



**EKSTRAKSI LOGAM ALUMINIUM (Al) DARI *FLY ASH* BATU BARA
PLTU-PAITON DENGAN PELARUT NaOH**

SKRIPSI

Oleh

Aranca Nindya Puspa

NIM 111810301043

JURUSAN KIMIA

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM

UNIVERSITAS JEMBER

2016



**EKSTRAKSI LOGAM ALUMINIUM (Al) DARI *FLY ASH*
BATUBARA PLTU-PAITON DENGAN PELARUT NaOH**

SKRIPSI

diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat
untuk menyelesaikan Program Studi Kimia (S1)
dan mencapai gelar Sarjana Sains

Oleh :

**Aranca Nindya Puspa
NIM 111810301043**

**JURUSAN KIMIA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS JEMBER
2016**

PERSEMBAHAN

Puji syukur ke hadirat Allah SWT yang Maha Segalanya, yang telah meridhoi dan membimbing setiap tahap dalam menyelesaikan skripsi ini. Saya persembahkan skripsi dengan penuh ketulusan kepada:

1. Papaku Maksum dan Mamaku Nanik Suciarti yang telah memberikan segalanya untukku
2. Kakak-kakakku Anys Istilah Maksum, S.E dan Ardila Asmara yang telah mendukung dan mendoakanku sepenuh hati
3. Keluarga Kakek Asnawi
4. Almamater Jurusan Kimia FMIPA UNEJ
5. Guru-guruku di TK Bhayangkari, SDN 1 Rogojampi, SMPN 1 Rogojampi, dan SMAN 1 Giri Banyuwangi

MOTTO

Dan bahwa manusia hanya memperoleh apa yang telah diusahakannya, dan sesungguhnya usahanya itu kelak akan diperlihatkan (kepadanya), kemudian akan diberi balasan kepadanya dengan balasan yang paling sempurna.

(terjemahan Q.S An-Najm : 39-41) *)

一生懸命お祈りをし、精一杯働く

Isshōkenmei oinori o shi, seiippai hataraku

(Berdoa sepenuh hati, bekerja sekuat tenaga). **)

Dunia ini akan selalu dipenuhi dengan ketidakadilan. Jika kau memiliki waktu untuk menyerah atau menyimpan dendam terhadap ketidakadilan itu, sebaiknya gunakan waktumu untuk menghadapi ketidakadilan itu. ***)

*) Departemen Agama RI. 1995. Al-Qur'an dan Terjemahnya. Semarang : PT Karya Toha Putra

**) Anonim. 2016. Kotowaza Kata-Kata Mutiara Bahasa Jepang.

<http://bangkudepan.com/kata-kata-mutiara-bahasa-jepang/> [13 September 2016]

***) Kishi, Seiji (*Director*). 2016. *Assassination Classroom : Second / FINAL Seasons* [Anime] (Available on Fuji TV, Madman Entertainment and Funimation, Japan).

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Aranca Nindya Puspa

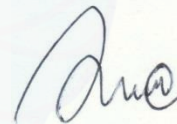
NIM : 111810301043

menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi yang berjudul “Ekstraksi Logam Aluminium (Al) dari *Fly Ash* Batubara PLTU-Paiton dengan Pelarut NaOH” adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali dalam pengutipan substansi disebutkan sumbernya, dan belum pernah diajukan institusi mana pun, serta bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa ada tekanan dan paksaan dari pihak mana pun serta bersedia mendapatkan sanksi akademik jika ternyata dikemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 17 November 2016

Yang menyatakan,



Aranca Nindya Puspa

111810301043

SKRIPSI

**EKSTRAKSI LOGAM ALUMINIUM (Al) DARI *FLY ASH* BATUBARA
PLTU-PAITON DENGAN PELARUT NaOH**

Oleh :

Aranca Nindya Puspa
NIM 111810301043

Pembimbing

Dosen Pembimbing Utama : Novita Andarini, S.Si, M.Si

Dosen Pembimbing Anggota : Tanti Haryati, S.Si, M.Si

PENGESAHAN

Skripsi berjudul “Ekstraksi Logam Aluminium (Al) dari *Fly Ash* Batubara PLTU-Paiton dengan Pelarut NaOH” karya Aranca Nindya Puspa telah diuji dan disahkan pada:

hari, tanggal : **RABU 23 NOV 2016**

tempat : Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas
Jember

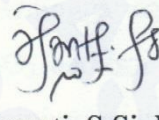
Tim Penguji

Dosen Pembimbing Utama



Novita Andarini, S.Si, M.Si
NIP 197211122000032001

Dosen Pembimbing Anggota



Tanti Haryati, S.Si, M.Si
NIP 198010292005012002

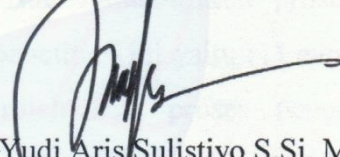
Anggota Tim Penguji

Dosen Penguji I



Dr. Bambang Piluharto, S.Si, M.Si.
NIP 197107031997021001

Dosen Penguji II



Yudi Aris Sulistiyo S.Si, M.Si
NIP 198809242014041001

Mengesahkan

Dekan,



Drs. Sujito, Ph.D.

NIP 196102041987111001

RINGKASAN

Ekstraksi Logam Aluminium (Al) dari *Fly Ash* Batubara PLTU-Paiton dengan Pelarut NaOH; Aranca Nindya Puspa, 111810301043; 2016: 42 halaman; Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.

Fly ash merupakan limbah padat hasil dari proses pembakaran batu bara dalam *furnace* pada PLTU. Pemanfaatan limbah *fly ash* dapat dilakukan dengan syarat harus mengetahui sifat fisik dan kimianya, sehingga dapat dilakukan pemanfaatan secara optimal. *Fly ash* mengandung Al_2O_3 berkisar 14,52-23,78% sehingga kandungan tersebut dapat dimanfaatkan. Aluminium adalah logam yang ringan dan cukup penting dalam kehidupan manusia. Aluminium mudah teroksidasi didalam udara bebas membentuk lapis tipis oksida (Al_2O_3) yang tahan terhadap korosi. Pemanfaatan kandungan alumina dalam *fly ash* dapat dilakukan dengan cara ekstraksi menggunakan pelarut NaOH dan diikuti proses sinter menggunakan $Ca(OH)_2$ dan $NaHCO_3$. Tujuan penelitian ini yaitu (1) mengetahui endapan $Al(OH)_3$ dari *fly ash* yang diperoleh saat proses pengendapan menggunakan HCl pada pH 6 dan 6,5; (2) mengetahui pengaruh variasi suhu reduksi terhadap logam Al yang diperoleh.

Sampel (*Fly Ash*) dari PLTU Paiton-Probolinggo sebanyak 150 gram direndam dalam air panas suhu $100^\circ C$ selama 2 jam dan dilakukan proses pengasaman menggunakan asam sulfat 10%. Tahap selanjutnya adalah proses ekstraksi untuk mendapatkan produk desilikasi, ekstraksi dilakukan dengan menggunakan pelarut NaOH 8 M selama 150 menit pada suhu $95^\circ C$. Produk *fly ash* desilikasi yang diperoleh kemudian diekstrak kembali dengan pelarut NaOH 20 M dan dicampur dengan $Ca(OH)_2$ pada suhu $250^\circ C$ selama 60 menit. Larutan natrium aluminat yang diperoleh dari hasil ekstraksi kedua tersebut kemudian dilakukan proses sinter menggunakan $NaHCO_3$ pada suhu $95^\circ C$ selama 2 jam. Tahap selanjutnya adalah mengendapkan larutan natrium tetrahidroksi aluminat

dengan menggunakan larutan HCl 4 M pada pH 6 dan 6,5 untuk memperoleh endapan aluminium hidroksida. Proses selanjutnya adalah mereduksi endapan aluminium hidroksida dengan reduktor Mg dengan variasi suhu 600-700°C dengan interval 50°C selama 2,5 jam. Hasil reduksi diperoleh logam Al yang kemudian dianalisis secara kualitatif menggunakan UV-VIS serta secara kuantitatif menggunakan metode AAS dan XRF.

Hasil aluminium hidroksida yang diperoleh dengan perlakuan pH 6 adalah 1,581 gram dengan rendemen 61,830% dan dengan perlakuan pH 6,5 adalah 1,688 gram dengan rendemen 66,015%. Produk 600°C memiliki warna putih keabu-abuan, produk 650°C memiliki warna putih dan produk 700°C memiliki warna putih keabu-abuan hampir sama dengan produk 600°C. Analisis kualitatif dilakukan dengan menggunakan reagen spesifik untuk aluminium yaitu alizarin. Hasil identifikasi secara kualitatif sampel reduksi *fly ash* dengan reagen spesifik alizarin menunjukkan positif mengandung aluminium karena pada sampel terdapat endapan berwarna merah. Pengukuran absorbansi alizarin menggunakan UV-VIS dari area panjang gelombang 440-600 nm dengan interval 5 nm memiliki panjang gelombang maksimum 495 nm dengan absorbansi 0,140. Sampel pH 6 dan 6,5 mengandung aluminium, karena sampel pada masing-masing suhu menyerap ada panjang gelombang mendekati panjang gelombang maksimum alizarin. Analisis kuantitatif pada penelitian ini menggunakan metode AAS untuk menentukan kadar aluminium pada panjang gelombang 309,3 nm. Kandungan alumina dalam *fly ash* sebesar 14,52%, pada penelitian ini berhasil mendapatkan sebesar 8,667% untuk pH 6 dan 9,013% untuk pH 6,5. Sedangkan dengan metode XRF diperoleh kadar 9,96% pada pH 6,5. Hasil tersebut menunjukkan masih terdapat pengotor yang tersisa saat reduksi Pada pH 6 massa dan kadar $\text{Al}(\text{OH})_3$ yang dihasilkan lebih kecil yaitu 1,581 gram dengan kadar 37,024%, sedangkan pada pH 6,5 lebih tinggi yaitu 1,688 gram dengan kadar 41,723%. Pada suhu reduksi 600°C dan 700°C kadar dan rendemen logam Al yang diperoleh lebih rendah daripada pada suhu reduksi 650°C.

PRAKATA

Puji syukur ke hadirat Allah SWT atas segala hidayah dan petunjuk-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul *Ekstraksi Logam Aluminium (Al) dari Fly Ash Batubara PLTU-Paiton dengan Pelarut NaOH*. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat menyelesaikan pendidikan strata satu (S1) pada Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.

Penyusunan skripsi ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan terima kasih kepada:

1. Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember
2. Bapak Dr. Bambang Piluharto, S.Si., M.Si selaku Ketua Jurusan Kimia dan Bapak Ibu Dosen Jurusan Kimia FMIPA Universitas Jember
3. Ibu Novita Andarini, S.Si., M.Si selaku Dosen Pembimbing Utama dan Ibu Tanti Haryati, S.Si., M.Si selaku Dosen Pembimbing Anggota yang telah meluangkan waktu, tenaga, pikiran dan kesabaran dalam membimbing untuk penyelesaian skripsi ini hingga akhir.
4. Bapak Dr. Bambang Piluharto, S.Si, M.Si selaku Dosen Penguji I dan Bapak Yudi Aris Sulistiyo S.Si., M.Si selaku Dosen Penguji II yang telah memberikan kritik dan saran yang sangat berharga dalam skripsi ini.
5. Sahabatku Karina Aprillia, Qurrotu Aini, Anggita Kusuma Wardhana, Arie Wulandari, dan Ichigo Azmi Yamada terima kasih telah menjadi tempat berbagi suka dan duka selama ini. Doa, dukungan dan bantuan kalian sangat berharga sekali.
6. Sahabatku “GoPoh ta pean?” Susilowati dan Agung Wendy Prasetyo yang rela mendengarkan tangisanku, menghibur dan membantuku.
7. Sahabat “Gorjes in Love” Bunis, Momiji, Mbabul, Kak Re, Maria, Alfi, Mas Chaanakya, dan Om Raka yang selalu membuat hari-hariku selama skripsi menjadi berwarna dengan canda tawa kalian, doa dan dukungan kalian sangat berharga.

8. Sahabat Kimia 2011 SOLVENT yang selalu memberikan semangat untuk lulus, terima kasih atas keceriaan dan semua pengalaman bersama selama 5 tahun ini.
9. “Love in Crime Partner” Yosi Dwi Tama, terima kasih atas kesabaran dan telah banyak membantuku selama ini.
10. Partner penelitian bidang Kimia Anorganik, Karina A., Nanang S., Ainun N., Ika Puji L., Nida A., Eka Y., Faizatur R., Siti Aisah dan teman-teman Lab. Kimia barat yang membuat suasana Lab. menjadi menyenangkan.
11. Teknisi Laboratorium Mbak Lisa, Mas Darma, Mas Dul, Mbak Sari dan Mas Maryono serta admin Jurusan Kimia Mas Edi yang selalu memberikan bantuan, semangat dan motivasinya.
12. Adik-adik angkatanku kimia, terima kasih telah memberikan semangatnya.
13. Seluruh pihak yang turut membantu, memotivasi, mendukung dan menjadi bagian perjalananku yang tidak bisa disebutkan satu-persatu.
14. Teman-teman kos Nias I dan Wisma Hanny, terima kasih telah mendukung dan memberikan semangat.
15. HIMAKI FMIPA UNEJ yang telah menjadi tempatku untuk banyak belajar dan memberiku banyak pelajaran.
16. Seluruh pihak yang turut membantu, memotivasi, mendukung dan menjadi bagian perjalananku yang tidak bisa disebutkan satu-persatu.

Penulis juga menerima segala kritik dan saran dari semua pihak demi kesempurnaan skripsi ini. Penulis berharap, semoga skripsi ini dapat bermanfaat.

Jember, 17 November 2016

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERSEMBAHAN	ii
HALAMAN MOTTO	iii
HALAMAN PERNYATAAN.....	iv
HALAMAN PEMBIMBINGAN.....	v
HALAMAN PENGESAHAN.....	vi
RINGKASAN	vii
PRAKATA	ix
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR.....	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xv
BAB 1 PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan	3
1.4 Manfaat Penelitian.....	3
1.5 Batasan Masalah	3
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	
2.1. Abu Terbang (<i>Fly Ash</i>)	4
2.2 Sifat Abu Terbang (<i>Fly Ash</i>).....	6
2.3 Aluminium	7
2.4 Sifat Aluminium	8
2.5 Ekstraksi	10
2.6 Ekstraksi Padat-Cair	11
2.7 Reduksi.....	12
2.8 Kelarutan dan Hasil Kali Kelarutan (<i>Ksp</i>)	12
2.9 Spektrofotometri UV-VIS	13
2.10 Spektrofotometri Serapan Atom (<i>SSA</i>)	15

2.11 Spektrofotometri X-Ray Flourecence (XRF).....	18
BAB 3 METODE PENELITIAN	
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian	19
3.2 Alat dan Bahan.....	19
3.3 Diagram Alir Penelitian.....	20
3.4 Prosedur Kerja	
3.4.1 Preparasi Larutan	21
3.4.2 Preparasi Sampel.....	22
3.4.3 Pengasaman.....	22
3.4.4 Ekstraksi Untuk Mendapatkan Produk Desilikasi.....	22
3.4.5 Preparasi Aluminium Hidroksida.....	23
3.4.6 Reduksi.....	23
3.4.7 Analisis Kualitatif	23
3.4.8 Analisis Kuantitatif	
3.4.8.1 Pembuatan Kurva Kalibrasi	24
3.4.8.2 Uji AAS.....	24
3.4.8.3 Uji XRF.....	24
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN	
4.1 Perbandingan pH 6 dan 6,5 Terhadap Rendemen Endapan Al(OH) ₃ yang Diperoleh.....	25
4.2 Pengaruh Variasi Suhu Reduksi Terhadap Logam Al yang Diperoleh	27
4.2.1 Analisis Kualitatif Hasil Reduksi.....	31
4.2.2 Analisis Kuantitatif Hasil Reduksi.....	34
BAB 5 PENUTUP	
5.1 Kesimpulan	37
5.2 Saran	37
DAFTAR PUSTAKA	38
LAMPIRAN.....	43

DAFTAR TABEL

	Halaman
2.1 Komposisi Kimia Abu Terbang PLTU-Paiton Probolinggo.....	6
2.2 Sifat-Sifat Fisik Aluminium.....	9
4.1 Hasil Ekstraksi $\text{Al}(\text{OH})_3$ Pada pH 6 dan 6,5	26
4.2 Hasil Identifikasi Sampel Hasil Reduksi dengan Alizarin Red	31
4.3 Data Absorbansi Sampel Hasil Uji Kualitatif	32
4.4 Kadar dan Rendemen Aluminium Hidroksida Hasil Ekstraksi.....	35
4.5 Kadar dan Rendemen Aluminium Hasil Reduksi	35

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
2.1 Diagram Kelarutan Spesies Al	7
3.1 Diagram Alir Penelitian	20
4.1 Produk Reduksi	30
4.2 Diagram Ellingham	30
4.3 Reaksi Kompleks Alizarin dengan Aluminium	31
4.4 Grafik Perbandingan λ_{\max} Alizarin dengan Sampel pH 6.....	32
4.5 Grafik Perbandingan λ_{\max} Alizarin dengan Sampel pH 6,5.....	32
4.6 Kurva Kalibrasi Larutan Standar Al	34

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
LAMPIRAN A Pembuatan Larutan.....	43
LAMPIRAN B Stokimetri Massa Reaktan Hasil Reduksi	46
LAMPIRAN C Kondisi Parameter AAS Untuk Unsur Al	46
LAMPIRAN D Rendemen dan Kadar $\text{Al}(\text{OH})_3$ Hasil Ekstraksi dan Kadar Al Hasil Reduksi	47
LAMPIRAN E Massa Al dalam $\text{Al}(\text{OH})_3$ pada pH 6 dan 6,5 dan Rendemen Al Hasil Reduksi	57
LAMPIRAN F Perhitungan Kelarutan $\text{Al}(\text{OH})_3$ dan $\text{Mg}(\text{OH})_2$	60
LAMPIRAN G Absorbansi Panjang Gelombang Alizarin dan Sampel dengan Spektrofotometri UV-VIS	61
LAMPIRAN H Hasil Analisis Kualitatif Sampel pH 6 dan 6,5	62
LAMPIRAN I Hasil Analisis Kuantitatif XRF.....	63

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Fly ash merupakan limbah padat hasil dari proses pembakaran batu bara dalam *furnace* pada PLTU yang kemudian terbawa keluar oleh sisa-sisa pembakaran serta ditangkap dengan menggunakan elektrostatik *precipitator* (Dafi, 2009). *Fly ash* umumnya disimpan sementara pada PLTU dan akhirnya dibuang di *landifill* (tempat pembuangan) (Jumaeri, dkk, 2007). *Fly Ash* memiliki dampak yang berbahaya untuk kesehatan khususnya pada sistem pernafasan dan kulit. Oleh sebab itu, menurut peraturan PP85/1999, limbah *fly ash* ini dikategorikan sebagai limbah B3 (Bahan Beracun dan Berbahaya). Pemanfaatan limbah *fly ash* dapat dilakukan dengan syarat harus mengetahui sifat fisik dan kimianya, sehingga dapat dilakukan pemanfaatan secara optimal (Molina dan Poole, 2004). *Fly ash* mengandung SiO_2 berkisar 30,25-36,83%, Al_2O_3 berkisar 14,52-23,78%, Fe_2O_3 berkisar 13,46-19,94%, CaO berkisar 40-16,57%, MgO berkisar 5,360-8,110% dan bahan lainnya (PJB Paiton, 2002).

Aluminium merupakan logam yang baik sebagai konduktor panas dan merupakan bahan yang sangat penting dalam pembuatan bangunan kapal, pesawat, dan mobil. Aluminium adalah logam yang dapat dipadukan dengan logam lain untuk meningkatkan kekuatannya, karena aluminium mempunyai daya hantar panas yang baik. Logam aluminium juga sangat tahan terhadap korosi bila dilapisi dengan oksigen. Aluminium memiliki banyak kegunaan karena memiliki sifat yang ringan, tahan korosi, dan kuat.

Penelitian sebelumnya mengenai pemanfaatan *fly ash* telah dilakukan, salah satu penelitian yang dilakukan oleh Rattanasak & Chindaprasirt (2009) yaitu meneliti pengaruh pelarut NaOH yang digunakan ekstraksi padat-cair untuk mengekstrak Al_2O_3 dan SiO_2 dari *fly ash* untuk dijadikan geopolimer. Hasil optimum untuk mengekstrak alumina dan silika untuk dijadikan geopolimer adalah NaOH 10 M. Penelitian lain yang dilakukan oleh Shuang *et al.* (2010) mengenai sintesis aluminium hidroksida *ultrafine* dari *fly ash* batu bara dengan

proses pelarutan alkali. Efisiensi ekstraksi alumina yang diperoleh mencapai 89%. Larutan natrium aluminat yang dihasilkan dari pelarutan alkali tahap kedua digunakan untuk mensintesis aluminium hidroksida *ultrafine*. Liu *et al.* (2012) yang melakukan penelitian mengenai ekstraksi alumina dari *fly ash* menggunakan metode alkali, dimana pelarut yang digunakan adalah NaOH 3,75 M dan setelah dipreparasi menggunakan CO₂ serta pelelehan dengan kapur diperoleh kemurnian alumina sebesar 98,9%. Bai *et al.* (2010) meneliti tentang desilikasi pada *fly ash* secara alkali dengan proses sinter untuk memproduksi aluminium. *Fly ash* diekstraksi untuk memperoleh alumina dengan larutan NaOH 60,78 g/L dan dilakukan proses sinter menggunakan larutan Na₂CO₃ 10 g/L untuk mendapatkan *fly ash* desilikasi yang diikuti dengan proses pengadukan selama 10 menit pada suhu 85°C, hasil akhir efisiensi alumina yang diperoleh sebesar 90%.

Berdasarkan penelitian sebelumnya yang mendukung tentang ekstraksi alumina menggunakan pelarut NaOH, maka pada penelitian ini akan dilakukan ekstraksi aluminium dari *fly ash* menggunakan pelarut NaOH. Prosedur yang digunakan untuk memperoleh natrium aluminat pada penelitian ini menggunakan prosedur penelitian Shuang *et al.* (2010) yang menggunakan konsentrasi NaOH 8 M dan 20 M untuk proses ekstraksi alumina dari *fly ash*. Selanjutnya proses pengendapan menggunakan HCl 4 M untuk mendapatkan endapan Al(OH)₃ dengan variasi pH 6 dan 6,5, karena pada rentang pH ini Al(OH)₃ akan mulai terbentuk. Menurut Martin (1992), wujud spesies aluminium pada pH dibawah 4,5 adalah Al³⁺. Al(OH)₃ akan terbentuk pada pH 6,3 dengan batas minimum kelarutan (0,03mg-Al/L) (Holt, 2002). Menurut Hem and Roberson (1967), pada proses asosiasi aluminium dan hidroksida terjadi proses mononuklear yang terjadi dalam beberapa langkah. Langkah pertama pembentukan Al(OH)²⁺, ketika pH meningkat maka akan terbentuk Al(OH)₃ padatan. Peningkatan pH diatas 7 akan melarutkan kembali endapan Al(OH)₃ menjadi anion Al(OH)₄⁻. Proses reduksi Al(OH)₃ menjadi logam Al menggunakan reduktor Mg dengan variasi suhu rentang 600-700°C dengan interval 50°C. Sampel yang digunakan adalah *fly ash* batu bara PLTU-Paiton. Hasil reduksi diuji secara kualitatif dengan menggunakan reagen spesifik alizarin dan secara kuantitatif dengan menggunakan spektrometer

AAS dan XRF untuk memastikan ada tidaknya logam Al dalam sampel yang telah diberi perlakuan hingga akhir prosedur.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan di atas, maka rumusan masalah dalam penelitian ini antara lain :

1. Bagaimana perbedaan endapan $\text{Al}(\text{OH})_3$ dari *fly ash* yang diperoleh saat proses pengendapan menggunakan HCl pada pH 6 dan 6,5?
2. Bagaimana pengaruh variasi suhu reduksi terhadap rendemen dan kadar logam Al yang diperoleh?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini yaitu :

1. Mengetahui endapan $\text{Al}(\text{OH})_3$ dari *fly ash* yang diperoleh saat proses pengendapan menggunakan HCl pada pH 6 dan 6,5.
2. Mengetahui pengaruh variasi suhu reduksi terhadap rendemen dan kadar logam Al yang.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini antara lain :

1. Diperoleh informasi perbedaan endapan $\text{Al}(\text{OH})_3$ dari *fly ash* yang diperoleh pada pH 6 dan 6,5.
2. Diperoleh informasi tentang pengaruh variasi suhu reduksi terhadap rendemen dan kadar logam Al yang diperoleh.
3. Diperoleh informasi pH optimum untuk mengendapkan $\text{Al}(\text{OH})_3$ dari *fly ash* dan suhu optimum reduksi logam Al.

1.5 Batasan Penelitian

Batasan masalah dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. *Fly ash* yang digunakan hanya dari PLTU-Paiton Probolinggo.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Abu Terbang (*Fly Ash*)

Batu bara banyak digunakan sebagai sumber energi alternatif pada Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) dan menghasilkan sisa pembakaran berupa gas dan abu. Abu bata bara yang terdiri dari *bottom ash* (BA) dan *coal fly ash* (CFA) merupakan limbah padat yang mengandung senyawa-senyawa oksida yang membahayakan lingkungan dan dikategorikan sebagai limbah bahan berbahaya dan beracun (B3), sehingga harus ditangani secara tepat atau ditampung di tempat pembuangan tersendiri (Menteri Lingkungan Hidup, 2006).

Fly ash batu bara merupakan limbah buangan yang biasanya dilepaskan begitu saja di udara tanpa adanya pengendalian khusus untuk melepaskan *fly ash* ke udara. *Fly ash* batu bara merupakan salah satu jenis limbah B3, sehingga sangat berbahaya jika mencemari udara sekitar. *Fly ash* umumnya disimpan sementara pada pembangkit listrik tenaga batubara, dan akhirnya dibuang di *landfill* (tempat pembuangan). Penumpukan *fly ash* batu bara ini menimbulkan masalah bagi lingkungan, yaitu mencemari lingkungan udara maupun lingkungan tanah (Jumaeri, dkk, 2007).

Menurut Van Deventer *et al.* (2002), *fly ash* merupakan hasil sisa pembakaran yang halus dari pembakaran batu bara yang dialirkan dari ruang pembakaran (ketel) berupa campuran asap dan dikenal sebagai serbuk abu pembakaran. Unsur utama batu bara adalah karbon karena batu bara bersumber dari alam, maka di dalamnya juga terkandung unsur-unsur mineral tanah yaitu silika, alumina, oksida besi, kapur, alkali, belerang, dan air. Batu bara ketika dibakar terdapat bagian yang terbakar dan yang menguap yaitu karbon, belerang, dan air yang akan menghasilkan panas, gas CO₂, SO₂, dan uap. Bagian yang tidak terbakar berupa tanah liat yang menjadi massa lebur. Massa ini akan melewati ruang pembakaran bersuhu rendah dan akan membentuk partikel padat butiran. Sebagian butiran ini akan terkumpul menjadi abu dasar tetapi sebagian besar butiran halus layang mengikuti aliran gas, keluar dari ketel uap melalui cerobong. Partikel abu ini dipisahkan dari gas buang dengan alat *electrostatic presipirator*,

sehingga menghasilkan *fly ash*. ASTM C168 mengklasifikasikan *fly ash* menjadi 3 yaitu :

- a. Kelas N : Pozzolan alam / pozzolan yang telah dikalsinasi. Selain itu juga hasil berbagai pembakaran yang mempunyai sifat pozzolan yang baik.
- b. Kelas F : *Fly ash* yang mengandung CaO < 10% yang dihasilkan dari pembakaran batu bara jenis *anthracite* atau *bitumen*.
- c. Kelas C : *Fly ash* yang mengandung CaO > 10% yang dihasilkan dari pembakaran batu bara jenis *lignite* atau *sub bitumen*.

Komponen utama dari *fly ash* batu bara adalah silika (SiO₂), alumina (Al₂O₃), dan besi oksida (Fe₂O₃). Sisanya adalah karbon, kalsium, dan magnesium. Rumus empiris *fly ash* adalah Si_{1.0}Al_{0.45}Ca_{0.51}Na_{0.047}Fe_{0.039}Mg_{0.020}K_{0.013}Ti_{0.011}. *Fly ash* batu bara juga memiliki komponen massa amorf seperti silika (SiO₂), alumina (Al₂O₃) dan komponen fasa kristalin berbentuk α -*quartz* (SiO₂) dan mullit (2SiO₂.3AlO₃), hematite (α -Fe₂O₃) dan magnetit (Fe₃O₄) (Tanaka, 2002). Menurut Setiawan *et al.* (2009), karakteristik *fly ash* ada tiga, yaitu:

1. Dari segi gradasinya, jumlah prosentase yang lolos dari saringan No. 200 (0,074 mm) berkisar antara 60% sampai 90%.
2. Warna dari *fly ash* dapat bervariasi dari abu-abu sampai hitam tergantung dari jumlah kandungan karbonnya, semakin terang semakin rendah kandungan karbonnya.
3. *Fly ash* bersifat tahan air.

Komposisi kimia abu terbang dari PLTU Paiton Probolinggo ditunjukkan pada tabel 2.1 berikut :

Tabel 2.1 Komposisi kimia abu terbang PLTU Paiton Probolinggo

No	Komposisi Penyusun	Kandungan (%)
1	SiO ₂	30,25-36,83
2	Al ₂ O ₃	14,52-23,78
3	Fe ₂ O ₃	13,46-19,94
4	CaO	11,40-16,57
5	MgO	5,360-8,110
6	Mn ₃ O ₄	0,140-0,480
7	Na ₂ O	0,250-0,740
8	K ₂ O	0,630-1,320
9	TiO ₂	0,830-1,050
10	P ₂ O ₅	0,630-3,750
11	SO ₃	3,010-7,280

Sumber : PJB Paiton, 2002

2.2 Sifat Abu Terbang (*Fly Ash*)

Sifat kimia dari *fly ash* batu bara dipengaruhi oleh jenis batu bara yang dibakar dan teknik penyimpanan serta penanganannya. Pembakaran batu bara *lignite* dan *sub bituminous* menghasilkan *fly ash* dengan kalsium dan magnesium oksida lebih banyak daripada *bituminous*. Namun memiliki kandungan silika, alumina, dan karbon yang lebih sedikit daripada *bituminous*.

Sifat fisika dapat dilihat dari posisi dan sifat-sifat mineral pengotor dalam batu bara serta proses pembakarannya, dalam proses pembakaran batubara titik leleh abu batu bara lebih tinggi dari temperatur pembakarannya dan kondisi ini menghasilkan tekstur butiran yang sangat halus. *Fly ash* terdiri dari butiran halus yang umumnya berbentuk bola rongga padat atau berongga. Ukuran partikel *fly ash* hasil pembakaran batu bara *bituminous* lebih kecil dari 0,075 mm. Kerapatan *fly ash* berkisar antara 2100-3000 kg/m³ dan luas area spesifiknya (diukur

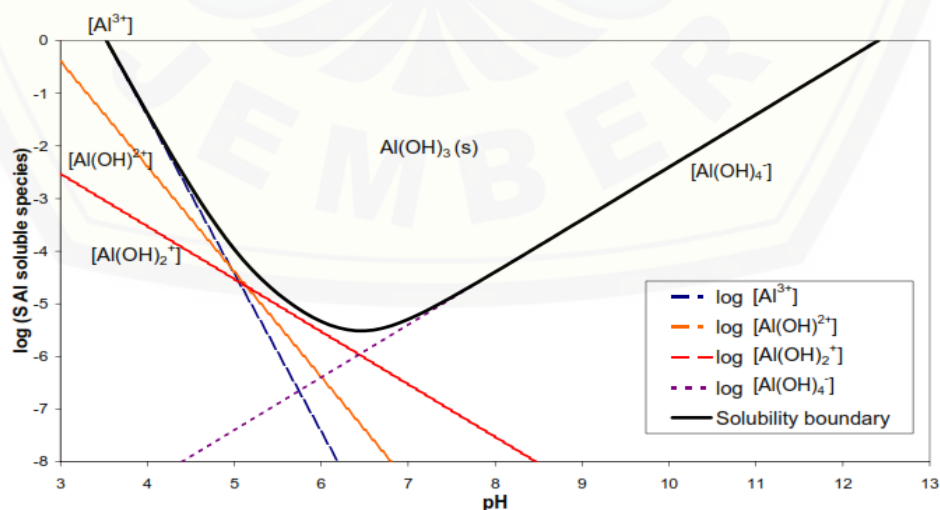
berdasarkan metode permeabilitas udara *Blaine*) antara 170 sampai 1000 m²/kg (Firdaushanif, 2007). Warna dari *fly ash* adalah abu-abu keputihan dan ukuran butirnya sangat halus yaitu sekitar 88% (Dafi, 2009).

2.3 Aluminium

Aluminium adalah logam yang ringan dan cukup penting dalam kehidupan manusia. Aluminium merupakan unsur kimia golongan IIIA dalam sistim periodik unsur, dengan nomor atom 13 dan berat atom 26,98 gram per mol (sma). Aluminium mudah teroksidasi didalam udara bebas membentuk lapis tipis oksida (Al₂O₃) yang tahan terhadap korosi. Aluminium juga bersifat amfoter yang mampu bereaksi dengan larutan asam maupun basa (Hartomo , 1992).

Logam aluminium berwarna putih, mengkilat, mempunyai titik leleh tinggi yaitu sekitar 660°C, densitasnya sangat ringan yaitu sebesar 2,73 g/cm³. Aluminium merupakan konduktor panas dan konduktor listrik yang baik, namun sifat ini lebih rendah dibandingkan dengan sifat konduktor tembaga. Aluminium dengan konfigurasi elektronik [10Ne] 3s² 3p¹ ,dan mempunyai tingkat oksidasi +3 dalam senyawanya. Logam aluminium merupakan lapisan nonpori dan membungkus permukaan logam ketika membentuk lapis tipis Al₂O₃, sehingga tahan terhadap korosi dan reaksi korosi tidak berlanjut (Sugiharto, dkk, 2010).

Berikut adalah diagram kelarutan spesies aluminium pada berbagai pH :



Gambar 2.1 diagram kelarutan spesies Al

Gambar 2.1 diatas menjelaskan kelarutan spesies aluminium yang tergantung pada pH. Terdapat beberapa wujud spesies aluminium pada pH yang berbeda (Hayden dan Rubin, 1974). Wujud spesies aluminium pada pH dibawah 4,5 adalah Al^{3+} , pada rentang pH 4,5 hingga pH 6,5 didominasi $\text{Al}(\text{OH})_3$ yang memiliki puncak paling tinggi pembentukan pada pH 6,5 ditunjukkan dengan pelebaran puncak pada pH tersebut, selain itu pada rentang pH tersebut terbentuk sedikit spesies aluminium dalam wujud $\text{Al}(\text{OH})_2^+$, sedangkan diatas pH 7 spesies aluminium yang terbentuk adalah $\text{Al}(\text{OH})_4^-$ (Peden *et al*, 1989).

2.4 Sifat Aluminium

Aluminium memiliki struktur kristal *Face Centered Cubic* (FCC) dengan kisi kristal (a) = 4,0413 Å pada temperatur 25°C (Horn,1967). Aluminium merupakan logam ringan, dimana memiliki berat 34% dari besi dengan volume yang sama, 30% dengan volume yang sama dibandingkan dengan tembaga, akan tetapi memiliki berat 1,5 kali dibandingkan dengan magnesium. Aluminium tidak beracun, tidak merubah warna makanan, tidak mempunyai rasa, maka dari itu aluminium banyak digunakan sebagai kemasan makanan (Fellers, 1990). Menurut Surdia dan Saito (1992), aluminium memiliki ketahanan korosi dan hantaran listrik yang baik serta sifat-sifat lainnya sebagai logam. Sifat mekanik aluminium dapat dinaikkan dengan cara menambahkan aluminium dengan Si, Fe, Cu, Mn, Mg, dan Zn. Si dan Mg untuk menambah daya tahan terhadap korosi, Fe untuk mencegah terjadinya penyusutan, Cu untuk menambah kekuatan, dan Mn untuk memperbaiki bentuk. Elemen-elemen ditambahkan baik secara satu-persatu atau bersama-sama. Penggunaan aluminium dan paduannya antara lain untuk peralatan rumah tangga, kemasan makanan dan minuman, pesawat terbang, mobil, kapal laut, kontruksi bangunan rumah, dan lain-lain.

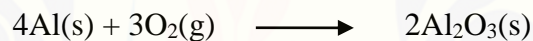
Adapun sifat-sifat fisik aluminium murni ditunjukkan pada tabel 2.2 berikut :

Tabel 2.2 Sifat-sifat fisik aluminium

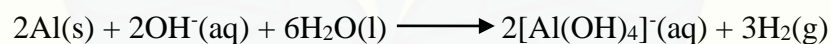
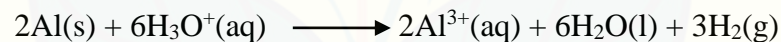
Sifat-sifat	Kemurnian Al (%)	
	99,996	>99,0
Massa jenis (20°C)	2,6989	2,71
Titi cair	660,2	653-657
Panas jenis (cal/g°C) (100°C)	0,2226	0,2297
Hantaran listrik (%)	64,94	59 (dianil)
Tahanan listrik koefisien temperatur/°C	0,00429	0,0115
Koefisien pemuai (20-100°C)	23,86 x 10 ⁻⁶	23,5 x 10 ⁻⁶
Jenis kristal, konstanta kisi	FCC, a = 4,013 Å	FCC, a = 4,04 Å

Sumber :Surdia dan Saito, 1992

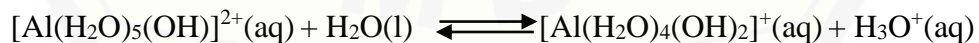
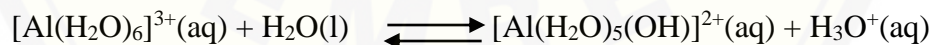
Serbuk aluminium terbakar dalam api menghasilkan debu awan aluminium oksida menurut persamaan reaksi :



Logam aluminium bersifat amfoterik, bereaksi dengan asam kuat membebaskan gas hidrogen, dan dengan basa kuat membentuk aluminat dan gas hidrogen menurut persamaan reaksi :

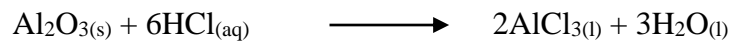


Ion aluminium dalam air terdapat sebagai ion heksaakuaaluminium(III), $[\text{Al(H}_2\text{O)}_6]^{3+}$, tetapi mengalami hidrolisis secara bertahap hingga menjadi ion tetraakuadihidrosoaluminium(III) menurut reaksi :

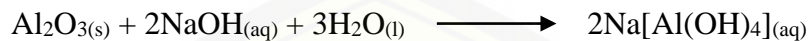


Aluminium jika dipanaskan pada suhu dibawah 600°C akan menghasilkan oksida yang dapat larut dalam asam maupun basa (amfoterik) (Hartomo, 2010). Alumina mengandung ion oksida yang dapat bereaksi dengan asam, sebagai contoh alumina bereaksi dengan asam klorida encer yang panas menghasilkan larutan aluminium klorida.

Dalam hal ini alumina menunjukkan sisi basa dari sifat amfoternya.



Alumina juga dapat menunjukkan sisi asamnya yang bereaksi dengan basa seperti natrium hidroksida yang menghasilkan natrium tetrahidroksoaluminat yang tidak berwarna.



(Jim Clark, 2007).

2.5 Ekstraksi

Ekstraksi adalah proses pemisahan suatu zat dari campurannya dengan menggunakan pelarut. Pelarut yang digunakan harus dapat mengekstrak substansi yang diinginkan tanpa melarutkan material lainnya. Secara garis besar proses pemisahan secara ekstraksi terdiri dari tiga langkah dasar yaitu :

1. Penambahan sejumlah massa pelarut untuk dikontakkan dengan sampel, biasanya melalui proses difusi.
2. Zat terlarut akan terpisah dari sampel dan larut oleh pelarut membentuk fase ekstrak.
3. Pemisahan fase ekstrak dengan sampel

(Wilson, *et al.*, 2000).

Menurut Harbone (1987), ekstraksi merupakan pemisahan dua zat atau lebih dengan menggunakan pelarut yang tidak saling campur. Berdasarkan fase terlibat, terdapat dua jenis ekstraksi, yaitu ekstraksi cair-cair dan ekstraksi padat-cair. Sedangkan menurut Suyitno, *et al.* (1989), ekstraksi merupakan salah satu cara pemisahan satu atau lebih komponen suatu bahan yang merupakan sumber komponen tersebut. Komponen yang dipisahkan dengan ekstraksi dapat berupa padatan dari suatu sistem campuran padat-cair, berupa cairan dari suatu sistem campuran cair-cair.

Ada beberapa faktor yang dapat mempengaruhi ekstraksi, yaitu:

1. Suhu

Kelarutan bahan yang diekstrak dan difusivitas biasanya akan meningkat dengan meningkatnya suhu, sehingga diperoleh laju ekstraksi yang tinggi.

Batas atas untuk suhu operasi pada beberapa kasus ditentukan oleh beberapa faktor, salah satunya adalah perlunya menghindari reaksi samping yang tidak diinginkan.

2. Ukuran partikel

Semakin kecil ukuran partikel, semakin besar luas bidang kontak antara padatan dan solven, serta semakin pendek jalur difusinya yang menjadikan laju transfer massa semakin tinggi (Othmer, 1998).

3. Faktor pelarut

Solven harus memenuhi kriteria seperti daya larut terhadap *solute* cukup besar, memiliki koefisien distribusi *solute* yang tinggi, dapat memuat *solute* dalam jumlah yang besar, tidak melarutkan diluen atau hanya sedikit melarutkan diluen, memiliki kecocokan dengan *solute* yang diekstraksi, viskositas rendah, antara solven dan diluen harus mempunyai perbedaan densitas yang cukup besar, memiliki tegangan antarmuka yang cukup, dapat mengurangi potensi terbentuknya fase ketiga, tidak korosif, dan mudah didapat (Perry, 1997).

2.6 Ekstraksi Padat-Cair

Ekstraksi padat-cair atau *leaching* adalah proses pengambilan zat terlarut dalam matrik padat dengan bantuan pelarut cair (Ballard, 2008). Komponen yang dapat larut dipisahkan dari bahan padat dengan bantuan pelarut (ekstraktan), ketika bahan ekstraksi dicampur dengan pelarut maka akan bereaksi dengan bahan padat dan membentuk larutan ekstrak (Lucas, 1949).

Pemisahan pada *leaching* umumnya melibatkan pemutusan yang selektif, dengan atau tanpa difusi. Pada kasus yang ekstrim dari *simple washing* terdiri dari pertukaran (dengan pengadukan) dari satu cairan interstisial dengan yang lainnya, dimana terjadi pencampuran (Perry, 1997). Proses *leaching* dilakukan untuk mendapatkan bagian yang mudah terlarut karena lebih berharga dari padatan, misalnya bahan tambang, minyak nabati, dan lain-lain, ataupun untuk menghilangkan bahan kontaminan kimiawi yang bisa atau mudah dilarutkan (Treybal, 1981).

Syarat yang harus dipenuhi untuk mencapai kecepatan ekstraksi yang tinggi pada ekstraksi padat-cair adalah sebagai berikut :

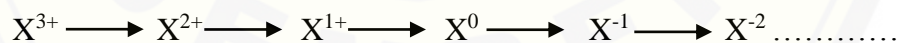
- Perpindahan massa berlangsung pada bidang kontak antara fase padat dan fase cair, oleh karena itu bahan tersebut harus memiliki permukaan yang seluas mungkin.
- Kecepatan alir pelarut sedapat mungkin lebih besar dibandingkan dengan laju alir bahan ekstraksi.
- Suhu yang lebih tinggi (viskositas pelarut lebih rendah, kelarutan ekstrak lebih besar) pada umumnya menguntungkan kecepatan ekstraksi (Lucas, 1949).

2.7 Reduksi

Reaksi redoks didefinisikan sebagai sebuah proses yang melibatkan perpindahan elektron dari satu reaktan ke reaktan lainnya (Silberberg, 2003). Reduksi didefinisikan sebagai penghilangan oksigen atau penambahan hidrogen, dimana reagen yang menghilangkan oksigen disebut dengan reduktor. Reduksi juga didefinisikan sebagai penangkapan elektron.



Berdasarkan reaksi tersebut magnesium bertindak sebagai reduktor yang menghilangkan oksigen atau mereduksi oksigen. Dengan demikian, reduktor menyebabkan pengurangan muatan positif, sehingga harus memberikan elektron. Berikut adalah cara mudah untuk memahami definisi dari reduksi :



(Chambers dan Holliday, 1975).

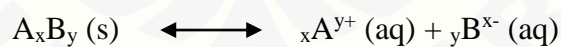
2.8 Kelarutan dan Hasil Kali Kelarutan (Ksp)

Kelarutan suatu zat adalah jumlah zat yang melarut dalam satu liter larutan jenuh pada suhu tertentu, jumlah zat dapat dinyatakan dalam mol atau gram. Kelarutan suatu zat biasanya juga dinyatakan sebagai massa dalam gram yang dapat melarut dalam 100 gram pelarut membentuk larutan jenuh pada suhu tertentu (Achmad, 1996). Kelarutan suatu zat adalah kemampuan zat tersebut

dapat terlarut dalam suatu pelarut, dimana dalam proses pelarutan terdapat solut dan pelarut. Solut merupakan zat yang akan dilarutkan dalam suatu pelarut yang cocok. Kelarutan menunjukkan jumlah maksimum solut dapat terlarut dalam suatu pelarut dalam membentuk kesetimbangan. Kesetimbangan terjadi jika konsentrasi produk dan reaktan sama setelah reaksi berlangsung (Petrucci, 1992).

Hasil kali kelarutan suatu garam adalah hasil kali konsentrasi semua ion dalam larutan jenuh dan masing-masing ion dipangkatkan dengan koefisien penyetaraan reaksi di dalamnya (Achmad, 1996). Hasil kali kelarutan (Ksp) adalah kesetimbangan padatan dengan ion masing-masing dalam sebuah larutan. Nilai yang konstan menunjukkan derajat suatu senyawa yang berdisosiasi dalam air. Ksp adalah kesetimbangan antara padatan dan ion masing-masing dalam suatu larutan. Nilai konstanta mengidentifikasi tingkat kompleks yang dapat berdisosiasi dalam air. Semakin tinggi Ksp, maka semakin larut suatu senyawa dalam air. Ksp didefinisikan dalam hal aktivitas dari konsentrasi suatu zat yang dipengaruhi kondisi tertentu seperti suhu, pH, dan tekanan (Petrucci, 1992).

Proses pengendapan prinsipnya pemisahan unsur-unsur karena perbedaan besarnya harga hasil kali kelarutan (Ksp). Proses pengendapan adalah proses terjadinya padatan karena melewati besarnya Ksp yang harganya tertentu dalam keadaan jenuh. Senyawa akan mudah mengendap jika memiliki harga Ksp kecil atau nilai $-\log Ksp$ besar dan senyawa akan sulit mengendap jika memiliki harga Ksp besar atau nilai $-\log Ksp$ kecil



$$Ksp = [A^{y+}]^x [B^{x-}]^y$$

(Suyanti, dkk., 2008).

2.9 Spektrofotometri UV-VIS

Spektrofotometri UV-Vis merupakan salah satu teknik analisis spektroskopi yang memakai sumber radiasi elektromagnetik ultraviolet dekat (190-380) dan sinar tampak (380-780) dengan memakai instrumen spektrofotometer. Spektrofotometer UV-Vis melibatkan energi elektronik yang cukup besar pada molekul yang dianalisis (Mulja dan Suharman, 1995).

Spektrofotometer terdiri atas spektrometer dan fotometer. Spektrofotometer menghasilkan sinar dari spektrum dengan panjang gelombang tertentu dan fotometer adalah alat pengukur intensitas cahaya yang ditransmisikan atau diabsorpsi. Spektrofotometer tersusun atas sumber spektrum yang kontinyu, monokromator, sel pengabsorpsi untuk larutan sampel atau blanko dan suatu alat untuk mengukur perbedaan absorpsi antara sampel dan blanko ataupun pembandingan (Khopkar, 1990).

Sumber tenaga radiasi terdiri dari benda yang tereksitasi menuju ke tingkat yang lebih tinggi oleh sumber listrik bertegangan tinggi atau oleh pemanasan listrik (Khopkar, 1990). Pengukuran pada daerah UV harus menggunakan sel kuarsa karena gelas tidak tembus cahaya pada daerah ini. Sel yang biasa digunakan berbentuk persegi maupun berbentuk silinder dengan ketebalan 10 mm. Sel tersebut adalah pengabsorpsi, merupakan sel untuk meletakkan cairan ke dalam berkas cahaya spektrofotometer. Sel harus meneruskan energi cahaya dalam daerah spektra yang diminati. Sel dibersihkan dengan air atau dicuci dengan larutan detergen atau asam nitrat panas apabila dikehendaki sebelum dipakai analisis (Sastrohamidjojo, 2001).

Komponen-komponen pokok dari spektrofotometer UV-Vis meliputi:

1. Sumber tenaga radiasi yang stabil, sumber yang biasa digunakan adalah lampu deuterium atau lampu hidrogen untuk pengukuran UV dan lampu tungsten untuk pengukuran daerah visibel.
 2. Monokromator untuk memperoleh sumber sinar yang monokromatis.
 3. Sel adsorpsi, pada pengukuran daerah visibel menggunakan kuvet sedangkan pada UV menggunakan sel kuarsa karena gelas tidak tembus cahaya pada daerah ini.
 4. Detektor radiasi yang dihubungkan dengan sistem meter atau pencatat.
- Peranan detektor penerima adalah memberikan respon terhadap cahaya pada berbagai panjang gelombang

(Khopkar, 1990).

2.10 Spektrofotometri Serapan Atom (SSA)

Spektrofotometri Serapan Atom (SSA) adalah suatu alat yang digunakan pada metode analisis untuk penentuan unsur-unsur ligan dan metalloid yang pengukurannya berdasarkan penyerapan cahaya dengan panjang gelombang tertentu oleh atom logam dalam keadaan bebas. Metode ini sangat tepat untuk analisis zat pada konsentrasi rendah. Teknik ini mempunyai beberapa kelebihan dibandingkan dengan metode spektroskopi emisi konvensional. Unsur-unsur dengan energi eksitasi rendah dapat juga dianalisis dengan fotometri lainnya, akan tetapi tidak cocok dengan unsur-unsur yang memiliki energi eksitasi tinggi (Skoog, *et al.*, 2000).

Spektrofotometri Serapan Atom (SSA) adalah metode yang digunakan untuk mendeteksi atom-atom logam dalam fase gas. Metode ini sering kali mengandalkan nyala untuk mengubah logam dalam larutan sampel menjadi atom-atom logam berbentuk gas yang digunakan untuk analisis kuantitatif dari logam dalam sampel (Rohman, 2007). Prinsip dari spektrofotometri adalah terjadinya interaksi antara energi dan materi. Terjadi penyerapan energi oleh atom pada spektroskopi serapan atom sehingga atom mengalami transisi elektronik dari keadaan dasar menuju keadaan tereksitasi. Analisa dalam metode ini berdasarkan pada pengukuran intensitas sinar yang diserap oleh atom sehingga terjadi eksitasi. Proses absorpsi atom memerlukan sumber radiasi monokromatik dan alat untuk menguapkan sampel sehingga diperoleh atom dalam keadaan dasar dari unsur yang diinginkan (Pecsok, 1976). Banyak energi sinar yang diabsorpsi berbanding lurus dengan jumlah atom yang mengabsorpsi. Atom terdiri atas inti atom yang mengandung proton bermuatan positif dan neutron berupa partikel netral, dimana inti atom dikelilingi oleh elektron bermuatan negatif yang memiliki tingkat energi berbeda. Energi yang diabsorpsi oleh atom akan menyebabkan elektron terluar (elektron valensi) mengalami eksitasi dari keadaan dasar atau tingkat energi yang lebih rendah (*ground state*) ke keadaan eksitasi yang memiliki tingkat energi yang lebih tinggi (*excited state*). Jumlah energi yang dibutuhkan untuk memindahkan elektron ke tingkat energi tertentu dikenal sebagai potensial eksitasi untuk tingkat

energi itu. Elektron melepaskan panas atau energi sinar pada saat kembali ke keadaan dasar (Clark, 1979).

Komponen-komponen utama penyusun AAS adalah sumber cahaya, monokromator, detektor, dan penampilan data (Anderson, 1987). Menurut Mulja (1995), menyatakan bahwa untuk memudahkan analisis kuantitatif logam-logam alkali dan alkali tanah maka harus memperhatikan suatu hal yaitu, larutan sampel diusahakan seencer mungkin kadar unsur yang dianalisis tidak lebih dari 5% dalam pelarut yang sesuai. Larutan yang dianalisis lebih disukai dalam keadaan asam, jika dilebur dengan alkali tanah maka pada tahap sebelum analisis dengan AAS harus diasamkan lagi. Selain itu hindari pemakaian pelarut aromatik atau halogenida.

Cahaya dengan panjang gelombang tertentu yang dilewatkan pada suatu sel yang mengandung atom-atom bebas yang bersangkutan menyebabkan sebagian cahaya tersebut akan diserap dan intensitas penyerapan akan berbanding lurus dengan banyaknya atom bebas logam yang berada dalam sel. Hubungan antara absorbansi dengan konsentrasi diturunkan dari 2 hukum yaitu *Lambert-Beer*.

Hukum *Lambert*: bila suatu sumber sinar monokromatik melewati medium transparan, maka intensitas sinar yang diteruskan berkurang dengan bertambahnya ketebalan medium yang mengabsorpsi.

Hukum *Beer*: intensitas sinar yang diteruskan berkurang secara eksponensial dengan bertambahnya konsentrasi spesi yang menyerap sinar tersebut.

Kedua hukum tersebut menghasilkan persamaan :

$$I_t = I_o e^{-(\epsilon bc)}$$
$$A = -\log I_t/I_o = \epsilon bc$$
$$A = \epsilon bc$$

Dimana I_o = intensitas sumber sinar

I_t = intensitas sinar yang diteruskan

ϵ = absortivitas molar

b = panjang medium

c = konsentrasi atom-atom yang menyerap sinar

A = absorbansi

Berdasarkan persamaan tersebut, maka dapat disimpulkan bahwa absorbansi cahaya berbanding lurus dengan konsentrasi atom (Day, 1989).

Gangguan-gangguan dapat terjadi saat dilakukan analisis dengan alat spektrofotometer serapan atom, gangguan itu antara lain adalah :

a. Gangguan oleh penyerapan non-atomik

Gangguan ini terjadi akibat penyerapan cahaya dari sumber sinar yang bukan berasal dari atom-atom yang akan dianalisis. Penyerapan non-atomik dapat berada di dalam nyala. Cara mengatasi penyerapan non-atomik ini adalah bekerja pada panjang gelombang yang lebih besar (Rohman, 2007).

b. Gangguan spektrum

Gangguan spektrum timbul akibat terjadinya tumpang tindih antara frekuensi-frekuensi garis resonansi unsur yang dianalisis dengan garis-garis yang dipancarkan oleh unsur lain. Hal ini disebabkan karena rendahnya resolusi monokromator (Mulja, 1995).

c. Gangguan kimia

Gangguan kimia yang dapat mempengaruhi jumlah atau banyaknya atom di dalam nyala.

Pembentukan atom-atom netral didalam nyala sering terganggu oleh dua peristiwa kimia, yaitu :

1. Disosiasi senyawa-senyawa yang tidak sempurna disebabkan terbentuknya senyawa refraktori (sukar diuraikan dalam api), sehingga akan mengurangi jumlah atom netral yang ada didalam nyala.
2. Ionisasi atom-atom didalam nyala akibat suhu yang digunakan terlalu tinggi. Terbentuknya ion akan mengganggu pengukuran absorbansi atom-atom yang mengalami ionisasi tidak sama dengan spektrum atom dalam keadaan netral (Rohman, 2007).

2.11 Spektrofotometri *X-Ray Fluorecence* (XRF)

Spektrometri *X-Ray Fluorecence* (XRF) adalah suatu metode analisis berdasarkan pengukuran tenaga dan intensitas sinar-X suatu unsur di dalam cuplikan hasil eksitasi sumber radioisotop. Spektrofotometer XRF didasarkan pada lepasnya elektron bagian dalam dari atom akibat dikenai sumber radiasi dan pengukuran intensitas pendar sinar-X karakteristik yang dipancarkan oleh atom unsur dalam sampel. Metode ini tidak merusak bahan yang dianalisis baik dari segi fisik maupun kimiawi sehingga sampel dapat digunakan untuk analisis berikutnya (Iswani, 1983). Spektrofotometer XRF digunakan untuk analisis unsur yang terkandung dalam bahan secara kualitatif dan kuantitatif. Analisis kualitatif memberikan informasi jenis unsur yang terkandung dalam bahan yang dianalisis, ditunjukkan dengan adanya spektrum unsur pada energy sinar-X karakteristiknya. Analisis kuantitatif memberikan informasi jumlah unsur yang terkandung dalam bahan yang ditunjukkan oleh ketinggian puncak spektrum (PEBN, 1993).

Prinsip dasar *X-Ray Fluorecence* (XRF) adalah sinar-X akan mengeluarkan elektron yang terdapat pada kulit bagian paling dalam (misalnya kulit K) dalam suatu atom dan menyebabkan kekosongan elektron pada bagian ini, sehingga elektron pada kulit yang lebih luar (misalnya kulit L, M, N) akan mengisi kekosongan elektron pada kulit bagian dalam yang menyebabkan pelepasan energi berupa energi foton atau memancarkan sinar X. Sinar X dari sampel akan dikirim ke detektor yang akan didinginkan baik secara elektrik atau dengan cairan nitrogen. Sinyal dari detektor akan diproses oleh elektronik dan dikirim ke PC komputer yang kemudian akan ditampilkan dalam bentuk spectrum (Girard, 2010).

BAB 3. METODE PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Pelaksanaan penelitian dilaksanakan di Laboratorium Kimia Anorganik dan Laboratorium Kimia Dasar Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember. Penelitian dilakukan mulai bulan Juli 2015 sampai bulan Juni 2016.

3.2 Alat dan Bahan Penelitian

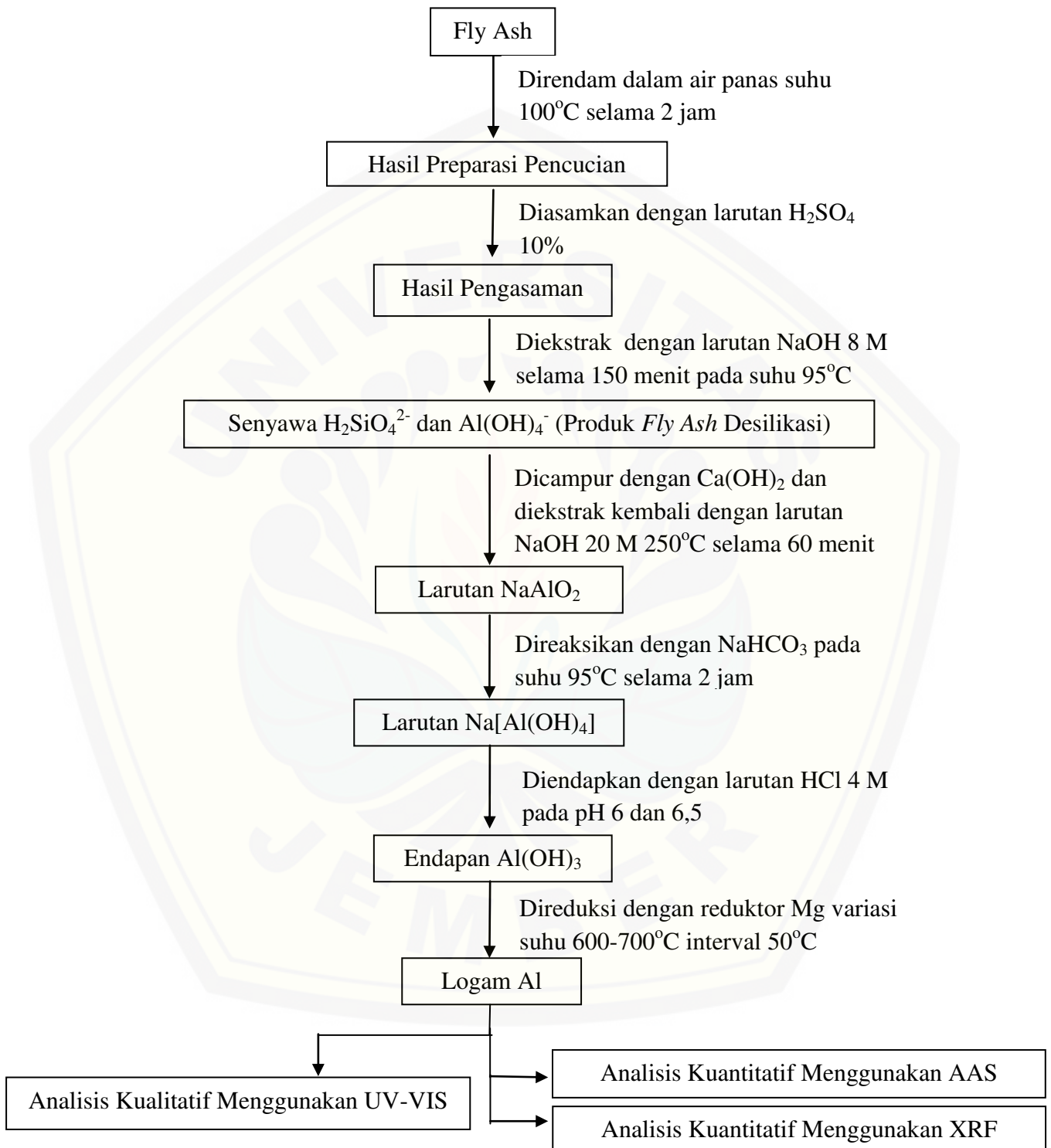
3.2.1 Alat Penelitian

Alat yang digunakan pada penelitian ini meliputi neraca analitik OHAUS, erlenmeyer Pyrex 100 mL, erlenmeyer Pyrex 250 mL, *beaker glass* Pyrex ukuran 250 mL, labu ukur Pyrex ukuran 25 mL, 50 mL, 100 mL, dan 250 mL, gelas ukur Pyrex 50 mL, kaca arloji, mortar, corong, pengaduk gelas, pipet tetes, pipet volume Pyrex 10 mL dan 25 mL, ball pipet, hot *plate stirrer* HP 3000, cawan nikel, oven, AAS Buck Model 205 VGP, *furnace*, pH meter 3320 JENWAI, UV-VIS NOVASPEC II, termometer, tabung reaksi Pyrex, kertas saring.

3.2.2 Bahan Penelitian

Bahan yang digunakan pada penelitian ini meliputi, *fly ash*, NaOH Merck, HCl 37% Merck, Alizarin Merck, Mg Merck, aquades, H₂SO₄ 96% Merck, CH₃COOH Merck, NaHCO₃ Merck, Ca(OH)₂ Merck, NH₄OH Merck, Metanol Merck, Larutan Standar Al Merck.

3.3 Diagram Alir Penelitian



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

3.4 Prosedur Penelitian

3.4.1 Preparasi larutan

a. Pembuatan Larutan NaOH 8 M

Larutan NaOH 8 M dibuat dengan cara menimbang terlebih dahulu NaOH sebanyak 80 gram, kemudian dimasukkan ke dalam beaker glass yang berisi sedikit akuades. NaOH ditambah akuades untuk melarutkannya, kemudian dimasukkan ke dalam labu ukur 250 mL dan ditambah akuades hingga tanda batas. Labu ukur dikocok perlahan supaya larutan menjadi homogen.

b. Pembuatan Larutan NaOH 20 M

Larutan NaOH 20 M dibuat dengan cara menimbang terlebih dahulu NaOH sebanyak 200 gram, kemudian dimasukkan ke dalam beaker glass yang berisi sedikit akuades. NaOH ditambah akuades untuk melarutkannya, kemudian dimasukkan ke dalam labu ukur 250 mL dan ditambah akuades hingga tanda batas. Labu ukur dikocok perlahan supaya larutan menjadi homogen.

c. Pembuatan Larutan HCl 4 M

Labu ukur 250 mL diisi dengan akuades terlebih dahulu. Larutan HCl 4 M dibuat dengan mengambil 83,3 mL HCl 37% (12 M), kemudian dimasukkan ke dalam labu ukur 250 mL dan ditambah akuades hingga tanda batas. Labu ukur dikocok perlahan supaya larutan menjadi homogen.

d. Pembuatan Larutan Alizarin 0,2%

Larutan alizarin 0,2% b/v dibuat dengan cara menimbang terlebih dahulu alizarin sebanyak 0,2 gram, kemudian dimasukkan ke dalam beaker glass yang berisi sedikit methanol, kemudian dimasukkan ke dalam labu ukur 100 mL dan ditambah ditambahkan methanol kembali hingga tanda batas. Labu ukur dikocok perlahan supaya larutan menjadi homogen.

e. Pembuatan Larutan H₂SO₄ 10 %

Pembuatan Larutan H₂SO₄ 10 % dilakukan dengan cara mengencerkan 10,42 mL H₂SO₄ 96 % kedalam labu ukur 100 mL dengan akuades hingga tanda batas.

f. Pembuatan Larutan Baku Logam Al 100 mg/L

Pembuatan Larutan Baku Logam Al 100 mg/L dengan cara mengencerkan larutan baku logam Al 1000 mg/L sebanyak 10 mL dengan akuades dalam labu ukur 100 mL hingga tanda batas.

g. Pembuatan Larutan Baku Logam Al 10 mg/L

Pembuatan Larutan Baku Logam Al 10 mg/L dengan cara mengencerkan larutan baku logam Al 100 mg/L sebanyak 10 mL dengan akuades dalam labu ukur 100 mL hingga tanda batas.

h. Pembuatan Larutan Standar Logam Al

Pembuatan Larutan Standar Logam Al dengan cara mengencerkan larutan baku logam Al 10 mg/L sebanyak 0 mL; 0,5 mL; 1 mL; 1,5 mL; 2 mL; 2,5 mL dengan akuades dalam labu ukur 100 mL hingga tanda batas.

3.4.2 Preparasi Sampel

Sampel (*Fly Ash*) dari PLTU Paiton-Probolinggo sebanyak 150 gram direndam dalam air panas suhu 100°C selama 2 jam (Fitri, 2013).

3.4.3 Pengasaman

Pengasaman dilakukan dengan menambahkan 90 mL larutan H₂SO₄ 10% ke dalam sampel (*Fly Ash*) pada suhu ruang dan diikuti dengan pengadukan selama 30 menit. Selanjutnya dikeringkan pada suhu 115°C selama 5 jam (Sugiman dan Setyawan, 2013).

3.4.4 Ekstraksi untuk Mendapat Produk Desilikasi

Proses ekstraksi yang dilakukan adalah ekstraksi padat-cair (*leaching*). Sampel (*Fly Ash*) menggunakan larutan natrium hidroksida konsentrasi 8 M sebanyak 250 mL. Selanjutnya dipanaskan diikuti pengadukan menggunakan stirer selama 150 menit pada suhu 95°C. Hasil yang diperoleh kemudian dipisahkan filtrat dan residunya dengan cara penyaringan. Berdasarkan perlakuan ini diperoleh produk *fly ash* desilikasi (Shuang *et al.*, 2010).

3.4.5 Preparasi Aluminium Hidroksida

Produk *fly ash* desilikasi sebanyak 16,67 gram dan 7,17 gram kalsium hidroksida dicampur dengan 50 mL larutan natrium hidroksida 20 M pada cawan nikel dan dipanaskan pada suhu 250°C selama 60 menit. Selanjutnya akan diperoleh larutan NaAlO_2 yang kemudian ditambahkan NaHCO_3 pada suhu 95°C selama 2 jam dan diikuti dengan pengadukan dengan stirer dan diperoleh natrium tetrahidroksialuminat (Shuang *et al.*, 2010). Kemudian ditambahkan larutan HCl 4 M dengan mengontrol pH agar terbentuk endapan $\text{Al}(\text{OH})_3$. Variasi pH yang digunakan adalah 6 dan 6,5 (Cerqueira dan Marques, 2012). Setelah itu disaring endapan yang diperoleh dan dicuci endapan tersebut dengan akuades dingin. Selanjutnya endapan tersebut dioven pada suhu 110°C selama 1 jam (Bo Yu *et al.*, 2013).

3.4.6 Reduksi

Endapan berupa $\text{Al}(\text{OH})_3$ yang telah kering kemudian direduksi dengan reduktor Mg dengan perbandingan 2:3 pada suhu rentang 600-700°C dengan interval 50°C selama 2,5 jam. Selanjutnya dilakukan pencucian dengan air panas sebanyak tiga kali. Hasil yang diperoleh dari reduksi selanjutnya akan dianalisis secara kualitatif dan kuantitatif.

3.4.7 Analisis Kualitatif

Analisa kualitatif sampel hasil reduksi dilakukan dengan cara melarutkan 0,5 gram sampel tersebut ke dalam larutan 50 mL HCl dan dipanaskan hingga larut, kemudian ditambah 2 tetes larutan alizarin 0,2%. Selanjutnya diikuti dengan penambahan NH_4OH tetes demi tetes sampai warna larutan menjadi biru keunguan, lalu ditambahkan CH_3COOH 0,1 M sampai warna larutan menjadi bening dan reaksi positif dari uji kualitatif ini menghasilkan endapan merah pada larutan sampel yang berwarna bening tersebut. Selanjutnya hasil analisa diukur absorbansinya menggunakan spektrometer UV-VIS pada area panjang gelombang 400-600 nm dengan interval 5 nm (Fitri, 2013).

3.4.8 Analisis Kuantitatif

3.4.8.1 Pembuatan Kurva Kalibrasi

Kurva kalibrasi dibuat dengan cara mengukur absorbansi larutan standar Al dengan konsentrasi 0 ppm; 0,05 ppm; 0,1 ppm; 0,15 ppm; 0,2 ppm; dan 0,25 ppm dengan panjang gelombang 309,3 nm (Fitri, 2013).

3.4.8.2 Uji AAS

3.4.8.2.1 Aluminium Hidroksida Hasil Ekstraksi

Analisis kuantitatif sampel *fly ash* awal dan hasil ekstraksi dilakukan dengan mengukur absorbansi sampel menggunakan Spektrometer Serapan Atom (SSA). Perlakuan awal yaitu AAS, 0,1 gram sampel dimasukkan ke dalam erlenmeyer 100 mL dan dilarutkan ke dalam 50 mL HCl. Lalu sampel tersebut diambil 10 mL dan dimasukkan ke dalam labu ukur 25 mL, kemudian ditambahkan dengan akuades hingga tanda batas. Selanjutnya sampel tersebut diukur absorbansinya pada panjang gelombang 309,3 nm. Nilai absorbansi yang terukur disubstitusikan ke persamaan linier regresi larutan standar yang telah diukur absorbansi sebelumnya.

3.4.8.2.2 Aluminium Hasil Reduksi

Analisis kuantitatif sampel hasil reduksi dilakukan dengan mengukur absorbansi sampel menggunakan Spektrometer Serapan Atom (SSA). Perlakuan awal yaitu 0,625 gram sampel dimasukkan ke dalam erlenmeyer 100 mL dan dilarutkan ke dalam 50 mL HCl. Lalu sampel tersebut diambil 10 mL dan dimasukkan ke dalam labu ukur 25 mL, kemudian ditambahkan dengan akuades hingga tanda batas. Selanjutnya sampel tersebut diukur absorbansinya pada panjang gelombang 309,3 nm. Nilai absorbansi yang terukur disubstitusikan ke persamaan linier regresi larutan standar yang telah diukur absorbansi sebelumnya.

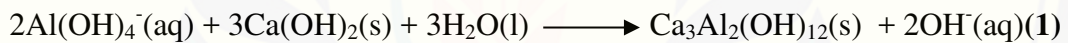
3.4.8.3 Uji XRF

Serbuk Al yang diperoleh dipreparasi dengan diayak maksimal 400 mesh lalu sampel umpan dilakukan pencampuran senyawa organik dan dikarakterisasi dengan XRF.

BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Perbandingan pH 6 dan 6,5 Terhadap Rendemen Endapan Al(OH)₃ yang Diperoleh

Proses presipitasi untuk memperoleh aluminium hidroksida dilakukan dengan cara mengendapkan larutan natrium tetrahidroksi aluminat yang diperoleh dari hasil ekstraksi yang bersifat basa karena masih banyak mengandung natrium yang merupakan basa kuat yang berikatan dengan logam Al, sehingga perlu dinetralkan untuk mendapatkan endapan Al(OH)₃. Kalsium aluminat akan bereaksi dengan NaHCO₃ membentuk natrium aluminat dan menghasilkan kalsium karbonat sebagai residu. Persamaan pembentukan larutan natrium tetrahidroksi aluminat adalah sebagai berikut :



(Shuang *et al.*,2010)

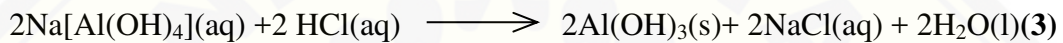
Menurut Saukkoriipi (2010), yang menyebutkan bahwa Al(OH)₃ terbentuk pada rentang 5 < pH < 8 sedangkan jika pH ≤ 4 akan terbentuk Al(OH)₂⁺(aq) karena semakin banyak ion H⁺ yang dihasilkan dalam reaksi hidrolisisnya yang dapat menyebabkan larutnya kembali Al(OH)₃ dan pada reaksi kesetimbangannya akan bergeser ke arah produk karena ion H⁺ semakin bertambah banyak. Berikut adalah reaksi kesetimbangannya :



Sedangkan pada $\text{pH} > 7$ akan terbentuk $\text{Al}(\text{OH})_4^-(\text{aq})$ karena semakin banyak ion OH^- yang dihasilkan sehingga membentuk muatan negative dan pada reaksi kesetimbangannya akan bergeser ke arah produk karena ion OH^- semakin bertambah banyak. Berikut adalah reaksi kesetimbangannya :



Proses presipitasi $\text{Al}(\text{OH})_3$ pada penelitian ini adalah pada pH 6 dan 6,5 menggunakan HCl . Penggunaan HCl dalam proses ini untuk menurunkan pH filtrat sehingga terjadi pengendapan aluminium hidroksida dan filtratnya berupa garam NaCl . Persamaan reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut :

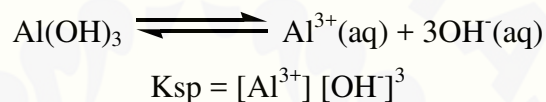


Tabel 4.1 Hasil Ekstraksi $\text{Al}(\text{OH})_3$ pada pH 6 dan 6,5

pH	Berat $\text{Al}(\text{OH})_3$ (gram)	Berat Rata-Rata (gram)	Rendemen (%)
6	1,604	1,581	61,830
	1,528		
	1,612		
6,5	1,672	1,688	66,015
	1,704		
	1,688		

Berdasarkan perhitungan dari 16,67 gram *fly ash* yang digunakan untuk ekstraksi, jika aluminium hidroksida terekstrak sempurna maka akan diperoleh aluminium hidroksida sebanyak 2,557 gram (Lampiran D.6). Massa rata-rata aluminium hidroksida yang dengan perlakuan pH 6 adalah 1,581 gram dengan rendemen 61,830% dan dengan perlakuan pH 6,5 adalah 1,688 gram dengan rendemen 66,015% (Tabel 4.1). Hal tersebut kemungkinan adanya aluminium oksida yang belum larut dalam pelarut NaOH pada saat ekstraksi pertama, sehingga dapat mengurangi terbentuknya natrium tetrahidroksi aluminat yang akan bereaksi dengan HCl membentuk aluminium hidroksida. Hasil penelitian sesuai dengan diagram kelarutan spesies Al (Gambar 2.1) yang menggambarkan terbentuknya $\text{Al}(\text{OH})_3$ paling banyak berada pada rentang pH 6-6,5. Pada diagram

tersebut menjelaskan mengenai pH pembentukan spesies Al berdasarkan kelarutan dari masing-masing spesies Al yang dipengaruhi oleh konsentrasi ion penyusun dari spesies Al. Pengendapan terbentuk karena larutan tepat jenuh dimana nilai $Q_c > K_{sp}$. Pada penelitian ini telah diperoleh konsentrasi awal aluminium yang terkandung dalam *fly ash* sehingga dapat digunakan untuk menentukan terjadinya endapan $Al(OH)_3$. Nilai Q_c dari hasil penelitian ini lebih besar daripada nilai K_{sp} $Al(OH)_3$ yaitu $5,942 \times 10^{-8}$ untuk pH 6 dan $5,942 \times 10^{-7,5}$ untuk pH 6,5 dan nilai K_{sp} $Al(OH)_3$ sangat kecil yaitu $4,6 \times 10^{-33}$ sehingga menandakan senyawa tersebut mudah mengendap. Berikut adalah persamaan K_{sp} nya :



Berdasarkan persamaan tersebut dapat diketahui nilai Q_c pada penelitian ini lebih besar daripada K_{sp} $Al(OH)_3$ (Lampiran E.3), sehingga larutan lewat jenuh dan terbentuk endapan $Al(OH)_3$. Hasil perhitungan tersebut menunjukkan bahwa pada pH 6,5 endapan $Al(OH)_3$ diperoleh paling banyak. Nilai log S Al hasil penelitian ini sangat kecil karena nilai S berbanding lurus dengan nilai K_{sp} .

4.2 Pengaruh Variasi Suhu Reduksi Terhadap Logam Al yang Diperoleh

Proses reduksi aluminium hidroksida menjadi aluminium dilakukan pada suhu $650^\circ C$. Reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut :

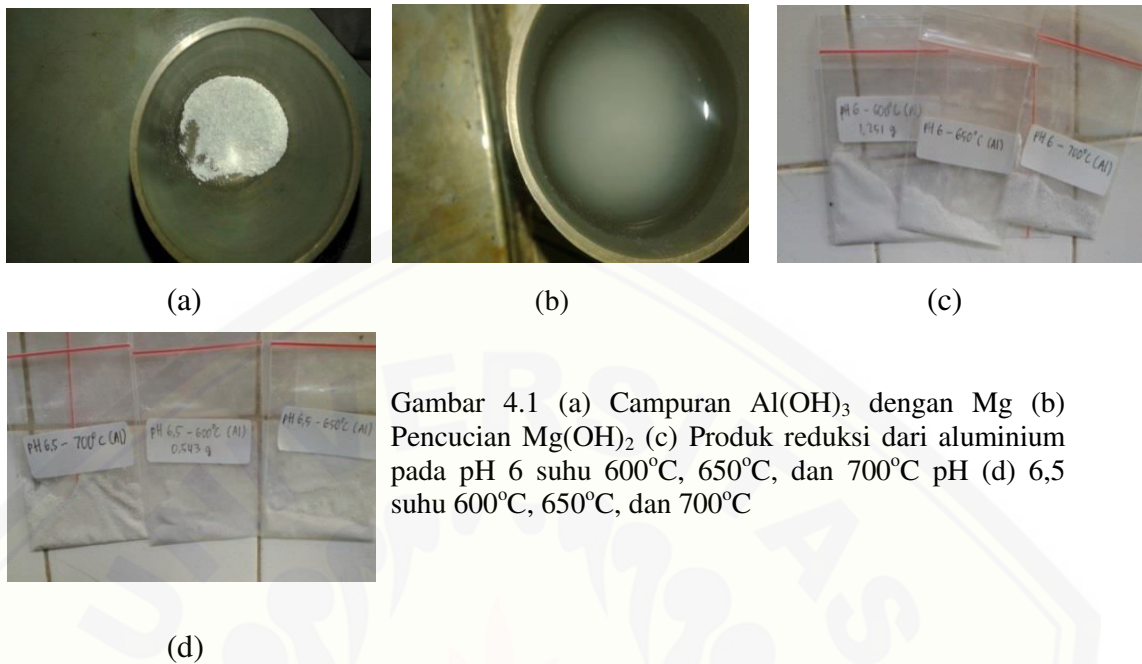


Magnesium merupakan reduktor kuat untuk mereduksi logam yang berada di kanan pada deret volta atau logam yang memiliki nilai potensial reduksi yang lebih positif. Magnesium memiliki nilai potensial standar reduksi lebih kecil dibandingkan dengan potensial reduksi hidrogen, sehingga lebih sukar untuk direduksi dan menunjukkan bahwa nilai potensial reduksi yang bernilai lebih negatif dapat mereduksi logam yang memiliki nilai potensial reduksi yang lebih

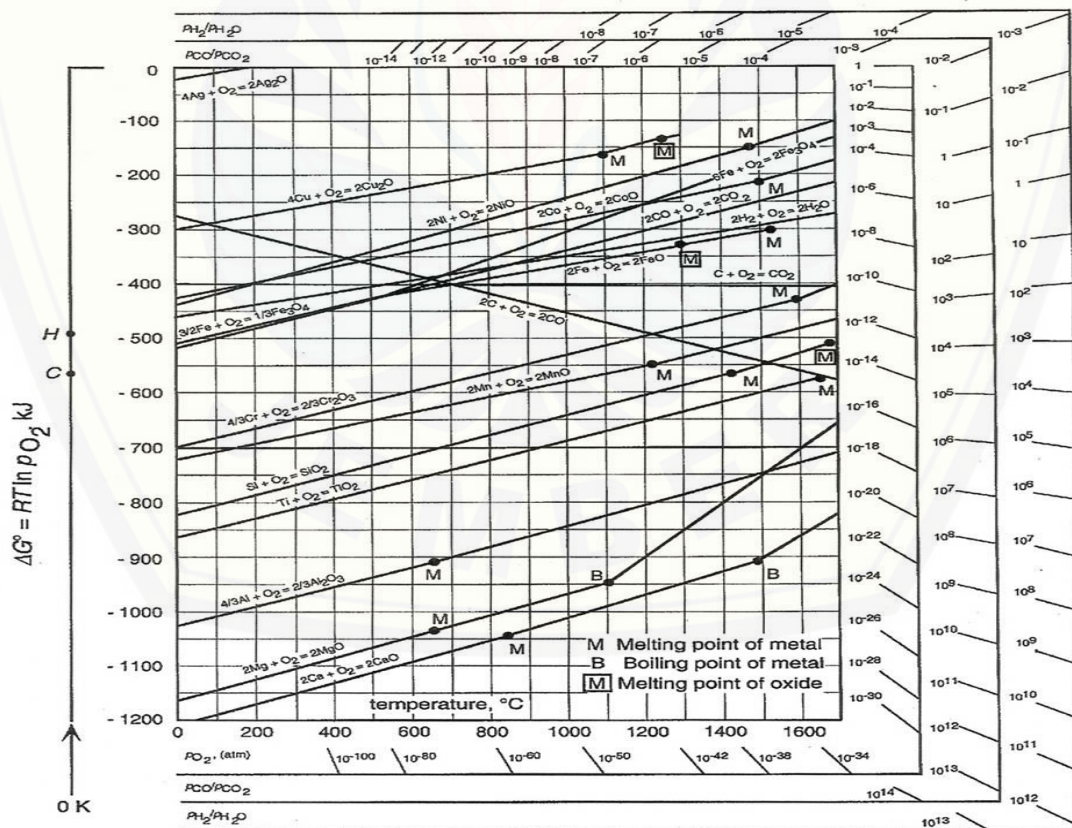
positif. Potensial reduksi (E°_{red}) magnesium sebesar $-2,37V$ yang bernilai lebih negatif dari nilai potensial reduksi aluminium yaitu $-1,66V$ (Chang, 2010), sehingga magnesium dapat mereduksi aluminium hidroksida menjadi aluminium. Magnesium akan mereduksi aluminium hidroksida dan akan berikatan dengan ion OH^- menjadi $Mg(OH)_2$. Magnesium akan melepas 2 elektron pada saat mereduksi $Al(OH)_3$, sehingga magnesium akan mengalami oksidasi. Hal tersebut dapat dijelaskan dengan diagram Ellingham (Gambar 4.2). Menurut Kumar (2003), posisi garis dari suatu reaksi pada diagram Ellingham menunjukkan kestabilan oksida sebagai fungsi dari temperatur. Reaksi yang berada pada bagian atas diagram atau logam yang memiliki nilai energi bebas rendah (positif) adalah logam mulia dan oksida dari logam ini bersifat tidak stabil dan mudah tereduksi. Semakin ke bawah posisi garis reaksi atau logam yang memiliki nilai energi bebas tinggi (negatif) maka logam bersifat semakin reaktif dan oksida menjadi susah untuk direduksi. Suatu logam dapat digunakan untuk mereduksi oksida jika garis oksida yang akan direduksi terletak diatas garis logam yang akan digunakan sebagai reduktor. Dalam penelitian ini reduktor yang digunakan adalah magnesium yang akan mereduksi aluminium hidroksida menjadi aluminium. Garis magnesium pada diagram Ellingham terletak dibawah garis aluminium, maka magnesium dapat digunakan untuk mereduksi aluminium hidroksida menjadi aluminium. Terlihat pada diagram Ellingham bahwa titik leleh magnesium adalah $650^{\circ}C$ yang merupakan suhu yang dibutuhkan agar reaksi reduksi dapat terjadi. Suhu yang digunakan pada penelitian ini adalah suhu $650^{\circ}C$, karena pada suhu tersebut merupakan titik leleh magnesium yang sesuai dengan diagram Ellingham. Hal tersebut menandakan bahwa magnesium lebih banyak bereaksi dengan aluminium hidroksida. Hasil reduksi berupa campuran padatan antara $Mg(OH)_2$ dan Al yang menunjukkan perbedaan warna pada masing-masing suhu. Produk reduksi adalah campuran aluminium (Al) dan $Mg(OH)_2$, sehingga perlu dilakukan pencucian pada campuran tersebut untuk memisahkan keduanya. Pencucian menggunakan air panas suhu $100^{\circ}C$ akan melarutkan $Mg(OH)_2$ ditandai dengan warna air yang keruh saat proses pencucian. Menurut Lide (1995), kelarutan $Mg(OH)_2$ dalam air pada suhu $100^{\circ}C$ adalah $0,04\text{ g}/100\text{ mL}$

yang artinya magnesium hidroksida sebanyak 0,04 gram akan larut dalam 100 mL air pada suhu 100°C, sedangkan aluminium tidak akan larut dalam air panas karena aluminium tidak larut dalam air. Kelarutan $Mg(OH)_2$ dan $Al(OH)_3$ dalam air dapat ditentukan berdasarkan teori kelarutan dan hasil kali kelarutan. Hasil perhitungan (Lampiran F) kelarutan kedua senyawa tersebut menunjukkan bahwa $Mg(OH)_2$ lebih larut dalam air daripada $Al(OH)_3$ karena kelarutan $Mg(OH)_2$ lebih besar daripada $Al(OH)_3$ yaitu sebesar $5,848 \times 10^{-5}$ untuk kelarutan $Mg(OH)_2$ dan $1,143 \times 10^{-6}$ untuk $Al(OH)_3$, sehingga pada saat pencucian $Mg(OH)_2$ akan lebih larut dalam air. Hasil penelitian menunjukkan masih adanya sisa magnesium pada produk reduksi, hal tersebut dikarenakan terbentuknya sejumlah magnesium oksida ketika reduksi dimana kadar awal MgO dalam *fly ash* berkisar 5,360-8,110% dan terlihat pada lampiran (I) bahwa kadar MgO cukup tinggi sehingga mempengaruhi produk reduksi. Menurut Rosma dan Pratapa (2015) MgO terbentuk dari Mg akibat pemasaran pada suhu 600°C, sehingga pada penelitian ini saat variasi suhu yang digunakan reduksi yaitu 650°C sebagian Mg sudah berubah wujud menjadi MgO dan pada penelitian ini tidak dilakukan pengusiran oksigen yang menyebabkan Mg mudah teroksidasi. Hasil penelitian dapat dilihat pada (Gambar 4.1), produk 600°C memiliki warna putih keabu-abuan, hal tersebut menandakan magnesium tidak bereaksi secara sempurna dengan aluminium hidroksida. Hasil tersebut menunjukkan bahwa magnesium dan aluminium hidroksida yang bereaksi hanya sedikit karena warna magnesium masih terlihat jelas dan magnesium belum meleleh secara keseluruhan. Produk 650°C memiliki warna putih, hal tersebut menandakan magnesium bereaksi baik dengan aluminium hidroksida. Produk 700°C memiliki warna putih keabu-abuan hampir sama dengan produk 600°C, namun lebih sedikit pudar warna putihnya. Menurut Sugiharto, dkk. (2010) aluminium berwarna putih, namun produk reduksi menunjukkan warna putih namun tidak putih bersih, hal tersebut menandakan masih banyak pengotor yang tertinggal saat proses ekstraksi dan yang paling memungkinkan adalah MgO karena memiliki kadar tertinggi pada hasil uji XRF.

Produk reduksi yaitu pada gambar 4.1:



Gambar 4.1 (a) Campuran $\text{Al}(\text{OH})_3$ dengan Mg (b) Pencucian $\text{Mg}(\text{OH})_2$ (c) Produk reduksi dari aluminium pada pH 6 suhu 600°C , 650°C , dan 700°C pH (d) 6,5 suhu 600°C , 650°C , dan 700°C



Gambar 4.2 Diagram Ellingham

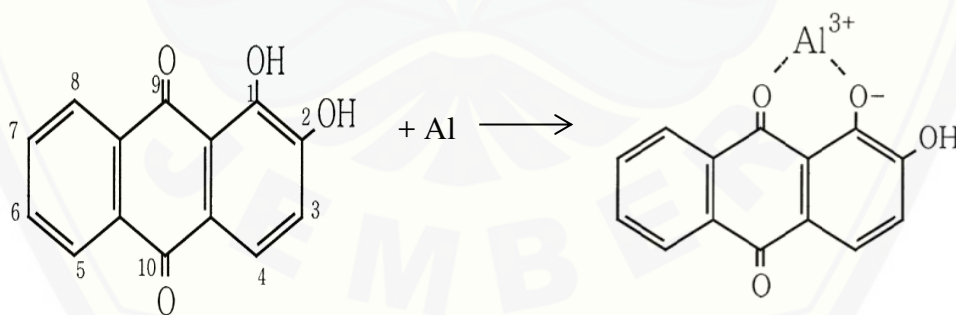
4.2.1 Analisis Kualitatif Hasil Reduksi

Analisis kualitatif dilakukan dengan menggunakan reagen spesifik untuk aluminium yaitu alizarin. Hasil identifikasi secara kualitatif sampel reduksi *fly ash* dengan reagen spesifik alizarin menunjukkan positif mengandung aluminium jika sampel berwarna merah. Berikut adalah hasil identifikasi sampel :

Tabel 4.2 Hasil Identifikasi Sampel Hasil Reduksi dengan Alizarin

pH	Suhu(°C)
	650
6	+
6,5	+

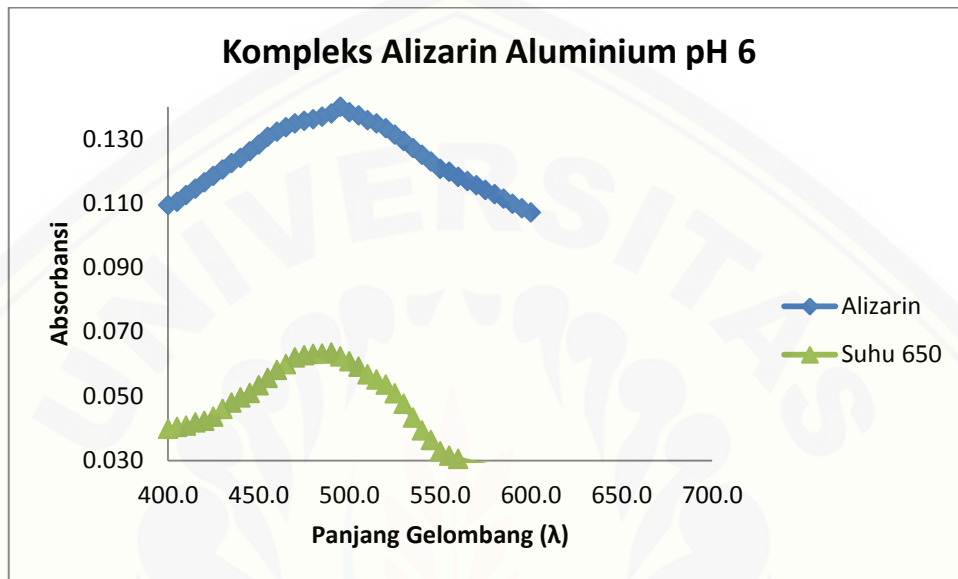
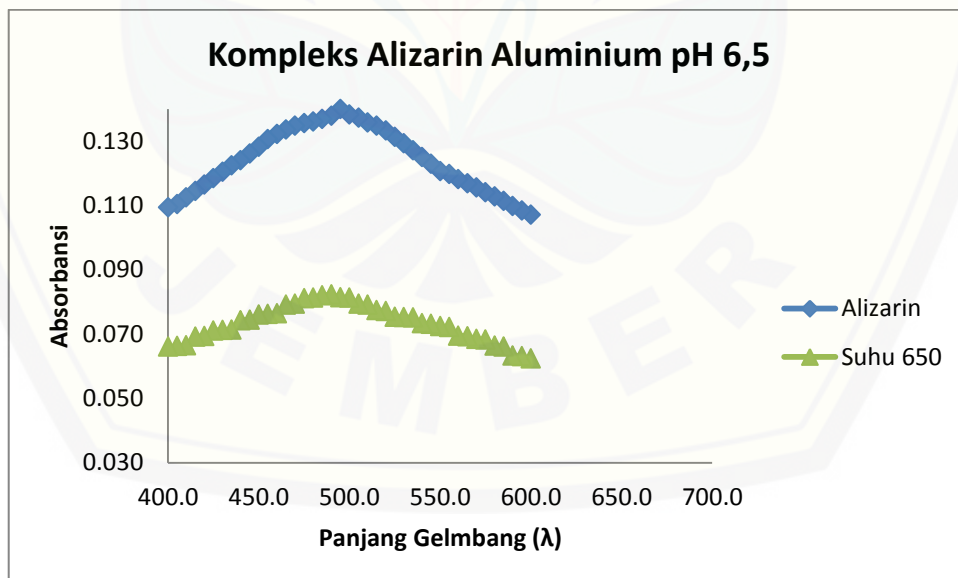
Pengukuran absorbansi alizarin dari area panjang gelombang 400-600 nm dengan interval 5 nm memiliki panjang gelombang maksimum 495 nm dengan absorbansi 0,140 hal tersebut menandakan bahwa atom-atom dari alizarin mengalami transisi elektronik ke tingkat yang lebih tinggi. Menurut Effendy (2007), warna merah merah yang dihasilkan oleh kompleks aluminium dengan alizarin merupakan warna komplementer dari warna yang diserap kompleks tersebut yaitu warna hijau kebiruan yang memiliki panjang gelombang 500 nm. Reaksi antara alizarin dengan logam aluminium seperti pada Gambar 4.2 berikut:



Gambar 4.3 Reaksi Kompleks Alizarin dengan Aluminium (Eipsten dan Yariv, 2003)

Tabel 4.3 Data Absorbansi Sampel Hasil Uji Kualitatif

pH	Suhu (°C)	Absorbansi	Wavelength
6	650	0,063	490
6,5	650	0,082	490

Gambar 4.4 Grafik Perbandingan λ_{max} Alizarin dengan Sampel pH 6Gambar 4.5 Grafik Perbandingan λ_{max} Alizarin dengan Sampel pH 6,5

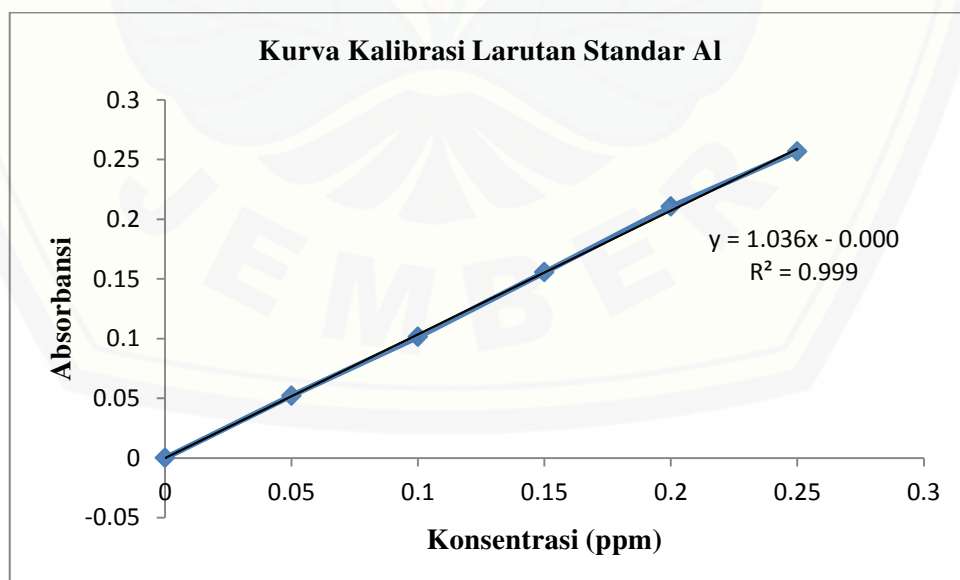
Berdasarkan Gambar 4.4 tersebut dapat disimpulkan bahwa sampel pH 6 mengandung aluminium, karena sampel pada masing-masing suhu menyerap ada

panjang gelombang mendekati panjang gelombang maksimum alizarin. Sampel pH 6 pada suhu 650°C memiliki absorbansi 0,063 dengan panjang gelombang 490 nm. Gambar 4.5 menunjukkan bahwa sampel pH 6,5 juga mengandung aluminium. Sampel pH 6,5 pada suhu 650°C memiliki absorbansi 0,082 dengan panjang gelombang 490. Hasil tersebut menunjukkan bahwa panjang gelombang maksimum masing-masing sampel pada kedua pH pada suhu tersebut memiliki panjang gelombang maksimum yang mendekati dengan panjang gelombang maksimum alizarin, hal tersebut menunjukkan terjadinya pergeseran panjang gelombang antara alizarin terhadap sampel. Pergeseran panjang gelombang dalam hal ini dapat terjadi karena struktur alizarin yang merupakan molekul keton dalam pelarut metanol mengalami transisi elektronik dari $n \rightarrow \pi^*$ sehingga memerlukan energi yang besar untuk melakukan transisi tersebut dan menyebabkan pergeseran gelombang maksimum kompleks alizarin dengan aluminium ke arah panjang gelombang yang lebih rendah. Hal tersebut disebabkan karena adanya ikatan hidrogen antara molekul metanol dengan molekul keton pada struktur kompleks alizarin dengan aluminium pada keadaan dasar. Selain itu kemungkinan penyebab terjadinya pergeseran panjang gelombang adalah adanya pengotor hasil reduksi yang berikatan dengan alizarin. Menurut Larsen dan Zink (1990), alizarin dapat membentuk khelat dengan logam selain Al, logam – logam tersebut adalah Zn, K, Co, Ni dan Cu. Berdasarkan (Lampiran I) pengotor yang memungkinkan berikatan dengan alizarin adalah K dan Zn, walaupun kandungan kedua logam tersebut sangat sedikit namun adanya kemungkinan berinteraksi dengan alizarin yang menyebabkan pergeseran panjang gelombang kompleks alizarin aluminium. Menurut Eipsten dan Yariv (2003), Pergeseran gelombang juga dapat terjadi karena anion alizarin berkoordinasi dengan kation Al^{3+} dan mengalami transisi elektronik dari $\pi \rightarrow \pi^*$ yang membutuhkan energi yang tinggi untuk transisi elektronik, sehingga sampel menyerap panjang gelombang lebih rendah. Pergeseran gelombang kearah lebih rendah juga terjadi karena efek dari dehidrasi parsial dari kation kompleks dalam larutan. Kompleks tersebut kemungkinan mengalami dehidrasi parsial atau hampir seluruhnya menjadi bentuk $[Al(C_{14}H_8O_4)(OH_2)_4]^{2+}$. Akibat dari pengurangan ligan air di sekitar Al, efek

induktif kation dari muatan positif kation menjadi meningkat dan electron ikatan pada O-Al akan menjadi ikatan ionic dan koordinatif, hal tersebut menyebabkan 3 cincin aromatik pada alizarin bermuatan positif, sehingga membutuhkan energi yang besar untuk melakukan transisi elektronik dari π π^* pada cincin aromatik. Hal tersebut menyebabkan pergeseran panjang gelombang ke arah lebih rendah. Menurut Sudiadi (1985), ausokrom dapat memperjelas suatu warna dari senyawa kompleks sehingga dapat diamati secara *visual* warna yang terbentuk. Spektrum ini terjadi karena adanya transisi elektronik pada orbital d senyawa kompleks.

4.2.2 Analisis Kuantitatif Hasil Reduksi

Analisis kuantitatif pada penelitian ini menggunakan metode AAS (*Atomic Absorbition Spectrofotometric*) dan XRF (*X-Ray Fluorecence*). Analisis pertama yaitu menggunakan AAS, untuk menentukan kadar aluminium pada panjang gelombang 309,3 nm. Tahapan pertama yaitu pengukuran larutan standar Al dengan konsentrasi 0 ppm; 0,05 ppm; 0,1 ppm; 0,15 ppm; 0,2 ppm; dan 0,25 ppm dengan panjang gelombang 309,3 nm dan selanjutnya dibuat kurva kalibrasinya. Berdasarkan data absorbansi larutan standar Al berikut adalah kurva kalibrasinya :



Gambar 4.6 Kurva Kalibrasi Larutan Standar Al

Berdasarkan gambar 4.2 diperoleh persamaan regresi linier dari kurva kalibrasi yaitu $y = 1,036x - 0,000$ dengan nilai $R^2 = 0,999$. Hal tersebut menandakan bahwa $\pm 99\%$ perubahan absorbansi dipengaruhi oleh konsentrasi Al dan $\pm 1\%$ merupakan pengaruh faktor lain. Persamaan tersebut digunakan untuk mengetahui konsentrasi sampel hasil ekstraksi dan reduksi. x merupakan konsentrasi yang dicari dan y merupakan nilai absorbansi sampel pengukuran AAS.

Tabel 4.4 Kadar dan Rendemen Aluminium Hidroksida ($\text{Al}(\text{OH})_3$) Hasil Ekstraksi

pH	Kadar (%)	Rendemen (%)
6	37,024	61,830
6,5	41,723	66,015

Kadar dan rendemen aluminium hidroksida yang diperoleh pada pH 6,5 lebih besar daripada pH 6, hal tersebut dikarenakan pH pengendapan optimum untuk membentuk aluminium hidroksida adalah pada pH 6,5. Menurut teori pH 6,5 merupakan pH optimum pengendapan $\text{Al}(\text{OH})_3$ karena pada pH tersebut terjadi kesetimbangan antara $\text{Al}(\text{OH})_3$ dengan ion Al^{3+} dan ion OH^- penyusunnya, dan nilai $-\log K_{sp} \text{Al}(\text{OH})_3$ pada pH 6,5 memiliki nilai kecil dan senyawa akan mudah mengendap.

Tabel 4.5 Kadar dan Rendemen Aluminium Hasil Reduksi

No	pH	Suhu ($^{\circ}\text{C}$)	Kadar (%)	Rendemen (%)
1.	6	650	8,667	99,44
2.	6,5	650	9,013	99,79

Kadar dan rendemen logam aluminium (Al) yang diperoleh pada pH 6,5 lebih besar daripada pada pH 6, hal tersebut terjadi karena pH pengendapan 6,5 $\text{Al}(\text{OH})_3$ yang terbentuk lebih banyak. Kandungan aluminium dalam *fly ash* pada PLTU-PAITON Probolinggo sebesar 14,52%, pada penelitian ini hanya berhasil mendapatkan sebesar 8,667% untuk pH 6 dan 9,013% untuk pH 6,5. Hasil tersebut menunjukkan masih terdapat pengotor yang tersisa saat reduksi, faktor

yang paling memungkinkan adalah sisa magnesium oksida yang terbentuk ketika reduksi.

Analisis kuantitatif yang kedua yaitu menggunakan XRF untuk mengetahui jumlah unsur logam aluminium yang terkandung dalam sampel pH 6,5 pada suhu 650°C. Hasil analisis menunjukkan kadar aluminium yang diperoleh sebesar 9,96% (Lampiran I), hasil tersebut menunjukkan kemiripan dengan hasil analisis sampel pH 6,5 pada suhu 650°C menggunakan AAS yang diperoleh kadar logam aluminium sebesar 9,013%. Terlihat pada (Lampiran I) bahwa pengotor yang masih tersisa dalam sampel yaitu O, Na dan Mg yang memiliki presentase paling besar. Sisa magnesium pada saat pencucian menggunakan air panas masih tersisa atau dengan kata lain magnesium tidak larut semua pada saat pencucian, sehingga mempengaruhi kadar logam aluminium yang diperoleh. Natrium juga merupakan pengotor terbesar selain magnesium, hal tersebut terjadi karena pada saat proses pengendapan aluminium hidroksida masih terdapat sisa NaCl yang seharusnya dilakukan pencucian dengan air hingga NaCl berkurang dari produk pengendapan aluminium hidroksida (reaksi 3).

BAB 5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

1. Pada pH 6 massa dan kadar $\text{Al}(\text{OH})_3$ yang dihasilkan lebih kecil yaitu 1,581 gram dengan kadar 37,024%, sedangkan pada pH 6,5 lebih tinggi yaitu 1,688 gram dengan kadar 41,723%.
2. Pada suhu reduksi 600°C dan 700°C diperoleh kadar dan rendemen logam Al lebih rendah daripada suhu reduksi 650°C. Kadar logam Al pada suhu reduksi 600°C diperoleh sebesar 7,476% untuk pH 6 dan 8,862% untuk pH 6,5 dan pada suhu reduksi 700°C kadar logam Al yang diperoleh sebesar 8,186% untuk pH 6 dan 8,888% untuk pH 6,5. Sedangkan suhu reduksi 650°C diperoleh kadar 8,667% untuk pH 6 dan 9,013% untuk pH 6,5. Rendemen pada pH 6 lebih rendah dari pH 6,5 yaitu 99,44%, sedangkan pada pH 6,5 diperoleh sebesar 99,79%.

5.2 Saran

1. Perlu dilakukan karakterisasi pada produk desilikasi untuk mengetahui kadar silika agar dapat diperoleh kadar logam aluminium yang lebih tinggi.
2. Perlu dilakukan karakterisasi $\text{Al}(\text{OH})_3$ yang diperoleh untuk memaksimalkan kadar logam aluminium yang diperoleh.

DAFTAR PUSTAKA

- Achmad, H., 1996, *Penuntun Belajar Kimia Dasar: Kimia Larutan*, PT. Citra Aditya Bakti, Bandung.
- Acosta, Dafi. 2009. *Pemanfaatan Fly Ash (Abu Terbang) dari Pembakaran Batu Bara pada PLTU Suralaya sebagai Bahan Baku Pembuatan Refraktori Cor*. <http://dafi017.com/2009/03/pemanfaatan-fly-ash-abu-terbang.html> [11 Maret 2005].
- Anderson, R. 1987. *Food Analysis*. Edisi Kedua. New York : Avi Book.
- Aziz, Muchtar, dkk. 2010. *Ekstraksi Alumina Dari Residu Bauksit Skala Bench Serta Pemurniannya Untuk Refraktori*. Bandung : Puslitbang Teknologi Mineral dan Batubara.
- Ballard, T.S. 2008. *Optimizing the Extraction of Phenolic Antioxidant Compounds from Peanut Skins*. Dissertation, the Faculty of Virginia Polytechnic Institute and State University, Blackburg.
- Bo Yu, Zhenhao, T. Jie, X. Lan, X. 2013. "Synthesis of Al(OH)₃ Nanostructures from Al(OH)₃ Microagglomerates via Dissolution-Precipitation Route", *Journal of Nanomaterial*, Vol. **2013** : 1-7.
- Cerqueira A.A. Marques, M.R. 2012. *Electrolytic Treatment of Wastewater in the Oil Industry*. [Open Access] <http://creativecommons.org/licenses/by/3.0>. Licensee InTech.
- Chambers, C. Holliday, A. K. 1975. *Modern Inorganic Chemistry*. Butterworth & Co (Publisher) Ltd. Printed and Bound in Great Britain by R. J. Acford Ltd., Industrial Estate, Chichester, Sussex.
- Chang, R. 2010. *Chemistry, 10th ed*. New York : The McGraw-Hill Companies, Inc.
- Clark, D.V. 1979. *Approach to Atomic Absorption Spectroscopy*. Analytic Chemistry Consultants : Pty Ltd. Sidney-Australia.
- Clark, Jim. 2007. *Sifat Asam-Basa dari Oksida-Oksida Periode 3*. http://www.chem-is-try.org/materi_kimia/kimi_anorganik1/unsur_unsur_periode3/sifat_asam_basa_dari_oksida_oksida_periode_3/[20 Maret 2015].

- Day and Underwood. 1989. *Analisis Kuantitatif*. Jakarta : Erlangga.
- D. Rosma, S. Pratapa. 2015. Analisis Kristalinitas Serbuk Magnesium Oksida Hasil Sintesis Metode Logam – Terlarut Asam. *Jurnal Sains dan Seni ITS*. Vol. 4 (1) : 4-7.
- Effendy. 2007. *Kimia Koordinasi*. Jilid 1. Malang : Bayumedia Publishing.
- Fitri, N.T.D. 2013. “Ekstraksi dan Penentuan Kadar Ion Aluminium Hasil Ekstraksi dari Abu Terbang (*Fly Ash*) Batubara.” Tidak Diterbitkan. Skripsi. Jember : Universitas Jember.
- Fellers, W. O. 1990. *Material Science, Testing and Properties for Technicians*. New Jersey : mPrentice Hall Career and Technology.
- G. Bai, W. Teng, X. Wang 2010. *Alkali Desilicated Coal Fly Ash as Substitute of Bauxite in Lime-Soda Sintering Process for Aluminium Production*. Vol. 20.
- Girard, J.E. 2010. *Principles of Environmental Chemistry*. USA : Jones and Bartlett Publishers.
- Harborne, J. B. 1987. *Metode Fitokimia*. Edisi Kedua. Bandung : ITB.
- Hartomo, J. Anton. 1992. *Mengenal Lapisan Logam*. Yogyakarta: Andi Offset.
- Hayden, P.L. & Rubin, A.J. 1974. Systematic Investigation of the Hydrolysis and Precipitation of Aluminium (III). *Aqueous Environmental Chemistry of Metal*. Vol. 1013-1017 (9), pp. 318-379.
- Hem, J. D., Roberson. C. E. 1967. *Chemistry of Aluminium in Natural Water : Determination of the effect of pH on aluminium solubility and determination of the composition of complexes most likely to occur in natural water*. United States Government Printing Office : Washington.
- Holt, Peter. 2002. *Electrocoagulation : Unraveling and Synthesising The Mechanisms Behind a Water Treatment Process*. Thesis. Department of Chemical Engineering University of Sydney.
- Horn, K. R. V. 1967. *Aluminium : Properties, Physical Metallurgy and Phase Diagrams*, Vol. 1. Ohio : American Society for Metals [on line] <http://opac.csirm.res.in:80/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=1193> [05 April 2015].

- Iswani. 1983. *Instrumentasi Kimia I*. Yogyakarta : BATAN.
- Jumaeri, dkk, 2007. *Preparasi dan Karakterisasi Zeolit dari Abu Layang Batubara secara Alkali Hidrotermal*. FMIPA UGM : Yogyakarta.
- Khopkar, S. M. 1990. *Konsep Dasar Kimia Analitik*. Jakarta: Penerbit Universitas Indonesia.
- Larson, L.J and Zink, J.I. 1990. "Ligand-Centered Luinesence and Deactivation by Ligand Field States in Alizarin Complexes", *Inorg. Chim. Acta* Vol. **169** (1), hal. 7-71.
- Lide, D.R. 1995. *CRC Handbook of Chemistry and Physics, 76th edition*. Florida : Chemical Rubber Co.
- Liu, X. Wang, B. Zhao, L. Sun, Qi. 2012. "Extraction of Alumina from Coal Fly Ash Generated from Inner – Mongolia Chinese Coal", *Advanced Materials Research*, Vol. **1065-1069** (3), pp. 1725-1731
- Lucas, H. J. David, P. 1949. *Principles and Practice In Organic Chemistry*. New York : John Wiley and Sons, Inc.
- Menteri Lingkungan Hidup. 2006. *Fly Ash sebagai Substansi Semen*. <http://b3.menlh.go.id>. [11 Maret 2015].
- Molina, A. Dan Poole, C. 2004. "A Comparative Study Using Two Methods to Produce Zeolites from Fly Ash", *Minerals Engineering*, Vol. **17** (2), hal. 167-173.
- Mulja dan Suharman. 1995. *Analisis Instrumental*. Surabaya : Airlangga University Press.
- Munir, Misbachul. 2008. *Pemanfaatan Abu Batubara (Fly Ash) Untuk Hollow Block yang Bermutu dan Aman Bagi Lingkungan*, Ilmu Lingkungan. Semarang.
- Othmer, D. F. and Kirk, R. E. 1998. *Encyclopedia of Chemical Engineering Technology, Fourth Edition*, Vol. 23, New York : The Innerscience Publisher Division of John Wiley and Sons, Inc.
- Panji, L. Yuliani S. 2005. *Teknologi Ekstraksi Minyak Nilam*. BB Pasca Panen.

- Pecsok, R. R., et al. 1976. *Modern Methods of Chemistry Analysis*, 2nd ed, New York : John Wiley and Sons, Inc.
- Peden, M. E., Amankwah, S. A., Keller, B. J., Krug, E. C., Peden, J. M. 1989.. *Evaluation of Aluminium Speciation Using Synthetic and Natural Samples : Final Report*. Illionis State Water Survey. Contract Re; 463. Department of Energy and Natural Resources.
- Perry, R. H. 1997. *Perry's Chemical Engineering Handbook*. Seventh Edition. New York : Mc Graw Hill Company.
- Petrucci. 1992. *Kimia Dasar Prinsip dan Terapan Modern Edisi Keempat Jilid 2*. Jakarta : Erlangga.
- PT Pembangkitan Jawa Bali Paiton. 2002. *Material Safety Data Sheet*. Probolinggo: PT Pembangkitan Jawa Bali Unit Pembangkitan Paiton.
- Puslitbang Teknologi Mineral dan Batubara Departemen ESDM (2003), *Toksisitas Abu Terbang PLTU Batubara*. Jakarta.
- Rattanasak, U. Chindaprasirt, P. 2009. "Influence of NaOH solution on the Synthesis of Fly Ash Geopolymer", *Minerals Engineering*, Vol. **22** (12) : 1073-1078
- Rohman. 2007. *Kimia Farmasi Analisis*. Yogyakarta : Pustaka Pelajar.
- Sastrohamidjojo, H. 2001. *Dasar-dasar Spektroskopi*. Yogyakarta : Liberty.
- Saukkoriipi, J. 2010. Theoretical Study of The Hydrolysis of Aluminium Complexes. Oulu : University of Oulu.
- Shuang, Q. S. Yang, J. Ma, H. W. Jiang, F. Liu, Y.Q. Li Ge. 2010. *Preparation of Ultrafine Aluminium Hydroxide from Coal Fly Ash by Alkali Dissolution Process*. Vol. **128** (1) : 155-162.
- Silberberg, M. S. 2003. *Chemistry : The molecular nature of matter and change*. 3rd Ed. Boston: Mc Graw HillPub.
- Skoog, Douglas A., James J. 2000. *Principles of Analysis*. Florida : Saunders College Publishing.

Sugiharto, H. Kristian dan Retno, D. Suyanti. 2010. *Kimia Anorganik Logam*. Yogyakarta: Graha Ilmu.

Sugiman dan Setyawan, P. D. 2013. “Perlakuan Permukaan Fly Ash untuk Meningkatkan Kekuatan Tarik Fly Ash Komposit”. *Makara Seri Teknologi* Vol. **17** (3) : 128-132.

Surdia, T. and Saito, S. 1992. *Pengetahuan Bahan Teknik* (edisi kedua). Jakarta : Pradnya Paramita.

Suyanti, Purwani MV., Muhadi, 2008, Peningkatan Kadar Neodimium Secara Proses Pengendapan Bertingkat Memakai Amonia, *Jurnal SDM Teknologi Nuklir* (online), **1**(1): 429-439.

Suyitno, H. dan Supriyanto. 1989. *Rekayasa Pangan*. Yogyakarta : UGM.

Treybal, R. E. 1981. *Mass-Transfer Operations*. Singapura : Mc Graw Hill.

Van Deventer, Jannie, S.J., Hua, Xu. (2002), “Geopolymerisation of Multiple Minerals”, *International Journal of Minerals Processing*, Vol. **15** (12) : 1131-1139

Wilson, I. D. Michael, C. Collin, F. P. Edward, R.A. 2000. *Encyclopedia of Separation Science*. UK : AstraZeneca.

LAMPIRAN-LAMPIRAN

LAMPIRAN A

A.1 Pembuatan Larutan H_2SO_4 10%

$$\rho = 1,84 \text{ g/cm}^3 = 1,84 \text{ Kg/dm}^3 = 1,84 \text{ Kg/L}$$

$$m = \rho \times V = 1,84 \text{ Kg/L} \times 1L = 1,84 \text{ Kg} = 1840 \text{ g}$$

$$\text{massa } H_2SO_4 \text{ dalam 1 L larutan } 96\% = 96\% \times 1840 \text{ g} = 1766,4 \text{ g}$$

$$n = \frac{m}{Mr} = \frac{1766,4 \text{ g}}{98 \text{ g/mol}} = 18 \text{ mol}$$

$$M = \frac{n}{V} = \frac{18 \text{ mol}}{1L} = 18 \text{ M}$$

$$\text{massa } H_2SO_4 \text{ dalam 1 L larutan } 10\% = 10\% \times 1840 \text{ g} = 184 \text{ g}$$

$$n = \frac{m}{Mr} = \frac{184 \text{ g}}{98 \text{ g/mol}} = 1,87 \text{ mol}$$

$$M = \frac{n}{V} = \frac{1,87 \text{ mol}}{1L} = 1,87 \text{ M}$$

$$M_1 \times V_1 = M_2 \times V_2$$

$$12 \text{ M} \times V_1 = 1,87 \text{ M} \times 100 \text{ mL}$$

$$V_1 = 10,42 \text{ mL}$$

A.2 Pembuatan Larutan HCl 4 M

$$\rho = 1,19 \text{ g/cm}^3 = 1,19 \text{ Kg/dm}^3 = 1,19 \text{ Kg/L}$$

$$m = \rho \times V = 1,19 \text{ Kg/L} \times 1L = 1,19 \text{ Kg} = 1190 \text{ g}$$

$$\text{massa HCl dalam 1 L larutan } 37\% = 37\% \times 1190 \text{ g} = 440,3 \text{ g}$$

$$n = \frac{m}{Mr} = \frac{440,3 \text{ g}}{36,5 \text{ g/mol}} = 12 \text{ mol}$$

$$M = \frac{n}{V} = \frac{12 \text{ mol}}{1L} = 12 \text{ M}$$

$$M_1 \times V_1 = M_2 \times V_2$$

$$12 \text{ M} \times V_1 = 4 \text{ M} \times 250 \text{ mL}$$

$$V_1 = 83,33 \text{ mL}$$

A.3 Pembuatan Larutan NaOH 8 M

$$M = \frac{\text{massa}}{Mr} \times \frac{1000}{v}$$

$$\text{massa} = \frac{M \times Mr \times v}{1000}$$

$$\text{massa} = \frac{8 M \times 40 \text{ g/mol} \times 250 \text{ mL}}{1000}$$

$$\text{massa} = 80 \text{ gram}$$

A.4 Pembuatan Larutan NaOH 20 M

$$M = \frac{\text{massa}}{Mr} \times \frac{1000}{v}$$

$$\text{massa} = \frac{M \times Mr \times v}{1000}$$

$$\text{massa} = \frac{20 M \times 40 \text{ g/mol} \times 250 \text{ mL}}{1000}$$

$$\text{massa} = 200 \text{ gram}$$

A.5 Pembuatan Larutan Standar Logam Al 100 mg/L

$$M_1 \times V_1 = M_2 \times V_2$$

$$1000 \text{ mg/L} \times V_1 = 100 \text{ mg/L} \times 100 \text{ mL}$$

$$V_1 = 10 \text{ mL}$$

A.6 Pembuatan Larutan Standar Logam Al 10 mg/L

$$M_1 \times V_1 = M_2 \times V_2$$

$$100 \text{ mg/L} \times V_1 = 10 \text{ mg/L} \times 100 \text{ mL}$$

$$V_1 = 10 \text{ mL}$$

A.7 Pembuatan Larutan Standar Logam Al 0 mg/L

$$M_1 \times V_1 = M_2 \times V_2$$

$$10 \text{ mg/L} \times V_1 = 0 \text{ mg/L} \times 100 \text{ mL}$$

$$V_1 = 0 \text{ mL}$$

A.8 Pembuatan Larutan Standar Logam Al 0,05 mg/L

$$M_1 \times V_1 = M_2 \times V_2$$

$$10 \text{ mg/L} \times V_1 = 0,05 \text{ mg/L} \times 100 \text{ mL}$$

$$V_1 = 0,5 \text{ mL}$$

A.10 Pembuatan Larutan Standar Logam Al 0,1 mg/L

$$M_1 \times V_1 = M_2 \times V_2$$

$$10 \text{ mg/L} \times V_1 = 0,1 \text{ mg/L} \times 100 \text{ mL}$$

$$V_1 = 1 \text{ mL}$$

A.11 Pembuatan Larutan Standar Logam Al 0,15 mg/L

$$M_1 \times V_1 = M_2 \times V_2$$

$$10 \text{ mg/L} \times V_1 = 0,15 \text{ mg/L} \times 100 \text{ mL}$$

$$V_1 = 1,5 \text{ mL}$$

A.12 Pembuatan Larutan Standar Logam Al 0,2 mg/L

$$M_1 \times V_1 = M_2 \times V_2$$

$$10 \text{ mg/L} \times V_1 = 0,2 \text{ mg/L} \times 100 \text{ mL}$$

$$V_1 = 2 \text{ mL}$$

A.13 Pembuatan Larutan Standar Logam Al 0,25 mg/L

$$M_1 \times V_1 = M_2 \times V_2$$

$$10 \text{ mg/L} \times V_1 = 0,25 \text{ mg/L} \times 100 \text{ mL}$$

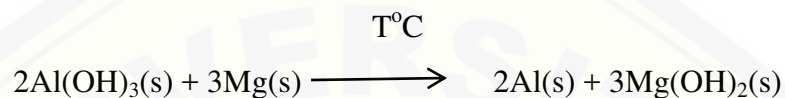
$$V_1 = 2,5 \text{ mL}$$

LAMPIRAN B

Stoikiometri Massa Reaktan Hasil Reduksi Al dari Al(OH)_3

a. Massa Al(OH)_3 yang digunakan yaitu 1,5 gram

$$n \text{ Al(OH)}_3 = \frac{\text{massa Al(OH)}_3}{\text{Mr Al(OH)}_3} = \frac{1,5 \text{ g}}{78,01 \text{ g/mol}} = 0,019 \text{ mol}$$



Mula-mula :	0,019 mol	-	-	-
Reaksi :	0,019 mol	0,028 mol	0,019 mol	0,028 mol
Setimbang :	-	0,028 mol	0,019 mol	0,028 mol

b. Massa Magnesium yaitu :

$$\text{massa Mg} = n \text{ Mg} \times \text{Mr Mg}$$

$$\text{massa Mg} = 0,028 \text{ mol} \times 24,312 \text{ g/mol}$$

$$\text{massa Mg} = 0,680 \text{ g}$$

Jadi, massa Magnesium yang digunakan yaitu $\pm 0,680 \text{ g}$

LAMPIRAN C

Tabel Kondisi Parameter AAS untuk Unsur Al

No	Parameter	Spesifikasi
1.	Panjang Gelombang	309,3 nm
2.	Tipe Nyala	N_2O /Asetilen
3.	Lebar Celah	0,7 nm
4.	Lampu Katoda	3,0 mA

LAMPIRAN D**D.1 Data Absorbansi Larutan Standar Al**

Konsentrasi (ppm)	Absorbansi
0	0
0,05	0,05204
0,1	0,10131
0,15	0,1555
0,2	0,21044
0,25	0,24671

Kurva Kalibrasi : $y = 1,036x - 0,000$

$$R^2 = 0,999$$

D.2 Data Absorbansi Sampel Al awal dalam *Fly Ash*

Absorbansi			Absorbansi Rata-Rata
1	2	3	0,245
0,245	0,245	0,246	

D.3 Data Perhitungan Kadar Sampel Al awal dalam *Fly Ash*

$$y = 1,036x - 0,000$$

$$0,245 = 1,036x$$

$$x = 0,236 \text{ ppm}$$

$$x = 0,236 \text{ g/L} \times 0,005 \text{ L}$$

$$x = 1,18 \times 10^{-3} \text{ g} = 1,18 \text{ mg (dalam 5 mL larutan)}$$

$$\text{Sampel} = 0,1 \text{ gram} = 100 \text{ mg}$$

26 mL larutan sampel dipipet 10 mL dan diencerkan dengan akuades dalam labu ukur 25 mL

Maka dalam 25 mL larutan mengandung Al sebesar :

$$\frac{25\text{mL}}{5\text{mL}} \times 1,18 \text{ mg} = 5,9 \text{ mg}$$

Sehingga dalam 26 mL sampel mengandung Al sebesar :

$$\frac{26}{10} \times 5,9 \text{ mg} = 15,34 \text{ mg}$$

Kadar :

$$15,34 \text{ mg} / 100 \text{ mg} \times 100\% = 15,34\%$$

D.4 Data Absorbansi Sampel Al(OH)₃ Hasil Ekstraksi *Fly Ash*

pH	Absorbansi			Absorbansi Rata-Rata
	1	2	3	
6	0,206	0,205	0,205	0,205
6,5	0,230	0,229	0,229	0,230

D.5 Data Perhitungan Kadar Al(OH)₃ Hasil Ekstraksi *Fly Ash*

D.5.1 Sampel Logam Al pH 6

$$y = 1,036x - 0,000$$

$$0,205 = 1,036x$$

$$x = 0,197 \text{ ppm}$$

$$x = 0,197 \text{ g/L} \times 0,005 \text{ L}$$

$$x = 0,985 \times 10^{-3} \text{ g} = 0,985 \text{ mg (dalam 5 mL larutan)}$$

Sampel = 0,1 gram = 100 mg

26 mL larutan sampel dipipet 10 mL dan diencerkan dengan akuades dalam labu ukur 25 mL

Maka dalam 25 mL larutan mengandung Al sebesar :

$$\frac{25\text{mL}}{5\text{mL}} \times 0,985 \text{ mg} = 4,925 \text{ mg}$$

Sehingga dalam 26 mL sampel mengandung Al sebesar:

$$\frac{26}{10} \times 4,925 \text{ mg} = 12,805 \text{ mg}$$

Dalam 100 mg $\text{Al}(\text{OH})_3$ mengandung Al sebesar :

$$\text{massa Al} = \text{Ar Al} / \text{Mr Al}(\text{OH})_3 \times 100\text{mg}$$

$$\text{massa Al} = \frac{26,98 \frac{\text{g}}{\text{mol}}}{78,01 \frac{\text{g}}{\text{mol}}} \times 100\text{mg}$$

$$\text{massa Al} = 34,585 \text{ mg}$$

Kadar :

$$\frac{12,805 \text{ mg}}{34,585 \text{ mg}} \times 100\% = 37,024\%$$

D.5.2 Sampel Logam Al pH 6,5

$$y = 1,036x - 0,000$$

$$0,230 = 1,036x$$

$$x = 0,222 \text{ ppm}$$

$$x = 0,222\text{g/L} \times 0,005\text{L}$$

$$x = 1,11 \times 10^{-3}\text{g} = 1,11 \text{ mg (dalam 5 mL larutan)}$$

Sampel = 0,1 gram = 100 mg

26 mL larutan sampel dipipet 10 mL dan diencerkan dengan akuades dalam labu ukur 25 mL

Maka dalam 25 mL larutan mengandung Al sebesar :

$$25 \text{ mL} / 5\text{mL} \times 1,11 \text{ mg} = 5,55 \text{ mg}$$

Sehingga dalam 26 mL sampel mengandung Al sebesar:

$$\frac{26}{10} \times 5,55 \text{ mg} = 14,43 \text{ mg}$$

Dalam 100 mg Al(OH)_3 mengandung Al sebesar :

$$\text{massa Al} = \text{Ar Al} / \text{Mr Al(OH)}_3 \times 100 \text{ mg}$$

$$\text{massa Al} = \frac{26,98 \frac{\text{g}}{\text{mol}}}{78,01 \frac{\text{g}}{\text{mol}}} \times 100 \text{ mg}$$

$$\text{massa Al} = 34,585 \text{ mg}$$

Kadar :

$$\frac{14,43 \text{ mg}}{34,585 \text{ mg}} \times 100\% = 41,723\%$$

D.6 Ekstraksi Aluminium Hidroksida (Al(OH)_3)

pH	Berat Al(OH)_3 (gram)	Berat Rata-Rata (gram)	Rendemen (%)
6	1,604	1,581	61,830
	1,528		
	1,612		
6,5	1,672	1,688	66,015
	1,704		
	1,688		

Massa sampel dalam *fly ash* :

$$\text{massa} = \text{mFA} \times \text{kadar sampel Al awal dalam fly ash}$$

$$\text{massa} = 16,67 \text{ g} \times 15,34\% = 2,557 \text{ g}$$

mFA : massa *fly ash* untuk ekstraksi

a) Rendemen $\text{Al}(\text{OH})_3$ pH 6 yaitu :

$$\text{Rendemen} = \frac{\text{massa Al}(\text{OH})_3 \text{ hasil ekstraksi}}{\text{massa sampel dalam fly ash}} \times 100\%$$

$$\text{Rendemen} = \frac{1,581\text{g}}{2,557\text{g}} \times 100\% = 61,830\%$$

b) Rendemen $\text{Al}(\text{OH})_3$ pH 6,5 yaitu :

$$\text{Rendemen} = \frac{\text{massa Al}(\text{OH})_3 \text{ hasil ekstraksi}}{\text{massa sampel dalam fly ash}} \times 100\%$$

$$\text{Rendemen} = \frac{1,688\text{g}}{2,557\text{g}} \times 100\% = 66,015\%$$

D.7 Data Perhitungan Kadar Logam Aluminium Hasil Ekstraksi *Fly Ash*

pH	Suhu (°C)	Absorbansi			Absorbansi Rata-
		1	2	3	Rata
6	600	0,174	0,175	0,175	0,174
	650	0,201	0,202	0,202	0,201
	700	0,185	0,184	0,185	0,184
6,5	600	0,206	0,208	0,208	0,207
	650	0,225	0,224	0,224	0,224
	700	0,215	0,215	0,217	0,215

D.7.1 Sampel Logam Al pH 6

a) Suhu 600 °C

$$y = 1,036x - 0,000$$

$$0,174 = 1,036x$$

$$x = 0,168 \text{ ppm}$$

$$x = 0,168\text{g/L} \times 0,005\text{L}$$

$$x = 0,840 \times 10^{-3}\text{g} = 0,840 \text{ mg (dalam 5 mL larutan)}$$

$$\text{Sampel} = 0,625 \text{ gram} = 625 \text{ mg}$$

44,5 mL larutan sampel dipipet 10 mL kemudian diencerkan dengan akuades dalam labu ukur 25 mL, lalu dipipet kembali 10 mL dan diencerkan dengan akuades dalam labu ukur 25 mL

Maka dalam 25 mL larutan mengandung Al sebesar :

1. $25 \text{ mL}/5 \text{ mL} \times 0,840 \text{ mg} = 4,2 \text{ mg}$
2. $25 \text{ mL}/10 \text{ mL} \times 4,2 \text{ mg} = 10,5 \text{ mg}$

Sehingga dalam 44,5 mL sampel mengandung Al sebesar:

$$\frac{44,5}{10} \times 10,5 \text{ mg} = 46,725 \text{ mg}$$

Kadar :

$$46,725 \text{ mg} / 625 \text{ mg} \times 100\% = 7,476\%$$

b) Suhu 650 °C

$$y = 1,036x - 0,000$$

$$0,201 = 1,036x$$

$$x = 0,194 \text{ ppm}$$

$$x = 0,194 \text{ g/L} \times 0,005 \text{ L}$$

$$x = 0,973 \times 10^{-3} \text{ g} = 0,973 \text{ mg (dalam 5 mL larutan)}$$

Sampel = 0,435 gram = 435 mg

31 mL larutan sampel dipipet 10 mL kemudian diencerkan dengan akuades dalam labu ukur 25 mL, lalu dipipet kembali 10 mL dan diencerkan dengan akuades dalam labu ukur 25 mL

Maka dalam 25 mL larutan mengandung Al sebesar :

1. $25 \text{ mL}/5 \text{ mL} \times 0,973 \text{ mg} = 4,865 \text{ mg}$

$$2. \quad 25\text{mL}/10\text{mL} \times 4,865 \text{ mg} = 12,162 \text{ mg}$$

Sehingga dalam 31 mL sampel mengandung Al sebesar:

$$\frac{31}{10} \times 12,162 \text{ mg} = 37,702 \text{ mg}$$

Kadar :

$$37,702 \text{ mg} / 435 \text{ mg} \times 100\% = 8,667\%$$

c) Suhu 700 °C

$$y = 1,036x - 0,000$$

$$0,184 = 1,036x$$

$$x = 0,177 \text{ ppm}$$

$$x = 0,177 \text{ g/L} \times 0,005\text{L}$$

$$x = 0,885 \times 10^{-3} \text{ g} = 0,885 \text{ mg} \text{ (dalam 5 mL larutan)}$$

$$\text{Sampel} = 0,527 \text{ gram} = 527 \text{ mg}$$

39 mL larutan sampel dipipet 10 mL kemudian diencerkan dengan akuades dalam labu ukur 25 mL, lalu dipipet kembali 10 mL dan diencerkan dengan akuades dalam labu ukur 25 mL

Maka dalam 25 mL larutan mengandung Al sebesar :

$$1. \quad 25 \text{ mL}/5\text{mL} \times 0,885 \text{ mg} = 4,425 \text{ mg}$$

$$2. \quad 25 \text{ mL}/10\text{mL} \times 4,425 \text{ mg} = 11,062 \text{ mg}$$

Sehingga dalam 39 mL sampel mengandung Al sebesar:

$$\frac{39}{10} \times 11,062 \text{ mg} = 43,143 \text{ mg}$$

Kadar :

$$43,143\text{mg} / 527 \text{ mg} \times 100\% = 8,186\%$$

D.6.2 Sampel Logam Al pH 6,5

a) Suhu 600 °C

$$y = 1,036x - 0,000$$

$$0,207 = 1,036x$$

$$x = 0,200 \text{ ppm}$$

$$x = 0,200 \text{ g/L} \times 0,005 \text{ L}$$

$$x = 1 \times 10^{-3} \text{ g} = 1 \text{ mg (dalam 5 mL larutan)}$$

Sampel = 0,543 gram = 543 mg

38,5 mL larutan sampel dipipet 10 mL kemudian diencerkan dengan akuades dalam labu ukur 25 mL, lalu dipipet kembali 10 mL dan diencerkan dengan akuades dalam labu ukur 25 mL

Maka dalam 25 mL larutan mengandung Al sebesar :

$$1. \quad 25 \text{ mL} / 5 \text{ mL} \times 1 \text{ mg} = 5 \text{ mg}$$

$$2. \quad 25 \text{ mL} / 10 \text{ mL} \times 5 \text{ mg} = 12,5 \text{ mg}$$

Sehingga dalam 38,5 mL sampel mengandung Al sebesar :

$$\frac{38,5}{10} \times 12,5 \text{ mg} = 48,125 \text{ mg}$$

Kadar :

$$48,125 \text{ mg} / 543 \text{ mg} \times 100\% = 8,862\%$$

b) Suhu 650 °C

$$y = 1,036x - 0,000$$

$$0,224 = 1,036x$$

$$x = 0,216 \text{ ppm}$$

$$x = 0,216 \text{ g/L} \times 0,005 \text{ L}$$

$$x = 1,08 \times 10^{-3} g = 1,08 \text{ mg (dalam 5 mL larutan)}$$

Sampel = 0,674 gram = 674 mg

45 mL larutan sampel dipipet 10 mL kemudian diencerkan dengan akuades dalam labu ukur 25 mL, lalu dipipet kembali 10 mL dan diencerkan dengan akuades dalam labu ukur 25 mL

Maka dalam 25 mL larutan mengandung Al sebesar :

1. $25\text{mL}/5\text{mL} \times 1,08\text{mg} = 5,4 \text{ mg}$
2. $25\text{mL}/10\text{mL} \times 5,4\text{mg} = 13,5 \text{ mg}$

Sehingga dalam 44 mL sampel mengandung Al sebesar:

$$\frac{45}{10} \times 13,5 \text{ mg} = 60,75 \text{ mg}$$

Kadar :

$$60,75 \text{ mg} / 674 \text{ mg} \times 100\% = 9,013\%$$

c) Suhu 700 °C

$$y = 1,036x - 0,000$$

$$0,215 = 1,036x$$

$$x = 0,207 \text{ ppm}$$

$$x = 0,207 \text{ g/L} \times 0,005 \text{ L}$$

$$x = 1,035 \times 10^{-3} \text{ g} = 1,035 \text{ mg (dalam 5 mL larutan)}$$

Sampel = 0,524. gram = 524 mg

36 mL larutan sampel dipipet 10 mL kemudian diencerkan dengan akuades dalam labu ukur 25 mL, lalu dipipet kembali 10 mL dan diencerkan dengan akuades dalam labu ukur 25 mL

Maka dalam 25 mL larutan mengandung Al sebesar :

1. $25 \text{ mL}/5\text{mL} \times 1,035 \text{ mg} = 5,175 \text{ mg}$
2. $25 \text{ mL}/10\text{mL} \times 5,175 \text{ mg} = 12,937 \text{ mg}$

Sehingga dalam 36 mL sampel mengandung Al sebesar :

$$\frac{36}{10} \times 12,937 \text{ mg} = 46,573 \text{ mg}$$

Kadar :

$$46,573 \text{ mg}/524\text{mg} \times 100\% = 8,888\%$$

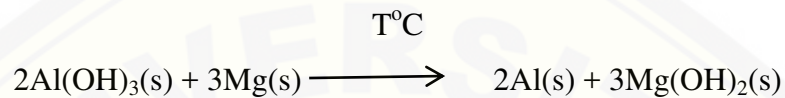
D.8 Tabel Kadar Logam Al dengan Metode AAS

pH	Suhu (°C)	Kadar (%)
6	600	7,476
	650	8,667
	700	8,186
6,5	600	8,862
	650	9,013
	700	8,888

LAMPIRAN E**E.1 Stoikiometri Massa Reaktan Hasil Reduksi Al dari $Al(OH)_3$**

a. Massa $Al(OH)_3$ yang digunakan yaitu 1,5 gram

$$n Al(OH)_3 = \frac{\text{massa } Al(OH)_3}{Mr Al(OH)_3} = \frac{1,5 \text{ g}}{78,01 \text{ g/mol}} = 0,019 \text{ mol}$$



Mula-mula :	0,019 mol	-	-	-	-
Reaksi :	0,019 mol	0,028 mol	0,019 mol	0,028 mol	0,028 mol
Setimbang :	-	0,028 mol	0,019 mol	0,028 mol	0,028 mol

b. Massa Al dalam $Al(OH)_3$ pH 6

$$\text{Mol Al} = \text{mol } Al(OH)_3 = 0,019 \text{ mol}$$

$$\text{massa Al} = n Al \times Ar Al$$

$$\text{massa Al} = 0,019 \text{ mol} \times 26,98 \text{ g/mol}$$

$$\text{massa Al} = 0,518 \text{ g}$$

$$\text{Massa Al dalam } Al(OH)_3 \text{ (M1)} = \text{massa Al} \times \text{kadar } Al(OH)_3$$

$$= 0,518 \text{ g} \times 37,024\%$$

$$= 0,191 \text{ g}$$

$$\text{Massa Al yang dihasilkan} = \text{massa } Al(OH)_3 \times \text{kadar } Al(OH)_3$$

$$= 1,5 \text{ gram} \times 37,024\%$$

$$= 0,55536 \text{ gram}$$

$$\text{Mol Al} = \text{mol } Al(OH)_3 = \frac{\text{massa Al yang dihasilkan}}{Mr Al(OH)_3}$$

$$= \frac{0,55563 \text{ gram}}{78,01 \text{ gram/mol}} = 0,007119 \text{ mol}$$

Maka Massa Al dalam Al(OH)_3 yang dihasilkan (M2)

$$\text{massa Al} = n \text{ Al} \times \text{Ar Al}$$

$$\text{massa Al} = 0,007119 \text{ mol} \times 26,98 \text{ g/mol}$$

$$\text{massa Al} = 0,19207 \text{ g}$$

c. Massa Al dalam Al(OH)_3 pH 6,5

$$\text{Mol Al} = \text{mol Al(OH)}_3 = 0,019 \text{ mol}$$

$$\text{massa Al} = n \text{ Al} \times \text{Ar Al}$$

$$\text{massa Al} = 0,019 \text{ mol} \times 26,98 \text{ g/mol}$$

$$\text{massa Al} = 0,518 \text{ g}$$

$$\begin{aligned} \text{Massa Al dalam Al(OH)}_3 \text{ (M1)} &= \text{massa Al} \times \text{kadar Al(OH)}_3 \\ &= 0,518 \text{ g} \times 41,723\% \\ &= 0,216 \text{ g} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Massa Al yang dihasilkan} &= \text{massa Al(OH)}_3 \times \text{kadar Al(OH)}_3 \\ &= 1,5 \text{ gram} \times 41,723\% \\ &= 0,625845 \text{ gram} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Mol Al} = \text{mol Al(OH)}_3 &= \frac{\text{massa Al yang dihasilkan}}{\text{Mr Al(OH)}_3} \\ &= \frac{0,625845 \text{ gram}}{78,01 \text{ gram/mol}} = 0,0080226 \text{ mol} \end{aligned}$$

Maka Massa Al dalam Al(OH)_3 yang dihasilkan (M2)

$$\text{massa Al} = n \text{ Al} \times \text{Ar Al}$$

$$\text{massa Al} = 0,0080226 \text{ mol} \times 26,98 \text{ g/mol}$$

$$\text{massa Al} = 0,21654 \text{ g}$$

E.2 Tabel Massa Al dalam Al(OH)_3

No	pH	Massa Al (gram)	Rendemen (%)
1.	6	0,191	12,080
2.	6,5	0,216	12,80

a) Rendemen Al Hasil Reduksi pH 6

$$\text{Rendemen} = \frac{M1}{M2} \times 100\%$$

$$\text{Rendemen} = \frac{0,191}{0,19207} \times 100\% = 99,44\%$$

b) Rendemen Al Hasil Reduksi pH 6,5

$$\text{Rendemen} = \frac{M1}{M2} \times 100\%$$

$$\text{Rendemen} = \frac{0,216}{0,21645} \times 100\% = 99,79\%$$

E.3 Perhitungan Nilai Ksp dan Nilai Qc

Konsentrasi awal Al dalam fly ash = 15,34%

$$M = \frac{1000 \times \rho \times \%}{Mr}$$

$$M = \frac{1000 \times 3,95 \frac{g}{cm^3} \times 15,34\%}{101,96 \text{ g/mol}} = 5,942 \text{ M}$$



1. pH 6

$$[\text{H}^{+}] = 10^{-6}$$

$$\text{pOH} = 14 - 6 = 8$$

$$[\text{OH}^{-}] = 10^{-8}$$

$$K_{sp} = [\text{Al}^{3+}][3\text{OH}^{-}]$$

$$K_{sp} = (s)(3s)^3$$

$$Q_c = [5,942][10^{-8}]$$

$$Q_c = 5,942 \times 10^{-8}$$

$$K_{sp} \text{ Al(OH)}_3 = 4,6 \times 10^{-33}$$

Jadi $Q_c > K_{sp}$ (terjadi pengendapan)

2. pH 6,5

$$[H^+] = 10^{-6,5}$$

$$pOH = 14 - 6,5 = 7,5$$

$$[OH^-] = 10^{-7,5}$$

$$K_{sp} = [Al^{3+}][3OH^-]$$

$$K_{sp} = (s)(3s)^3$$

$$Q_c = [5,942][10^{-7,5}]$$

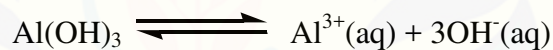
$$Q_c = 5,942 \times 10^{-7,5}$$

$$K_{sp} Al(OH)_3 = 4,6 \times 10^{-33}$$

Jadi $Q_c > K_{sp}$ (terjadi pengendapan)

LAMPIRAN F

Perhitungan Kelarutan $Al(OH)_3$ dan $Mg(OH)_2$

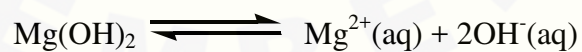


$$K_{sp} = [Al^{3+}][OH^-]^3$$

$$K_{sp} = (s)(3s)^3$$

$$4,6 \times 10^{-33} = 27s^4$$

$$1,143 \times 10^{-6} = s$$



$$K_{sp} = [Mg^{2+}][OH^-]^2$$

$$K_{sp} = (s)(2s)^2$$

$$2 \times 10^{-12} = 4s^3$$

$$5,848 \times 10^{-5} = s$$

LAMPIRAN G

Absorbansi Panjang Gelombang Alizarin dan Sampel pH 6 dan 6,5 dengan Spektrofotometer UV-VIS

Wavelength (nm)	Alizarin	pH 6			pH 6,5		
		600°C	650°C	750°C	600°C	650°C	700°C
600.0	0.107	0.031	0.026	0.020	0.033	0.062	0.031
595.0	0.108	0.031	0.027	0.020	0.034	0.063	0.031
590.0	0.110	0.031	0.027	0.021	0.036	0.063	0.031
585.0	0.111	0.032	0.027	0.022	0.038	0.066	0.032
580.0	0.113	0.033	0.028	0.023	0.040	0.066	0.032
575.0	0.114	0.033	0.028	0.023	0.041	0.068	0.032
570.0	0.116	0.033	0.029	0.023	0.043	0.068	0.032
565.0	0.117	0.033	0.030	0.023	0.043	0.069	0.033
560.0	0.118	0.034	0.030	0.024	0.044	0.069	0.033
555.0	0.120	0.035	0.031	0.024	0.046	0.072	0.034
550.0	0.121	0.036	0.033	0.025	0.046	0.072	0.036
545.0	0.123	0.036	0.036	0.025	0.047	0.073	0.036
540.0	0.125	0.037	0.039	0.026	0.048	0.073	0.040
535.0	0.127	0.037	0.043	0.029	0.049	0.075	0.046
530.0	0.129	0.037	0.048	0.032	0.050	0.075	0.050
525.0	0.131	0.037	0.051	0.034	0.051	0.075	0.055
520.0	0.133	0.038	0.053	0.035	0.053	0.077	0.058
515.0	0.135	0.038	0.055	0.037	0.055	0.077	0.061
510.0	0.136	0.039	0.057	0.038	0.056	0.079	0.064
505.0	0.137	0.039	0.059	0.039	0.058	0.079	0.066
500.0	0.138	0.039	0.061	0.040	0.061	0.081	0.068
495.0	0.140	0.040	0.062	0.042	0.062	0.081	0.070
490.0	0.138	0.040	0.063	0.043	0.063	0.082	0.073
485.0	0.137	0.041	0.063	0.044	0.064	0.082	0.074
480.0	0.136	0.041	0.063	0.043	0.063	0.081	0.076

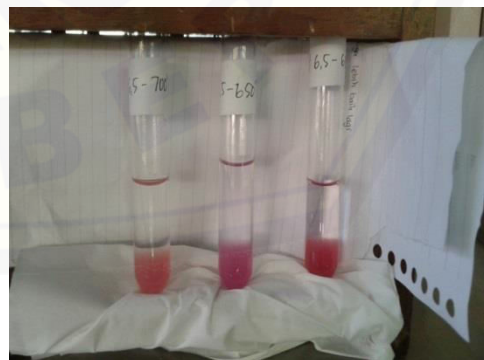
Wavelength (nm)	Alizarin	pH 6			pH 6,5		
		600°C	650°C	750°C	600°C	650°C	700°C
475.0	0.136	0.042	0.063	0.043	0.062	0.081	0.073
470.0	0.135	0.041	0.062	0.041	0.060	0.079	0.072
465.0	0.134	0.040	0.060	0.040	0.059	0.079	0.068
460.0	0.132	0.040	0.058	0.037	0.056	0.076	0.064
455.0	0.131	0.039	0.056	0.035	0.055	0.076	0.060
450.0	0.128	0.039	0.053	0.034	0.055	0.076	0.058
445.0	0.126	0.039	0.051	0.033	0.054	0.074	0.056
440.0	0.124	0.038	0.050	0.031	0.054	0.074	0.055
435.0	0.122	0.038	0.048	0.031	0.053	0.071	0.054
430.0	0.120	0.038	0.046	0.030	0.053	0.071	0.052
425.0	0.118	0.037	0.044	0.030	0.053	0.071	0.051
420.0	0.116	0.037	0.042	0.031	0.052	0.069	0.049
415.0	0.114	0.036	0.042	0.031	0.052	0.069	0.048
410.0	0.112	0.036	0.041	0.031	0.052	0.066	0.047
405.0	0.110	0.036	0.040	0.031	0.051	0.066	0.045
400.0	0.009	0.036	0.040	0.031	0.051	0.066	0.044

LAMPIRAN H

Hasil Analisis Kualitatif



pH 6



pH 6,5

LAMPIRAN I

Hasil Analisis Kuantitatif XRF



KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
UNIVERSITAS SEBELAS MARET
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
LABORATORIUM MIPA TERPADU
Jl. Ir. Sutami 36A, Kientingan, Surakarta, Jawa Tengah 57126

Nama konsumen : Aranca Nindya P
Jenis analisis : XRF
Aplikasi/preparasi : EQUA_Powder/Mylar
Jenis sampel : Serbuk
Kode sampel : ArancaNP_UNEJ_AI pH 6.5-650 deg
Nama operator : Yohan Aldi Ismoyo
Hari/Tanggal analisis : 14 September 2016
Kontak : Dr. Sayekti W., M.Si (081568455281)

1. Analisis Kuantitatif

Formula	Z	Concentration	Status	Line 1
MgO	12	34.49%	Fit spectrum	Mg KA1/EQ20
Na2O	11	23.39%	Fit spectrum	Na KA1/EQ20
Al2O3	13	18.82%	Fit spectrum	Al KA1/EQ20
SiO2	14	14.64%	Fit spectrum	Si KA1/EQ20
P2O5	15	2.15%	Fit spectrum	P KA1/EQ20
Cl	17	1.96%	Fit spectrum	Cl KA1/EQ20
CaO	20	1.63%	Fit spectrum	Ca KA1/EQ20
SO3	16	1.42%	Fit spectrum	S KA1/EQ20
K2O	19	0.74%	Fit spectrum	K KA1/EQ20
Fe2O3	26	0.19%	Fit spectrum	Fe KA1/EQ20

ZnO	30	0.18%	Fit spectrum	Zn KA1/EQ20
TiO2	22	0.08%	Fit spectrum	Ti KA1/EQ20
SrO	38	0.06%	Fit spectrum	Sr KA1/EQ20
MnO	25	0.04%	Fit spectrum	Mn KA1/EQ20
CeO2	58	0.03%	Fit spectrum	Ce KA1/EQ50
V2O5	23	0.02%	Fit spectrum	V KA1/EQ20
Nd2O3	60	0.02%	Fit spectrum	Nd LA1/EQ20
Ga2O3	31	0.02%	Fit spectrum	Ga KA1/EQ20
CuO	29	0.02%	Fit spectrum	Cu KA1/EQ20
PbO	82	0.02%	Fit spectrum	Pb LA1/EQ20
Cr2O3	24	0.01%	Fit spectrum	Cr KA1/EQ20
SnO2	50	0.01%	Fit spectrum	Sn KA1/EQ40
GeO2	32	0.01%	Fit spectrum	Ge KA1/EQ20

Formula	Z	Concentration	Status	Line 1
O	8	39.22%	Chem. bindings	
Mg	12	20.80%	Fit spectrum	Mg KA1/EQ20
Na	11	17.35%	Fit spectrum	Na KA1/EQ20
Al	13	9.96%	Fit spectrum	Al KA1/EQ20
Si	14	6.84%	Fit spectrum	Si KA1/EQ20
Cl	17	1.96%	Fit spectrum	Cl KA1/EQ20
Ca	20	1.16%	Fit spectrum	Ca KA1/EQ20
P	15	0.94%	Fit spectrum	P KA1/EQ20
K	19	0.62%	Fit spectrum	K KA1/EQ20
S	16	0.57%	Fit spectrum	S KA1/EQ20
Zn	30	0.14%	Fit spectrum	Zn KA1/EQ20
Fe	26	0.13%	Fit spectrum	Fe KA1/EQ20
Ti	22	0.05%	Fit spectrum	Ti KA1/EQ20
Sr	38	0.05%	Fit spectrum	Sr KA1/EQ20
Mn	25	0.03%	Fit spectrum	Mn KA1/EQ20
Ce	58	0.03%	Fit spectrum	Ce KA1/EQ50
Nd	60	0.02%	Fit spectrum	Nd LA1/EQ20
Pb	82	0.02%	Fit spectrum	Pb LA1/EQ20
Ga	31	0.02%	Fit spectrum	Ga KA1/EQ20
Cu	29	0.02%	Fit spectrum	Cu KA1/EQ20
V	23	0.01%	Fit spectrum	V KA1/EQ20

nilai R/R0 43.2>30. Data lebih valid jika <30