuhkan tidak hanya untuk meminimalkan pencemaran lingkungan yang diakibatkan oleh emisi dari sulfur dioksida selama pembakaran, tetapi juga untuk meningkatkan kualitas batubara (Ehsani, 2015).

Dalam proses desulfurisasi batubara dapat dilakukan dengan berbagai macam cara yang berbeda yaitu:

1. Secara fisika

Beberapa teknologi desulfurisasi secara fisika antara lain sebagai berikut:

a. Pemisahan Magnet

Dalam proses pemisahan magnet (*magnetic separation*) dilakukan atas perbedaan muatan listrik (paramagnetik) bahan dalam campuran. Sulfur dalam bentuk pirit ( $\text{FeS}_2$ ) memiliki sifat paramagnetik, dapat melekat pada magnet sehingga dapat dipisahkan dari campuran batubara. Metode ini sangat sederhana, sebab tidak memerlukan bahan-bahan aditif dan pereaksi kimia, hanya membutuhkan power untuk menggerakkan magnet dan mengalirkan bahan batubara. Namun metode ini agak sulit mereduksi abu batuubara khususnya jenis abu yang mengandung logam-logam diamagnetic sehingga fixed carbon dan nilai kalor sulit dipertahankan.

b. Kolom flotasi

Metode ini sudah banyak digunakan secara komersial oleh industri batubara. Devisi riset empire coal company di Ohio Amerika telah merancang kolom flotasi dengan skala pilot plant, diameter 8 inchi(0,2m) dan tinggi 30ft (9m) atau perbandingan L/D=45. Penelitian ini menyimpulkan bahwa kolom flotasi mampu memisahkan sampai 70% sulfur pirit dan 80% abu batubara.

c. Flokasi selektif

Metode ini dikembangkan untuk meningkatkan efisiensi pengurangan kadar sulfur dari batubara dengan kolom flotasi konvensional. Prinsip pemisahan adalah dengan penambahan reagent flokulan kedalam kolom flotasi yang secara selektif mampu membentuk flok batubara sehingga meningkatkan efisiensi pemisahan.

2. Secara kimia

Metode desulfurisasi batubara secara kimia antara lain:

a. Menggunakan etanol

Metode ini efektif untuk mengurangi sulfur anorganik dan sulfur organik dalam batubara, telah dikembangkan sampai tahap pilot plant dengan proses alir. Jenis reaktor yang digunakan berupa fluidized bed dan moving bed.

b. Oksidasi selektif

Proses desulfurisasi dilakukan dalam reaktor fluidisasi pada suhu antara 650-800 F dengan menggunakan uap dan udara. Proses yang dikembangkan oleh Battle Columbus Devison mampu mengurangi kadar sulfur total sebesar 95% dengan kehilangan panas rata-rata sebesar 15%. Gas  $\text{SO}_2$  yang dihasilkan proses ini kemudian di proses lebih lanjut dalam unit DeSOx. Oleh Palmer et al (1994) melakukan desulfurisasi batubara menggunakan oksidasi selektif dengan campuran pereaksi hidrogen peroksida dan asam asetat yang akan membentuk asam peroksi asetat secara in situ. Kelebihan pereaksi ini mampu mereduksi semua kandungan sulfur anorganik dan sebagian sulfur organik dalam batubara.

c. Menggunakan Sulfonat Triflorometan (TFMS)

Metode ini menggunakan pelarut organik (toluena) dan asam sulfonat triflorometan sebagai katalis. Metode ini dikembangkan hanya untuk mengurangi kadar sulfur organik yang sulit dipisahkan dengan metode konvensional. Proses desulfurisasi dilakukan dalam reaktor slurry pada suhu sekitar 200°C. Pada konsentrasi TFMS 45,2 % mmol/g batubara diperoleh tingkat desulfurisasi 48,7% (Aladin, A., 2002).

3. Secara biologi

Hidupnya bakteri pada permukaan mineral memainkan peranan yang sangat penting tidak hanya untuk hidupnya bakteri di alam. Namun juga dapat dimanfaatkan dalam industry penambangan. Salah satu bakteri yang dapat digunakan dalam industri pertambangan adalah bakteri pengoksidasi besi dan sulfur *T.ferrooxidans*. Pengurangan kandungan sulfur dengan metode biologi disebut biodesulfurisasi yaitu metode yang dalam prosesnya memanfaatkan organisme, yaitu bakteri. Metode ini merupakan metode yang memiliki paling banyak keunggulan dibandingkan dengan metode lainnya, namun desulfurisasi dengan metode biologi memiliki beberapa kekurangannya yaitu

bakteri hanya mampu mengoksidasi sulfur dalam bentuk-bentuk tertentu. Bakteri yang dapat digunakan dalam proses desulfurisasi, antara lain:

- a. *T. ferrooxidans* ( $\text{FeS}_2$ )
- b. *T. thiooxidans* ( $\text{FeS}_2$ )
- c. *L. ferrooxidans* ( $\text{FeS}_2$ )
- d. *S. acidocalderius* ( $\text{FeS}_2$ )
- e. *R. spheriodes* (S-organik)

### Flotasi

Flotasi adalah suatu proses pemisahan suatu zat dari zat lainnya pada suatu cairan atau larutan berdasarkan perbedaan sifat permukaan dari zat yang akan dipisahkan, dimana zat yang bersifat hidrofilik tetap berada fasa air, sedangkan zat yang bersifat hidrofobik akan terikat pada gelembung udara dan akan terbawa ke permukaan larutan dan membentuk buih, sehingga dapat dipisahkan dari cairan tersebut. Secara sederhana, flotasi merupakan proses pemisahan satu mineral atau lebih, dengan mineral lainnya melalui cara pengapungan. Terdapat tiga fase pada proses flotasi yang dilakukan dalam media air, yaitu: fase padat, fase cair, dan fase udara.

*Flotability* (daya apung) adalah kemampuan butiran mineral untuk dapat mengapung yang ditentukan oleh tendensi (hasrat) dari butiran mineral untuk melekat (mengikat diri) pada gelembung udara yang relatif besar dan kemudian mengapung kepermukaan cairan pulp. Daya apung suatu butiran mineral tergantung pada sifat permukaan butiran mineral tersebut dapat dikontrol dan diubah-ubah dalam proses flotasi dengan mempergunakan reagen kimia yang berbeda-beda.

Pada proses ini, mineral dapat dibedakan menjadi beberapa bagian:

- a. Mineral yang tidak suka air (hidrofobik) adalah mineral yang mudah melekat pada gelembung udara pada cairan. Mineral ini umumnya mineral yang dikehendaki.
- b. Mineral yang suka air (hidrofilik) adalah mineral yang tidak mudah melekat pada gelembung udara pada cairan.

Dengan berdasarkan sifat mineral tersebut maka mineral yang satu dengan lainnya dapat dipisahkan dengan gelembung udara. Faktor-faktor yang mempengaruhi flotasi adalah:

- a. Ukuran partikel  
Ukuran partikel yang besar membuat partikel tersebut cenderung untuk

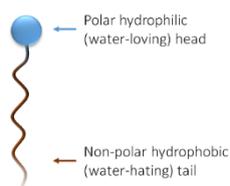
mengendap, sehingga susah untuk terflotasi.

- b. pH larutan  
pH optimum pada desulfurisasi batubara secara flotasi adalah 4,5-6,5. Sedangkan pada pH basa tidak/sulit terjadi *removal* sulfur dari batubara.
- c. Surfaktan  
Fungsi surfaktan adalah kolektor yang merupakan reagen yang memiliki gugus polar dan gugus non polar sekaligus. Kolektor akan mengubah sifat partikel dari hidrofilik menjadi hidrofobik.
- d. Bahan kimia lainnya, misalnya koagulan.  
Penambahan koagulan dapat mengakibatkan ukuran partikel menjadi lebih besar.
- e. Laju udara  
Laju udara berfungsi sebagai pengikat partikel yang memiliki sifat permukaan hidrofobik, persen padatan. Untuk flotasi pada partikel kasar, dapat dilakukan dengan persen padatan yang besar demikian juga sebaliknya. Besar laju pengumpanan, berpengaruh terhadap kapasitas dan waktu tinggal.
- f. Ketebalan lapisan buih
- g. Ukuran gelembung udara  
Dengan adanya perbedaan sifat permukaan (hidrofobik dan hidrofilik) tadi, perlu ada suatu reagen kimia untuk merubah permukaan mineral. Reagen kimia yang digunakan pada proses flotasi terdiri dari:
  - a. *Collector* (kolektor)  
*Collector* (kolektor) merupakan suatu reagen kimia organik yang berguna untuk merubah sifat permukaan mineral yang hidrofilik menjadi hidrofobik. Dalam hal ini, mineral yang hidrofilik yaitu mineral yang diinginkan. Kolektor memberikan sifat menempel pada udara sehingga mineral tersebut senang pada udara. Kolektor merupakan zat organik dalam bentuk asam, basa atau garam yang berbentuk heteropolar, yaitu satu ujungnya senang pada air dan ujung lainnya senang pada udara. Contoh : solar, sabun.
  - b. *Modifier/conditioner*  
*Modifier/conditioner* merupakan suatu bahan kimia anorganik yang fungsinya mempengaruhi kerja kolektor. Pengaruh umum yang dihasilkan adalah memperkuat atau memperlemah hydrophobitas dari suatu permukaan mineral tertentu.
  - c. *Frother* (pembusa)  
*Frother* (pembusa) merupakan suatu zat organik hidrokarbon yang terdiri dari

polar dan non polar. Fungsi reagent ini untuk menstabilkan gelembung udara agar dapat sampai ke permukaan. Zat tersebut menyelimuti gelembung udara sehingga tegangan permukaan air akan menjadi lebih rendah, sehingga akan timbul gelembung udara, misal: deterjen.

### Surfaktan

Surfaktan atau *surface active agent* adalah molekul-molekul yang mengandung gugus hidrofilik (suka air) dan hidrofobik (tidak suka air) pada molekul yang sama. Surfaktan terbagi menjadi dua bagian yaitu kepala dan ekor. Gugus hidrofilik berada di bagian kepala (polar) dan hidrofobik di bagian ekor (non polar). Bagian polar molekul surfaktan dapat bermuatan positif, negatif atau netral. Umumnya bagian non polar (hidrofobik) adalah merupakan rantai alkil yang panjang, sementara bagian yang polar (hidrofilik) mengandung gugus hidroksil.



Gambar 4. Struktur surfaktan



Gambar 5. Lidah Buaya

Fungsi surfaktan adalah:

- Menurunkan tegangan permukaan
- Meningkatkan kelarutan suatu zat
- Sebagai pembasah
- Sebagai emulgator
- Sebagai deterjen
- Sebagai foaming-antifoaming agent
- Sebagai antistatik dan *antifogging agent*

Permasalahan yang ditimbulkan oleh penggunaan surfaktan adalah pencemaran lingkungan, terutama oleh surfaktan berbahan dasar petroleum yang bersifat non-biodegradable, untuk itu perlu dilakukan pengembangan surfaktan yang bersifat biodegradable.

### Saponin dalam Lidah Buaya

Saponin adalah jenis glikosida yang banyak ditemukan dalam tumbuhan.

Saponin merupakan golongan senyawa alam yang rumit dan mempunyai masa molekul besar terdiri dari aglikon baik steroid atau triterpenoid dengan satu atau lebih rantai gula / glikosida dan berdasarkan atas sifat kimiawinya, saponin dapat dibagi dalam dua kelompok yaitu: steroid dengan 27 atom C dan triterpenoids dengan 30 atom C (Bogorani, 2008). Struktur saponin tersebut menyebabkan saponin bersifat seperti sabun atau deterjen sehingga saponin disebut sebagai surfaktan alami (Mitra & Dangan, 1997; Hawley & Hawley, 2004).

Saponin memiliki sifat sebagai kolektor untuk merubah sifat permukaan mineral yang tadinya senang air menjadi tidak suka air dengan cara menurunkan tegangan permukaan dan frother sebagai zat untuk menstabilkan gelembung-gelembung udara dalam air.

Pada penelitian kali ini, gel lidah buaya mengandung senyawa aktif antara lain saponin. Saponin dalam lidah buaya akan menghasilkan busa apabila bercampur dengan air atau memiliki karakteristik berupa buih. Saponin termasuk golongan zat yang disebut surfaktan. Kerja permukaan dari larutan ini memungkinkannya untuk melepas pengotor sulfur yang terdapat pada batubara dari permukaan yang sedang dibersihkan dan mengelmuiskannya sehingga sulfur itu tercuci bersama air.

## PEMBAHASAN

### Batubara

Berdasarkan analisa diperoleh jumlah sulfur batubara mula-mula 1,1691%.

### Flotasi dengan Variasi Jumlah Gel Lidah Buaya

Berat batubara	: 200 gr
Volume air	: 20 liter
Laju alir udara	: 0,438 liter/menit
Ukuran batubara	: 100 mesh
pH	: 6
Diameter kolom	: 6,35 cm (2,5 inch)
Tinggi kolom	: 134 cm
Waktu flotasi	: 60 menit

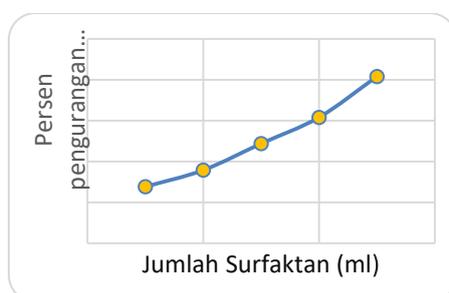
Pada Gambar 6, terlihat bahwa persen sulfur terambil mengalami peningkatan dengan bertambahnya jumlah surfaktan. Hal ini dikarenakan semakin banyak penambahan jumlah gel lidah buaya maka semakin banyak sulfur yang terambil didalam batubara. Sebagaimana fungsi dari lidah buaya pada proses flotasi digunakan sebagai surfaktan yang dapat menurunkan tegangan permukaan. Proses desulfurisasi

dapat terjadi karena sulfur yang bersifat *hidrofilik* dan batubara yang umumnya bersifat *hidrofobik* dikontakkan dengan gel lidah buaya sehingga terjadi pemisahan antara batubara dengan sulfur. Dari hasil tersebut didapat hasil optimum yaitu pada

jumlah gel lidah buaya sebanyak 300 ml dengan persen sulfur yang terambil sebanyak 45,4024%. Tabel 4 menampilkan data ubungan antara jumlah gel lidah buaya dengan persen kadar sulfur (%).

Tabel 4. Hubungan antara jumlah gel lidah buaya dengan persen kadar sulfur (%)

No	Jumlah gel lidah buaya (ml)	Kadar sulfur mula-mula (%)	Kadar sulfur setelah desulfurisasi (%)	Persen pengurangan sulfur (%)
1	100	1,1691	0,79609	31,905
2	150		0,77235	33,9363
3	200		0,73435	37,1867
4	250		0,6968	40,3985
5	300		0,6383	45,4024



Gambar 6. Hubungan Antara Jumlah Surfaktan dengan Kadar Sulfur

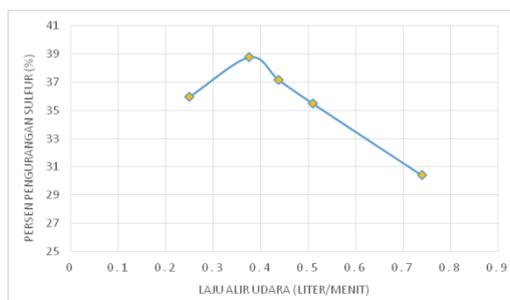
**Flotasi dengan Variasi Laju Alir Udara**

Berat batubara : 200 gr  
Volume air : 20 liter  
Jumlah surfaktan : 200 ml  
Ukuran batubara : 100 mesh  
pH : 6

Diameter kolom : 6,35 cm (2,5 inch)  
Tinggi kolom : 134 cm  
Waktu flotasi : 60 menit  
Tabel 5 menampilkan hubungan antara laju alir udara dengan persen kadar sulfur (%).

Tabel 5. Hubungan antara laju alir udara dengan persen kadar sulfur (%)

No	Laju alir udara (liter/menit)	Kadar sulfur mula-mula (%)	Kadar sulfur setelah desulfurisasi (%)	Persen pengurangan sulfur (%)
1	0,25	1,1691	0,7484	35,984
2	0,376		0,71575	38,7776
3	0,438		0,73435	37,1696
4	0,51		0,75415	35,4931
5	0,74		0,81365	30,4037



Gambar 7. Hubungan Antara Laju Alir Udara dengan Kadar Sulfur (%)

Pada Gambar 7, terlihat bahwa semakin cepat laju alir, maka persen sulfur yang terambil pada batubara semakin kecil. Hal ini dikarenakan waktu tinggal batubara pada kolom flotasi semakin cepat sehingga waktu kontak antara campura *slurry* pada batubara dengan udara akan semakin cepat yang menyebabkan persen sulfur yang terambil akan semakin sedikit. Namun pada laju alir 0,25 liter/menit persen sulfur yang terambil lebih sedikit dibandingkan pada laju alir 0,376 liter/menit hal ini disebabkan bahwa laju alir udara yang terlalu kecil menyebabkan batubara yang terangkat juga semakin kecil sehingga mempengaruhi kadar sulfur yang terambil. Hasil optimal terjadi pada laju alir 0,376 dengan kadar sulfur yang terambil sekitar 38,7776%.

### KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Lidah buaya dapat dijadikan sebagai surfaktan dalam proses desulfurisasi batubara
2. Semakin tinggi jumlah gel lidah buaya maka kemampuan surfaktan untuk memisahkan sulfur pada batubara juga semakin besar.
3. Semakin kecil laju alir udara maka kadar sulfur yang terambil pada batubara semakin tinggi, hal ini dikarenakan waktu tinggal batubara pada kolom flotasi semakin lama.
4. Kondisi optimum untuk mengurangi kandungan sulfur dalam batubara adalah laju alir udara alir 0,376 liter/menit dengan kadar sulfur yang terambil sekitar 38,7776%, dan jumlah surfaktan 300 ml dengan persen sulfur terambil sebesar 45,4024%.

### DAFTAR PUSTAKA

- Aladdin, A., 2009, Penentuan Rasio Optimum Campuran CPO: Batubara Dalam Desulfurisasi dan Deashing Secara Flotasi Sistem Kontinyu, Universitas Muslim Indonesia.
- Aladin dan Mandasini, 2002, Desulfurisasi Batubara Secara Flotasi, Prosiding Seminar Nasional Teknologi Proses Kimia V, UI Jakarta.
- American Society for Testing and Materials (ASTM), 1994, *Standard test method for microscopical determination of the reflectance of vitrinite in a polished specimen of coal*: Annual book of ASTM

standards: gaseous fuels; coal and coke, sec. 5, V.5.05, D 2798-91, p. 280-283.

- Bayrak, N., O'Donnell, J., A., and Toroglu, I., 2000, Removal of Fine Coals by Column Flotation, paper #918.
- Daniela, C. Dan Rusmalin, H., 2018, Potensi Sari Lidah Buaya dan Sari Lemon dalam Mereduksi Formalin pada Tahu, Jurnal SainHealth, Vol. 2 No. 1, hal. 13-20.
- Departemen Energi & Sumber Daya Mineral, 1999, Buku Tahunan Pertambangan dan Energi 1999; Paradigma Baru Menyongsong Milenium III, hal. 19-20, 65-72, 105-110, 255-260.
- Ehsani, M. R., 2006, "Desulfurization of Tabas Coal Using Chemicalreagents". Journal of Chemical Engineering Department, Isfahan University of Technology, Isfahan, I.R. Iran.
- Fatimah, Herudiyanto, 2017, Kandungan Sulfur dalam Batubara Indonesia, Kelompok Program Penelitian Energi Fosil, Pusat Sumber Daya Geologi.
- Gusviputri, A., Meliana PS, N., Aylilianawati, Indraswati, N., 2012, Pembuatan Sabun dengan Lidah Buaya (Aloe Vera) sebagai Antiseptik Alami, Teknik Kimia Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya.
- Kawatra, S. K. dan Eisele, T. C., 1997, Pyrit Removal Mechanisms in Coal Flotation, Journal of Mineral Processing, Vol. 50, hal. 187-201.
- Kirk, R. E. dan Othmer, D. F., 1980, *Encyclopedia of Chemical Technology* 3rd ed, Vol. 10, John Wiley & Sons, Inc. New York, hal. 523-545.
- Pratama, A. N., Sriyanti, Guntoro, D., 2013, Pengaruh Kualitas Batubara Sebagai Bahan Bakar Utama, Prosiding Teknik Pertambangan, Universitas Islam Bandung.
- Reningtyas, R. dan Mahreni, 2015, Biosurfaktan, Eksergi, Vol. XII, No. 2, Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Yogyakarta.
- Sukandarrumidi, 1995, Batubara dan Gambut. Fakultas teknik Universitas Gajah Mada, Gajah Mada University Press: Yogyakarta.
- <http://www.ptba.co.id/id/berita/detail/563/getting-to-know-coal>, 10 Desember 2019.

### BIODATA PENULIS

Ir. **Abdullah Kunta Arsa, M.T.** lahir di Yogyakarta tanggal 16 Februari 1957, menyelesaikan pendidikan S1 bidang ilmu Teknik Kimia dari UPN "Veteran"

Yogyakarta tahun 1988, dan S2 bidang ilmu Teknik Kimia dari Universitas Gadjah Mada tahun 2000. Saat ini tercatat sebagai Dosen Tetap Jurusan Teknik Kimia, Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Yogyakarta dengan jabatan akademik Lektor pada bidang minat teknik kimia.

**Ir. Purwo Subagyo, M.T.** lahir di Yogyakarta tanggal 12 Desember 1956,

menyelesaikan pendidikan bidang ilmu Teknik Kimia dari UPN "Veteran" Yogyakarta tahun 1991, dan S2 bidang ilmu Teknik Kimia Universitas Gadjah Mada tahun 2001. Saat ini tercatat sebagai Dosen Tetap Jurusan Teknik Kimia, Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Yogyakarta dengan jabatan akademik Asisten Ahli pada bidang minat teknik kimia.