

***Deashing* Batubara Dengan Metode *Leaching* Menggunakan NaOH Dan HCl Di PT Bukit Baiduri Energi, Kabupaten Kutai Kartanegara, Kalimantan Timur**

Saskiyah

Universitas Mulawarman

Harjuni Hasan

Universitas Mulawarman

Henny Magdalena

Universitas Mulawarman

Abstract. *Coal is one of the energy sources that is the basis for meeting energy and electricity needs in various countries, including Indonesia. Coal obtained from mining contains impurities, which can occur during coalification or during the mining process. There are impurities elements found in coal such as sulfur, ash and various other minerals found in coal. The sampling location was carried out at the mining location at PT Bukit Baiduri Energi, Kutai Kartanegara Regency, East Kalimantan Province. The solutions used in the deashing process using the leaching method are NaOH and HCl.*

Keywords: *Deashing, Leaching, Coal*

Abstrak. Batubara merupakan salah satu sumber energi yang menjadi tumpuan dalam memenuhi kebutuhan energi dan listrik diberbagai negara termasuk Indonesia. Batubara yang diperoleh dari hasil penambangan mengandung elemen-elemen pengotor (impurities) dimana hal tersebut bisa terjadi pada saat pembentukan batubara (coalification) atau pada saat proses penambangan. Adapun elemen impurities yang terdapat pada batubara seperti sulfur, abu dan berbagai mineral lainnya yang terdapat di dalam batubara. Lokasi pengambilan sample dilakukan di lokasi penambangan pada PT Bukit Baiduri Energi, Kabupaten Kutai Kartanegara, Provinsi Kalimantan Timur. Larutan yang digunakan dalam proses deashing dengan metode leaching adalah NaOH dan HCl.

Kata kunci: *Deashing, Leaching, Batubara*

LATAR BELAKANG

Batubara merupakan salah satu sumber energi yang menjadi tumpuan dalam memenuhi kebutuhan energi dan listrik diberbagai negara termasuk Indonesia. Batubara yang diperoleh dari hasil penambangan mengandung elemen-elemen pengotor (impurities) dimana hal tersebut bisa terjadi pada saat pembentukan batubara (coalification) atau pada saat proses penambangan. Adapun elemen impurities yang terdapat pada batubara seperti sulfur, abu dan berbagai mineral lainnya yang terdapat di dalam batubara.

Kadar abu yang tinggi dalam batubara dapat menghasilkan abu terbang (fly ash), abu dasar (bottom ash) dalam membentuk terak (slag) yang banyak, sehingga dapat mengganggu lingkungan dan dapat merusak alat yang digunakan untuk pemanfaatan batubara. Selain itu,

dengan kadar abu yang tinggi dapat mengurangi nilai kalori pada batubara sehingga energi yang dihasilkan kurang optimal (Nukman dan Poertadji, 2006).

Salah satu upaya yang dapat dilakukan dalam mengurangi kadar abu pada batubara yaitu dengan metode pencucian batubara secara kimia. Metode kimia melibatkan pengolahan dengan menggunakan bahan kimia yang efektif dalam menghilangkan pengotor yang tersebar dan terikat pada batubara (Mukherjee dkk, 2003).

Proses leaching merupakan proses ekstraksi padat/cair yang bertujuan untuk memisahkan suatu senyawa kimia yang diinginkan dari senyawa kimia lain atau pengotor dari padatan ke dalam cairan. Larutan yang digunakan dalam proses leaching dinamakan leaching agent. Untuk metode penurunan kadar abu (deashing) kali ini dengan metode leaching digunakan larutan Natrium Hidroksida (NaOH) dan Asam Klorida (HCl) sebagai leaching agent.

Oleh karena itu dengan melakukan penelitian deashing ini dengan metode leaching untuk mengurangi kandungan abu pada batubara sehingga dapat mengurangi dampak timbulnya polusi dan emisi dan dapat mengendalikan dampak negatif lainnya serta dapat memenuhi kebutuhan di industri batubara, PLTU, semen, dsb. Proses ini dapat meningkatkan kualitas batubara yang berdampak juga meningkatkan nilai jual batubara.

KAJIAN TEORITIS

Definisi Batubara

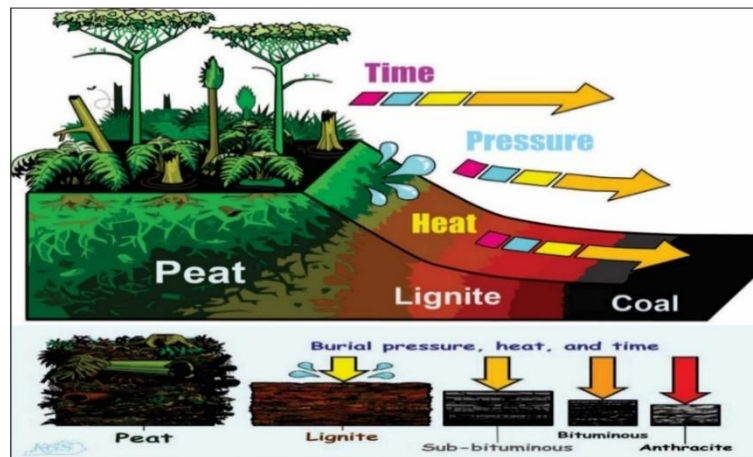
Batubara dikenal sebagai “emas” hitam. Masyarakat mengenalnya sebagai batu hitam yang bisa terbakar. Hal itu tidak salah karena tampilan di lapangan menunjukkan perbedaan yang kontras antara batubara dengan batuan sekitarnya (Arif, 2014).

Eliot (1981) dalam buku Arif (2014), ahli geokimia batubara, berpendapat batubara merupakan batuan sedimen yang secara kimia dan fisika adalah heterogen yang mengandung unsur karbon, hidrogen, serta oksigen sebagai komponen unsur utama dan belerang serta nitrogen sebagai unsur tambahan. Zat lain, yaitu senyawa organik pembentukan ash tersebar sebagai partikel zat mineral yang terpisah di seluruh senyawa batubara. Secara ringkas, batubara bisa didefinisikan sebagai batuan karbonat berbentuk padat, rapuh, berwarna cokelat tua sampai hitam, dapat terbakar, yang terjadi akibat perubahan tumbuhan secara kimia dan fisik.

Proses Terbentuknya Batubara

Proses pembentukan batubara terdiri dari dua tahapan yaitu tahap biokimia (penggambutan) dan tahap geokimia (pembatubaraan). Tahap penggambutan (*peatification*) adalah tahap dimana sisa-sisa tumbuhan yang terakumulasi tersimpan dalam kondisi reduksi di daerah rawa dengan sistem pengeringan yang buruk dan selalu tergenang air pada kedalaman 0,5-10 meter. Material tumbuhan yang busuk ini melepaskan H, N, O dan C dalam bentuk senyawa CO₂, H₂O dan NH₃ untuk menjadi humus. Selanjutnya oleh bakteri anaerobic kemudian diubah menjadi gambut (Stach dkk, 1982) dalam Wahyuni (2021).

Tahap pematubaraan (*coalification*) merupakan gabungan proses biologi, kimia dan fisika yang terjadi karena pengaruh pembebanan dari sedimen yang menutupinya. Temperatur, tekanan dan waktu terhadap komponen organik dari gambut. Pada tahap ini, presentase karbon akan meningkat sedangkan presentase hidrogen dan oksigen akan berkurang. Proses ini akan menghasilkan batubara dalam berbagai tingkat kematangan material organiknya mulai dari *lignite* hingga berubah menjadi *sub-bituminous* dan *anthracite* disebabkan oleh beberapa faktor seperti kombinasi antara proses fisika dan kimia serta aktivitas biologi (Stach dkk, 1982) dalam Wahyuni (2021).



Gambar 2.1 Proses Pembentukan Batubara, (Pasm,2008).

Impurities Pada Batubara

Seperti diketahui batubara yang diambil dari hasil penambangan selalu mengandung bahan-bahan pengotor (*impurities*). Menurut Sukandarrumidi (1995), Dikenal 2 jenis *impurities* yaitu:

1. *Inherent impurities*

Merupakan pengotor bawaan yang terdapat di dalam batubara. Batubara yang sudah dicuci bersih (bentuk bongkah), ketika dibongkar habis ternyata masih memeberikan sisa abu. Pengotor bawaan ini terjadi bersama-sama pada waktu terjadi proses pembentukan

batubara (ketika masih *gelly*). Pengotor ini dapat berupa mineral seperti: gipsum, anhidrit, pirit, silika, markasit dan dapat pula berbentuk tulang-tulang binatang (diketahui ada senyawa posfor dari hasil analisa abu).

2. *External impurities*

Merupakan pengotor luar, yang berasal dari proses penambangan antara lain terbawanya lapisan penutup. Kejadian ini sangat umum dan sulit dihindarkan khususnya pada kegiatan tambang terbuka.

Abu Pada Batubara

Abu batubara adalah bagian dari sisa pembakaran batubara yang berbentuk partikel halus amorf dan abu tersebut merupakan bahan anorganik yang terbentuk dari perubahan bahan mineral (*mineral matter*) karena proses pembakaran. Dari proses pembakaran batubara pada unit pembangkit uap (*boiler*) akan terbentuk dua jenis abu yaitu abu terbang (*fly ash*) dan abu dasar (*bottom ash*). Komposisi abu batubara yang dihasilkan terdiri dari 10 - 20 % abu dasar, sedang sisanya sekitar 80 - 90 % berupa abu terbang. Abu terbang ditangkap dengan *electric precipitator* sebelum dibuang ke udara melalui cerobong.

METODE PENELITIAN

Adapun jenis penelitian ini yaitu menguji manfaat dari teori-teori ilmiah yang telah dilakukan oleh peneliti-peneliti terdahulu serta mengetahui hubungan empiris dan analisis bidang-bidang tertentu. Jenis penelitian ini, merupakan jenis penelitian evaluasi dari segi metodenya yang bertujuan untuk mencari, menghitung, menganalisis, dan memberikan solusi berupa evaluasi agar tercapai hal-hal yang semestinya atau sesuai dengan standar yang berlaku.

Metode yang digunakan dalam penulisan yaitu dengan pendekatan masalah yang berupa pengambilan bahan, baik berupa dasar teori maupun data-data objek yang diamati secara langsung di lapangan. Sehingga dilakukan dalam beberapa tahapan yang meliputi tahap pra lapangan, tahap lapangan, dan tahap pasca lapangan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Analisis Kadar Abu Awal

Kadar abu merupakan jumlah konstan yang tersisa apabila bahan bakar padat dipanaskan. Dalam proses pengabuan bahan-bahan organik dalam bahan bakar padat akan terbakar sedangkan bahan anorganik akan tertinggal. Abu yang tertinggal adalah berbagai garam-garam logam seperti karbonat, silikat, oksalat dan fosfat.

Berdasarkan Analisa penentuan abu yang telah dilakukan pengujian dengan menggunakan metode ASTM D-3174 dengan rumus sebagai berikut:

$$\text{Kadar Abu \%} = \frac{m_3 - m_4}{m_2 - m_1} \times 100\%$$

Keterangan :

m_1 : Bobot cawan kosong (gr)

m_2 : Bobot cawan + sampel (gr)

m_3 : Bobot cawan + abu (gr)

m_4 : Bobot cawan (setelah dioven)

Berikut hasil pengujian kadar awal abu dapat dilihat pada Tabel 4.1

Tabel 4.1 Nilai Abu

Kadar Awal				
M_1 (gr)	M_2 (gr)	M_3 (gr)	M_4 (gr)	Kadar Abu (%)
20.652	21.652	20.803	20.631	16.84622919

B. *Deashing* dengan Metode *Leaching*

Deashing batubara pada pengujian ini menggunakan metode *leaching* dengan memvariasikan konsentrasi larutan dan jenis *leaching agent* (pelarut) yang digunakan. Variasi ini digunakan untuk membandingkan penyerapan yang dilakukan larutan dalam menurunkan kadar abu batubara dan menemukan titik optimum penurunannya.

Hasil Analisis *Deashing* Menggunakan NaOH

Tabel 4.2 Kadar Abu Setelah *Leaching* dengan NaOH

NaOH				
No	Kode Sampel	konsentrasi (M)	% Kadar Abu Awal (adb)	% Kadar Abu (adb)
1	DN-1	2	16.8	8.6
2	DN-2	4	16.8	8.3
3	DN-3	6	16.8	8.1
4	DN-4	8	16.8	7.6
5	DN-5	10	16.8	7.9

Deashing dengan metode *leaching* menggunakan NaOH terlihat terjadi perubahan nilai kadar abu pada sampel yang sudah dilakukan pengujian. Jumlah Penurunan kadar abu pada sampel dengan masing-masing variasi konsentrasi terjadi penurunan yaitu pada konsentrasi 2 M, 4 M, 6 M dan 8 M dengan kadar abu awal sebesar 16.8% adb turun

menjadi 8,6% adb, 8,3% adb, 8,1% adb dan 7,6% adb namun, terjadi peningkatan di konsentrasi 10 M dengan jumlah penurunan sebesar 7,9% adb. Ini menunjukkan adanya pengaruh konsentrasi larutan NaOH yang digunakan terhadap *deashing* batubara dengan proses *leaching*.

Hasil Analisis *Deashing* Menggunakan HCl

Tabel 4.3 Kadar Abu Setelah *Leaching* dengan HCl

HCl				
No	Kode Sampel	konsentrasi (M)	% Kadar Abu Awal (adb)	% Kadar Abu (adb)
1	DH-1	0.5	16.8	9.2
2	DH-2	0.75	16.8	8.8
3	DH-3	1	16.8	8.6
4	DH-4	1.25	16.8	8.2
5	DH-5	1.5	16.8	8.5

Deashing dengan metode *leaching* menggunakan larutan HCl terlihat terjadi perubahan nilai kadar abu pada sampel yang sudah dilakukan pengujian. Jumlah penurunan kadar abu pada sampel dengan masing-masing variasi konsentrasi terjadi penurunan yaitu pada konsentrasi 0,5 M, 0,75 M, 1 M dan 1,25 M dengan kadar abu awal sebesar 16,8% adb turun menjadi 9,2% adb, 8,8% adb dan 8,6% adb namun, terjadi peningkatan di konsentrasi 1,5 M yaitu sebesar 8,5% adb. Hal ini menunjukkan adanya pengaruh konsentrasi larutan HCl yang digunakan terhadap *deashing* batubara dengan proses *leaching*.

C. Persentase Efisiensi *Deashing* Dengan Metode Leaching

Persentase Efisiensi *Deashing* Menggunakan NaOH

Tabel 4.4 Persentase efisiensi metode Leaching berdasarkan variasi konsentrasi NaOH

NaOH					
No	Kode Sampel	konsentrasi (M)	% Kadar Abu Awal (adb)	% Kadar Abu Akhir (adb)	% Efisiensi
1	DN-1	2	16.8	8.6	47.39884393
2	DN-2	4	16.8	8.3	49.13294798
3	DN-3	6	16.8	8.1	50.28901734
4	DN-4	8	16.8	7.6	53.17919075
5	DN-5	10	16.8	7.9	51.44508671

Berdasarkan Tabel 4.4 persentase efisiensi paling rendah terjadi pada sampel DN-1 yaitu konsentrasi 2 M dimana persentase penurunan yang terjadi hanya sebesar 47,39%, sedangkan persentase efisiensi paling optimum terjadi pada sampel DN-4 yaitu konsentrasi 8 M dimana NaOH berhasil menurunkan kadar abu batubara menjadi 7,9% adb dengan persentase penurunan yaitu sebesar 51,44 %.

Presentase Efisiensi *Deashing* Menggunakan HCl

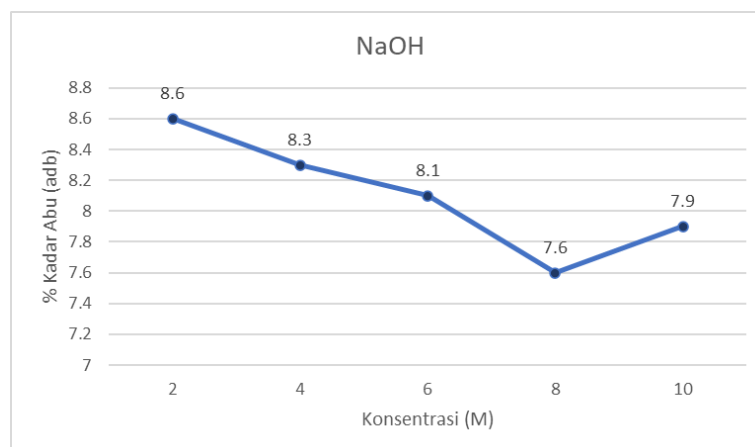
Tabel 4.5 Persentase efisisensi metode Leaching berdasarkan variasi konsentrasi HCl

HCl					
No	Kode Sampel	Konsentrasi (M)	% Kadar Abu Awal (adb)	% Kadar Abu Akhir (adb)	% Efisiensi
1	DH-1	0.5	16.8	9.2	45.23809524
2	DH-2	0.75	16.8	8.8	47.61904762
3	DH-3	1	16.8	8.6	48.80952381
4	DH-4	1.25	16.8	8.2	51.19047619
5	DH-5	1.5	16.8	8.5	49.4047619

Berdasarkan Tabel 4.5 persentase efisiensi paling rendah terjadi pada sampel DH-1 yaitu konsentrasi 0.5 M dimana persentase penurunan yang terjadi hanya sebesar 45,23%, sedangkan persentase efisiensi paling optimum terjadi pada sampel DH-4 yaitu konsentrasi 1.25 M dimana NaOH berhasil menurunkan kadar abu batubara menjadi 8.2% adb dengan persentase penurunan yaitu sebesar 51,19 %.

D. Efektifitas Konsentrasi Larutan dalam Proses *Leaching*

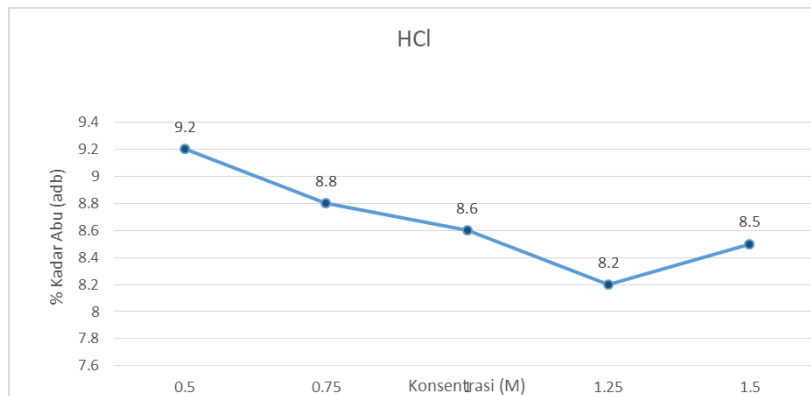
Efektifitas Konsentrasi NaOH



Gambar 4.1 Efektivitas konsentrasi larutan NaOH dalam menurunkan kadar abu batubara

Berdasarkan Gambar 4.1 dapat terlihat bahwa kadar abu batubara yang dihasilkan dipengaruhi oleh konsentrasi larutan NaOH yang digunakan, dimana semakin tinggi konsentrasi NaOH yang digunakan, maka kadar abu yang diturunkan juga semakin tinggi. Ini dapat terjadi karena semakin tinggi konsentrasi pelarut maka kadar abu batubara akan menguap dan terlarut oleh pelarut. Namun pada konsentrasi 10 M terjadi ketidakefisienan dimana hal ini terjadi jika mencapai konsentrasi tertentu nilai koefisien distribusi akan semakin menurun hal ini disebabkan pada konsentrasi yang besar mulai mengalami kesulitan dalam melakukan perpindahan *solute* (zat terlarut). Berdasarkan gambar dapat terlihat yaitu penurunan paling optimum terjadi pada konsentrasi 8 M dengan kadar awal sebesar 16.8% adb turun menjadi 7,6% adb dengan persen penurunan yaitu 53,17%.

Efektifitas Konsentrasi HCl



Gambar 4.2 Efektivitas konsentrasi larutan NaOH dalam menurunkan kadar abu batubara

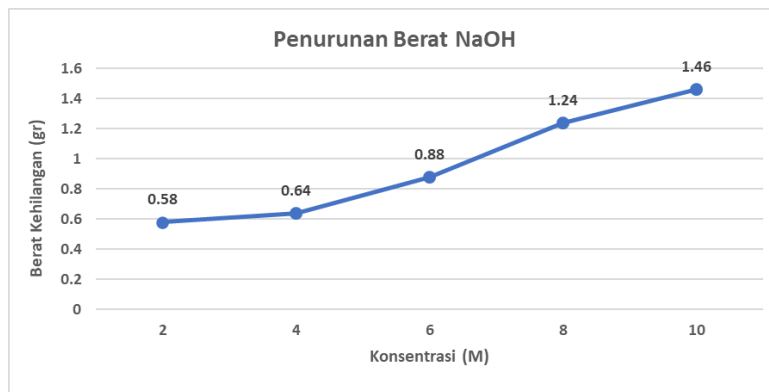
Berdasarkan Gambar 4.2 dapat terlihat bahwa kadar abu batubara yang dihasilkan dipengaruhi oleh konsentrasi larutan HCl yang digunakan, dimana semakin tinggi konsentrasi HCl yang digunakan, maka kadar abu batubara yang diturunkan juga semakin tinggi. Ini dapat terjadi karena semakin tinggi konsentrasi pelarut maka kadar abu batubara akan menguap dan terlarut oleh pelarut. Namun pada konsentrasi 1.5 M terjadi ketidakefisienan dimana hal ini terjadi jika mencapai konsentrasi tertentu nilai koefisien distribusi akan semakin menurun hal ini disebabkan pada konsentrasi yang besar mulai mengalami kesulitan dalam melakukan perpindahan *solute* (zat terlarut). Berdasarkan gambar dapat terlihat yaitu penurunan paling optimum terjadi pada konsentrasi 1,25 M dengan kadar awal sebesar 16.8% adb turun menjadi 8,2% adb dengan persen penurunan yaitu 51,19%.

E. Analisis Berat Kehilangan

Tabel 4.6 Total berat sampel yang hilang untuk pelarut NaOH

NaOH						
No	Kode Sampel	konsentrasi (M)	Berat Awal (gr)	Berat Akhir (gr)	Berat kehilangan (gr)	Penurunan Berat (%)
1	DN-1	2	10	9.42	0.58	5.8
2	DN-2	4	10	9.36	0.64	6.4
3	DN-3	6	10	9.12	0.88	8.8
4	DN-4	8	10	8.76	1.24	12.4
5	DN-5	10	10	8.54	1.46	14.6
Rata-Rata				9.04	0.96	9.6

Penurunan berat untuk pelarut NaOH dapat dilihat pada Gambar 4.3 berikut.

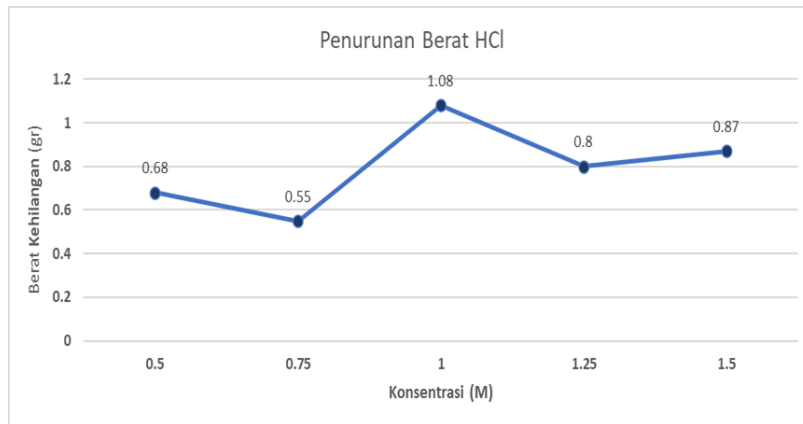


Gambar 4.3 Penurunan berat NaOH

Tabel 4.7 Total berat sampel yang hilang untuk pelarut NaOH

NaOH						
No	Kode Sampel	konsentrasi (M)	Berat Awal (gr)	Berat Akhir (gr)	Berat kehilangan (gr)	Penurunan Berat (%)
1	DH-1	0.5	10	9.32	0.68	6.8
2	DH-2	0.75	10	9.45	0.55	5.5
3	DH-3	1	10	8.92	1.08	10.8
4	DH-4	1.25	10	9.2	0.8	8
5	DH-5	1.5	10	9.13	0.87	8.7
Rata-Rata				9.204	0.796	7.96

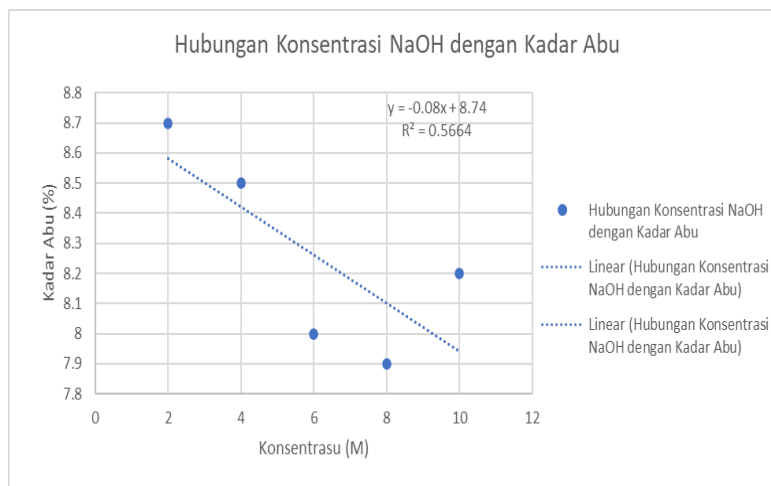
Penurunan berat untuk pelarut NaOH dapat dilihat pada Gambar 4.4 berikut.



Gambar 4.4 Penurunan berat untuk pelarut NaOH

Berdasarkan percobaan yang telah dilakukan menggunakan sampel batubara sebanyak 10 gram setelah dilakukan proses *leaching* dan pencucian berkali-kali terjadinya pengurangan massa sampel. Untuk pelarut HCl kehilangan massa sampel Berdasarkan gambar 4.4 dapat terlihat berat akhir kehilangan paling tinggi yaitu terjadi pada sampel DH-3 dengan konsentrasi 1 M sebesar 1,08 gram dan kehilangan paling sedikit terjadi pada sampel DH-2 dengan konsentrasi 0.75 M yaitu sebesar 0,55 gram.

F. Analisis Regresi Linear Sederhana



Gambar 4.5 Grafik Hubungan Konsentrasi NaOH dengan Kadar Abu

Berdasarkan gambar 4.5 dapat dilihat hasil analisa untuk NaOH didapatkan nilai persamaan linier yaitu: $y = -0,08x + 8,74$ dengan memiliki hubungan kekuatan korelasi (R) yaitu sebesar 0,5664. Berdasarkan nilai korelasi dapat diketahui kenaikan konsentrasi NaOH terhadap kadar abu menunjukkan adanya hubungan dimana hubungan yang terjadi yaitu cukup kuat dan juga menunjukkan bahwa hubungan ini searah karena nilai

konsentrasi begitu juga respond dari nilai penurunan kadar abu batubara yang juga naik. Penurunan kadar abu batubara dapat dijelaskan oleh besarnya presentase pemberian konsentrasi NaOH sebesar 53.17%.

G. Hasil Analisis *Leaching* Terhadap standar kadar abu di Industri

Tabel 4.7 Standar Kandungan Abu Pada Beberapa Industri

No	Industri	Kandungan Abu (%)
1.	PLTU	7.8
2.	Industri Semen	6
3.	Industri Logam	6

Berdasarkan percobaan yang telah dilakukan dapat diketahui bahwa *deashing* dengan metode *leaching* menggunakan NaOH dan HCl terbukti bisa mereduksi kandungan kadar abu yang ada di dalam batubara. Namun pada tabel dapat disimpulkan bahwa batubara yang berasal dari PT Bukit Baiduri Energi setelah dilakukan *leaching* hanya mampu memenuhi standar PLTU untuk *leaching* dengan NaOH sedangkan untuk yang lainnya belum memenuhi standar dalam beberapa industri seperti, industri semen dan industri logam meskipun sudah dilakukan *leaching*. Kadar Abu yang cukup tinggi pada PT. Bukit Baiduri Energi meski sudah dilakukan penurunan kadar abu dengan metode *leaching* menggunakan senyawa kimia ternyata masih belum mencapai standar di berbagai industri walaupun proses ini mampu menurunkan kadar abu mencapai 53,17%.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan analisis hasil penelitian yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut:

1. *Leaching agent* dan konsentrasi larutan memiliki kemampuan dalam menurunkan kadar abu batubara. Berdasarkan hasil pengujian kadar awal abu yaitu sebesar 16,8 adb. Setelah dilakukan *deashing* dengan metode *leaching* didapatkan kadar akhir abu untuk NaOH dengan masing-masing variasi konsentrasi yaitu 8,6% adb, 8,3% adb, 8,1% adb, 7,6% adb, dan 7,9% adb. Sedangkan untuk HCl dengan masing-masing variasi konsentrasi yaitu 9,2% adb, 8,8% adb, 8,6% adb, 8,2% adb dan 8,5% adb.
2. Hasil *deashing* dengan proses *leaching* berdasarkan variasi *leaching agent* dan konsentrasi larutan didapatkan kondisi optimum. Untuk *leaching agent* NaOH kondisi optimum terjadi pada konsentrasi 8 M dimana mampu menurunkan kadar abu dari 16,8% adb menjadi 7,6% adb. Untuk *leaching agent* HCl kondisi optimum terjadi pada

konsentrasi 10 M dimana kadar awal 16,8% adb menjadi 8,2% adb.

3. Variasi konsentrasi yang digunakan untuk pelarut HCl yaitu 0,5 M, 0,75 M, 1 M, 1,25 M, dan 1,5 M dan variasi yang digunakan untuk pelarut NaOH yaitu 2 M, 4 M, 6 M, 8 M dan 10 M. Kondisi optimum diantara leaching agent tersebut terletak pada konsentrasi nilai yang paling besar yaitu HCl pada konsentrasi 1,5 M dan NaOH pada konsentrasi 10 M. Dapat diambil kesimpulan semakin tinggi konsentrasi larutan (M) maka nilai penurunan kadar abu-nya akan semakin besar.

Saran

Adapun saran pada penelitian selanjutnya adalah:

1. Pada penelitian selanjutnya disarankan melakukan beberapa perbandingan parameter seperti waktu kontak, suhu, ukuran partikel yang berbeda ataupun jenis *leaching agent* seperti KOH sehingga dapat menentukan dengan baik *deashing* dengan metode *leaching*.
2. Pada penelitian selanjutnya diharapkan dapat melakukan *deashing* dengan metode yang berbeda seperti metode flotasi.

DAFTAR REFERENSI

- Arif, I. (2014). Batubara Indonesia. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.
- ASTM D3172. (2012). Practice for Proximate Analysis of Coal and Coke.
- ASTM D3174. (2012). Standard Test Method for Ash in the Analysis Sample of Coal and Coke from Coal.
- Bohari. (2021). Kimia pemisahan. Bogor: Institute Pertanian.
- Harlan, J. (2018). Analisis Regresi Linear. Jakarta: Gunadarma.
- Khyam, O. (2013). Modul Ekstraksi Padat-Cair (Leaching). Bandung: Laboratorium Pilot Plant Politeknik Negeri Bandung.
- Muchjidin. (2006). Pengendalian Mutu Dalam Industri Batubara. Bandung: Institute Teknologi Bandung.
- Nuryadi, Dewi, Sri, & Budiantara. (2017). Dasar-Dasar Statistik Penelitian. Yogyakarta: Sibuku Media.
- Pasymi. (2008). Batubara (Jilid 1). Padang: Bung Hatta University Press.
- Rahmad, Rahajo, Widi, & Ediyanto. (2017). Pengantar Eksplorasi Geologi Batubara Dan Kualitas Batubara. Yogyakarta: Universitas Pembangunan Nasional Veteran.

- Ramandha, T. (2022). Optimalisasi pemenuhan Batubara Siap Jual Dari Segu Kualitas, Kuantitas Dan Waktu Di PT. Bukit Asam, Tbk. Sumatera Selatan.
- Sukandarrumidi. (1995). Batubara Dan Gambut. Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada.
- Sukandarrumidi. (2006). Batubara dan Pemanfaatannya. Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada.
- Syaputra, H., Pratama, & Fadhilah. (2020). Deashing Pada Batubara Menggunakan KOH Dan HNO₃ Sebagai Leaching Agent. Padang: Universitas Negeri Padang.
- Wahyuni, W. (2021). Studi Penurunan Kadar Abu Batubara Bulupodo Kabupaten Sinjai Secara Kimia Dengan Menggunakan Hidrogen Proksida (Doctoral dissertation, Universitas Hasanuddin).
- Widodo, S., Sufriadin, E. S., & Suhendar, E. (2019). Desulfurisasi dan Deashing Pada Batubara menggunakan NaOH dan HCl Sebagai Leaching Agent. Jurnal Geomine, 7(1), 67-79.