

## Pengaruh Penggunaan Asam Terhadap Pemisahan Logam dari Abu Layang Batubara Sebagai Bahan Dasar Sintesis Zeolit

### *The Effect of Using Acid on Separation of Metals from Coal Fly Ash as Basis of Zeolite Synthesis*

Hesti Prihastuti<sup>1</sup>, Nuryoto<sup>1,2</sup>, Anton Irawan<sup>1,2</sup>, Teguh Kurniawan<sup>1,2\*</sup>

<sup>1</sup> Program Studi Magister Teknik Kimia, Pasca Sarjana, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa  
Jl. Raya Jakarta Km.4 Pakupatan, Serang, 42122, Indonesia

<sup>2</sup> Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa  
Jl. Jend Sudirman Km.3, Cilegon, 42435, Indonesia

\*E-mail: [teguh@untirta.ac.id](mailto:teguh@untirta.ac.id)

DOI: <https://doi.org/10.26874/jkk.v4i1.72>

Received: 13 Feb 2021, Revised: 30 May 2021, Accepted: 30 May 2021, Online: 31 May 2021

#### Abstrak

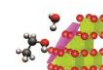
Abu layang merupakan produk samping berupa limbah padat yang dihasilkan dari proses pembakaran batubara pada pembangkit tenaga listrik, yang mengandung sebagian besar senyawa silika ( $\text{SiO}_2$ ), alumina ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ), dan oksida besi ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ). Abu layang berpotensi digunakan sebagai bahan dasar sintesis zeolit. Adanya pengotor pada abu layang seperti Fe dan Ca akan berpengaruh terhadap tingkat kemurnian zeolit yang diperoleh. Oleh karena itu penelitian ini bertujuan untuk mempelajari pengaruh penggunaan asam klorida (HCl) terhadap pemisahan logam Fe dan Ca dari abu layang sebagai bahan dasar sintesis zeolit. Metode yang digunakan untuk pemisahan logam Fe dan Ca menggunakan HCl dari abu layang adalah dengan menggunakan refluks. Pada penelitian ini, HCl dibuat variasi konsentrasi 4 M; 8 M; dan 12 M dan dilakukan analisis *X-Ray Fluorescence* (XRF) terhadap abu layang. Kandungan logam Fe dan Ca sebelum perlakuan asam adalah 34,28% dan 21,60%. Berdasarkan hasil analisis XRF, abu layang dengan perlakuan asam HCl 4 M, 8 M dan 12 M menunjukkan penurunan kandungan Fe menjadi 16,29%; 14,03%; 11,98% dan penurunan Ca menjadi 3,59%, 3,30%, dan 2,96%. Dapat disimpulkan bahwa pemisahan kandungan logam Fe dan Ca kadarnya semakin berkurang dari abu layang dengan semakin besar konsentrasi HCl.

**Kata kunci:** abu layang; asam klorida; zeolite

#### Abstract

*Fly ash is a by-product in the form of solid waste generated from the burning process of coal in power plants, which contains mostly silica ( $\text{SiO}_2$ ), alumina ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ), and iron oxide ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) compounds. Fly ash has the potential to be used as a base for zeolite synthesis. The presence of impurities in fly ash such as Fe and Ca will affect the purity level of the zeolite obtained. Therefore, this study aims to see the effect of using hydrochloric acid (HCl) on the separation of Fe and Ca metals from fly ash as a basic material for zeolite synthesis. The method used to separate Fe and Ca metals using HCl from fly ash is reflux. In this study, HCl was made with a concentration variation of 4 M; 8 M; and 12 M and X-Ray Fluorescence (XRF) analysis was performed on fly ash. Based on the results obtained from XRF, it showed that fly ash using 4 M, 8 M and 12 M HCl obtained Fe metal content of 16.29%; 14.03%; 11.98% and Ca 3.59%, 3.30%, and 2.96%. So it can be concluded that the separation of Fe and Ca metal content decreases from fly ash with the greater the HCl concentration.*

**Key words:** fly ash; hydrochloric acid; zeolite



## 1 Pendahuluan

Pada saat ini sudah banyak industri yang menggunakan bahan batu bara sebagai bahan bakar pada pembangkit tenaga listrik, karena harganya cukup murah dan keberadaannya berlimpah di Indonesia. Kondisi sangat menguntungkan bagi industri. Penggunaan batu bara dalam Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) dan industri lainnya akan menghasilkan limbah yang dapat menyebabkan dampak yang negatif bagi lingkungan. Limbah yang dihasilkan dari proses pembakaran batubara tersebut berupa abu dan debu. Abu tersebut ada yang jatuh dan tertinggal atau mengendap di dasar boiler yang disebut abu dasar (*bottom ash*) dan ada abu yang terbawa oleh gas buang dan keluar melalui cerobong asap boiler disebut dengan abu layang (*fly Ash*). Abu layang ini merupakan limbah produk samping dari pembakaran batu bara yang akan terakumulasi dan berpengaruh terhadap kenaikan limbah industri global

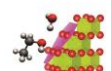
Berdasarkan kepada Peraturan Pemerintah Nomor 101 tahun 2014 tentang pengelolaan limbah Bahan Berbahaya dan Beracun (B3), abu layang termasuk salah satu jenis limbah B3. Keberadaan limbah abu layang batubara jika diproduksi secara besar-besaran oleh industri, hal ini akan berdampak terhadap lingkungan. Oleh sebab itu, perlu adanya upaya pengelolaan atau pengendalian dari dampak yang dihasilkan dari industri penghasil limbah abu layang ini, yaitu dengan cara memanfaatkan kembali limbah abu layang ini menjadi sesuatu yang berguna.

Pemanfaatan limbah Bahan Berbahaya dan Beracun (B3) adalah kegiatan memanfaatkan kembali, atau mendaur ulang limbah B3 menjadi produk yang bermanfaat yang aman bagi kesehatan manusia dan lingkungan hidup, selain itu juga dapat mengurangi keberadaan jumlah limbah B3 di lingkungan yang dihasilkan dari industri. Jika dibiarkan di udara bebas selain dapat mencemari lingkungan, akan membahayakan kesehatan manusia khususnya pada sistem pernafasan. Abu layang dapat dimanfaatkan untuk bahan baku semen, beton, batu bata dan pembuatan zeolit. Sebagai upaya untuk menanggulangi dampak negatif dari hasil pembakaran batubara pada pembangkit tenaga listrik yaitu limbah abu layang, maka penelitian ini akan mencoba memanfaatkan limbah abu layang sebagai bahan dasar untuk pembuatan zeolit.

Kandungan yang terdapat dalam abu layang diantaranya yaitu silika ( $\text{SiO}_2$ ), alumina ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ), dan oksida besi ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ). Kandungan abu layang komposisinya sama dengan zeolit, sehingga abu

layang jika mendapat perlakuan dengan larutan basa dan menggunakan metode hidrotermal akan dapat diubah menjadi zeolit [1]. Mineral alumina dan silika yang terdapat dalam abu layang merupakan bahan dasar untuk pembuatan zeolit. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Molina dan Poole [2], tahun 2004 abu layang mengandung  $\text{SiO}_2$  sekitar 44,53% dan  $\text{Al}_2\text{O}_3$  sekitar 27,05%, dengan adanya kandungan  $\text{SiO}_2$  dan  $\text{Al}_2\text{O}_3$  yang tinggi ini sehingga abu layang bisa dimanfaatkan untuk sintesis zeolit.

Zat-zat anorganik dapat dihilangkan dengan menggunakan asam  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{HNO}_3$ , dan  $\text{HCl}$ . Zat anorganik yang terdapat pada abu layang harus dihilangkan karena kontaminan oksida logam terutama  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{CaO}$  dan  $\text{MgO}$  yang terdapat dalam abu layang akan mempengaruhi tingkat kemurnian sintesis zeolit yang terbentuk. Jika pemisahan logam yang terdapat pada abu layang dilakukan menggunakan  $\text{H}_2\text{SO}_4$  jumlah logam yang hilang lebih sedikit jika dibandingkan dengan menggunakan  $\text{HCl}$  dan  $\text{HNO}_3$ , hal ini disebabkan karena logam yang dihasilkan tidak mudah larut dalam air sehingga penggunaan  $\text{H}_2\text{SO}_4$  tidak cocok untuk menghilangkan beberapa jenis logam [3]. Sedangkan jika menggunakan  $\text{HNO}_3$  hanya dapat menghilangkan logam besi saja tetapi logam yang lain tidak dapat dihilangkan. Berdasarkan hasil penelitian yang sudah dilakukan oleh dengan penggunaan variasi asam ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{HCl}$ ,  $\text{HNO}_3$ ), menunjukkan penggunaan  $\text{HCl}$  adalah asam yang paling efektif dalam menghilangkan logam [4]. Berdasarkan hasil penelitian Adjiantoro et al, pada tahun 2010 menunjukkan bahwa pemurnian silikon metalurgi (MG-Si) dengan menggunakan pelarut asam untuk menghilangkan atau menurunkan kandungan pengotor seperti Fe, Ca, Ti dan Mg, larutan asam yang paling efektif adalah  $\text{HCl}$  (70,22%) dan  $\text{HNO}_3$  (55,11%) [5]. Selain itu pada penelitian yang dilakukan oleh Pratomo et al [6] didapatkan kadar silika tertinggi sebesar 97,30% dengan menggunakan pelarut  $\text{HCl}$  pada sampel abu sekam padi. Demikian juga penelitian yang dilakukan oleh Kurniati [7], menggunakan sampel abu layang dengan pelarut  $\text{HCl}$  didapatkan total efisiensi ekstraksi silika sebesar 89%. Sedangkan penelitian yang dilakukan oleh Aphane et al [8], menggunakan sampel abu layang dengan pelarut  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , total efisiensi ekstraksi Si hanya sebesar 8%. Pembentukan zeolit A yang disebabkan oleh kontaminan oksida logam, terutama  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{CaO}$ , dan  $\text{MgO}$  dapat dihilangkan dari abu layang



dengan pemisahan magnetik atau dengan menggunakan asam klorida (HCl) [9].

Abu layang yang digunakan dalam sintesis zeolit dapat diekstrak melalui proses peleburan secara langsung. Adanya pengotor pada abu layang seperti Fe dan Ca yang juga ikut larut dalam ekstrak tersebut mengakibatkan zeolit yang terbentuk tingkat kemurniannya rendah. Pengotor Fe dan Ca yang ikut terlarut dalam ekstrak tersebut mengakibatkan terbentuknya fasa lain sehingga dapat berpengaruh dalam pembentukan kristal zeolit. Pada penelitian yang dilakukan oleh Kurniawan [10]. menggunakan sampel abu dasar dengan pelarut HCl dengan konsentrasi 12 M, didapatkan kandungan besi (Fe) berkurang menjadi 23,50 %, dan kalsium (Ca) menjadi 11,10% dan hasil kristalinitas yang diperoleh pada sintesis zeolit A dengan pemisahan Fe dan Ca dari abu dasar pada penelitian sebelumnya sebesar 88,64% [10]. Berdasarkan penelitian tersebut pemisahan Fe dan Ca menggunakan HCl dari abu dasar atau abu layang dapat dilakukan [10]. Akan tetapi, penelitian tersebut hanya menggunakan satu variasi konsentrasi HCl saja sehingga masih perlu dilakukan penelitian lebih lanjut menggunakan variasi konsentrasi HCl untuk mempelajari pengaruh konsentrasi HCl terhadap pemisahan logam dari abu layang batubara yang akan digunakan sebagai bahan dasar sintesis zeolit dan melihat pengaruhnya terhadap kristalinitas zeolit sintesis yang dihasilkan, dengan harapan diperoleh tingkat kemurnian zeolit yang lebih tinggi lagi.

## 2 Metode Penelitian/ Method

### 2.1 Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah *X-Ray Fluorescence* (XRF). Bahan yang digunakan adalah abu layang batubara, dan asam klorida (HCl).

### 2.2 Prosedur Penelitian

#### 2.2.1 Identifikasi Komposisi Kimia Abu Layang

Abu layang terlebih dahulu ditumbuk dan digerus menggunakan lumpang dan mortar porselin lalu diayak menggunakan saringan 200 mesh agar ukurannya seragam, kemudian dilakukan uji karakterisasi menggunakan *X-Ray Fluorescence* (XRF) untuk menentukan komposisi unsur-unsur kimia dari abu layang.

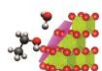
#### 2.2.2 Pemisahan Fe dan Ca dari Abu layang

Sampel abu layang ditumbuk dan digerus menggunakan lumpang dan mortar porselin lalu diayak menggunakan saringan 200 mesh agar ukurannya seragam. Untuk menghilangkan kandungan air yang terdapat pada abu layang, dilakukan pemanasan abu layang di dalam oven pada temperatur 110°C selama 3 jam

Pemisahan Fe dan Ca dari abu layang ini dilakukan menggunakan larutan HCl dengan metode refluks. Abu layang ditimbang sebesar 25 gram lalu dimasukkan ke dalam larutan HCl dengan variasi konsentrasi 12 M, 15 M, 18 M sebanyak 200 mL. Selama 4 jam pada suhu 100°C campuran diaduk menggunakan pengaduk magnet untuk memaksimalkan proses pemisahan. Campuran dicuci dengan aquades dan disaring lalu dikeringkan di dalam oven pada suhu 105 °C selama 14 jam. Hasil pemisahan kemudian dikarakterisasi menggunakan *X-Ray Fluorescence* (XRF) untuk menentukan komposisi unsur-unsur kimia pada abu layang.

## 3 Hasil dan Diskusi

Penelitian ini diawali dengan preparasi sampel limbah abu layang yaitu dengan pengayakan dan pengeringan dengan oven. Abu layang di ayak terlebih dahulu dengan menggunakan ayakan 200 mesh. Tujuan pengayakan adalah untuk menyeragamkan ukuran partikel untuk proses sintesis zeolit [11]. Dengan seragamnya ukuran partikel abu layang sebagai bahan dasar sintesis zeolit maka ukuran pori-pori zeolit akan menjadi lebih besar sehingga ketika diaplikasikan menjadi adsorben kemampuan untuk mengadsorpsi menjadi lebih optimal. Selain menyeragamkan ukuran partikel, pengayakan juga bertujuan untuk memperkecil ukuran partikel sehingga unsur-unsur logam seperti Fe dan Ca yang terdapat pada abu layang akan lebih cepat proses pelarutannya dalam pelarut HCl. Setelah dilakukan pengayakan dengan ukuran 200 mesh, abu layang dipanaskan di oven pada suhu 110°C yang bertujuan untuk menghilangkan kadar air yang terdapat pada abu layang. Selanjutnya dilakukan identifikasi atau menentukan komposisi kimia yang terdapat pada abu layang dengan menggunakan instrumen *X-Ray Fluorescence* (XRF). Identifikasi komposisi kimia yang terdapat pada abu layang ini sangat penting untuk mengetahui persentasi kandungan SiO<sub>2</sub> (Silika) atau Si (Silikon) dan Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (Alumina) atau Al (Aluminium) yang terdapat dalam abu layang, karena komponen SiO<sub>2</sub> dan Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> adalah komponen utama dalam pembuatan zeolit. Berikut adalah hasil analisa abu layang



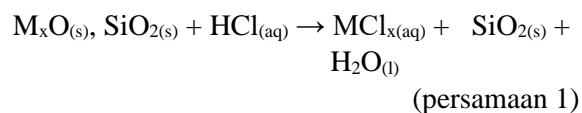
dengan XRF sebelum dilakukan pemisahan dengan HCl dapat dilihat pada Tabel 1.

**Tabel 1.** Komposisi Kimia pada Abu Layang sebelum dilakukan Pemisahan dengan HCl

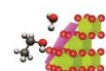
Unsur	Konsentrasi (%)
Al	10,70
Si	25,47
P	0,52
Cl	0,45
K	3,69
Ca	21,60
Ti	2,15
Fe	34,29
Zr	0,22
Ag	0,55
Ba	0,36
<b>Total</b>	<b>100,00</b>
Senyawa	Konsentrasi (%)
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	14,29
SiO <sub>2</sub>	36,88
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,77
Cl	0,28
K <sub>2</sub> O	2,69
CaO	17,62
TiO <sub>2</sub>	1,97
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	24,88
ZrO <sub>2</sub>	0,14
Ag <sub>2</sub> O	0,28
BaO	0,20
<b>Total</b>	<b>100,00</b>

Berdasarkan hasil analisis XRF yang didapat pada Tabel 1, dapat dilihat bahwa kandungan yang terdapat pada abu layang terdapat Si (silicon) sebesar 25,47% atau SiO<sub>2</sub> sebesar 36,88 % dan Al (Aluminium) sebesar 10,70% atau Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> sebesar 14,29 %. Dengan adanya kandungan Silika dan aluminium pada abu layang maka abu layang

berpotensi untuk dijadikan sebagai bahan dasar dalam pembuatan zeolit. Banyaknya kandungan Silika dan Alumina dapat digunakan dalam menentukan rasio Si/Al yang dapat berpengaruh terhadap jenis zeolit yang terbentuk. Bila dilihat pada Tabel 1 nilai rasio Si/Al pada abu layang tersebut adalah 2,4. Karena nilai rasio Si/Al yang dihasilkan termasuk relatif rendah, sehingga abu layang ini dapat digunakan sebagai bahan dasar dalam pembuatan zeolit dengan kadar Si yang rendah contohnya untuk pembuatan zeolit A. Berdasarkan hasil analisa XRF, selain adanya kandungan Si dan Al dalam abu layang, terdapat juga kandungan logam Fe dan Ca yang cukup tinggi yaitu sebesar 34,29% untuk Fe dan 21,60% untuk Ca. Adanya kandungan Fe dan Ca ini dapat mengganggu dalam proses pembuatan zeolit, sehingga kandungan Fe dan Ca harus dilakukan pemisahan terlebih dahulu. Pemisahan kandungan Fe dan Ca dalam abu layang dilakukan menggunakan asam klorida (HCl) dengan metode refluks. Selama reaksi pemisahan dengan HCl, Ca akan bereaksi dengan HCl membentuk CaCl<sub>2</sub> dan Fe akan bereaksi dengan HCl membentuk FeCl<sub>3</sub>, sedangkan silika (SiO<sub>2</sub>) yang merupakan unsur utama dalam sintesis zeolit tidak bereaksi dengan HCl, reaksinya bisa dilihat seperti pada pers. (1):



Hasil pemisahan dengan HCl, kemudian dilakukan analisa kembali menggunakan XRF untuk mengetahui seberapa banyak kandungan Fe dan Ca yang hilang atau berkurang setelah dilakukan pemisahan dengan HCl. Pemisahan kandungan Fe dan Ca dilakukan dengan HCl dengan variasi konsentrasi yaitu 4 M, 8 M, dan 12 M. Dari variasi konsentrasi HCl ini dapat diketahui pengaruhnya terhadap penghilangan kandungan logam Fe dan Ca dalam abu layang. Hasil Analisa XRF tersebut dapat dilihat pada Tabel 2, Tabel 3, dan Tabel 4.

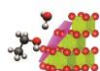


**Tabel 2.** Komposisi Kimia Abu Layang sebelum dan setelah dilakukan Pemisahan dengan HCl 4 M

Unsur	Konsentrasi sebelum pemisahan (%)	Konsentrasi setelah pemisahan (%)	Senyawa	Konsentrasi sebelum pemisahan (%)	Konsentrasi setelah pemisahan (%)
Al	10,70	7,68	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	14,29	9,17
Si	25,47	60,54	SiO <sub>2</sub>	36,88	72,89
P	0,52	0,90	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,77	0,97
Cl	0,45	0,93	Cl	0,28	0,43
K	3,69	5,78	K <sub>2</sub> O	2,69	3,11
Ca	21,60	3,59	CaO	17,62	2,14
Ti	2,15	3,08	TiO <sub>2</sub>	1,97	2,11
Fe	34,29	16,29	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	24,88	8,69
Zr	0,22	0,36	ZrO <sub>2</sub>	0,14	0,16
Ag	0,55	0,51	Ag <sub>2</sub> O	0,28	0,19
Ba	0,36	0,36	BaO	0,20	0,15
<b>Total</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>Total</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>

**Tabel 3.** Komposisi Kimia Abu Layang sebelum dan setelah dilakukan Pemisahan dengan HCl 8 M

Unsur	Konsentrasi sebelum pemisahan (%)	Konsentrasi setelah pemisahan (%)	Senyawa	Konsentrasi sebelum pemisahan (%)	Konsentrasi setelah pemisahan (%)
Al	10,70	6,49	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	14,29	7,72
Si	25,47	63,69	SiO <sub>2</sub>	36,88	75,87
P	0,52	0,97	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,77	1,01
Cl	0,45	1,33	Cl	0,28	0,59
K	3,69	5,48	K <sub>2</sub> O	2,69	2,87
Ca	21,60	3,30	CaO	17,62	1,92
Ti	2,15	3,13	TiO <sub>2</sub>	1,97	2,09
Fe	34,29	14,03	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	24,88	7,31
Zr	0,22	0,37	ZrO <sub>2</sub>	0,14	0,17
Ag	0,55	0,62	Ag <sub>2</sub> O	0,28	0,23
Ba	0,36	0,43	BaO	0,20	0,17
<b>Total</b>	<b>100,00</b>	<b>0,43</b>	<b>Total</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>





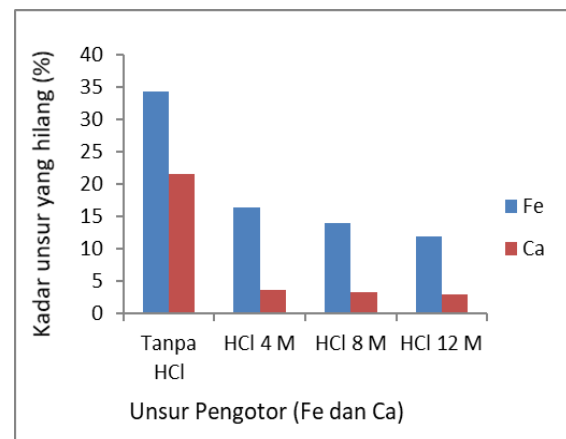
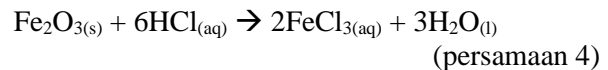
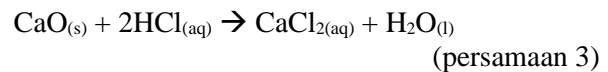
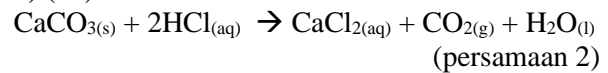
**Tabel 4.** Komposisi Kimia Abu Layang sebelum dan setelah dilakukan Pemisahan dengan HCl 12 M

Unsur	Konsentrasi sebelum pemisahan (%)	Konsentrasi setelah pemisahan (%)	Senyawa	Konsentrasi sebelum pemisahan (%)	Konsentrasi setelah pemisahan (%)
Al	10,70	6,60	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	14,29	7,81
Si	25,47	67,21	SiO <sub>2</sub>	36,88	78,25
P	0,52	0,91	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,77	0,91
Cl	0,45	1,44	Cl	0,28	0,62
K	3,69	5,01	K <sub>2</sub> O	2,69	2,51
Ca	21,60	2,96	CaO	17,62	1,65
Ti	2,15	2,82	TiO <sub>2</sub>	1,97	1,81
Fe	34,29	11,98	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	24,88	6,04
Zr	0,22	0,34	ZrO <sub>2</sub>	0,14	0,15
Ag	0,55	0,48	Ag <sub>2</sub> O	0,28	0,17
Ba	0,36	0,26	BaO	0,20	0,10
<b>Total</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>Total</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>

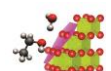
Berdasarkan hasil analisa yang diperoleh menggunakan instrumen XRF terlihat bahwa pada Tabel 2 pemisahan Fe dan Ca dari abu layang dengan menggunakan HCl 4 M diperoleh kandungan logam Fe sebesar 16,29% berkurang 18% dan Ca sebesar 3,59% berkurang 18,01% dari sebelum dilakukan pemisahan dengan menggunakan HCl. Tabel 3 pemisahan Fe dan Ca dari abu layang dengan menggunakan HCl 8 M diperoleh kandungan logam Fe sebesar 14,03% berkurang 20,26% dan Ca sebesar 3,30% berkurang 18,3% dari sebelum dilakukan pemisahan menggunakan HCl. Sedangkan pada Tabel 4 pemisahan Fe dan Ca dari abu layang menggunakan HCl 12M diperoleh kandungan logam Fe sebesar 11,98% berkurang 22,31% dan Ca sebesar 2,96% berkurang 18,64% dari keadaan sebelum dilakukan pemisahan dengan menggunakan HCl. Pengaruh konsentrasi HCl terhadap penghilangan logam Fe dan Ca dapat dilihat pada Gambar 1.

Dari hasil Gambar 1 terlihat bahwa pemisahan kandungan logam Fe dan Ca dari abu layang dengan menggunakan HCl semakin berkurang dengan semakin besarnya konsentrasi HCl. Hal ini disebabkan karena semakin besar konsentrasi, maka semakin banyak Fe dan Ca yang terikat bereaksi dengan HCl dimana Ca akan bereaksi dengan HCl membentuk CaCl<sub>2</sub> dan Fe akan bereaksi dengan HCl membentuk FeCl<sub>3</sub> sehingga kadar Fe dan Ca dalam abu layang semakin berkurang dengan semakin besarnya konsentrasi HCl. Berikut reaksi yang terjadi dalam proses pemisahan logam-logam oksida yang

terdapat pada abu layang ketika direaksikan dengan HCl yang dapat dilihat pada persamaan (2-4) (10)

**Gambar 1.** Pengaruh Konsentrasi HCl terhadap penghilangan logam Fe dan C

Jika dilihat dari reaksi di atas, menunjukkan bahwa Ca dalam bentuk fasa kalsit (CaCO<sub>3</sub>) dan dalam bentuk senyawa kalsium oksida (CaO) dapat bereaksi dengan HCl membentuk CaCl<sub>2</sub> yang dapat larut di dalam air, sedangkan Fe dalam



bentuk senyawa  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  akan bereaksi dengan HCl membentuk  $\text{FeCl}_3$  yang juga mudah larut dalam air. Selama proses pencucian abu layang dengan metode refluks menggunakan larutan HCl kandungan senyawa pengotor logam Fe dan Ca akan larut dalam HCl, sehingga kandungannya akan berkurang pada abu layang.

Pada penelitian yang dilakukan oleh Anggia et al [12] didapatkan bahwa semakin tinggi konsentrasi HCl yaitu 1 M, 2 M dan 4 M maka pelarutan logam Fe dan Ca dari abu layang akan semakin meningkat, untuk Fe dihasilkan dari 7,47% menjadi 8,13% sedangkan untuk Ca dihasilkan dari 1,91% menjadi 3,26%. Berdasarkan teori, semakin besar konsentrasi asam maka logam yang dapat larut akan semakin banyak, hal ini disebabkan karena ion  $\text{H}^+$  yang berasal dari HCl akan semakin banyak juga yang terdifusi, akibatnya logam Fe dan Ca pada abu layang akan bereaksi dengan ion  $\text{Cl}^-$  membentuk  $\text{FeCl}_3$  dan  $\text{CaCl}_2$  [13]. Sedangkan pada penelitian Kurniawan, et al, tahun 2017 didapatkan penggunaan HCl 12 M mampu mengurangi kandungan logam Fe dan Ca dari abu dasar sebesar 25,90% untuk Fe dan 14,40% untuk logam Ca, hasil pemisahan Fe dan Ca dari abu dasar tersebut dapat meningkatkan kristalinitas pada proses sintesis zeolit A sebanyak 88,64% [10].

Selain itu kemurnian silika akan didapat pada saat pencucian abu layang menggunakan HCl dengan konsentrasi asam paling tinggi, hal ini dikarenakan jumlah pengotor yang hilang akan semakin banyak. Pada penelitian ini pemisahan Fe dan Ca dari abu layang menggunakan HCl dengan konsentrasi 12 M diperoleh kandungan silika sebesar 78,25 % dengan kadar yang paling murni dibandingkan dengan menggunakan HCl 4 M kandungan silikanya sebesar 72,89% dan 75,87% dengan HCl 8 M, hal ini disebabkan karena kandungan unsur-unsur yang dianggap pengganggu yaitu Fe dan Ca semakin banyak yang larut dalam pelarut HCl pada konsentrasi 12 M, sedangkan silika tidak dapat larut [14]. Dengan hilangnya atau berkurangnya logam pengotor Fe dan Ca maka untuk proses sintesis zeolit diharapkan akan meningkatkan kristalinitas zeolit sehingga kemampuan kerjanya sebagai adsorben akan meningkat.

#### 4 Kesimpulan

Berdasarkan hasil yang diperoleh dari instrumen *X-Ray Fluorescence* (XRF) pada abu layang batubara sebelum dilakukan pemisahan dengan pelarut HCl didapatkan logam Fe sebesar 34,29% dan Ca sebesar 21,60% . Sedangkan hasil

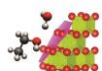
XRF pada abu layang setelah dilakukan pemisahan dengan HCl 4 M, 8 M dan 12 M berturut-turut diperoleh kandungan logam Fe sebesar 16,29%; 14,03%; 11,98% dan Ca sebesar 3,59%, 3,30%, dan 2,96%. Sehingga dapat disimpulkan bahwa pemisahan kandungan logam Fe dan Ca kadarnya semakin berkurang dari abu layang dengan semakin besar konsentrasi HCl.

#### Ucapan Terima Kasih

Penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada Bapak Mahmud selaku laboran dan semua pihak yang telah banyak membantu dalam penelitian ini yang tidak dapat disebutkan satu per satu.

#### Daftar Pustaka

- [1]. Tanaka H, Sakai Y, Hino R. Formation of Na-A and -X zeolites from waste solutions in conversion of coal fly ash to zeolites. *Mater Res Bull* [Internet]. 2002;37(11):1873–84. Available from: [http://dx.doi.org/10.1016/s0025-5408\(02\)00861-9](http://dx.doi.org/10.1016/s0025-5408(02)00861-9)
- [2]. Molina A, Poole C. A Comparative Study using Two Methods to Produce Zeolites from Fly Ash. *Miner Eng* [Internet]. 2004;17(2):167–73. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.mineng.2003.10.025>
- [3]. Hidayah SR. Sintesis dan Karakterisasi Nanozeolit Y dari Abu Sekam Padi dengan Variasi Rasio  $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$  menggunakan Templat Organik. Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim; 2016.
- [4]. Chakraverty A, Mishra P, Banerjee HD. Investigation of combustion of raw and acid-leached rice husk for production of pure amorphous white silica. *J Mater Sci* [Internet]. 1988;23(1):21–4. Available from: <http://dx.doi.org/10.1007/bf01174029>
- [5]. Adjiantoro B, Maburi E. Pengaruh Waktu Pelindian pada Proses Pemurnian Silikon Tingkat Metalurgi Menggunakan Larutan HCl [Effect of Leaching Time on Purification Process of Metallurgical Grade Silicon by Using Acid Solution]. *Metalurgi* [Internet]. 2016;27(1):1. Available from: <http://dx.doi.org/10.14203/metalurgi.v27i1.133>



- [6]. Pratomo I, Wardhani S, Purwonugroho D. Pengaruh Teknik Ekstraksi dan Konsentrasi HCl dalam Ekstraksi Silika dari Sekam Padi untuk Sintesis Silika Xerogel. *J Ilmu Kim Univ Brawijaya*. 2013;2(1):358–64.
- [7]. Kurniati E. Ekstraksi Silica White Powder dari Limbah Padat Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi. Surabaya: UPN Press; 2009.
- [8]. Aphane ME, Van der Merwe EM, Doucet FJ, Petrik L. Aphane ME, Van Der Merwe EM, Doucet FJ, Petrik L. The effect of sulphuric acid concentration on the removal of reactive aluminium from south african coal fly ash. In: *World of Coal Fly Ash (WOCA) Conference*. Nashville; 2015.
- [9]. Chareonpanich M, Jullaphan O, Tang C. Bench-scale Synthesis of Zeolite A from Subbituminous Coal Ashes with High Crystalline Silica Content. *J Clean Prod* [Internet]. 2011;19(1):58–63. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2010.08.012>
- [10]. Kurniawan RY, Widiastuti N. Sintesis Zeolit-A dari Abu Dasar Batubara dengan Pemisahan Fe dan Ca. *J Sains dan Seni ITS* [Internet]. 2017;6(1). Available from: <http://dx.doi.org/10.12962/j23373520.v6i1.22842>
- [11]. Wicaksono AA. Pengaruh Temperatur pada Proses Bayer terhadap Ekstraksi Alumina pada Bijih Nepheline. Universitas Indonesia; 2012.
- [12]. Anggia DM, Suprpto. Pemurnian Silika Pada Abu Layang Dari Pembangkit Listrik di Paiton (PT YTL) Dengan Pelarutan Asam Klorida dan Aqua regia. *J Sains Seni ITS*. 2016;5(2).
- [13]. Fitri NTD. Ekstraksi dan Penentuan Kadar Ion Aluminium Hasil Ekstraksi dari Abu Terbang (Fly Ash) batubara. Universitas Jember; 2014.
- [14]. Scherban S, Raizman V, Pevzner I. Technologies of coal fly ash processing into metallurgical and silicate chemical products. *Prepr Pap Am Chem Soc Div Fuel Chem*. 1995;40(4).

