

# KARAKTERISASI, DESULFURISASI DAN DEASHING BATUBARA ASAL SULAWESI SECARA FLOTASI

Achmad Roesyadi<sup>1</sup>, Mahfud<sup>2</sup> dan Andi Aladin<sup>3</sup>

## ABSTRACT

The coal rich with carbon content can be used as fuel alternative for substitution of fuel oil and gas. The coal reserve in Indonesia is large but its quality is relatively low. Coal from Sulawesi until right now can not be optimally used because the sulphur and ash content are relatively high.

Desulfurization and deashing of Mallowa coal (from Sulawesi) done in a column flotation using the surfactant of Crude Palm Oil (CPO). Searching optimum condition gives maximum result of desulphurization of coal. The content of sulphur was analyzed with the UV-spectrophotometer, and the calorific value was measured with the bomb calorimeter.

Three optimum conditions of flotation are time of flotation of 40 minutes, dimension of column flotation  $L/D = 21$  and pH of mixture slurry 6.5, in which the removal of sulphur is 60% and the removal of ash is 22%. The Mallowa coal belongs to the class of sub-bituminous with the characteristics of before and after flotation are: total sulphur 3.28 and 1.33%, ash 12.23 and 9.03%, fixed carbon 45.41 and 47.98% and calorific value 5825 and 5975 kcal/kg. Coal treated at the three optimum conditions still can not meet the standards for fuel in industry, so further process optimization is needed.

**Keywords:** ash, coal, flotation, sulphur

## PENDAHULUAN

### Latar Belakang

Batubara (*coal*) merupakan sedimen batuan organik yang mudah terbakar dengan komposisi utama karbon, hidrogen dan oksigen. Saat ini batubara menjadi salah satu bahan bakar fosil yang banyak digunakan setelah minyak dan gas. Hal ini sangat beralasan karena di samping harganya relatif murah, menurut **Asosiasi Batubara Kanada** cadangan batubara sebagai bahan bakar menempati peringkat pertama di dunia yaitu mencapai 91%, sementara gas hanya 5% dan minyak 4%. Sumber lain menunjukkan bahwa jumlah cadangan dunia diperkirakan mencapai 1.062 miliar ton. Ini cukup untuk konsumsi dunia selama 230 tahun berdasarkan tingkat produksi tahun 1999. Sebagai perbandingan, cadangan minyak dan gas dunia hanya cukup untuk dikonsumsi berturut-turut 45 dan 70 tahun (<http://www.coal.ca>; Departemen Energi & Sumber Daya Mineral, 1999).

Di Indonesia cadangan batubara sekitar 38,8 milyar ton, tersebar di beberapa daerah. Sulawesi tergolong tiga besar daerah yang mengandung cadangan batubara di Indonesia setelah Kalimantan dan Sumatra (Suyarsono dan Indria, 2000). Namun kualitas batubara asal Sulawesi relatif rendah, hingga saat ini belum dapat dimanfaatkan sebagai bahan bakar di industri sebab kandungan sulfur dan abunya relatif tinggi yaitu berturut-turut 2-4% dan 10-17%. Kadar sulfur yang demikian dapat menyebabkan penyumbatan dan kerusakan alat, serta dapat

menimbulkan pencemaran lingkungan (Dinas Pertambangan dan Energi Propensi Sulawesi-Selatan, 2001).

Dalam usaha meningkatkan kualitas batubara, termasuk menurunkan kadar sulfur untuk menuju **Teknologi Batubara Bersih (TBB)**, maka berbagai teknologi *desulfurisasi* telah dan sedang dikembangkan. Salah satu di antaranya adalah *desulfurisasi* dengan metode *flotasi*. Metode flotasi terbukti efektif untuk menurunkan kandungan sulfur batubara Turki yang juga memiliki problem kandungan sulfur tinggi (3-12%) (Demirbas, 2002). *Desulfurisasi* dengan metode flotasi sekaligus dapat mereduksi kandungan abu batubara (Bayrak, et al, 2000; Mandasini dan Andi Aladin, 2003). Namun mengingat banyak variabel berpengaruh terhadap flotasi, dimana kondisi optimum masing-masing variabel tersebut belum seluruhnya diketahui secara simultan maka hasil maksimum belum diperoleh.

Berdasarkan uraian di atas, maka dipandang perlu dilakukan usaha penanganan problem sulfur dan abu batubara asal Sulawesi. Dipilih metode flotasi dengan menggunakan kolektor CPO sebagai surfaktan. Dicari kondisi optimum yang memberikan hasil *desulfurisasi* batubara maksimum, meliputi waktu flotasi, dimensi kolom flotasi, dan pH campuran slurry. Dilakukan karakterisasi batubara sebelum dan setelah flotasi berdasarkan kondisi-kondisi optimum yang telah diperoleh

### Tujuan dan Manfaat

Penelitian ini bertujuan untuk *karakterisasi*, *desulfurisasi* dan *deashing* batubara asal Sulawesi

<sup>1</sup> Dr. Ir. Achmad Roesyadi, DEA., Dosen Teknik Kimia FTI-ITS Surabaya

<sup>2</sup> Dr. Ir. Mahfud, DEA., Dosen Teknik Kimia FTI-ITS Surabaya

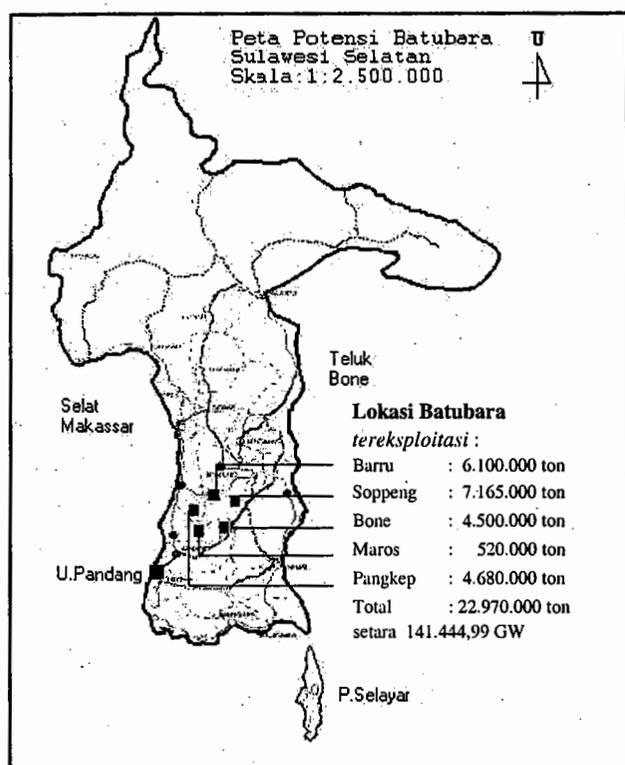
<sup>3</sup> Andi Aladin, MT., Dosen Teknik Kimia FTI-UMI Makassar (Candidat Doctor Teknik Kimia FTI-ITS Surabaya)

dengan metode flotasi. Penelitian ini diharapkan memberikan manfaat bagi ilmu pengetahuan, berupa pemahaman fenomena dan mekanisme *desulfurisasi* dan *deashing* batubara secara flotasi. Melengkapi data pustaka berupa karakteristik batubara asal Sulawesi dan kondisi operasi flotasi (waktu, dimensi kolom flotasi dan pH optimum). Bagi Bangsa dan Negara, penelitian ini diharapkan meningkatkan nilai ekonomis hasil tambang batubara, khususnya masyarakat Sulawesi, mengatasi ancaman krisis sumber energi dan bahan bakar minyak dan gas alam, mengatasi ancaman pencemaran sulfur dan abu pada lingkungan.

## TINJAUAN PUSTAKA

### Tinjauan Umum Batubara

Soyartono dan Indria B. (2000) mengutip data dari **Direktorat Batubara 2000**, bahwa jumlah cadangan batubara di Indonesia sekitar 38,8 milyar ton, tersebar di beberapa pulau. Batubara Sulawesi termasuk tiga besar daerah yang mengandung cadangan batubara di Indonesia setelah Kalimantan dan Sumatra. Total perkiraan batubara di Sulawesi sebesar 100 juta ton dan khusus di Sulawesi Selatan sebesar 40,402 juta ton tersebar di beberapa daerah kabupaten, di antaranya ada 5 daerah yang telah dieksploitasi, yaitu Maros, Bone, Pangkep, Barru dan Soppeng (gambar-1) dengan total 22,970 juta ton (Dinas Pertambangan & Energi Sul-Sel, 2001).



Gambar 1. Peta Potensi Batubara di *Sulawesi Selatan*

Pada tahun 2002 batubara merupakan sumber energi kedua terbesar (24%) bagi kebutuhan energi primer dunia setelah minyak (40%), sedangkan khusus di Indonesia pemanfaatan batubara baru sekitar 8,8% masih jauh di bawah kapasitas konsumsi minyak bumi dan gas alam (Roesyadi dan Aladin, 2003).

Batubara Indonesia pada umumnya (58,6%) masih tergolong batubara muda dengan kualitas rendah, yaitu berupa *lignite*. Hanya sebagian kecil termasuk kategori kualitas sedang dan tinggi yaitu berupa *sub-bituminous* (26,63%), *bituminous* (14,38%) dan *antrasit* (0,36), (Suyartono dan Indria, 2000). Demikian pula batubara asal Sulawesi termasuk kualitas rendah (*lignit* hingga *subbituminous*), dengan kandungan sulfur dan abu relatif tinggi (Dinas Pertambangan & Energi Sul-Sel, 2001). Batubara berkadar sulfur tinggi dapat menyebabkan dampak lingkungan, dan korosi pada mesin alat pembakaran. Gas  $SO_2$  hasil pembakaran batubara yang dilepas ke udara akan mengalami reaksi dengan air hujan membentuk asam sulfat ( $H_2SO_4$ ) dan turun sebagai *hujan asam* yang bersifat korosif, berbahaya bagi kesehatan, tumbuh-tumbuhan dan lingkungan (Krevelen, 1981).

### Pemilihan Metode Desulfurisasi : Flotasi

Untuk menentukan metode desulfurisasi batubara yang tepat (cara kimia atau fisika) maka perlu identifikasi jenis sulfur (organik atau anorganik) dan ikatan kimia dalam batubara tersebut. Ikatan sulfur dalam senyawa organik (senyawa karbon dalam batubara) merupakan ikatan kovalen, seperti pada *merkaptan* atau *tiol* (R-S-H), *tioster* (R-S-R), *disulfida* (R-S-S-R), sebagaimana digambarkan dalam struktur batubara menurut *model Wisser* (gambar-2a), (Krevelen, 1993). Inti batubara adalah senyawa karbon, maka untuk penghilangan sulfur organik tidak mungkin dilakukan dengan cara menghilangkan sulfur bersama-sama senyawa organik tersebut. Terlebih dahulu harus dilakukan pemutusan ikatan sulfur dengan karbon. Jadi desulfurisasi di sini melibatkan reaksi pemutusan ikatan kimia, dengan kata lain desulfurisasi perlu dilakukan dengan metode kimia.

Ikatan *intermolekul* sulfur dalam senyawa *anorganik* yaitu ikatan yang terjadi antara atom S dan atom logam M, merupakan ikatan kovalen polar (bahkan mungkin ikatan ion) seperti ikatan sulfur dalam senyawa pirit ( $Fe-S_2$ ) dan sulfat ( $M-S-O_4$ ). Sedangkan *antar-molekul* sulfur anorganik dengan inti batubara (senyawa karbon) tidak memiliki ikatan kimia yang kuat (ikatan kovalen atau ion), kecuali hanya mungkin memiliki ikatan yang lemah seperti ikatan hydrogen, ikatan akibat adanya gaya *vander-wals* atau gaya *adhesi*, dan ikatan koordinasi pada

*kompleks khelat* antara logam (M) dari sulfur anorganik (seperti Fe dalam pirit) dengan atom-atom elektronegatif seperti atom oksigen yang ada dalam inti batubara, sebagaimana tampak dalam struktur batubara menurut *model Spiro's* (gambar-2b), (Krevelen, 1993). Desulfurisasi senyawa sulfur anorganik dalam batubara dapat dilakukan dengan cara menghilangkan langsung senyawa anorganik yang mengandung sulfur tersebut sebab komponen senyawa anorganik dalam batubara bukan komponen utama yang harus dipertahankan sehubungan dengan kualitas batubara. Jadi desulfurisasi anorganik tidak perlu melibatkan reaksi kimia untuk pemutusan ikatan kimia *intermolekul* senyawa sulfur anorganik tersebut. Adapun ikatan yang relatif lemah *antarmolekul* yang terbentuk antara senyawa sulfur anorganik dapat dipisahkan cukup dengan perlakuan-perlakuan fisik.

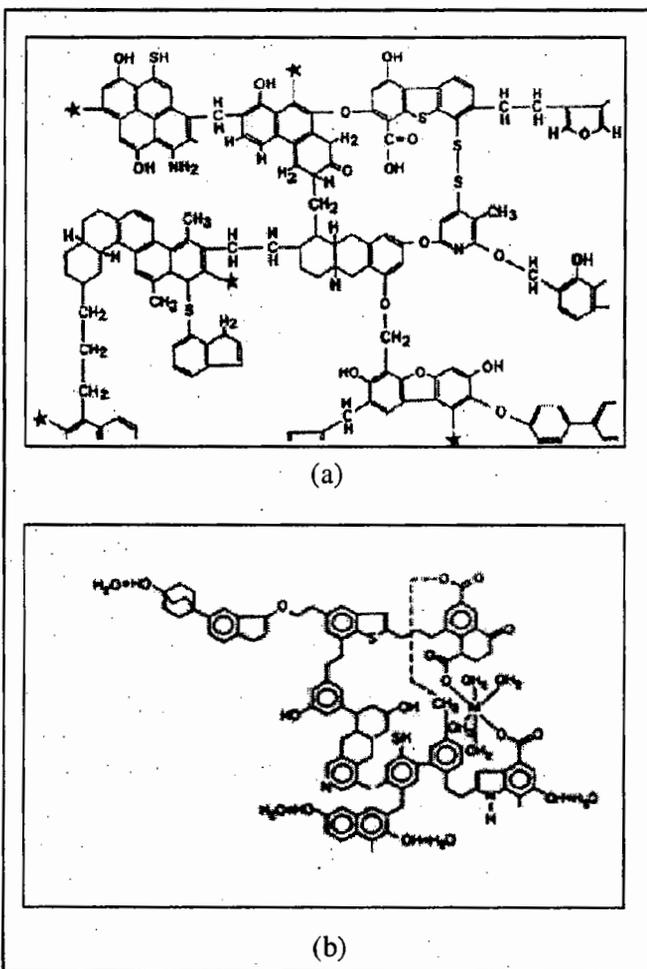
maka desulfurisasi cukup dengan metode fisika dengan biaya relatif murah dibanding metode kimia (Mukherjee and Borthakur, 2001).

Menurut Peele and Chrush (1941), penurunan sulfur batubara berarti penurunan nilai kalor namun efek ini dapat dieliminir jika karbon tetap (*fixed carbon*) dapat dipertahankan bahkan ditingkatkan. Karbon tetap dalam batubara memungkinkan untuk ditingkatkan jika kadar abu dapat diturunkan sehingga nilai kalor juga dapat ditingkatkan. Menurut Mandasini (2003), desulfurisasi dengan metode flotasi, selain sulfur dapat direduksi, kadar abu juga memungkinkan turut tereduksi sehingga penurunan nilai kalor batubara sebagai akibat penurunan kadar sulfur, dapat diimbangi bahkan ditingkatkan dengan meningkatnya nilai *fixed carbon* sebagai akibat penurunan kadar abu batubara tersebut. Ringkasnya *flotasi* merupakan metode fisika yang diperkirakan tepat untuk digunakan dalam penelitian ini.

### Prinsip Dasar Flotasi

Proses flotasi berlangsung pada suatu sistem yang terdiri dari tiga fasa yaitu fasa gas, cair dan padat, yang saling berinteraksi sedemikian rupa (dengan tambahan *flotation agent*) sehingga terjadi pemisahan antara komponen *hidrofobik* (anti air) dan komponen *hidrofilik* (suka air). Suatu partikel yang akan dipisahkan (diapungkan) dalam sistem flotasi, biasanya digunakan media pengangkut berupa gelembung udara. Partikel ini berukuran halus, bersifat hidrofobik atau dibuat hidrofobik oleh kolektor (surfaktan) dapat melekat pada permukaan gelembung udara dengan adanya gaya *adhesi*. Besaran kerja (gaya) adhesi antara dua fasa padat-udara dalam sistem tiga fasa pada flotasi dirumuskan oleh Dupre :  $W_{SA} = \gamma_{SL} + \gamma_{LA} - \gamma_{SA}$ , dimana  $\gamma_{SA}$ ,  $\gamma_{SL}$  dan  $\gamma_{LA}$  berturut-turut menyatakan tegangan permukaan pada *padat-udara*, *padat-cair*, dan *cair-udara* (Kawatra and Eisele, 1997; Kirk and Othmer, 1980).

Untuk memudahkan pemisahan dan flotability, biasanya ditambahkan *flotation agent* berupa *kolektor* ke dalam sistem flotasi, berfungsi sebagai *surfaktan*, dimaksudkan untuk menurunkan tegangan permukaan antara partikel padat-udara ( $\gamma_{SA}$ ) seperti yang dinyatakan dalam persamaan Dupre di atas. Penurunan tegangan tersebut menyebabkan peningkatan gaya adhesi antara partikel padat dengan permukaan gelembung udara, sehingga partikel padat mudah terflotasi bersama gelembung udara. Surfaktan juga dapat berperan meningkatkan derajat kehidrofobikan suatu partikel. Partikel yang semula kurang hidrofobik, permukaannya berinteraksi dengan bagian gugus polar kolektor, sementara ujung bagian non-polar kolektor-kolektor tersebut mengarah keluar, sehingga sifat kehidrofilikan partikel terselubungi



Gambar. 2. Struktur Batubara, (a) Model Wisner, (b) Model Spiro's  
Sumber: Krevelen, 1993, hal: 802, 804

Dalam penelitian ini, bahan batubara yang menjadi obyek penelitian adalah batubara Mallawa asal Sulawesi dengan kandungan abu dan sulfur relatif tinggi. Hasil karakterisasi menunjukkan jenis sulfur mayoritas sulfur anorganik, terutama sulfur pirit,

dan yang nampak adalah sifat kehidrofobikan kolektor-kolektor. Maka partikel yang semula kurang (tidak) hidrofobik, berubah menjadi hidrofobik dengan terabsorbsinya oleh kolektor. Senyawa sabun dari *crude palm oil* (CPO) kelapa sawit dapat berfungsi sebagai surfaktan (Bayrak, et al, 2000; Kirk and Othmer, 1980).

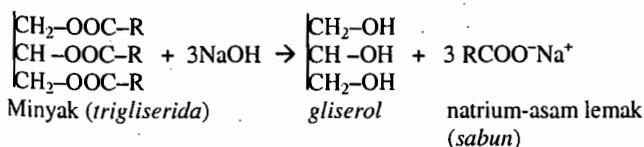
### Parameter Flotasi

Pada dasarnya proses pemisahan secara flotasi adalah kompleks karena banyak parameter operasi yang berpengaruh. Secara umum dapat disebutkan parameter-parameter tersebut ditinjau dari dua faktor utama yaitu *faktor fisika/dinamik* (desain sel, dimensi kolom, pengadukan, laju alir udara, ukuran butiran partikel dan ukuran gelembung udara) dan *faktor kimia* (pH, reagent dan konsentarsi slurry) (Bayrak, et al, 2004; Brown, et al, 1973; Fujimoto, et al, 1999).

Untuk mendapatkan hasil maksimum desulfurisasi batubara secara flotasi, maka perlu dilakukan pada kondisi-kondisi parameter optimum. Dalam penelitian ini dicari kondisi optimum untuk variabel waktu, dimensi kolom dan pH. Secara umum removal batubara bersih diperoleh pada dimesni kolom (L/D) relatif besar (Fujimoto, et al, 1999). Suatu kolektor (surfaktan) dalam sistem flotasi akan efektif berinteraksi dengan partikel yang akan dihidrofilikkan pada kondisi pH tertentu. Setiap mineral dapat terflotasi secara optimal pada *pH kritis*. Jika pH bergeser dari pH kritis tersebut maka proses flotasi dapat gagal (Kirk and Othmer, 1980; Schweitzer, 1979).

### Pemilihan Surfaktan CPO

Senyawa sabun asam lemak (RCOO<sup>-</sup>Na) dapat digunakan sebagai surfaktan dalam proses flotasi, mengingat struktur senyawa ini terdiri dari gugus anion COO<sup>-</sup> yang bersifat polar (*hidrofilik*) dan gugus rantai karbon (R) yang bersifat non polar (*hidrofobik*) (Ketaren, 1986). Senyawa sabun tersebut dapat dihidrolisis basa dari minyak/lemak kasar kelapa sawit (CPO) berdasarkan reaksi berikut Sabun asam lemak dari CPO dapat berfungsi ganda baik sebagai kolektor (surfaktan) maupun sebagai frother dalam sistem flotasi busa (Kirk and Othmer, 1980).



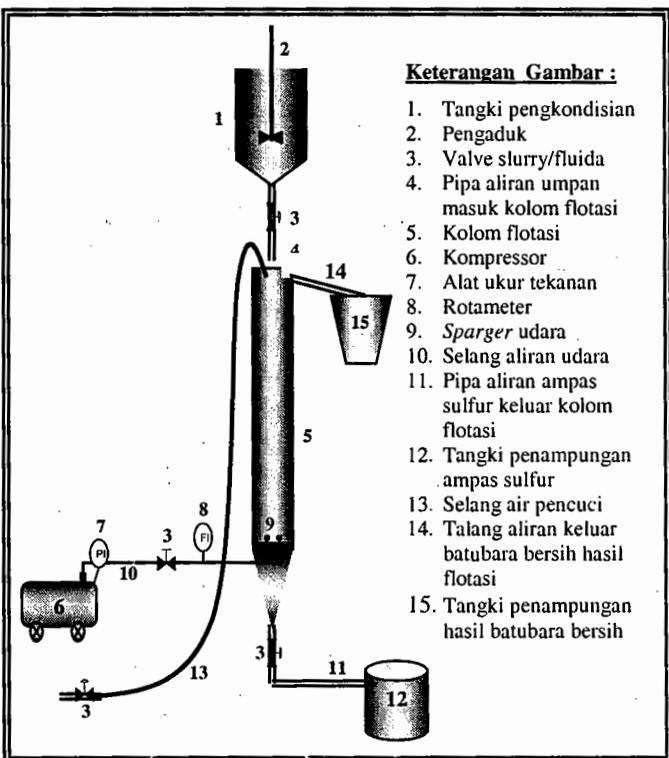
Kelapa sawit (*Elaeis Guinensis*) merupakan salah satu jenis hasil pertanian yang juga cukup

melimpah di Indonesia, termasuk di Sulawesi (Said, 1996). Berdasarkan karakteristik hasil analisis CPO dari kelapa sawit asal daerah Palopo (Sulawesi) (Itung 2003), menunjukkan bahwa kualitas CPO tersebut cukup baik untuk diterapkan sebagai surfaktan dalam flotasi. Bilangan penyabunan CPO tersebut tergolong tinggi (204,4) yang menunjukkan kuantitas sabun asam lemak dalam CPO reaktif tinggi, menguntungkan untuk diterapkan sebagai kolektor (surfaktan) dalam proses flotasi. Demikian pula bilangan iodium relatif kecil (15,8), menunjukkan kualitas CPO tersebut relatif baik (tidak mudah teroksidasi dan rusak).

## METODE PENELITIAN

### Bahan dan Alat Penelitian

Bahan utama *batubara* bersumber dari daerah Mallawa, Kabupaten Maros, Propensi Sulawesi-Selatan. Bahan surfaktan *Crude Palm Oil (CPO)* diperoleh dari daerah Palopo, Sulawesi Selatan. Alat utama berupa *kolom flotasi* terbuat dari bahan *akrilit* dengan tinggi kolom L = 200 cm dan diameter dalam kolom D = 9,2 cm. Kolom flotasi dilengkapi *kompresor, sparger, rotameter* dan *tangki pengkondisian* untuk penyiapan campuran slurry batubara (gambar 3). Analisis sulfur batubara dilakukan dengan alat spektrofotometer UV, nilai kalor diukur dengan alat *bom kalorimeter*.



Gambar 3. Alat penelitian

## Jalan Penelitian

Sampel bahan batubara dihaluskan sehingga diperoleh ukuran 80/100 mesh, kemudian dikeringkan. Sebagian sampel batubara ini dikarakterisasi meliputi analisis *proximate* (*moisture*, *volatile matter*, *ash* dan *fixed carbon*), analisis *ultimate* (sulfur total) dan pengukuran nilai kalor dan bobot jenis. Metode preparasi dan analisis mengikuti prosedur ASTM Standards, 1980 (Robert, 1980).

Di dalam *tangki pengkondisian* berisi air satu liter dicampurkan dengan CPO 25 ml dan  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  2M 20 ml, diaduk dan pH campuran diatur dengan HCl 1 M (pH 6). Kemudian dimasukkan 45,48 g batubara 80/100 mesh, diencerkan dengan air hingga volume campuran 13 liter. pH dicek dan diatur kembali hingga tetap enam. Setelah campuran terkondisikan maka dialirkan ke kolom flotasi. Kompresor dihidupkan, udara dialirkan masuk kolom flotasi melalui *sparger* dengan laju 1,22 liter/menit, dan waktu hitungan flotasi dimulai. Flotasi batubara dalam kolom dibiarkan berlangsung hingga waktu 10 menit, kemudian dihentikan. Hasil flotasi batubara bagian atas kolom (produk *top*) ditampung untuk dianalisis. Flotasi diulangi untuk waktu 20, 30, 40, 60 dan 90 menit. Masing-masing sample batubara hasil flotasi tersebut dianalisis kadar sulfur sisanya, kemudian dibuat grafik hubungan kadar sulfur sisa atau removal sulfur versus waktu flotasi. Dari grafik terbaca waktu optimum yang memberikan sulfur tertinggal minimum atau removal sulfur maksimum.

Berdasarkan waktu flotasi optimum yang telah diperoleh, maka prosedur flotasi di atas diulangi dengan variasi dimensi kolom flotasi (*L/D*) yaitu: 21, 19, 17, 15, 13 dan 11. Dibuat grafik hubungan sulfur sisa (%) versus dimensi kolom flotasi. Dari grafik tersebut terbaca dimensi kolom optimum yang memberikan kadar sulfur sisa minimum atau removal sulfur maksimum.

Berdasarkan waktu dan dimensi kolom flotasi optimum yang telah diperoleh, maka prosedur flotasi di atas diulangi dengan variasi pH campuran slury yaitu: 4, 5, 6, 6½, 7 dan 8. Dibuat grafik hubungan sulfur sisa (%) versus pH. Dari grafik tersebut terbaca pH optimum yang memberikan kadar sulfur sisa minimum atau removal sulfur maksimum.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Karakteristik Batubara

Karakteristik batubara Mallawa asal Sulawesi disajikan dalam tabel-1. Berdasarkan kriteria ASTM (1980), maka batubara Mallawa termasuk kelas *sub-bituminous*. Kandungan sulfur total relatif tinggi yaitu

sebesar 3,28 % belum memenuhi syarat dipergunakan sebagai bahan bakar di industri (maksimal 1%). Demikian pula kandungan abu relatif tinggi sebesar 12,23%, nilai ini juga belum memenuhi syarat dipergunakan sebagai bahan bakar di industri yang menghendaki maksimal 10%. Namun nilai kalor yang hampir mencapai 6000 kkal/kg, batubara tersebut dapat dipertimbangkan digunakan sebagai bahan bakar di Industri.

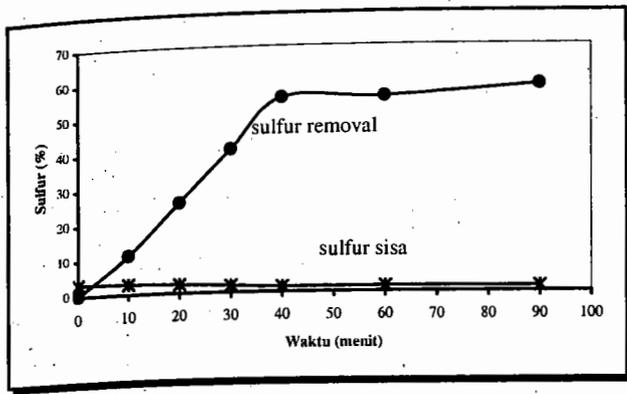
Tabel-1: Karakteristik Batubara Mallawa (Sulawesi)

Parameter	Nilai
1. Sulfur-total (%)	3,28
2. Sulfur-anorganik (%) :	2,42
a. Sulfur-sulfat (%)	0,41
b. Sulfur-pirit (%)	2,01
3. Sulfur-organik (%)	0,86
4. Zat terbang (%)	35,15
5. Abu (%)	12,23
6. Air lembab (%)	7,21
7. Karbon tetap (%)	45,41
8. Nilai Kalor (kkal/kg)	5825
9. Bobot jenis ( $\text{kg}/\text{dm}^3$ )	1,30

Secara spesifik terlihat bahwa kandungan sulfur batubara Mallawa lebih dominan berupa sulfur anorganik yaitu 2,42% dari sulfur total 3,28%, terutama dalam bentuk sulfur pirit ( $\text{FeS}_2$ ) 2,01%, dibanding berupa sulfur organik (0,98%). Berdasarkan karakteristik ini maka desulfurisasi dan deashing batubara lebih tepat dilakukan secara fisika dengan metode flotasi (Mukherjee and Borthakur, 2001).

### Flotasi Batubara Dengan Variasi Waktu

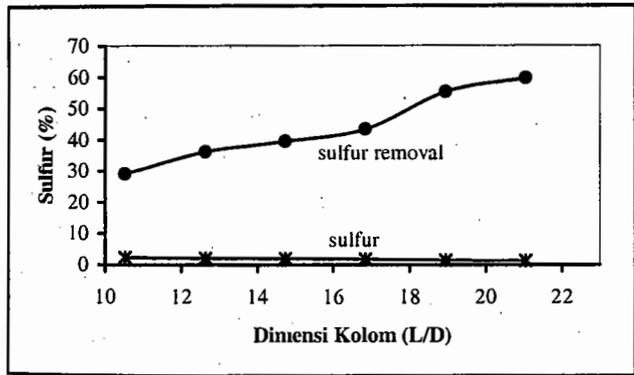
Data penelitian desulfurisasi batubara secara flotasi dengan variasi waktu disajikan dalam bentuk grafik (gambar-4). Penelitian ini menunjukkan bahwa desulfurisasi batubara meningkat dengan bertambahnya waktu flotasi hingga menit ke-40. Hal ini disebabkan bahwa untuk pemisahan sulfur (pirit) dari campuran bahan batubara butuh waktu kontak dengan media hidrofilik (air). Pada volume konstan, dibutuhkan waktu sebanding dengan jumlah sulfur dalam batubara, hingga terjadi pemisahan sempurna atau maksimum. Setelah tercapai waktu "tidak terhingga" (40 menit) maka penambahan waktu flotasi tidak lagi memberikan penambahan persen removal sulfur yang signifikan. Hal ini menunjukkan bahwa sejak waktu 40 menit, sulfur (pirit) dalam bahan batubara sudah semakin kritis atau sudah (hampir) habis. Disimpulkan waktu flotasi optimum 40 menit yang dapat menurunkan kadar sulfur menjadi 1,47% atau removal sulfur maksimum sebesar 55,25%.



Gambar 4. Profil Removal Sulfur Batubara Sebagai Fungsi Waktu Flotasi

### Flotasi Batubara Variasi Dimensi Kolom

Hasil penelitian desulfurisasi batubara secara flotasi dengan variasi dimensi kolom disajikan dalam grafik (gambar-5), nampak bahwa persen removal sulfur batubara meningkat dengan meningkatnya dimensi kolom (LpD) (walaupun dengan *slope* relatif kecil), dan dapat dianggap linear pada rentang LpD 11-21. Fenomena ini dapat dijelaskan bahwa semakin besar nilai LpD yang berarti kolom semakin tinggi (diameter D dibuat tetap) maka semakin besar pengaruh tekanan di dalam kolom. Akibatnya partikel sulfur (pirit) semakin mudah terpisah dari campuran bahan batubara karena mendapat tekanan relatif lebih besar.

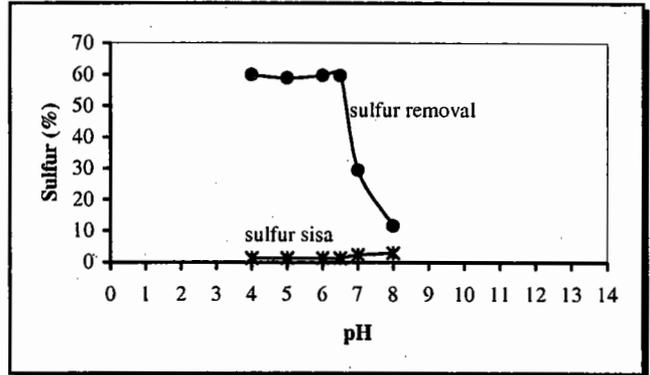


Gambar 5. Profil Removal Sulfur Batubara Sebagai Fungsi Dimensi Kolom Flotasi

Faktor lain, semakin besar nilai LpD (kolom lebih tinggi) berarti semakin besar jarak tempuh partikel batubara untuk mengapung ke permukaan bersama media gelembung udara, maka semakin besar peluang partikel sulfur (pirit) untuk berpisah. Disimpulkan dimensi kolom optimum 21 yang dapat menurunkan kadar sulfur dalam batubara dari 3,28 menjadi 1,32% atau removal sulfur maksimum 60%, hal ini hampir sesuai dengan dimensi kolom yang digunakan oleh Demirbas (2002), (LpD = 20,55). atau oleh Al-Faris (2002) (LpD = 23).

### Flotasi Batubara Variasi pH

Data hasil penelitian desulfurisasi batubara secara flotasi dengan variasi pH disajikan dalam grafik (gambar-6; grafik ini disebut kurva *pH kritis*), dimana nampak bahwa removal sulfur rata-rata maksimum pada pH asam (4 – 6,5), sedangkan pada pH basa tidak (sulit) terjadi removal sulfur dari batubara.

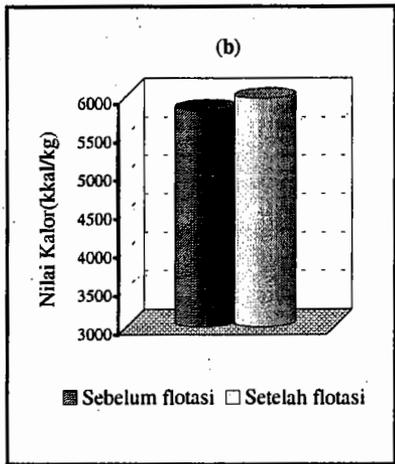
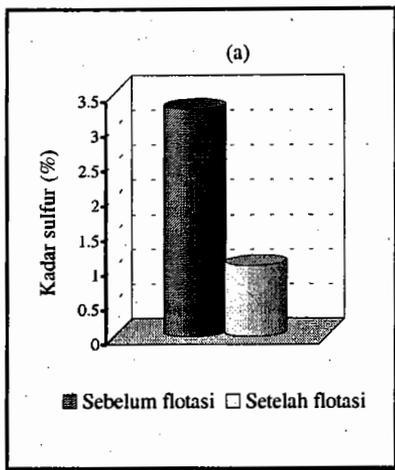


Gambar 6. Profil Removal Sulfur Batubara Sebagai Fungsi pH (Kurva pH Kritis)

Fenomena di atas dapat dijelaskan bahwa sulfur dalam bentuk pirit ( $\text{FeS}_2$ ) terlebih dahulu mengalami ionisasi (parsial) membentuk molekul polar dengan adanya ion asam ( $\text{H}^+$ ) dengan reaksi:  $\text{H}^+ + :\text{FeS}_2 \rightarrow \text{H}:\text{Fe}^+\text{S}_2$ . Pirit dalam bentuk terionkan ini ( $\text{H}^+:\text{FeS}_2$ ) akan bersifat lebih hidrofilik sehingga lebih mudah tertarik dengan komponen hidrofilik lainnya (air) ( $\text{H}_2\text{O} + \text{H}:\text{Fe}^+\text{S}_2 \rightarrow \text{H}_3\text{O}^+ + :\text{FeS}_2$ ) dan karenanya akan lebih mudah dipisahkan dari campuran batubara (komponen hidrofobik). Sebaliknya adanya ion  $\text{OH}^-$  dalam campuran slurry (kondisi basa), tidak meningkatkan kehidrofilikan pirit, bahkan ion  $\text{OH}^-$  (yang bermuatan negatif) cenderung tolak menolak dengan molekul pirit yang bermuatan negatif parsial (atom Fe dalam pirit memiliki pasangan elektron bebas pada kulit terluarnya dan bersifat elektronegatif). Akibatnya pirit sulit ditarik dari campuran batubara yang bersifat basa tersebut. Disimpulkan pH optimum  $6\frac{1}{2}$  yang dapat meremoval sulfur maksimum 60%.

### Flotasi Batubara Berdasar Tiga Kondisi Optimum

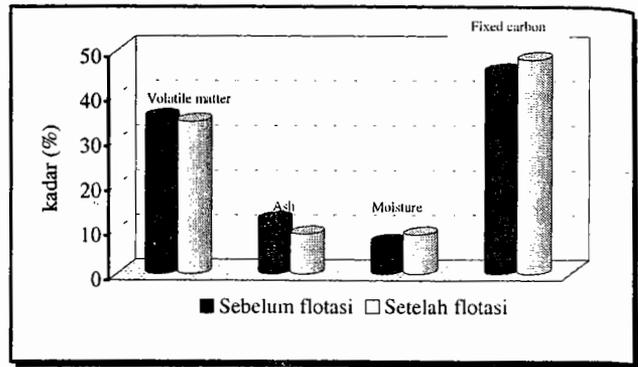
Flotasi batubara Mallawa berdasarkan ketiga kondisi optimum, yaitu waktu flotasi 40 menit, dimensi kolom, 21 dan pH  $6\frac{1}{2}$ , dapat mereduksi kandungan sulfur dari 3,82 menjadi 1,33% atau removal sulfur maksimum 60% (gambar-7a), dengan tetap mempertahankan (bahkan meningkatkan) nilai kalor batubara yang bersangkutan (gambar-7b).



Gambar 7. Kadar Sulfur (a) dan Nilai Kalor (b) Batubara Sebelum dan Setelah Flotasi

Perbandingan karakteristik batubara sebelum dan setelah flotasi terlihat pada gambar-8. Dalam metode flotasi ini menunjukkan bahwa disamping kandungan sulfur tereduksi, kandungan abu juga turut tereduksi dari 12,23 menjadi 9,03% atau removal abu 22%. Reduksi abu (*deashing*) memungkinkan terjadi dengan mekanisme seperti desulfurisasi, komponen abu berupa molekul-molekul anorganik seperti  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{CaO}$  dan  $\text{Na}_2\text{O}$  serupa dengan molekul pirit ( $\text{FeS}_2$ ), bersifat hidrofilik yang memungkinkan berpisah dari komponen hidrofobik (batubara) secara flotasi, (Bayrak, et al, 2000; Davis, 2000).

Seperti pada gambar-8, tampak peningkatan kecil kadar air (moisture) setelah flotasi, namun efek ini terhadap nilai *fixed carbon* dapat diimbangi dengan terjadinya penurunan kadar abu dan zat terbang sehingga nilai *fixed carbon* relatif bertahan bahkan sedikit meningkat. Akibatnya nilai kalor batubara juga relatif bertahan bahkan sedikit mengalami peningkatan dari 5825 menjadi 5975 kkal/kg (Peele and Church, 1941).



Gambar 8. Karakteristik Batubara Sebelum dan Setelah Flotasi

## KESIMPULAN

Hasil karakterisasi batubara Mallawa (asal Sulawesi) menunjukkan kelas batubara sub-bituminous dengan kualitas relatif rendah dan kandungan sulfur dan abu relatif tinggi yaitu berturut-turut 3,82 dan 12,23%, serta nilai kalor sedang, 5825 kkal/kg.

Dari penelitian desulfurisasi batubara Mallawa secara flotasi diperoleh tiga kondisi variabel optimum yaitu waktu flotasi 40 menit, dimensi kolom 21 dan pH 6½, yang dapat mereduksi kandungan sulfur menjadi 1,33% atau removal sulfur maksimum 60%. Desulfurisasi dengan metode flotasi tersebut, disamping kandungan sulfur dapat direduksi, kandungan abu batubara Mallawa juga turut tereduksi menjadi 9,03% atau removal abu 22% dengan tetap mempertahankan nilai kalor batubara tersebut, bahkan sedikit mengalami peningkatan menjadi 5975 kkal/kg. Walaupun terjadi peningkatan kualitas batubara hasil flotasi, tetapi batubara tersebut belum sepenuhnya dapat dimanfaatkan sebagai bahan bakar alternatif di industri, terutama ditinjau dari kandungan sulfur yang menghendaki maksimal 1%. Namun demikian kualitas tersebut masih memungkinkan untuk ditingkatkan dengan jalan mengoptimasi variabel-variabel flotasi yang lain (laju alir udara, ratio campuran slurry, ukuran butiran batubara), (Bayrak, et al, 2000; Fujimoto, et al., 1999).

## DAFTAR PUSTAKA

- Al-Fariss, T.F., El-Aleem, F.A.A., and Al-Qahtani, M.S., 2002, "The Application Of Column Flotation Technology in The Beneficiation Of Saudi Phosphate Ores", The Proceedings of RSCE and 16<sup>th</sup> SOMChE, 28-30 Oct 2002, Malaysia.
- Bayrak N., O'Donnell, J., A., and Toroglu, I., 2000, "Removal of Fine Coals by Column Flotation" *paper #918*, [www.google.com](http://www.google.com)

- Brown, G., G., Katz, D., Foust, A., S., and Schneidewin, R., 1973 "Unit Operations" 13ed, John Willy & Sons, Inc, New York. pp: 100-109.
- Cicek, B., Bilgesu, A., Y., Senelt, M., A., and Pamuk, V., 1996, "Desulphurization of Coals by Flash Pyrolysis Followed by Magnetic Separation" *Journal of Fuel Processing Technology*, Vol. 46, pp. 133-142.
- Davis, W. T., 2000, "Air Pollution Engineering Manual", 2ed. John Willy & Sons, Inc, New York, pp. 191-198.
- Demirbas, 2002, "Demineralization and Desulphurization of Coals via Column Froth Flotation and Different Methods", *Journal of Energy Conversion & Management*, Vol. 43, pp. 885-895.
- 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.
- Dinas Pertambangan dan Energi Propinsi Sulawesi-Selatan, 2001, "Perencanaan Strategik (RENSTRA) Tahun 2001-2005", hal 21, 25, 41.
- Fujimoto, H., Matsukata, M., and Ueyama, K., 1999, "Behavior of Coal Particles in Column Flotation", *Journal of Chemical Engineering of Japan*, Vol. 32, No. 3.
- Itung, M, 2003, "Pembuatan Minyak Goreng Dari Crude Palm Oil (CPO) Skala Industri Kecil" *Jurnal Teknologi dan Industri FAQIH, FTI UMI Makassar*, Vol 2, No. 4, hal. 187-190.
- Kawatra, S., K. and Eisele, T., C., 1997, "Pyrit Removal Mechanisms in Coal Flotation", *Journal of Mineral Processing*, Vol. 50, pp. 187-201.
- Ketaren, S., 1986, "Pengantar Teknologi Minyak dan Lemak Pangan", ed. 1, hal. 7, UI-Press, Jakarta
- Kirk, R. E. dan D. F. Othmer, 1980, "Encyclopedia of Chemical Technology", Third edition, Vol. 10, John Wiley & Sons, Inc., New York, pp. 523-545
- Krevelen, D. W. V., 1993, "Coal; Typology - Physics - Chemistry - Constitution", Third edition, Elsevier Science Publishers B.V., Amsterdam.
- Mandasini dan Andi Aladin, 2003, "Desulfurisasi Batubara Secara Flotasi", Prosiding Seminar Nasional Teknologi Proses Kimia V, UI Jakarta, (ISBN: 1410-9891)
- Mukherjee, S. and Borthakur, P. C., 2001 "Chemical Demineralization / Desulfurization Of High Sulphur Coal Using Sodium Hydroxide And Acid Solutions" *Journal of FUEL*, Vol. 80, pp. 2037-2040
- Peele, R., and Church, J.A., 1941, "Mining Engineers' Handbook", Third edition, Vol II, John Willy & Sons Inc, pp. 39.30-39.31.
- Robert, P., at all, 1980, "Annual Book Of ASTM Standards" Part 26, American Society For Testing and Materials
- Roesyadi, A. dan Andi Aladin, 2003, "Bahan Bakar dan Energi Batubara Masa Depan, Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia, UGM Yogyakarta (ISBN: 979-8611-37-3)
- Suyartono and Indria, B., 2000, "The Future of Coal and its Industry in Indonesia", *Indonesian Mining Journal*, Vol. 6, October-2000, pp.78-85.
- Tsai, S., C., 1985, "Effects of Surface Chemistry and Particile Size and Density on Froth Flotation of Fine Coal", *Journal of Colloids Surfaces*, Vol. 16, pp. 323-336.
- <http://www.coal.ca>, 2002, (Website "the Coal Association of Canada" ).