



SKRIPSI

**SINTESIS SODALIT DARI RESIDU PELINDIAN
LIMBAH PELEBURAN ALUMINIUM**

**KIKI CAHAYATI HIDAYATULLOH
NRP. 0121164000033**

**Dosen Pembimbing
Yatim Lailun Ni'mah, Ph.D
Suprpto, Ph.D**

**DEPARTEMEN KIMIA
FAKULTAS SAINS DAN ANALITIKA DATA
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2020**



SCRIPT

**SYNTHESIS OF SODALITES FROM ALUMINUM
SMELTING WASTE RESIDUES**

**KIKI CAHAYATI HIDAYATULLOH
NRP. 0121164000033**

**Advisor lecturer
Yatim Lailun Ni'mah, Ph.D
Suprpto, Ph.D**

**CHEMISTRY DEPARTMENT
FACULTY OF SCIENCE AND DATA ANALYTICS
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2020**

**SINTESIS SODALIT DARI RESIDU PELINDIAN
LIMBAH PELEBURAN ALUMINIUM**

SKRIPSI

Disusun sebagai syarat untuk menyelesaikan mata kuliah skripsi
program S-1 Departemen Kimia
Fakultas Sains Dan Analitika Data
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya

Oleh:

KIKI CAHAYATI HIDAYATULLOH
NRP. 0121164000033

**DEPARTEMEN KIMIA
FAKULTAS SAINS DAN ANALITIKA DATA
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2020**

HALAMAN PENGESAHAN
SINTESIS SODALIT DARI RESIDU PELINDIHAN
LIMBAH PELEBURAN ALUMINIUM

SKRIPSI

Oleh:

KIKI CAHAYATI HIDAYATULLOH
NRP. 0121164000033

Surabaya, 17 Januari 2020

Menyetujui,

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II



Yatim Lailun Ni'mah, Ph.D

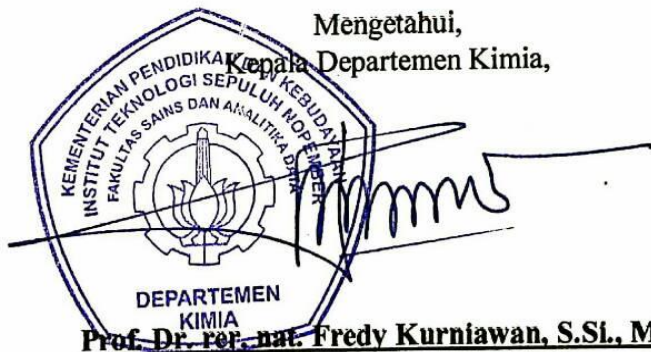
Suprpto, Ph.D

NIP. 19840524 200812 2 006

NIP. 19720919 199802 1 002

Mengetahui,

Kepala Departemen Kimia,



Prof. Dr. rer. nat. Fredy Kurniawan, S.Si., M.Si.

NIP. 19740428 199802 1 001

SINTESIS SODALIT DARI RESIDU PELINDIAN LIMBAH PELEBURAN ALUMINIUM

Nama : Kiki Cahayati Hidayatulloh
NRP. : 0121164000033
Departemen : Kimia FSAD ITS
Dosen Pembimbing : Yatim Lailun Ni'mah, Ph.D
Suprpto, Ph.D

ABSTRAK

Limbah padat hasil peleburan aluminium dengan kadar aluminium sekitar 15% banyak dihasilkan oleh pengrajin aluminium. Limbah peleburan aluminium mengandung aluminium dan beberapa logam berat dengan konsentrasi yang relatif tinggi, keduanya dapat menimbulkan masalah lingkungan. Oleh karena itu, pada penelitian ini limbah tersebut akan dimanfaatkan sebagai bahan pembuat sodalit. Desain Eksperimen *Response Surface Metodologi* (RSM) – Desain Box Behnken digunakan untuk optimisasi analitis pada proses Pelindian. Pelidihan limbah menggunakan asam klorida 2 M dengan variasi rasio pada terhadap cair 1,5%; 2,0%; dan 2,5%, suhu pada 50°C; 60°C; dan 70°C dan waktu sonikasi selama 2, 4 dan 6 jam. Kondisi optimal Pelindian diperoleh ketika dipanaskan pada 70 °C selama 2 jam dengan rasio padat terhadap cair sebesar 2,5%. Pada penelitian ini, residu hasil pelindian digunakan untuk sintesis sodalit. Sodalit yang telah disintesis dikarakterisasi menggunakan FTIR dan XRD. Difraktogram XRD sintesis sodalit memiliki puncak pada 2 θ pada 25,49 dan 34,26 yang merupakan puncak khas dari sodalit. Spektra FTIR menunjukkan pita serapan pada bilangan gelombang yang sesuai dengan sodalit. Hasil karakterisasi menunjukkan bahwa telah berhasil dibuat sodalit.

Kata kunci : Limbah peleburan aluminium, pelindian, *Response Surface Methodology* (RSM), *Box-Behnken Design*, Sodalit

SYNTHESIS OF SODALITES FROM ALUMINUM SMELTING WASTE RESIDUES

Name : Kiki Cahayati Hidayatulloh
NRP. : 01211640000033
Department : Kimia FSAD ITS
Advisor Lecturer : Yatim Lailun Ni'mah, Ph.D
Suprpto, Ph.D

ABSTRACT

The aluminum smelting process produces a large number of by-products, known as slags that can be reused for landfill. Smelting waste contains aluminum in the form of alumina at high concentration (around 15%). Aluminum in the waste can react with water and produce corrosion products. Therefore, this study the waste will be used in synthesis sodalite. Response Surface Methodology (RSM) with Box-Behnken Design is used for optimization in the leaching process. Waste treatment using hydrochloric acid 2 M with variations of solid to liquid 1,5%; 2,0%; and 2,5%, heated at 50°C; 60°C; and 70°C and sonication time of 2, 4 and 6 hours. The efficiency evaluation of aluminum recovery was carried out using RSM show that aluminum recovery in the leached residue was optimum by leaching at 70 ° C for 2 hours with a solid to liquid ratio of 2.5%. In this study, leached residue was used for synthesis sodalite. The synthesized sodalite was characterized using FTIR and XRD. The XRD characterization results showed characteristic peaks at $2\theta=25,49$ and $34,46$ according to the sodalite standar. The FTIR spectra the absorption band at the wave number in accordance with the approved sodalite. The results of characterization show that synthesis sodalite is successful.

Keyword: Aluminum smelting waste, leaching, response surface methodology, Box-Behnken Design, Sodalite

KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya sehingga naskah yang berjudul “**Sintesis Sodalit Dari Residu Pelindian Limbah Peleburan Aluminium**” dapat diselesaikan dengan baik. Tulisan ini tidak akan terwujud dengan baik tanpa bantuan, doa dan dukungan dari semua pihak. Untuk itu, penulis sangat berterima kasih kepada:

1. Ibu Yatim Lailun Ni'mah, Ph.D dan Bapak Suprpto, Ph.D selaku dosen pembimbing yang telah memberikan pengarahan dan bimbingan selama proses pengerjaan penelitian dan penyusunan naskah Skripsi ini.
2. Bapak Prof. Dr. rer. nat. Fredy Kurniawan, S.Si, M.Si., selaku Kepala Departemen Kimia atas fasilitas yang telah diberikan hingga naskah skripsi ini dapat terselesaikan.
3. Bapak Drs. Eko Santoso, M.Si, selaku dosen wali yang telah memberikan pengarahan dan masukan selama pengerjaan tugas akhir ini.
4. Ibu Dra. Ita Ulfin, M.Si selaku Kepala laboratorium Instrumentasi dan Sains Analitik Departemen Kimia yang telah memberikan fasilitas, pengarahan dan masukan selama pengerjaan tugas akhir ini.
5. Ibu Nurin Wijayanti, Kakak Risa Fitri Rahmawati yang tidak henti-hentinya memberikan doa, kepercayaan, semangat, perhatian dan menjadi motivasi pengerjaan skripsi ini.
6. Teman Seperjuangan Hida, Dwi, Ria, Gayu, Rio, Nabila,serta teman-teman S1 di Laboratorium ISA yang selalu ada dalam suka dan duka serta menyemangati dan memberikan dukungan pada penulis dalam pengerjaan skripsi.
7. Teman-teman Magnum Opus Kimia 2016 dan teman-teman JMMI ITS angkatan 2016 atas kebersamaan dalam susah dan senang selama masa kuliah.

8. Pihak lain yang telah ikut mendukung, mendo'akan dan membantu terselesaikannya naskah Skripsi ini, yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Saya menyadari sepenuhnya bahwa dalam penulisan naskah Skripsi ini tidak lepas dari kekurangan. Oleh karena itu, saya terbuka terhadap kritik dan saran yang membangun. Semoga Skripsi ini memberikan manfaat bagi penulis dan pembaca.

Surabaya, 17 Januari 2020

Penulis

Bismillahirrahmanirrahim
Karya ini saya persembahkan untuk
Ibu, dan Kakak saya tercinta
Ibu Ni'mah dan Bapak Suprpto selaku dosen pembimbing saya
Tim Bang Roi's Angel, Alfa, Resna, Retia dan mbak Reva atas bantuan
serta dukungannya
Sahabat Squad Bismillah, Teman Sholihah Ima, Riri, Retno, Nurul, Diah
atas semangat yang diberikan
Serta keluarga besar Magnum Opus

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN Error! Bookmark not defined.

ABSTRAK.....	ii
ABSTRACT	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR GAMBAR.....	ix
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR	xii
LAMPIRAN	xii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Batasan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	4
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Hidrometalurgi	5
2.2 Pelindian	Error! Bookmark not defined.
2.3 Sodalit	7
2.4 Response Surface Methodology (RSM)	10
2.5 Atomic Absorption Spectrophotometer (AAS)	11
2.6 X-Ray Fluorescence (XRF)	14
2.7 X-Ray Powder Diffraction (XRD)	17
2.8 Spektropopi Fourier Transform Infrared (FTIR)	20
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN	23
3.1 Alat dan Bahan.....	23

3.1.1	Alat	23
3.1.2	Bahan	23
3.2	Prosedur Penelitian.....	23
3.2.1	Penyiapan sampel	23
3.2.2	Penyiapan Larutan Asam Klorida 2 M.....	24
3.2.3	Pelindian Limbah Aluminium	24
3.2.4	Optimalisasi pengambilan kembali aluminium ...	24
3.2.5	Analisi Data.....	25
3.2.6	Karakterisasi.....	26
3.2.7	Sintesis Sodalit	26
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN		27
4.1	Komposisi dan Struktur Limbah Padat Aluminium	27
4.2	Pelindian Limbah Padat Aluminium	28
4.2.1	Kadar Seng (Zn) terlarut	29
4.2.2	Kadar Aluminium (Al) terlarut.....	33
4.2.3	Kadar padatan terlarut.....	36
4.3	Karakterisasi hasil Optimasi Pengambilan Kembali Residu Aluminium.....	40
4.4	Sintesis Sodalit	41
4.5	Hasil Karakterisasi Sodalit.....	42
4.5.1	Difraksi Sinar-X (XRD).....	42
4.5.2	Spektroskopi Fourier Transform Infrared (FTIR)	43
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN		47
5.1	Kesimpulan	47
5.2	Saran.....	47
DAFTAR PUSTAKA.....		49
LAMPIRAN.....		53
BIODATA PENULIS.....		67

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 XRD Sintesis sodalit (Luo dkk., 2016)	8
Gambar 2.2 Spektrum FTIR Spektrum Zeolit Sodalit Standar (a) (Sari dkk., 2018) dan Zeolit (Selvianata dkk., 2019).....	9
Gambar 2.3 Plot Permukaan dan Plot Kontur 3-D Response Surface Methodology (Ooi dkk., 2018) ..	11
Gambar 2.4 Skema Umum Komponen pada Alat AAS	13
Gambar 2.5 Kurva Absorbansi vs Konsentrasi	14
Gambar 2.6 Mekanisme XRF pada sebuah atom	15
Gambar 2.7 Skema kerja spektrometer XRF.....	15
Gambar 2.8 Si/Al sampel batu pipih dan bidang-bidang belahnya (Karyasa, 2014).....	17
Gambar 2.9 Skema dari sel-sel instrumen XRD.....	19
Gambar 2.10 Hasil XRD sampel lumpur pengolahan air yang mengandung aluminium (Ooi dkk., 2018)	19
Gambar 2.11 Skema alat FTIR.....	21
Gambar 4.1 Hasil XRD Struktur limbah padat aluminium	28
Gambar 4.2 Plot Permukaan dan Plot Kontur 3-D (a) Rasio Padat terhadap Cairan dan Temperatur (b) Suhu Dan Waktu Pemanasan (c) Rasio Padatan terhadap Cairan dan Waktu Pemanasan.	31
Gambar 4.3 Kurva Fitting data eksperimen terhadap data pemodelan untuk kadar Zn yang terlindih.....	32
Gambar 4.4 Respon permukaan yang menggambarkan korelasi Suhu dan Rasio Padat Cair (a) Rasio padat:cair dan Waktu Pelindian (b) Suhu dan Waktu Pelindian (c)	34
Gambar 4.5 Kurva Fitting data eksperimen terhadap data pemodelan (a) plot residu (b) sebaran residu (c).....	36
Gambar 4.6 Respon permukaan untuk % padatan terlindih	37
Gambar 4.7 Kurva Fitting data eksperimen terhadap	

	data pemodelan untuk persentase padatan yang terlindih (a) plot residu (b) sebaran residu (c) 39	
Gambar 4.8	Perbandingan struktur padatan awal dan padatan hasil pelindian.....	41
Gambar 4.9	Difraktogram XRD sodalit sintesis dan sodalit standar	43
Gambar 4.10	Spektra Inframerah sintesis sodalit	44

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Pita Absorpsi Infra Merah.....	22
Tabel 3.1 Penentuan variabel bebas dan kode perlakuan pada penelitian.	25
Tabel 4.1 Hasil XRF Limbah Peleburan Aluminium.....	27
Tabel 4.2 Massa residu, kadar aluminium dan kadar seng hasil pelindian limbah peleburan Aluminium.....	29
Tabel 4.3 Hasil XRF pelindian padatan limbah aluminium	40
Tabel 4.4 Pita serapan hasil sodalit sintesis dan gugus fungsi....	45

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN A	53
LAMPIRAN B	55
LAMPIRAN C	58
LAMPIRAN D	61
LAMPIRAN E.....	65

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Aluminium adalah unsur paling melimpah ketiga di kerak bumi (Exley, 2009). Aluminium sebagai logam, banyak digunakan untuk pembuatan peralatan rumah tangga. Pembuatan peralatan dari aluminium ini biasanya melalui proses peleburan. Dari proses peleburan tersebut diperoleh limbah campuran logam berupa slag yang tidak bisa dilelehkan. Slag hasil peleburan aluminium masih mengandung aluminium sekitar 15% dan sisanya berupa logam-logam dengan titik didih yang lebih tinggi dari aluminium seperti besi, nikel, mangan dll. Aluminium yang terbawa slag sangat berkemungkinan masih berada dalam bentuk logam atau oksidanya. Aluminium dalam bentuk ion bebas dapat menyebabkan dampak lingkungan yang signifikan yang mengancam kesehatan manusia dan hewan (Teixeira dkk., 2011).

Pengambilan kembali aluminium dari limbah peleburan aluminium dapat digunakan untuk mengurangi dampak lingkungan limbah peleburan aluminium. Secara umum, ada empat metode untuk pengambilan kembali aluminium dari limbah peleburan aluminium, yaitu pelindian asam, pelindian basa, pertukaran ion dan pemisahan menggunakan membran (Ahmad, dkk., 2016a). Pelindian asam adalah metode yang banyak dipakai karena efisien dan biaya rendah dibandingkan dengan metode lain (Huang dkk., 2014; Chen dkk., 2012). Pada pengambilan kembali aluminium dari lumpur limbah dengan proses pencucian menggunakan asam sulfat dapat berkisar antara 40-100%. Hal ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Ooi dkk. (2018) diperoleh aluminium sebanyak 68,8%, 84,5% (Xu dkk., 2009), 40-60% (Kyncl, 2008) dan 60% (Jung dan Ahn, 2016). Pelindian menggunakan asam klorida diketahui dapat melarutkan logam-logam lain seperti Zn, Cu, Ca, Mg dan Fe (Bermejo-Barrera dkk.,

2000). Beberapa faktor yang mempengaruhi efisiensi proses pelindian asam meliputi konsentrasi asam, rasio padat terhadap cair, suhu dan waktu pemanasan (Fernández-Jiménez dkk., 2005); Nair dan Ahammed, 2016; Jung dan Ahn, 2016). Evaluasi faktor-faktor ini untuk mencapai kondisi pengambilan kembali aluminium secara optimal biasanya dilakukan dengan metode *statistic linier* atau metode statistik multivariat (Bezerra dkk., 2008). Pendekatan satu faktor pada suatu waktu (OFAT) adalah metode statistik linier yang umum digunakan (Ishikawa dkk., 2007); (Xu dkk., 2009); (Chen dkk., 2012). Namun, metode OFAT mengabaikan interaksi antar variabel dan memerlukan waktu yang cukup lama (Liyana-Pathirana dan Shahidi, 2005). Dengan demikian, pendekatan Desain Eksperimen (DoE/*Design of Experiment*), merupakan percobaan yang direncanakan secara statistik, untuk mendapatkan cara yang efektif untuk mendapatkan kondisi optimum respons dengan sejumlah percobaan (S. Nair dkk., 2014); Montgomery, 2017). *Response Surface Metodologi* (RSM) merupakan metode statistik multivariat yang dianggap paling relevan digunakan untuk optimisasi analitis (Bezerra dkk., 2008). RSM juga dikenal sebagai koleksi teknik statistik dan matematika yang berguna untuk mengembangkan, meningkatkan dan mengoptimalkan proses (Myers dkk., 2016). Berdasarkan faktor yang terlibat dalam kondisi perolehan pengambilan kembali aluminium, RSM dilibatkan untuk meningkatkan kinerja dan mendapatkan kondisi optimal pengambilan kembali aluminium dari limbah peleburan aluminium (A. Nair dan Ahammed, 2016)

Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk menyelidiki efisiensi pengambilan kembali aluminium dari limbah peleburan aluminium dengan proses pelindian menggunakan asam klorida, karena pelindian dengan menggunakan asam klorida dapat melarutkan logam-logam lain seperti Zn, Cu, Ca, Mg dan Fe (Bermejo-Barrera dkk., 2000) yang terdapat pada limbah sehingga akan diperoleh aluminium maksimum pada residu hasil pelindian asam yang akan digunakan sebagai bahan sintesis sodalit. Untuk

menentukan efektivitas RSM sebagai alat optimisasi, dilakukan validasi kondisi yang diprediksi secara eksperimen.

1.2 Rumusan Masalah

Pengambilan kembali residu aluminium dari limbah peleburan aluminium dapat digunakan untuk mengurangi dampak lingkungan. Metode yang digunakan yaitu dengan proses pelindian menggunakan asam klorida untuk melarutkan logam-logam lain yang terdapat pada limbah sehingga diperoleh aluminium maksimum pada residu hasil pelindian yang akan digunakan sebagai bahan untuk sintesis sodalit. Beberapa faktor yang mempengaruhi efisiensi penghilangan pengotor pada proses pelindian asam menggunakan asam klorida meliputi rasio padat terhadap cair, suhu dan waktu sonikasi. Optimalisasi faktor pengambilan kembali dilakukan menggunakan *Response Surface Metodologi* (RSM).

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui kondisi optimum pengambilan kembali aluminium pada residu hasil pelindian (rasio padat terhadap cair, suhu dan waktu sonikasi) serta sintesis sodalit dari residu hasil pelindian limbah peleburan aluminium.

1.4 Batasan Penelitian

Penelitian ini akan dilakukan pelindian menggunakan asam klorida pada limbah padat aluminium dengan menggunakan optimasi pengambilan kembali aluminium parameter rasio padat terhadap cair (1,5; 2,0 dan 2,5), suhu (50; 60 dan 70°C) dan juga waktu sonikasi (2; 4 dan 6 jam) untuk melarutkan logam-logam lain yang terdapat pada limbah sehingga didapatkan aluminium maksimum pada residu hasil pelindian yang akan digunakan untuk sintesis sodalit.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat pada penelitian ini adalah :

1. Mengurangi dampak pencemaran lingkungan yang disebabkan adanya kandungan logam yang terdapat dalam limbah padat aluminium.
2. Mengetahui kondisi optimum pengambilan kembali aluminium (rasio padat terhadap cair, suhu dan waktu sonikasi) serta memberikan nilai tambah pada limbah padat peleburan aluminium.
3. Didapatkan logam Al untuk bahan sintesis sodalit.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Hidrometalurgi

Hidrometalurgi adalah proses ekstraksi logam yang mengolah bijih menjadi logam dengan media air. Menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia, bijih adalah pasir, tanah atau batuan yang mengandung cukup mineral yang berguna untuk diolah menjadi barang ekonomi seperti besi dan timah. Sedangkan logam adalah mineral yang tidak tembus pandang, dapat menjadi penghantar panas dan arus listrik seperti aluminium dan nikel. Hidrometalurgi dilakukan karena semakin sulitnya ditemukan bijih dengan kadar tinggi dan bertujuan untuk mengurangi polusi dari proses pirometalurgi (Habashi, 1997). Secara garis besar, proses hidrometalurgi terdiri dari tiga tahapan yaitu, pelindian atau pengikisan logam dari batuan dengan bantuan pelarut asam atau basa, pemekatan larutan hasil pelindian dan pengambilan logam dari larutan hasil pelindian. Contoh proses hidrometalurgi bijih emas adalah sianidasi (Bayraktar, 1995; Zhang dkk., 1997), pelindian menggunakan tiourea (Gonen, 2003), pelindian perak menggunakan thiosulfat (Ayata, 2005), pelindian aluminium menggunakan asam sulfat (Ooi dkk., 2018) dan lain-lain.

2.2 Pelindian

Pelindian (*leaching*) merupakan suatu peristiwa atau proses ekstraksi suatu konstituen/spesi kimia yang terlarut dari padatan dengan menggunakan pelarut cair. Metode ekstraksi padat-cair (pelindian) dipengaruhi beberapa hal, antara lain adalah jumlah konstituen/spesi yang tersebar dalam padatan, sifat padatan, dan ukuran konstituen/spesi. Konstituen/spesi yang paling dekat dengan permukaan yang kontak dengan pelarut akan lebih mudah terlindih sehingga meninggalkan pori dalam padatan tersebut. Adapun faktor-faktor yang mempengaruhi proses pelindian suatu konstituen/spesi dalam padatan, antara lain ukuran partikel,

pelarut, suhu dan agitasi fluida dari pelarut. Ukuran partikel konstituen mempengaruhi laju dalam proses pelindian. Ukuran partikel yang kecil memiliki area antarmuka yang lebih besar antara padatan dan larutan dan memiliki laju transfer material yang besar. Besarnya interaksi antara partikel konstituen dan pelarut sebanding dengan laju pelindian. Pelarut juga memiliki peranan penting dalam pelindian. Pelarut yang digunakan harus selektif dan memiliki viskositas yang rendah agar dapat mengalir dengan bebas. Semakin besar viskositas pelarut, maka akan semakin sulit pelarut berinteraksi dan berdifusi kedalam padatan. Suhu pada proses pelindian juga mempengaruhi laju ekstraksi. Kelarutan dari material atau partikel akan meningkat seiring dengan meningkatnya suhu proses pelindian. Agitasi dari pelarut juga penting karena hal tersebut meningkatkan difusi dan transfer partikel dari permukaan menuju ke pelarut (Richardson dkk., 2002)

Pemilihan metode pelindian tergantung pada kandungan logam berharga dalam bijih dan karakteristik bijih khususnya mudah tidaknya bijih dilarutkan oleh reagen kimia tertentu. Proses ini dilakukan untuk mendapatkan bagian yang mudah terlarut karena lebih berharga dari padatannya, misalnya pada bahan tambang, ataupun untuk menghilangkan bahan kontaminan yang mudah terlarut dari padatan yang lebih berharga, misalnya pigmen dari kontaminan kimiawi yang bisa dilarutkan.

Secara hidrometalurgi terdapat beberapa jenis pelindian, yaitu :

1. Pelindian *in Place* (*In-situ* pelindian)
2. *Heap* pelindian
3. *Vat* pelindian / *Percolation* pelindian
4. *Agitation* pelindian
5. *Autoclaving*

Secara umum proses pelindihaan dapat diasumsikan dalam tiga bagian. Pertama, perubahan fasa dari solut selagi terlarut ke dalam pelarut. Kedua, difusi dari solut melalui pelarut dalam pori-pori padatan keluar dari partikel tersebut. Ketiga,

perpindahan dari solut dari larutan atau pelarut dalam kontak dengan partikel ke larutan utama keseluruhan.

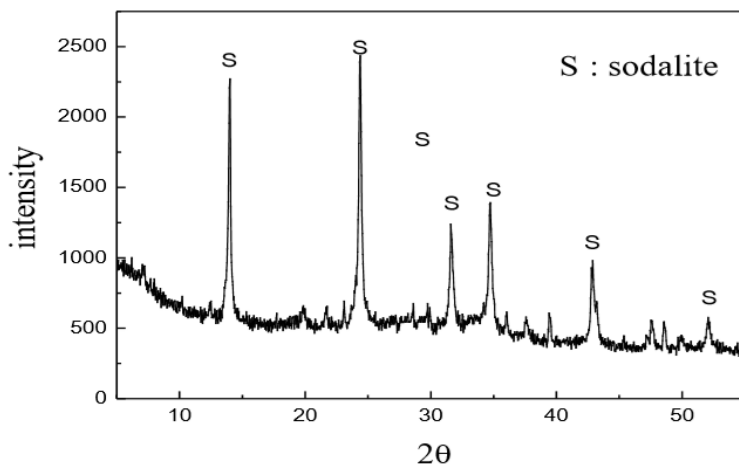
Contoh pengambilan aluminium pada lumpur pengolahan air menggunakan asam sulfat didapatkan kadar Aluminium sebanyak 68,8% (Ooi dkk., 2018), sebanyak 84,5% (Xu dkk., 2009), sebanyak 40-60% (Kyncl, 2008) dan sebanyak 60% (Jung dan Ahn, 2016). Hasil tersebut menunjukkan bahwa aluminium terlarut baik dalam asam sulfat. Sehingga untuk memperoleh aluminium maksimum pada residu hasil pelindian dilakukan pelarutan logam-logam lain yang terdapat dalam padatan dengan menggunakan asam klorida. Asam klorida dapat melarutkan logam Zn, Fe, Ca, Cu dan Mg (Bermejo-Barrera dkk., 2000).

2.3 Sodalit

Sodalit adalah sejenis zeolit yang memiliki struktur kerangka bukan cincin beranggota enam dengan ukuran pori 2,8 Å (Jiang dkk., 2012). Sodalit adalah Kristal tektosilikat mikroporous dengan komposisi umum dari $\text{Na}_8[\text{AlSiO}_4]_6(\text{X})_2$, di mana X adalah monovalent anion (Ocanto dkk., 2008). Ukuran pori kecil dan kapasitas pertukaran ion yang tinggi, membuat sodalit banyak diaplikasikan seperti optik bahan (Arieli dkk., 2004), pengelolaan limbah (Buhl dkk., 2003), penyimpanan hydrogen (Buhl dkk., 2005), pemisahan hidrogen (Julbe dkk., 2003) dan dukungan katalis (Ogura dkk., 2008). Struktur rangka dari jenis sodalit adalah tumpukan dari sangkar sodalit yang saling berhimpitan pada bidang muka empatnya. Sangkar sodalit berupa polyhedral dengan 14 bidang muka yang dibentuk dari delapan buah cincin 6 dan enam buah cincin empat.

Sodalit dapat disintesis dengan beberapa bahan mineral alami. Misalnya, berukuran nano Kristal sodalit telah diperoleh dengan padatan-padatan transformasi lempung terpillar Al_2O_3 dalam larutan alkali (Choy dkk., 2003; Lee dkk., 2004). Illite-smectite interstratifikasi (Baccouche dkk., 1998), perlit (Rujiwatra, 2004) dan abu terbang batubara (Ngamcharussrivichai,

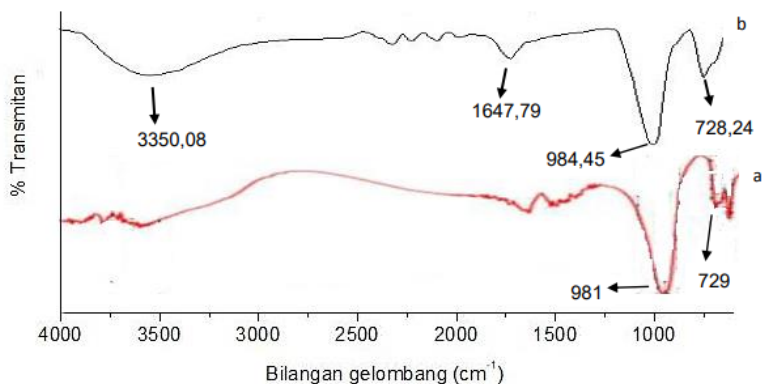
dkk., 2008; Inada, dkk., 2005) telah dikonversi menjadi kristal atau bola sodalit berukuran mikro melalui basa perawatan hidrotermal. Di antaranya sodalit alami dapat bersumber dari bahan mineral, mineral kaolin, yang terutama mengandung kaolinit [$\text{Si}_2\text{Al}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$], sangat menjanjikan untuk mensintesis sodalit karena terdiri dari Si tinggi, Al sebagai sumber utama untuk mensintesis zeolit, murah, dan mudah ditemukan di Indonesia. Mineral tersebut dapat dibentuk oleh dekomposisi mineral yang lebih berat, seperti feldspar, granit dan aluminium silikat atau dengan proses pelapukan mika dan muskovit. Struktur kaolinit terdiri dari tetrahedral lembar silika bergantian dengan lembar alumina octahedral (Brigatti dkk., 2006). Zeolit dapat digunakan untuk menurunkan kadar besi terlarut (Selvianata dkk., 2019). Hasil karakterisasi sodalit ditunjukkan pada Gambar 2.1 dan Gambar 2.2



Gambar 2.1 XRD Sintesis sodalit (Luo dkk., 2016)

Hasil XRD sintesis sodalit pada penelitian yang dilakukan oleh Luo dkk., (2016) dapat dilihat pada Gambar 2.10. Terlihat bahwa puncak amorf pada dasarnya hilang. Puncak kuarsa dan mullite tidak dapat dideteksi. Melalui pencarian pada JCPDS, data

uji sesuai dengan standar sodalit. Kristalinitas sodalit naik dan hanya ditemukan sejumlah kecil pengotor. Puncak khas sodalit muncul pada $2\theta = 14,00; 24,43; 31,79; 34,86$ dan $43,01^\circ$ (Sari dkk, 2018).



Gambar 2.2 Spektrum FTIR Spektrum Zeolit Sodalit Standar (a) (Sari dkk, 2018) dan (b) Zeolit (Selvianata dkk., 2019)

Hasil spektrum FTIR pada zeolit hasil sintesis menunjukkan adanya serapan pada bilangan gelombang $3350,08 \text{ cm}^{-1}$ dan $1647,79 \text{ cm}^{-1}$ (vibrasi ulur -OH), $984,45 \text{ cm}^{-1}$ (vibrasi ulur asimetri T-O-T) dan $728,24 \text{ cm}^{-1}$ (vibrasi ulur simetris T-O-T). Serapan pada bilangan gelombang 3400 cm^{-1} mengidenkasikan vibrasi ulur -OH dari H₂O dan bilangan gelombang $1647,79 \text{ cm}^{-1}$ menunjukkan adanya vibrasi ulur -OH dari kelompok silanol (Si-OH) (Lou dkk., 2016). Sedangkan pada bilangan gelombang $997-981 \text{ cm}^{-1}$ menunjukkan adanya vibrasi ulur asimetri T-O-T (T= Si atau Al) dan bilangan gelombang $729-717 \text{ cm}^{-1}$ menunjukkan adanya vibrasi ulur simetri T-O-T dari zeolit (Sari dkk., 2018). Spektrum dari zeolit hasil sintesis tidak berbanding jauh dengan spektrum dari sodalit standar dari penelitian Sari (2018). Namun, pada zeolit hasil sintesis masih terdapat gugus Si-O yang

disebabkan karena tidak dapat bereaksi dengan baik untuk membentuk kristal zeolit (Selvianata dkk., 2019)

2.4 Response Surface Methodology (RSM)

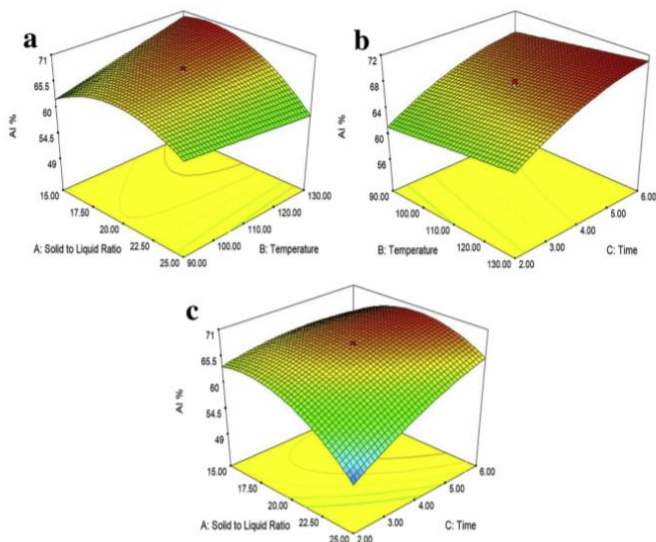
Desain Eksperimen merupakan cara untuk merencanakan eksperimen sehingga hasil eksperimen yang didapat objektif dan valid. Salah satu desain eksperimen yang biasa digunakan adalah desain eksperimen dengan metode permukaan respon atau biasa disebut Response Surface Methodology (RSM).

RSM adalah suatu metode yang menggabungkan teknik matematika dengan teknik statistika yang digunakan untuk membuat model dan menganalisis suatu respon yang dipengaruhi oleh beberapa variabel bebas atau faktor, dengan tujuan mengoptimalkan respon tersebut (Montgomery, 2012). Penyusunan suatu model matematika dapat membantu peneliti mengetahui nilai variabel-variabel independen yang menyebabkan nilai variabel respon menjadi optimal.

Langkah yang dilakukan dalam desain eksperimen ini adalah mencari bentuk hubungan antara respon (y) dengan perlakuannya atau variabel bebasnya (x). Bentuk hubungan antara variabel respon (y) dengan variabel bebas (x) yang pertama kali dicoba adalah bentuk linier. Bentuk linear ini memiliki pendekatan fungsi yang biasa disebut *first order model*. Bentuk kedua yang dicobakan jika pendekatannya bukan bentuk linear adalah bentuk kuadrat yang biasa disebut model *second order*. Hal itu menyebabkan eksperimen dengan *metode response surface* dilakukan dalam dua tahap yaitu tahap penyaringan dan tahap optimasi (Widayanti, 2018). Contoh hasil RSM ditunjukkan pada Gambar 2.3.

Gambar 2.3 a dan c menunjukkan efek interaksi solid terhadap cair dengan masing-masing suhu dan waktu pemanasan. Peningkatan rasio padat terhadap cair tidak menunjukkan pengaruh yang signifikan dalam pengambilan aluminium. Awalnya, pengambilan aluminium meningkat dengan

bertambahnya rasio padat terhadap cair hingga 17,5-20,0% sebelum mulai berkurang.



Gambar 2.3 Plot Permukaan dan Plot Kontur 3-D Response Surface Methodology (Ooi dkk., 2018)

Gambar 2.3 b dan c menunjukkan bahwa aluminium bertambah dengan bertambahnya waktu pemanasan. Peningkatan pengambilan aluminium diperkirakan karena aktivitas reaksi yang lebih tinggi dengan meningkatnya waktu pemanasan. (Ooi dkk., 2018).

2.5 Atomic Absorption Spectrophotometer (AAS)

Metode spektroskopi serapan atom merupakan metode yang sering dipakai untuk analisis logam baik secara kualitatif maupun kuantitatif. Kelebihan metode ini antara lain yaitu, kecepatan analisisnya, dapat menentukan konsentrasi semua unsur sampai ke tingkat runtu, serta tidak diperlukannya pemisahan unsur sebelum dianalisis karena kemungkinan penentuan satu

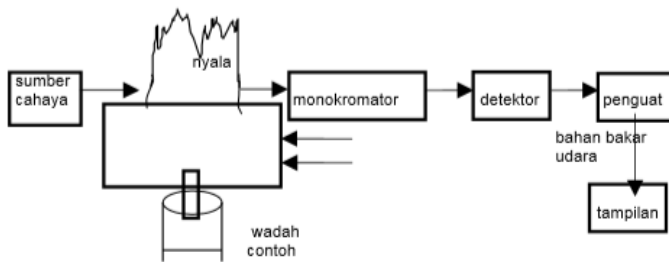
unsur dengan kehadiran unsur lain dapat dilakukan asalkan katoda berongga yang diperlukan tersedia. Metode ini sangat tepat untuk analisis zat pada konsentrasi rendah (Khopkar, 1990).

AAS bekerja berdasarkan pada absorpsi cahaya oleh atom. Atom-atom menyerap cahaya tersebut pada panjang gelombang tertentu, tergantung pada sifat unsurnya. Cahaya pada panjang gelombang tertentu mempunyai energi yang cukup untuk mengubah tingkat elektronik suatu atom tertentu. Transisi elektronik suatu unsur bersifat spesifik. Suatu atom pada keadaan dasar akan naik ke tingkat eksitasi dengan mengadsorpsi energi. Panjang gelombang yang dipilih harus menghasilkan garis spektrum yang tajam dan dengan intensitas maksimum. Hal inilah yang disebut dengan garis resonansi.

Atom-atom yang menyerap energi radiasi pada AAS adalah atom-atom yang berada pada tingkat energi dasar (*ground state*). Penyerapan energi oleh atom-atom bebas menyebabkan terjadinya elektron tereksitasi. Intensitas sinar yang digunakan untuk eksitasi adalah sebanding dengan jumlah atom pada tingkat dasar yang menyerap tenaga sinar tersebut. Dengan demikian konsentrasi unsur dalam sampel dapat ditentukan dengan mengukur intensitas sinar yang diserap (absorbansi) atau mengukur intensitas sinar yang diteruskan (transmitansi) (Pecsock dan Shields, 1968).

Apabila cahaya dengan panjang gelombang tertentu dilewatkan pada suatu sel yang mengandung atom-atom bebas yang bersangkutan maka sebagian cahaya tersebut akan diserap dan intensitas penyerapan akan berbanding lurus dengan banyaknya atom bebas logam yang berada dalam sel. (Day dan Underwood, 2002).

Pada alat AAS terdapat dua bagian utama yaitu suatu sel atom yang menghasilkan atomatom gas bebas dalam keadaan dasarnya dan suatu sistem optik untuk pengukuran sinyal. Suatu skema umum dari alat AAS ditunjukkan pada Gambar 2.4.



Gambar 2.4 Skema Umum Komponen pada Alat AAS
(Haswel, 1991)

Pada analisis kuantitatif secara spektrofotometri serapan atom hubungan antara absorbansi dengan konsentrasi dapat dinyatakan dengan persamaan LambertBeer yang ditunjukkan pada Persamaan 2.1 (Harvey, 2000)

$$A = \epsilon \cdot b \cdot C \quad (2.1)$$

dimana :

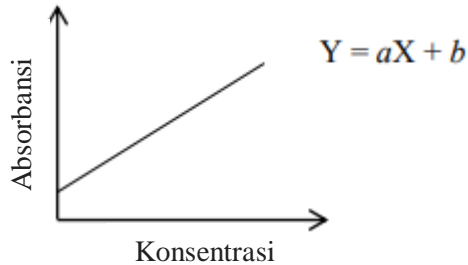
A = absorbansi

ϵ = Absorpsivitas molar (liter $\text{cm}^{-1} \text{mol}^{-1}$)

b = Tebal medium serapan (cm)

C = Konsentrasi atom (gram/liter)

Berdasarkan hukum Lambert-Beer diketahui bahwa terdapat hubungan linear antara absorbansi dengan konsentrasi. Semakin besar konsentrasi suatu larutan maka semakin besar pula absorbansinya. Dengan demikian berarti bahwa kurva absorbansi terhadap konsentrasi juga bersifat linier, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.5.



Gambar 2.5 Kurva Absorbansi vs Konsentrasi
(sulastriantri, 2017)

dimana :

a = slope

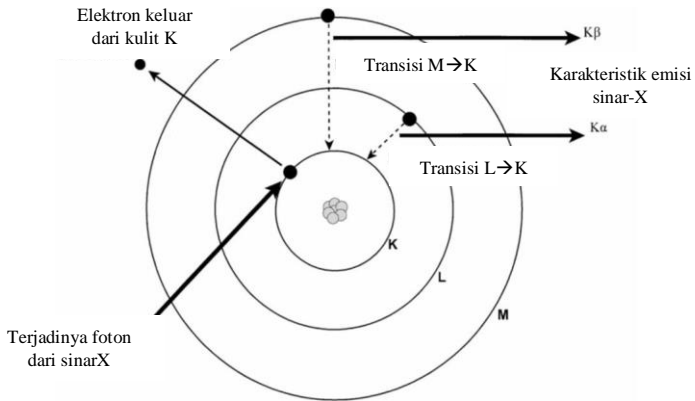
b = intersep

Y = Absorbansi

X = Konsentrasi

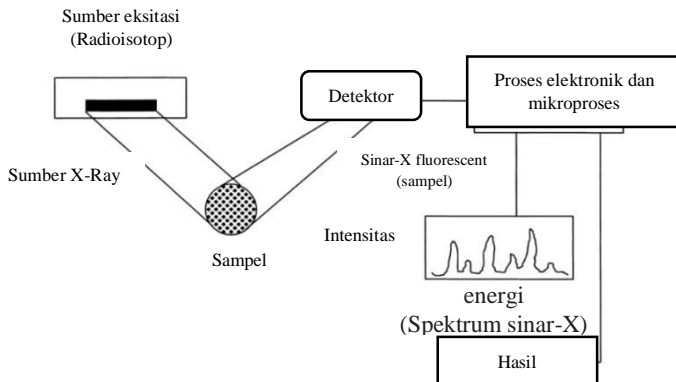
2.6 X-Ray Fluorescence (XRF)

Analisis *X-ray fluorescence* (XRF) adalah suatu metode non-destruktif, memiliki keuntungan bahwa kandungan unsur total sampel dapat diperoleh tanpa preparasi sampel rumit (Somogyi dkk, 1997). Atom berpendar-*fluor* pada energi spesifik jika dieksitasi dengan sinar X. Deteksi pada spesifik foton menjadikan instrumen ini mampu menganalisis banyak unsur dalam satu cuplikan baik secara kualitatif maupun kuantitatif. Mekanisme XRF pada sebuah atom diilustrasikan pada Gambar 2.6.



Gambar 2.6 Mekanisme XRF pada sebuah atom

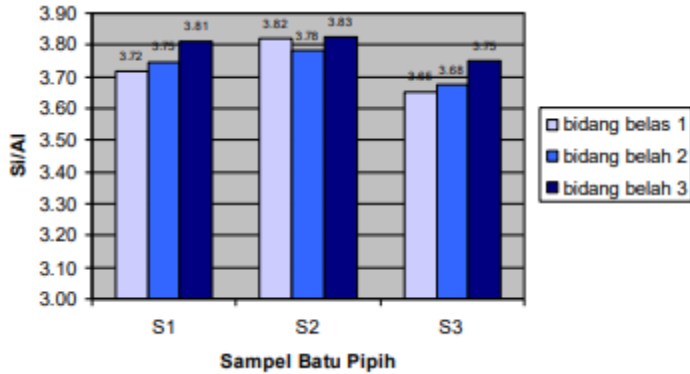
Setiap atom mempunyai garis spektra sinar X yang terdiri dari deretan energi yang terpisah dengan intensitas yang berhubungan dengan kemungkinan transisi partikel akan terjadi. Emisi sinar X adalah karakteristik dari atom dan menjelaskan identifikasi kualitatif pada unsur. Skema kerja spectrometer XRF ditunjukkan pada Gambar 2.7.



Gambar 2.7 Skema kerja spektrometer XRF

Berdasarkan Gambar 2.7 prinsip kerja alat XRF adalah sinar-X fluoresensi yang dipancarkan oleh sampel dihasilkan dari penyinaran sampel dengan sinar-X primer dari tabung sinar-X (*X-Ray Tube*), yang dibangkitkan dengan energi listrik dari sumber tegangan sebesar 1200 volt. Bila radiasi dari tabung sinar-X mengenai suatu bahan maka elektron dalam bahan tersebut akan tereksitasi ke tingkat energy yang lebih rendah, sambil memancarkan sinar-X karakteristik. Sinar-X karakteristik ini ditangkap oleh detektor diubah ke dalam sinyal tegangan (voltage), diperkuat oleh Preamp dan dimasukkan ke analyzer untuk diolah datanya. Energi maksimum sinar-X primer (keV) tergantung pada tegangan listrik (kVolt) dan kuat arus (μ Ampere). Fluoresensi sinar-X tersebut dideteksi oleh detektor SiLi (Jamaludin dan Adiantoro, 2012)

Metode XRF digunakan untuk analisis kuantitatif pada aplikasi lingkungan yang memerlukan kalibrasi menggunakan standar yang telah diketahui komposisinya (Harding, 1991). Prosedur kalibrasi membandingkan intensitas sinar X pada unsur target untuk mengetahui konsentrasi standar sehingga dapat mengembangkan model kuantitatif yang cocok untuk analisis berbagai jenis cuplikan baik berupa serbuk pasir, larutan ataupun lapis tipis. Faktor yang dapat mempengaruhi proses kalibrasi XRF antara lain: (1) resolusi detektor yang berhubungan dengan gangguan spektra; (2) pengaruh matriks cuplikan; (3) akurasi dan kecocokan pada standar kalibrasi; (4) bentuk morfologi cuplikan (ukuran partikel, keseragaman partikel, dll); dan (5) pengukuran geometri cuplikan (Kalnicky, 2001). Contoh hasil karakterisasi menggunakan XRF ditunjukkan pada Gambar 2.8.



Gambar 2.8 Si/Al sampel batu pipih dan bidang-bidang belahnya (Karyasa, 2014)

Perbandingan kandungan silikon dengan aluminium (Si/Al) untuk bidangbidang belah tiap-tiap sampel dapat dibuat grafik seperti pada Gambar 2.6. Berdasarkan Gambar 2.6 terlihat bahwa batu pipih sampel 1 (S1) bidang belahnya (S11) memiliki Si/Al yang paling rendah dan memiliki kecenderungan semakin meningkat ke arah bidang tahan belah (S13). Hal serupa terjadi pada sampel batu pipih 3 (S3). Tetapi, sampel batu pipih 2 justru lapisan kedua (S22) memiliki Si/Al lebih kecil dibandingkan lapisan luar (S21) dan lapisan dalam (S23). Secara umum dapat disampaikan bahwa kecenderungan Si/Al semakin besar pada bidang tahan belah (Karyasa, 2014).

2.7 X-Ray Powder Diffraction (XRD)

XRD merupakan salah satu teknik yang dapat digunakan untuk menentukan struktur suatu padatan kristalin melalui analisis kualitatif pola difraksi dari setiap unsur atau senyawa yang terkandung di dalam padatan tersebut. Apabila suatu sampel dikenai sinar-X, beberapa sinar-X akan diserap oleh sampel dan juga dihamburkan oleh atom-atom dalam sampel tersebut sehingga intensitas sinar-X yang ditransmisikan akan lebih kecil dari intensitas sinar datang. Berkas sinar yang dihantarkan ada yang

saling menghilangkan karena fasenya berbeda dan ada juga yang saling menguat karena fasenya sama. Berkas sinar-X yang saling menguatkan disebut sebagai berkas difraksi yang memenuhi Hukum Bragg seperti ditunjukkan pada Persamaan 2.2

$$n\lambda = 2d\sin\theta \quad (2.2)$$

dimana :

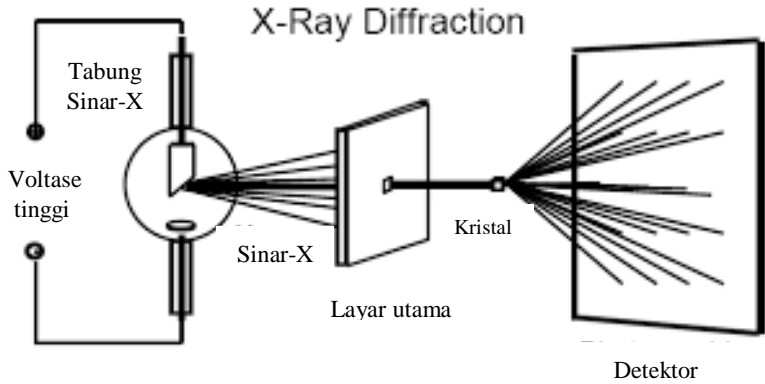
n: Orde difraksi (1, 2, 3, ...)

λ : Panjang sinar-X

d: Jarak kisi

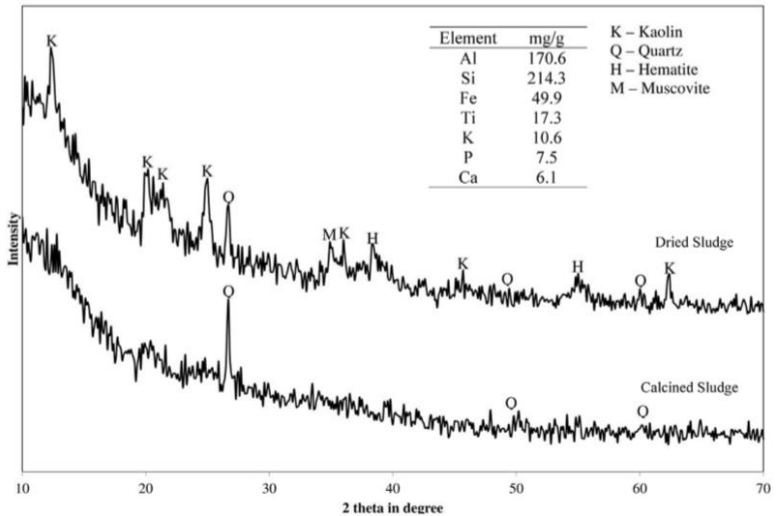
θ : Sudut difraksi

Prinsip kerja XRD dimulai saat sampel yang berupa serbuk padatan kristalin dengan diameter butiran kristal sekitar 10^{-7} – 10^{-4} m ditempatkan pada suatu plat kaca yang ditembak dengan sinar-X. Sinar-X diperoleh dari elektron yang keluar dari filamen panas dalam keadaan vakum pada tegangan tinggi. Sinar-X tersebut akan mendifraksikan sinar ke segala arah dengan memenuhi Hukum Bragg. Kemudian detektor bergerak dengan kecepatan sudut yang konstan untuk mendeteksi berkas sinar-X yang di difraksikan oleh sampel. Hasil dari difraktometer dapat berupa rekaman data analog dan digital. Rekaman analog berupa grafik garis-garis yang terekam per menit sinkron dengan detektor dalam sudut 2θ per menit. Sedangkan rekaman digital menginformasikan intensitas sinar-X terhadap jumlah intensitas cahaya per detik. Pola difraktogram berupa deretan puncak-puncak difraksi dengan intensitas yang bervariasi sepanjang nilai 2θ tertentu. Besarnya intensitas puncak-puncak tersebut bergantung pada jumlah atom atau ion dan distribusinya di dalam sel satuan suatu sampel (Warren, 1969).



Gambar 2.9 Skema dari sel-sel instrumen XRD

Contoh hasil XRD dari sampel lumpur pengolahan air ditunjukkan pada Gambar 2.10.

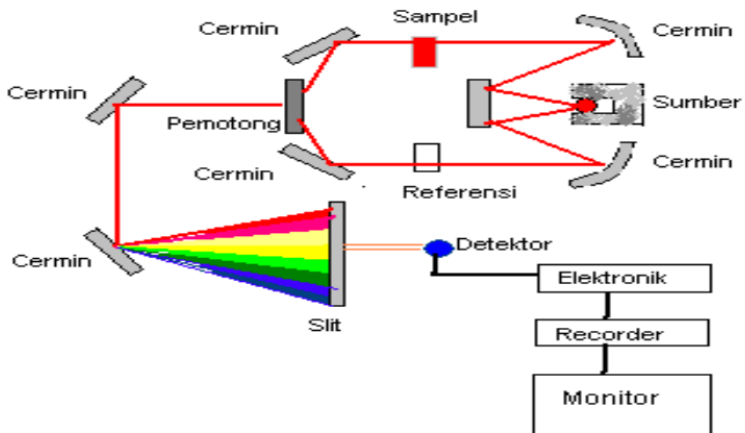


Gambar 2.10 Hasil XRD sampel lumpur pengolahan air yang mengandung aluminium (Ooi dkk., 2018)

2.8 *Spektrokopi Fourier Transform Infrared (FTIR)*

Karakterisasi FTIR digunakan untuk mengidentifikasi material, menentukan komposisi dari campuran, dan membantu memberikan informasi dalam memperkirakan struktur molekul. Material sampel yang digunakan biasanya dalam keadaan padat, cair, atau gas. Analisa dengan metode ini didasarkan pada fakta bahwa molekul memiliki frekuensi spesifik yang dihubungkan dengan vibrasi internal dari atom gugus fungsi. Ketika sampel diletakkan dalam berkas radiasi IR, sampel mengabsorpsi radiasi pada frekuensi yang sesuai dengan frekuensi *vibrational molecular* dan meneruskan seluruh frekuensi yang lain. Spektrometer IR mengukur frekuensi dari radiasi yang terabsorpsi, dan plot hasil dari energi terabsorpsi versus frekuensi dikenal sebagai spectrum IR dari material yang dianalisis. Identifikasi senyawa dapat dilakukan karena perbedaan struktur kimia material akan memberikan vibrasi karakteristik dan menghasilkan spectra IR yang unik, yaitu, daerah sidik jari untuk tiap-tiap material. Keuntungan dari metode FTIR ini yaitu radiasi sumber sinar yang lebih tinggi, perbandingan sinyal atau *noise* ditingkatkan, mengurangi waktu pengukuran, dan akurasi pengukuran yang lebih tinggi dengan spektrometer dispersif cahaya konvensional (Sibilia, 1996).

Prinsipnya dari FTIR ketika suatu material berinteraksi dengan sinar inframerah, ikatan dalam molekul akan mengalami vibrasi ulur (*stretching*) atau bending (*tekuk*). Hasilnya, sinar inframerah akan diabsorpsi oleh gugus fungsi pada rentang panjang gelombang yang spesifik. Skema kerja FTIR ditunjukkan pada Gambar 2.5.



Gambar 2.11 Skema alat FTIR

Keunggulan spektroskopi FTIR yaitu radiasi sumber sinar lebih tinggi, perbedaan sinyal dan *noise* ditingkatkan, mengurangi waktu pengukuran dan akurasi pengukuran yang lebih tinggi (Sibilia, 1996). Selain itu, spektrometer FTIR juga memiliki sensitivitas yang baik, kalibrasi panjang gelombang lebih akurat dan desain mekanik yang sederhana (Skoog dkk., 1998)

Hasil analisis spektroskopi inframerah digambarkan dalam bentuk spektrum yang menampilkan plot absorbansi atau transmitansi energi dari sinar yang dipancarkan versus frekuensi. Analisis spektroskopi inframerah standar dilakukan pada rentang frekuensi $7000\text{--}400\text{ cm}^{-1}$, tetapi dapat pula mencapai 50 cm^{-1} , dengan menggunakan tambahan sumber sinar, optik, dan detektor (Sibilia, 1996). Pita Absorpsi Infra Merah ditunjukkan pada Tabel 2.3

Tabel 2.1 Pita Absorpsi Infra Merah

Gugus	Senyawa	Frekuensi (cm ⁻¹)
OH	Alkohol	3580-3650
	Asam	2500-2700
NH	Amina primer	-3500
	Amina sekunder	3310-3500
CH	Amida	3140-3320
	Alkuna	3300
	Alkena	3010-3095
	Aromatik	-3030
SH	Alkana	2853-2962
	Aldehida	2700-2900
	Sulfur	2500-2700
	Alkuna	2190-2260
C≡C	Alkilnitril	2240-2260
C≡N	Iosianat	2240-2275
	Arilnitril	2220-2240
-N=C=N	Diimida	2130-2155
-N ₃	Azida	2120-2160
>CO	Aldehid	1720-1740
	Keton	1675-1725
C=O	Asam karboksilat	1700-1850
	Ester	2000-2300
	Asilhalida	1755-1850
	Amida	1670-1700
C=C	Ester	1650
C=C	Alkena	1620-1680
N-H	Amina	1575-1650
-N=N	Azo	1575-1630
-C-NO ₂	Nitro	1550-1570
-C-O-C	Eter	1230-1270
-(CH ₂) _n	Senyawa lain	-722

(Kristianingrum)

BAB 3

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Alat dan Bahan

3.1.1 Alat

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah kaca arloji, spatula, neraca analitik, erlenmeyer volume 250 mL, labu ukur volume 500 mL; 250 mL, gelas kimia volume 250 mL; 100 mL, pipet ukur 5 mL; 1 mL, pipet volume 10 mL; 50 mL, bola hisap, pipet tetes, valcon kaca, botol kaca, mortar dan alu, ayakan wire mesh 150 μm , cawan *stainless steel*, *ultrasonic cleaner*, sentrifugator, oven, *X-Ray Powder Diffraction* (XRD-Philips PW1140/90), *Atomic Absorption Spectrometry* (AAS-iCE 3000 AA01191902 v1,30), *X-ray fluorescence* (XRF-PanAnalytical type minipal 4), *Spektroskopi Fourier Transform Infrared* (FTIR 8400S Shidamazu)

3.1.2 Bahan

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah aqua DM (demineralisasi), limbah peleburan aluminium dari Desa Papar, Segodopuro, Sumobito, Jombang, HCl 37% *Analytical Reagent* (AR), NaOH Merck 106498 *Sodium hydroxide pellets for analysis*, Ludox.

3.2 Prosedur Penelitian

3.2.1 Penyiapan sampel

Sampel limbah peleburan aluminium diambil dari Pengrajin Aluminium di Desa Papar, Segodopuro, Sumobito, Jombang. Limbah peleburan aluminium yang dikumpulkan dikeringkan dalam oven pada suhu 105 ± 5 °C selama 24 jam untuk menghilangkan kadar airnya. Lumpur kering kemudian dihancurkan dengan menggunakan mortar dan alu diikuti dengan pengayakan dengan ayakan *wire mesh* 150 μm untuk mendapatkan lumpur bubuk.

3.2.2 Penyiapan Larutan Asam Klorida 2 M

Larutan HCl 37% diambil sebanyak 83 mL dengan menggunakan pipet volum, kemudian dimasukkan kedalam labu ukur 500 mL. Aqua DM ditambahkan sampai tanda batas dan dihomogenkan.

3.2.3 Pelindian Limbah Aluminium

Sampel dengan masing-masing variasi dilarutkan dengan larutan 100 ml asam klorida 2 M dalam erlenmeyer 250 mL kemudian disonikasi dengan menggunakan *ultrasonic cleaner* dengan waktu dan suhu sesuai variasi. Campuran didinginkan dan disentrifugasi untuk memisahkan padatan dan larutan pelindian. Padatan yang diperoleh dikeringkan dalam oven pada suhu 130 ± 5 °C lalu ditimbang secara berkala hingga diperoleh berat konstan untuk mengetahui massa rendemen yang dihasilkan (Ooi dkk., 2018)

3.2.4 Optimalisasi pengambilan kembali aluminium

Penelitian ini menggunakan rancangan *Response Surface Method* (RSM) untuk mendapatkan respon metode pengambilan aluminium yang optimal serta memberikan penjelasan interaksi antara berbagai faktor yang terlibat selama pengambilan kembali aluminium menggunakan RSM dengan Central Composite Design (CCD). Pengambilan kembali aluminium (Y) dipilih sebagai variabel respons sedangkan rasio solid terhadap cair (X_1), suhu (X_2) dan waktu pemanasan (X_3) dipilih sebagai variabel independen yang akan ditunjukkan pada Tabel 3.1. Data eksperimental yang diperoleh dihitung ke model polinomial orde dua (Zhang dkk., 2011; Jung dan Ahn, 2016). CCD yang digunakan meliputi 20 percobaan dengan enam ulangan di titik pusat, delapan titik faktorial dan enam titik aksial (Moghaddam dkk., 2010). Kondisi operasi untuk setiap faktor dilakukan pada 5

level $(-\alpha, -1, 0, +1, +\alpha)$. α mengacu pada jarak dari titik tengah ke titik aksial dan dihitung menggunakan Persamaan (3.1)

$$\alpha = (2k)^{1/4} \tag{3.1}$$

di mana k adalah sejumlah faktor. Oleh karena itu, nilai α dalam penelitian ini sama dengan 1,682. Rentang variabel eksperimen independen diputuskan berdasarkan hasil percobaan Fase 1.

Tabel 3.1 Penentuan variabel bebas dan kode perlakuan pada penelitian.

Variabel bebas	Simbol	Range dan level		
		-1	0	1
Rasip padat terhadap cair (%)	X_1	1,5	2,0	2,5
Suhu (°C)	X_2	50	60	70
Waktu pemanasan (jam)	X_3	2	4	6

Metode pengambilan kembali aluminium dimulai dengan pelindian sampel menggunakan larutan HCl 2 M dengan kondisi yang telah ditentukan (X_1, X_2, X_3). Setelah proses pelindian, sampel disentrifuse dan didekantasi untuk memisahkan filtrat dan padatnya. Filtrat yang diperoleh kemudian dikarakterisasi menggunakan AAS untuk mengetahui kandungan dan kadar logam didalamnya (Ooi dkk., 2018)

3.2.5 Analisa Data

Analisis data dari proses optimasi dilakukan menggunakan Python 3. Model eksperimen digunakan pustaka pyDOE dan estimasi koefisien untuk plot kontur dan plot permukaan 3-D model digunakan pustaka PolynomialFeature di Python 3. Kecukupan model diperiksa menggunakan analisis varians (ANOVA). Kondisi pelindian optimal untuk pengambilan kembali aluminium diperoleh dengan melakukan proses optimasi numerik (Ooi dkk., 2018)

3.2.6 Karakterisasi

Larutan hasil pelindian dikarakterisasi dengan menggunakan AAS untuk menentukan konsentrasi unsur logam aluminium dan seng yang memiliki ketelitian, ketepatan dan selektivitas tinggi (Khopkar, 1990). Padatan hasil pelindian yang sudah dikeringkan dikarakterisasi dengan menggunakan XRD dan XRF untuk menentukan senyawa beserta kadarnya yang terdapat didalam limbah.

3.2.7 Sintesis Sodalit

NaOH ditimbang sebanyak 2,4 gram dengan menggunakan neraca analitik, kemudian dimasukkan kedalam gelas beker 100 mL. 10 mL aquades ditambahkan dan diaduk dengan menggunakan magnetik stirer sampai larutan homogen. Setelah larutan NaOH homogen, dipindahkan kedalam botol polipropilen. Sebanyak 1,576 gram hasil pelindian limbah aluminium, ditimbang dan kemudian ditambahkan dalam larutan NaOH dan diaduk selama ± 30 menit sampai campuran homogen. Sebanyak 3,4956 gram Ludox dan 10,5 mL aquades ditambahkan kedalam campuran secara perlahan dengan diaduk sampai campuran homogen. Setelah campuran homogen, dilakukan sintesis yaitu campuran diaduk dengan menggunakan magnetik stirer selama 24 jam pada suhu ruangan. Setelah sintesis, campuran *diaging* selama 24 jam. Hidrotermal dilakukan dengan cara memasukkan campuran kedalam oven selama 24 jam pada suhu 100 °C. Setelah itu, campuran didinginkan dengan dialiri air keran. Campuran disaring dengan menggunakan kertas saring, lalu dicuci dengan aqua DM sampai pH 8-9. Kemudian, campuran dikeringkan pada suhu 100 °C selama 24 jam. Padatan kering yang diperoleh kemudian dikarakterisasi menggunakan FTIR dan XRD (Sari dkk., 2018).

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Komposisi dan Struktur Limbah Padat Aluminium

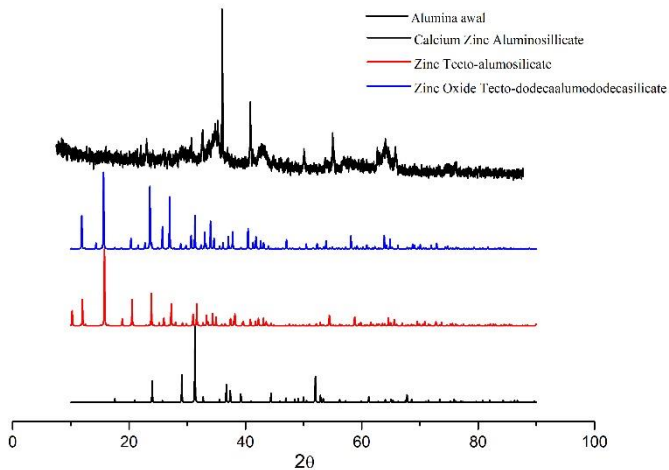
Limbah padat aluminium yang telah disiapkan kemudian dikarakterisasi dengan menggunakan *X-ray fluorescence* (XRF) untuk mengetahui kandungan serta kadar logam-logam yang terdapat didalamnya. Hasil XRF ditunjukkan pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Hasil XRF Limbah Peleburan Aluminium

Kandungan unsur	Kadar (%)
Al	46,46
Si	2,07
Ca	6,27
Ti	10,53
Fe	8,91
Zn	22,51
Sr	1,08
Pb	2,17

Data hasil XRF pada Tabel 4.1 menunjukkan bahwa limbah padat aluminium mengandung logam Aluminium yang cukup banyak yaitu sebesar 46,46%. Limbah padat aluminium juga dikarakterisasi menggunakan XRD untuk mengetahui struktur padatnya yang ditunjukkan pada Gambar 4.1.

Gambar 4.1 menunjukkan bahwa limbah padat peleburan aluminium memiliki fasa yang mirip dengan Calcium Zinc Aluminosilicate. Selain itu, puncak di difraktogram XRD menunjukkan keberadaan kaolin ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{Si}_2\text{O}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) pada 2θ antara $35\text{-}40^\circ$ (Sari dkk., 2018)



Gambar 4.1 Hasil XRD Struktur limbah padat aluminium

4.2 Pelindian Limbah Padat Aluminium

Limbah padat aluminium dilarutkan dalam asam klorida dan ditimbang berat awalnya dan berat setelah pelindian. Residu padatan hasil pencucian limbah aluminium dikeringkan dalam oven kemudian ditimbang untuk mengetahui massa aluminium yang tidak terlarut pada proses pelindian serta untuk mengetahui persentase massa residu. Hasil massa residu ditunjukkan pada Tabel 4.2. Hasil pengujian kadar Al dalam limbah peleburan Aluminium dan kadar Zn yang terlarut berdasar uji AAS lebih besar daripada kadar Al. Sehingga dilakukan optimasi untuk memperoleh kondisi dimana Zn yang terlarut besar, sehingga kadar Al dalam residu meningkat.

Tabel 4.2 Massa residu, kadar aluminium dan kadar seng hasil pelindian limbah peleburan Aluminium

S/L	T	t	% Al ₂ O ₃	% ZnO	% terlarut
1,5	50	2	2,56	68,21	25,96
2,5	50	2	2,33	59,31	18,39
1,5	70	2	1,95	52,13	33,70
2,5	70	2	0,77	34,25	27,99
1,5	50	6	4,36	87,18	21,08
2,5	50	6	1,40	42,89	23,98
1,5	70	6	1,31	52,49	29,73
2,5	70	6	1,08	37,83	25,37
2,0	60	4	1,72	50,61	24,63
2,0	60	4	1,74	50,61	26,22
2,0	60	4	2,26	47,41	28,67
2,0	60	4	1,14	40,53	29,73
2,0	60	4	1,25	51,58	22,18
2,0	60	4	1,92	53,35	24,42

Data yang didapatkan kemudian diolah menggunakan software Python untuk menentukan rumus model linier kuadrat. Untuk validasi model prediksi dilakukan validasi melalui metode grafik dan numerik. Metode grafik yang digunakan adalah uji residual yang didefinisikan sebagai perbedaan antara nilai hasil observasi dengan nilai fit. Pada uji residual menunjukkan bahwa model terdistribusi normal.

Model regresi linear berganda dikembangkan berdasarkan data hasil eksperimen yang ditunjukkan pada Tabel 4.2. Model regresi linear berganda pada metode pengambilan kembali residu aluminium dan hasil uji ANOVA pada masing-masing variabel dependen dibahas sebagai berikut.

4.2.1 Kadar Seng (Zn) terlarut

Model yang dikembangkan oleh RSM, dibuat plot permukaan 3-D dan plot kontur dan hasil yang diperoleh menunjukkan efek variabel dan interaksinya. Sebanyak tiga set

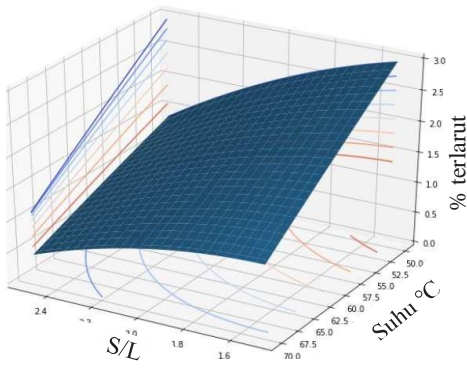
plot dihasilkan dan masing-masing plot menunjukkan efek dan interaksi dua variabel. Di setiap plot, variabel ketiga diperbaiki pada tingkat rata-rata. Plot permukaan 3-D dan plot kontur dari permukaan respons untuk rekoveri seng dari Limbah padat hasil peleburan aluminium ditunjukkan pada Gambar 4.2.

Gambar 4.2 a dan c menunjukkan efek interaksi rasio solid terhadap cair dengan suhu dan waktu pemanasan. Dapat diamati bahwa pada semua kondisi suhu dan waktu pemanasan, peningkatan rasio padat terhadap cair tidak menunjukkan tren yang konsisten dalam rekoveri seng. Gambar. 4b dan c menunjukkan bahwa rekoveri seng meningkat dengan meningkatnya waktu pemanasan. Tren peningkatan dalam rekoveri aluminium mungkin karena aktivitas reaksi yang lebih tinggi ketika waktu pemanasan meningkat. Efek waktu pemanasan pada rekoveri aluminium lebih signifikan daripada rasio padat terhadap cair.

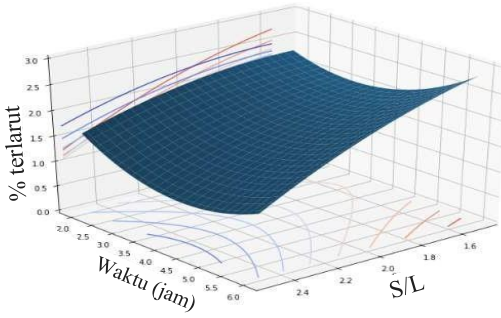
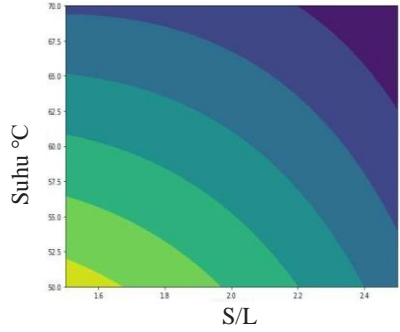
Gambar 4.2, *Response Contour Plot* menunjukkan kondisi optimal untuk memperoleh kadar Zn terlarut paling tinggi yaitu pada kondisi rasio padat terhadap cair sebesar 1,5%, pada suhu 50 °C dan waktu sonikasi selama 6 jam. Kadar seng terlarut sebagai fungsi rasio padat cair, suhu dan waktu ditunjukkan pada Persamaan 4.1

$$Z = 240.26363344108069 + X_0^* - 2.448288 + X_1^* - 4.421584 + X_2^* - 2.490169 + X_0^2 * - 8.466628 + X_0 * X_1 * 0.516133 + X_0 * X_2 * - 4.021653 + X_1^2 * 0.019534 + X_1 * X_2 * 0.008585 + X_2^2 * 1.303037 \dots \dots \dots (4.1)$$

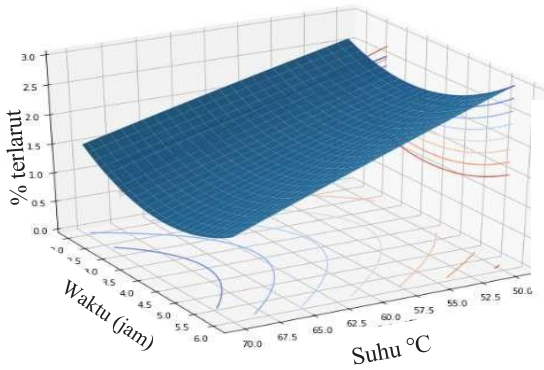
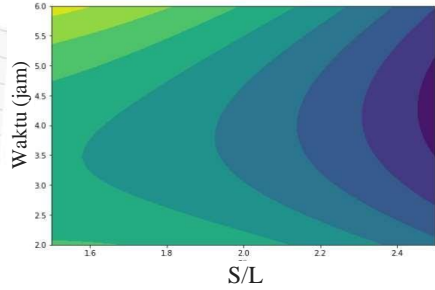
dimana : X_1 =rasio padat terhadap cair; X_2 =suhu; X_3 =waktu sonikasi



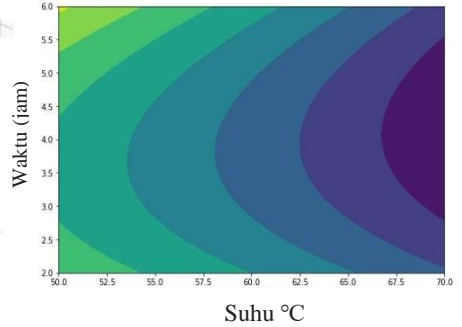
(a)



(b)

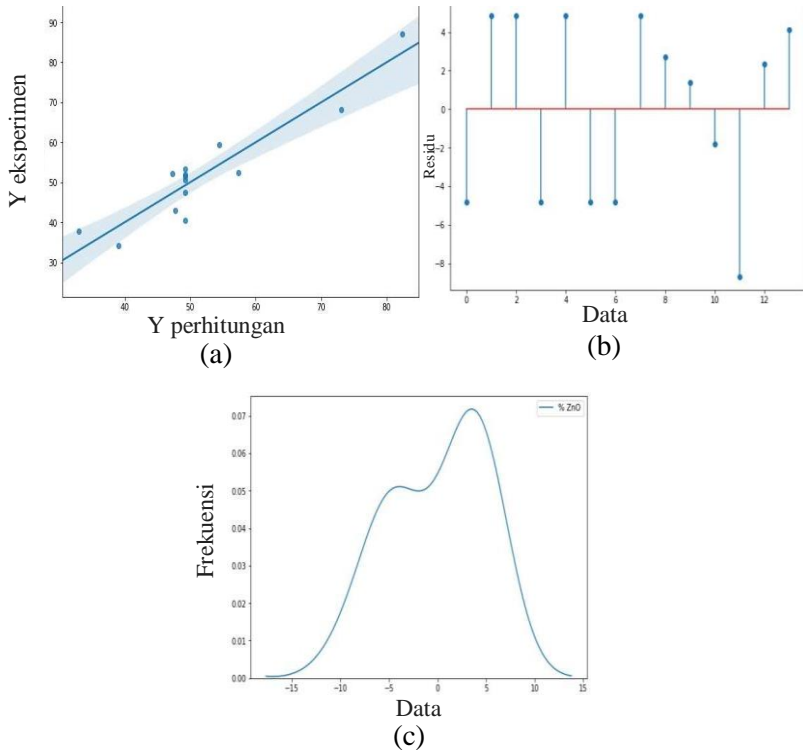


(c)



Gambar 4.2 Plot Permukaan dan Plot Kontur 3-D (a) Rasio Padat terhadap Cairan dan Temperatur (b) Suhu dan Waktu Pemanasan (c) Rasio Padatan terhadap Cairan dan Waktu Pemanasan.

Persamaan orde dua yang diperoleh kemudian dilakukan *fitting* data eksperimen terhadap kadar seng terhadap data perhitungan menggunakan metode Box-Behnken. Plot residu dan distribusi residu data eksperimen dibandingkan dengan data simulasi untuk kadar aluminium yang terlindih ditampilkan pada Gambar 4.3.



Gambar 4.3 Kurva Fitting data eksperimen terhadap data pemodelan untuk kadar Zn yang terlindih

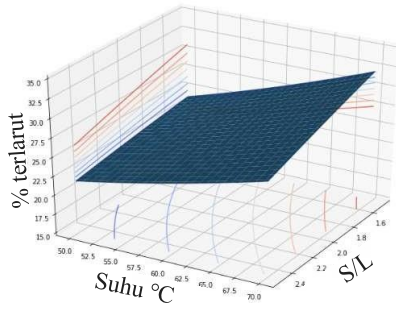
Gambar 4.3a menunjukkan plot probabilitas normal model residu cukup mendekati garis diagonal untuk kadar seng terlarut.

Hal ini menunjukkan bahwa model regresi linear berganda terpenuhi (A. Nair dan Ahammed, 2016). Nilai residual dibandingkan dengan nilai prediksi ditunjukkan pada Gambar 4.3b, bahwa semua residu terdistribusi secara tidak sistematis. Hal ini menunjukkan bahwa *fitting* data eksperimen pada persamaan 4.1 baik (Shemi dkk., 2014)

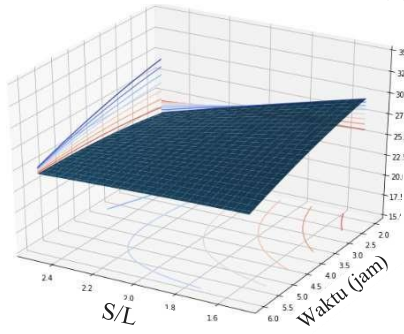
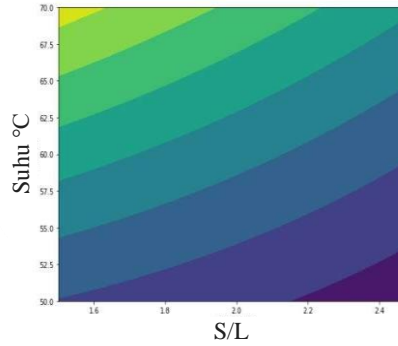
Model regresi ditunjukkan pada persamaan 4.1 dievaluasi dengan menggunakan ANOVA dan hasilnya ditunjukkan pada Tabel B1. Berdasarkan Tabel B1 diperoleh nilai R^2 (*R square*) sebesar 0,871. Hal ini menunjukkan bahwa sumbangan pengaruh variabel padat terhadap cair, suhu dan waktu sonikasi terhadap kadar seng terlarut sebesar 87,1%. Sedangkan sisanya sebesar 12,9% dipengaruhi variabel lain yang tidak dimasukkan kedalam model penelitian. Tabel B1 juga menunjukkan nilai Adjusted *R square* yang lebih kecil dari dari *R square* yaitu sebesar 0,721. Adjusted *R square* merupakan nilai *R square* yang telah disesuaikan dan selalu lebih kecil dari *R square*. Menurut Santoso (2001) bahwa untuk regresi dengan lebih dari dua variabel bebas digunakan Adjusted R^2 sebagai koefisien determinasi.

4.2.2 Kadar Aluminium (Al) terlarut

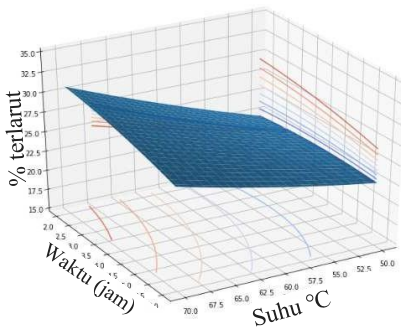
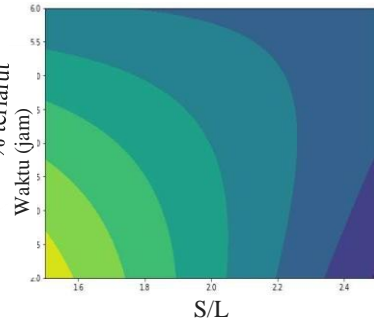
Pengaruh respon ketiga variable input terhadap kadar aluminium terlarut diidentifikasi dengan menggunakan RSM dan ditunjukkan pada Gambar 4.4. Berdasarkan Gambar 4.4, Response Contour Plot menunjukkan kondisi optimal untuk memperoleh kadar Al terlarut paling tinggi yaitu pada kondisi rasio padat terhadap cair sebesar 1,5%, pada suhu 70 °C dan waktu sonikasi selama 2 jam. Kondisi optimal perolehan Aluminium terjadi ketika rasio padat terhadap cair pada persen yang paling rendah, hal ini disebabkan karena pada rasio padat terhadap cair yang besar silica dalam padatan dilepaskan dalam larutan selama proses pelindian dan membentuk gel silica yang dapat menyerap beberapa aluminium selama pembentukannya, sehingga menghasilkan perolehan kembali aluminium yang lebih rendah (Li dkk., 2011)



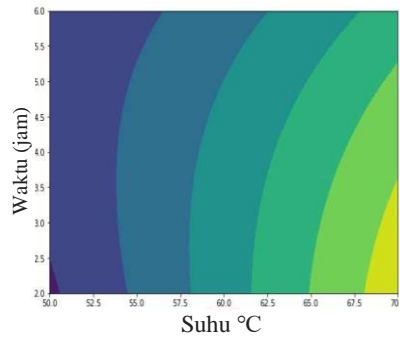
(a)



(b)



(c)



Gambar 4.4 Respon permukaan yang menggambarkan korelasi Suhu dan Rasio Padat Cair (a): Rasio padat:cair dan Waktu Pelindian (b) Suhu dan Waktu pelindian (c)

Mekanisme adsorpsi aluminium oleh silica gel dapat terjadi melalui adsorpsi permukaan (Chappex dan Scrivener, 2013). Efek rasio padat terhadap cair lebih signifikan pada suhu yang tinggi.

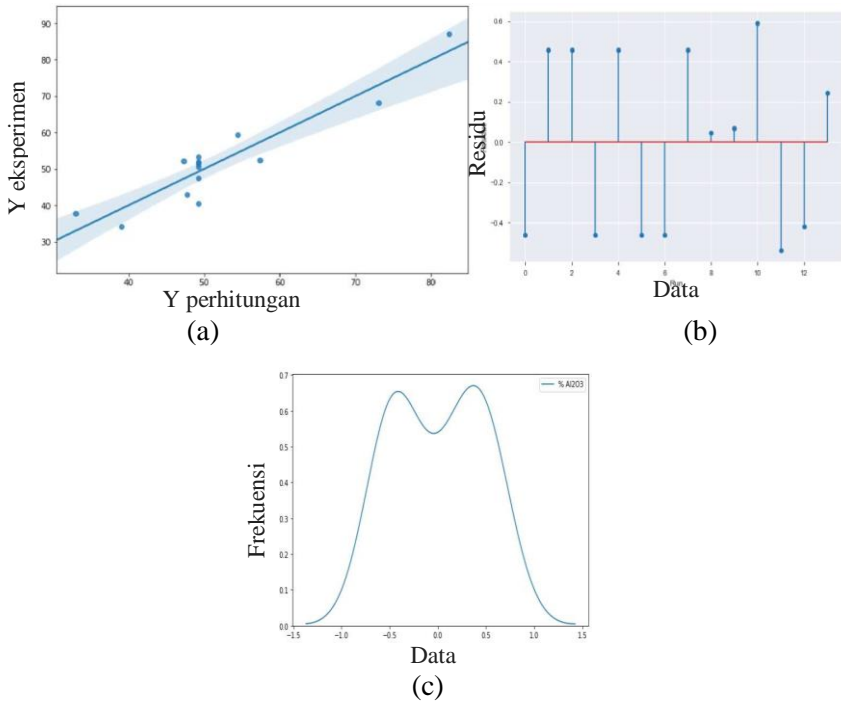
Korelasi antara ketiga variable input terhadap jumlah Al yang terlarut digambarkan dalam persamaan orde dua ditunjukkan pada Persamaan 4.2

$$Z = 8.4337 + X_0 * -0.182034 + X_1 * -0.110684 + X_2 * -0.051127 + X_0^2 * -0.694930 + X_0 * X_1 * 0.044962 + X_0 X_2 * -0.221957 + X_1^2 * -0.000154 + X_1 * X_2 * -0.007477 + X_2^2 * 0.122260 \dots \dots \dots (4.2)$$

dimana : X_1 =rasio padat terhadap cair; X_2 =suhu; X_3 =waktu sonikasi

Berdasarkan persamaan orde dua yang diperoleh dilakukan *fitting* data eksperimen terhadap untuk kadar aluminium terhadap data perhitungan menggunakan metode Box-Behnken. Plot residu dan distribusi residu data eksperimen dibandingkan dengan data simulasi untuk kadar aluminium yang terlindih ditampilkan pada Gambar 4.2. Salah satu metode pengujian normalitas adalah untuk mengukur seberapa dekat titik-titik pada plot probabilitas normal sesuai dengan garis lurus. Gambar 4.5a menunjukkan plot probabilitas normal model residu cukup mendekati garis diagonal untuk kadar aluminium terlarut. Hal ini menunjukkan bahwa model regresi linear berganda terpenuhi (A. Nair dan Ahammed, 2016). Nilai residual dibandingkan dengan nilai prediksi ditunjukkan pada Gambar 4.5b, bahwa semua residu terdistribusi secara tidak sistematis. Hal ini menunjukkan bahwa *fitting* data eksperimen pada persamaan 4.2 baik (Shemi dkk., 2014)

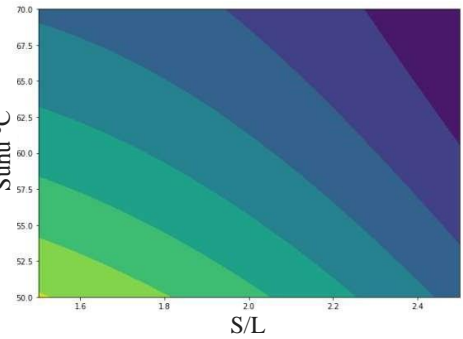
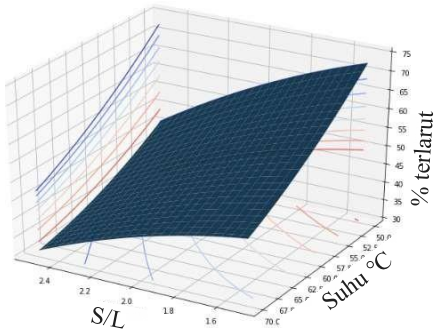
Uji ANOVA *fitting* data eksperimen terhadap data pemodelan ditampilkan dalam lampiran B2. Koefisien korelasi yang diperoleh untuk % Aluminium adalah 0.752 dengan sembilan variabel persamaan orde dua. Hal ini menunjukkan bahwa variabel independen (padat terhadap cair, suhu dan waktu sonikasi) berpengaruh terhadap kadar aluminium terlarut sebesar 75,2%.



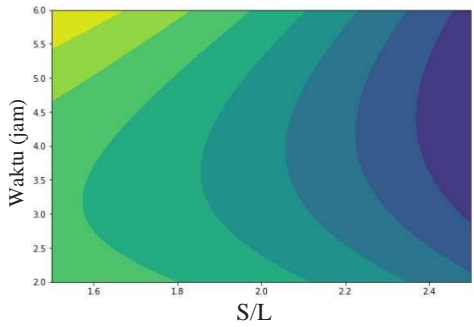
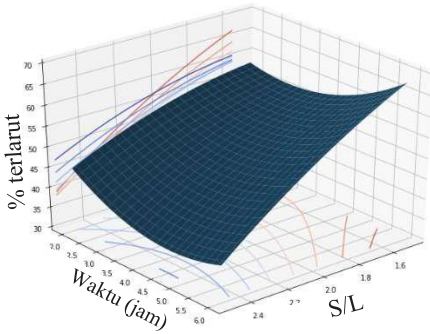
Gambar 4.5 Kurva Fitting data eksperimen terhadap data pemodelan (a) plot residu (b) sebaran residu (c)

4.2.3 Kadar padatan terlarut

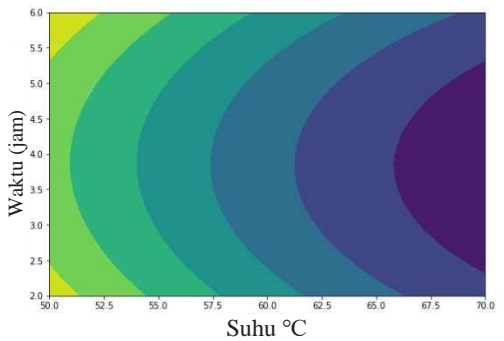
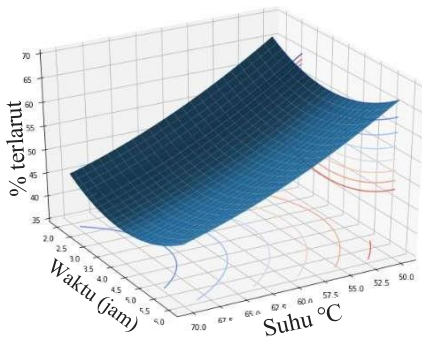
Model yang dikembangkan oleh RSM, dibuat plot permukaan 3-D dan plot kontur dan hasil yang diperoleh menunjukkan efek variabel terhadap kadar padatan terlarut yang ditunjukkan oleh Gambar 4.6.



(a)



(b)



(c)

Gambar 4.6 Respon permukaan untuk % padatan terlarut

Korelasi antara ketiga variabel input terhadap perolehan persentase padatan limbah yang terlindih ditunjukkan pada Persamaan 4.3

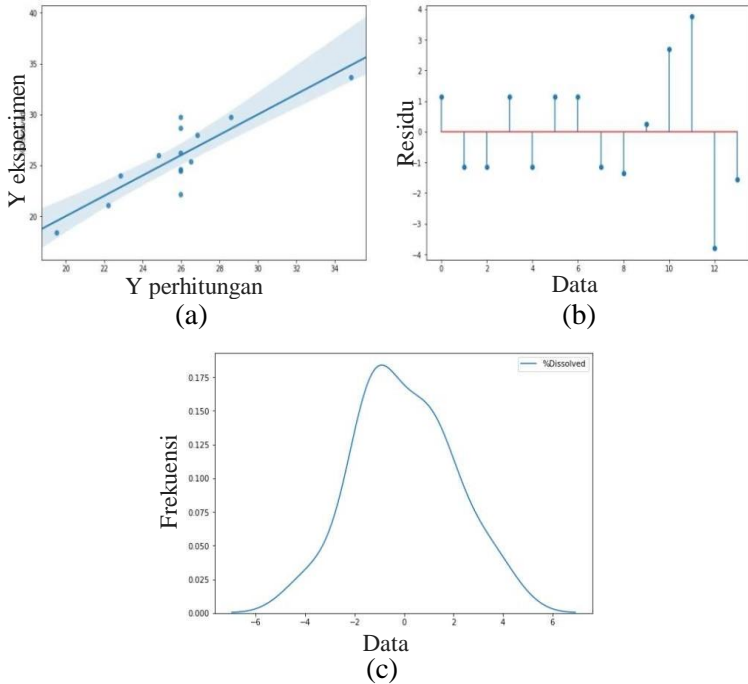
$$Z = 6.81954 + X_0 * -0.057645 + X_1 * 0.429217 + X_2 * 0.244553 + X_0^2 * -0.359339 + X_0 * X_1 * -0.135 + X_0 * X_2 * 1.4775 + X_1^2 * 0.003046 + X_1 * X_2 * -0.045625 + X_2^2 * 0.103694 \dots \dots \dots (4.3)$$

dimana : X_1 =rasio padat terhadap cair; X_2 =suhu; X_3 =waktu sonikasi

Persamaan orde dua yang diperoleh kemudian dilakukan *fitting* data eksperimen untuk persentase padatan yang terlarut terhadap data perhitungan menggunakan metode *Box- Behnken*. Plot residu dan distribusi residu data eksperimen dibandingkan dengan data simulasi untuk kadar aluminium yang terlindih ditampilkan pada Gambar 4.7.

Gambar 4.7a menunjukkan plot probabilitas normal model residu cukup mendekati garis diagonal untuk kadar padatan terlindih. Hal ini menunjukkan bahwa model regresi linear berganda terpenuhi (Nair dan Ahammed, 2014). Nilai residual dibandingkan dengan nilai prediksi ditunjukkan pada Gambar 4.7b, bahwa semua residu terdistribusi secara tidak sistematis dan memiliki simpangan yang tidak terlalu jauh. Hal ini menunjukkan bahwa *fitting* data eksperimen pada persamaan 4.2 baik (Shemi dkk., 2014).

Uji ANOVA *fitting* data eksperimen terhadap data pemodelan ditampilkan dalam lampiran B3. Korelasi variabel input terhadap massa limbah padat yang terlindih sebesar 0,752. Simpangan error yang terbesar didapatkan dari variabel ke 3 dari persamaan orde dua yang diperoleh yaitu sebesar 6,395.



Gambar 4.7 Kurva Fitting data eksperimen terhadap data pemodelan untuk persentase padatan yang terlindih (a) plot residu (b) sebaran residu (c)

Hasil optimasi menggunakan *Respons Surface Methodology* menunjukkan beberapa titik optimasi yaitu kadar seng terlarut tertinggi pada rasio padat terhadap cair 1,5%, suhu 50°C dan waktu sonikasi selama 6 jam, untuk kadar aluminium terlarut tertinggi pada rasio padat terhadap cair 1,5%, suhu 70°C dan waktu sonikasi selama 2 jam dan untuk kadar padatan terlindih tertinggi pada rasio padat terhadap cair 1,5%, suhu 50°C dan waktu sonikasi selama 2 jam. Pada penelitian diambil hasil optimasi kadar seng terlarut tertinggi dan kadar aluminium terlarut terendah,

untuk mendapatkan kadar aluminium tertinggi dalam residu hasil pelindian yaitu berdasarkan Tabel 4.2 pada kondisi pada rasio padat terhadap cair 2,5%, suhu 70°C dan waktu sonikasi selama 2 jam.

4.3 Karakterisasi hasil Optimasi Pengambilan Kembali Residu Aluminium

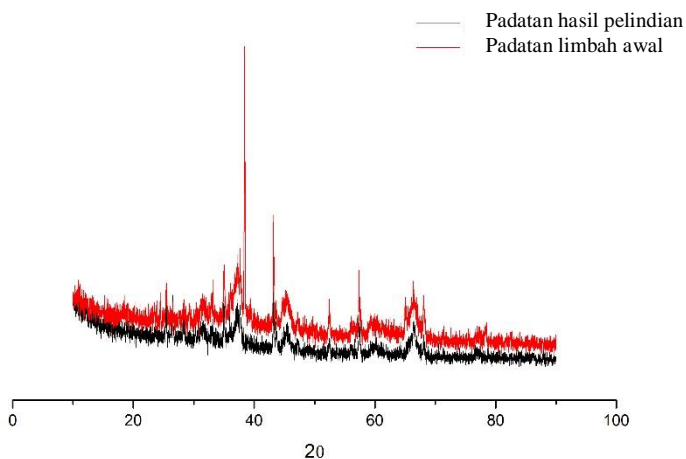
Padatan hasil pelindian yang telah dioptimasi kemudian dikarakterisasi menggunakan XRF untuk mengetahui komposisi serta kadar unsur didalamnya dan menggunakan XRD untuk mengetahui strukturnya.

Tabel 4.3 Hasil XRF pelindian padatan limbah aluminium

Kandungan Unsur	Kadar (%)
Al	52,9
Si	7,9
P	2,2
Ca	3,99
Ti	11,3
Fe	4,12
Zn	15,4

Pada Tabel 4.6 terlihat bahwa terjadi kenaikan kadar aluminium menjadi 52,9%, hal ini menunjukkan bahwa proses pelindian dengan kondisi optimum dapat meningkatkan pengambilan kembali residu aluminium. Pengambilan kembali aluminium dari lumpur pengolahan air diperoleh 61-99% menggunakan proses pelindian dengan asam sulfat (Jung dkk., 2016; (A. T. Nair dan Ahammed, 2017). Sebagai contoh, Nair dan Ahammed (2017) melaporkan diperoleh pengambilan kembali aluminium dari lumpur pengolahan air menggunakan tawas sebagai koagulan sebesar 74,5%. Yiew dkk (2018) juga melaporkan pengambilan kembali aluminium dari lumpur pengolahan air dengan pelindian menggunakan asam sulfat sebesar 68,8%.

Perbandingan struktur padatan limbah awal dengan padatan hasil pelindian ditunjukkan pada Gambar 4.8. Berdasarkan Gambar 4.8 terlihat bahwa terdapat perbedaan struktur sebelum dan setelah pelindian limbah aluminium yaitu adanya penurunan derajat kristalin. Hal ini karena larutan HCl pada proses pelindian berdifusi dan mendegradasi ikatan atom yang ada dalam sampel limbah padat aluminium. Menurut Kittel (1996), susunan partikel dalam zat padat menentukan sifat dari zat padat. Perbedaan susunan partikel dalam berbagai zat padat disebabkan oleh perbedaan gaya ikat di antara atom-atom, ion-ion, atau molekul-molekul penyusunnya.



Gambar 4.8 Perbandingan struktur padatan awal dan padatan hasil pelindian

4.4 Sintesis Sodalit

Pada penelitian ini, sintesis sodalit berasal dari limbah padat peleburan aluminium yang telah dilindih, NaOH, ludox dan aqua DM. Limbah padat peleburan aluminium yang telah dilindih

memiliki kandungan yang lebih murni dan mudah bereaksi sehingga pembentukan inti kristal akan lebih sempurna. Sumber alkali yaitu Na^+ berasal dari NaOH, tambahan Si diperoleh dari ludox, serta aqua DM sebagai sumber H_2O . Pertama, NaOH dilarutkan terlebih dahulu dengan aqua DM dalam botol polipropilen menggunakan *magnetic stirrer* pada suhu ruang. NaOH pada tahap ini berfungsi sebagai agen mineralisasi yang dapat meningkatkan kelarutan silika dan alumina sehingga kristalisasi akan menjadi lebih cepat (Cejka dkk., 2010; Chareonpanich dkk., 2004). Setelah larutan NaOH homogen, dimasukkan padatan limbah aluminium yang telah dilindih secara perlahan sambil terus diaduk. Kemudian ditambahkan ludox dan aqua DM secara begantian dengan menggunakan pipet tetes secara perlahan sambil terus diaduk. Setelah semua bahan tercampur, dilakukan pengadukan dengan menggunakan *magnetic stirrer* selama 24 jam pada suhu ruang. Setelah proses sintesis, campuran kemudian *diaging* selama 24 jam.

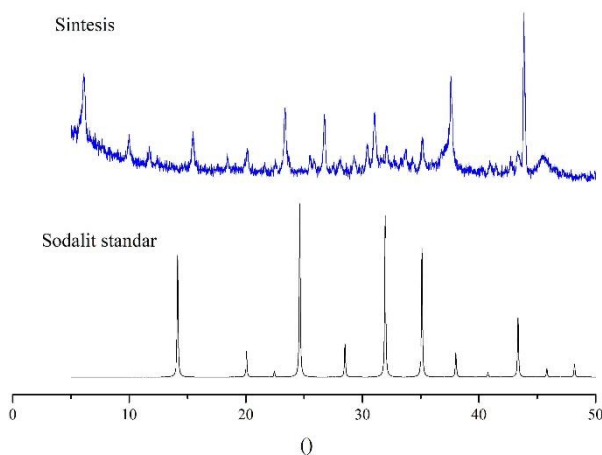
Tahap selanjutnya dilakukan kristalisasi melalui proses hidrotermal pada suhu $100\text{ }^\circ\text{C}$ selama 24 jam. Proses ini bertujuan untuk menyempurnakan Kristal yang terbentuk dari spesi silikat dan aluminat. Setelah proses hidrotermal, hasil sintesis didinginkan dan disaring untuk memisahkan padatan dan filtratnya. Padatan tersebut dicuci dengan aqua DM hingga pH 7 untuk menghilangkan sisa NaOH. Setelah itu, padatan dikeringkan pada suhu $100\text{ }^\circ\text{C}$ selama 24 jam untuk mengeliminasi pelarut air yang tersisa. Padatan yang telah kering dikarakterisasi dengan difraksi sinar-X (XRD) dan spektroskopi inframerah (FTIR).

4.5 Hasil Karakterisasi Sodalit

4.5.1 Difraksi Sinar-X (XRD)

Hasil difraksi sinar-X padatan sodalit ditunjukkan pada Gambar 4.10. Difraktogram XRD sampel hasil sintesis memiliki puncak khas pada $2\theta=15,46; 25,49; 31,02; 34,26$ dan $43,27$, hal ini sesuai dengan hasil penelitian Sari dkk., (2018), dimana puncak

khas sodalit muncul pada $2\theta = 14,00; 24,43; 31,79; 34,86$ dan $43,01^\circ$. Grafik difraktogram XRD juga diinterpretasi dengan menggunakan bantuan *Software Match*. *Software Match* ini akan memberikan informasi tentang struktur sodalit sintesis dan diperoleh struktur $\text{Na}_8[\text{AlSiO}_4]_6\text{Cl}_2$ (Octasodium tecto-hexaalumohexasilicate dichloride sodalite) yang ditunjukkan pada lampiran E. Struktur tersebut sesuai dengan struktur sodalit yaitu $\text{Na}_8[\text{AlSiO}_4]_6(\text{X})_2$. Hal ini menunjukkan bahwa sodalit telah berhasil disintesis, namun belum terbentuk sempurna dikarenakan bahan sintesis sodalit berasal dari limbah dan masih terdapat pengotor didalamnya.

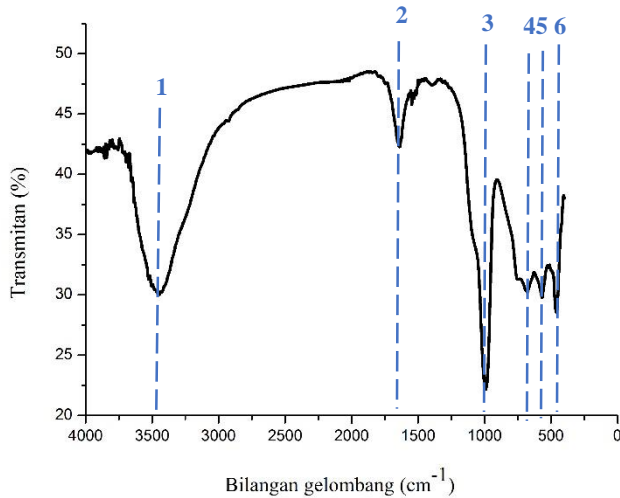


Gambar 4.9 Difraktogram XRD sodalit sintesis dan sodalit standar

4.5.2 Spektroskopi Fourier Transform Infrared (FTIR)

Karakterisasi dengan FTIR digunakan untuk mengidentifikasi gugus fungsi yang terdapat pada material hasil sintesis. Pada penelitian ini pengukuran dilakukan pada bilangan

gelombang antara $4000\text{-}500\text{ cm}^{-1}$. Spektra inframerah sodalit hasil sintesis ditunjukkan pada Gambar 4.10.



Gambar 4.10 Spektra Inframerah sintesis sodalit

Pada spektra, sodalit hasil sintesis teridentifikasi puncak karakteristik yang ditunjukkan pada Tabel 4.4. Menurut Sari, dkk. (2018) spektra sodalit muncul pada bilangan gelombang 462 cm^{-1} yang merupakan perubahan bentuk dari Al-O, serapan pada 661 dan 729 cm^{-1} yang menunjukkan vibrasi simetri dari T-O-T (T=Si atau Al), dan serapan pada 981 cm^{-1} merupakan vibrasi asimetri dari T-O-T (T=Si atau Al). Serapan pada bilangan gelombang 3400 cm^{-1} mengidentifikasi vibrasi ulur -OH dari H₂O dan bilangan gelombang $1635,69\text{ cm}^{-1}$ menunjukkan adanya vibrasi ulur -OH dari kelompok silanol (Si-OH) (Luo dkk., 2016).

Tabel 4.4 Pita serapan hasil sodalit sintesis dan gugus fungsi

No	Bilangan gelombang (cm ⁻¹)	Jenis ikatan
1	3424,62	vibrasi dalam Hidroksi (O-H)
2	1635,69	vibrasi ulur -OH dari kelompok silanol (Si-OH)
3	991,44	vibrasi asimetri dari T-O-T (T=Si atau Al)
4	678,97	vibrasi simetri dari T-O-T (T=Si atau Al)
5	567,09	deformasi ikatan Si-O
6	461,00	perubahan bentuk dari Al-O

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Penelitian ini mengevaluasi efek dari tiga faktor (rasio padat terhadap cair, suhu dan waktu sonikasi) pada rekoveri aluminium dan seng dari limbah padat hasil peleburan aluminium menggunakan proses pelindian menggunakan asam klorida. RSM digunakan untuk mengoptimalkan tiga faktor (rasio solid terhadap cair, suhu dan waktu pemanasan) dari proses pelindian. Rekoveri aluminium optimal pada residu padatan hasil pelindian diperkirakan pada kondisi pelindian rasio solid terhadap cair, suhu dan waktu sonikasi berturut-turut yaitu 2,5%, 70 °C dan 2 jam. Residu hasil pelindian asam tersebut digunakan untuk sintesis sodalit. Sodalit yang telah disintesis dikarakterisasi menggunakan FTIR dan XRD. Difraktogram XRD sampel hasil sintesis memiliki puncak pada $2\theta=15,46$ dan $34,26^\circ$ yang merupakan puncak khas dari sodalit. Difraktogram XRD juga diinterpretasi dengan menggunakan bantuan *Software Match*. Kemudian *Software Match* ini akan memberikan informasi tentang struktur sintesis sodalit dan diperoleh struktur $\text{Na}_8[\text{AlSiO}_4]_6\text{Cl}_2$ yang ditunjukkan pada lampiran E. Struktur tersebut sesuai dengan struktur sodalit yaitu $\text{Na}_8[\text{AlSiO}_4]_6(\text{X})_2$. Spektra IR sintesis sodalit teridentifikasi puncak karakteristik pada bilangan gelombang 461,00; 567,09; dan $991,44 \text{ cm}^{-1}$ yang merupakan spektra khas dari sodalit.

5.2 Saran

Pada penelitian selanjutnya yang berkaitan tentang pengambilan kembali aluminium menggunakan pelindian asam disarankan untuk melakukan variasi konsentrasi larutan asam untuk mengetahui faktor lain yang dapat meningkatkan kadar pengambilan kembali aluminium.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR PUSTAKA

- Arieli, D., Vaughan, D.E.W., and Goldfarb, D., 2004, "New synthesis and insight into the structure of blue ultramarine pigments", *J. Am. Chem. Soc.*, **126**(18), 5776–5788.
- Ayata, S., Yildiran, H., 2005, "Optimization of Extraction of Silver from Silver Sulphide Concentrates by Thiosulphate Leaching", *Minerals Engineering*, **18**, 898-900.
- A.T. Nair., M.M. Ahammed., 2017, "Influence of sludge characteristics on coagulant recovery from water treatment sludge: a preliminary study. J. Mater", *Cycles Waste Manag*, **19**(3), 1228–1234.
- Bermejo-Barrera, P., Muñiz-Naveiro, O., Moreda-Piñeiro, A., dan Bermejo-Barrera, A., 2000, "Experimental designs in the optimisation of ultrasonic bath–acid-leaching procedures for the determination of trace elements in human hair samples by atomic absorption spectrometry", *Forensic Science International*, **107**(1–3), 105–120.
- Bezerra, M., Santelli, R., Oliveira, E., Villar, L., dan Escalera, L., 2008, "Response Surface Methodology (RSM) as a Tool for Optimization in Analytical Chemistry", *Talanta*, **76**, 965–77.
- Buhl, J.C., Gesing, T.M., Kerkamm, I., and Gurriss, C., 2003, "Synthesis and crystal structure of cyanate sodalite $[\text{Na}_8(\text{OCN})_2][\text{Al}_6\text{Si}_6\text{O}_{24}]$ ", *Microporous Mesoporous Mater*, **65**(2-3), 145– 153.
- Buhl, J.C., Gesing, T.M., and Rüscher, C.H., 2005, "Synthesis, crystal structure and thermal stability of tetrahydroborate sodalite $\text{Na}_8[\text{AlSiO}_4]_6(\text{BH}_4)_2$ ", *Microporous Mesoporous Mater*, **80**(1-3), 57–63.
- Chen, Y.-J., Wang, W.-M., Wei, M.-J., Chen, J.-L., He, J.-L., Chiang, K.-Y., dan Wu, C.-C., 2012, "Effects of Al-coagulant sludge characteristics on the efficiency of coagulants recovery by acidification", *Environmental Technology*, **33**(22), 2525–2530.

- Exley, C., 2009, "Darwin, natural selection and the biological essentiality of aluminium and silicon", *Trends in Biochemical Sciences*, **34**(12), 589–593.
- Fernández-Jiménez, A., Palomo, A., dan Criado, M., 2005, "Microstructure development of alkali-activated fly ash cement: A descriptive model", *Cement and Concrete Research*, **35**, 1204–1209.
- Huang, Y.-T., Lowe, D. J., Churchman, G. J., Schipper, L. A., Rawlence, N. J., dan Cooper, A., 2014, "Carbon Storage and DNA Adsorption in Allophanic Soils and Paleosols", *Soil Carbon Springer International Publishing, Cham.*, 163-172
- Ishikawa, S., Ueda, N., Okumura, Y., Iida, Y., dan Baba, K., 2007, "Recovery of coagulant from water supply plant sludge and its effect on clarification", *Journal of Material Cycles and Waste Management*, **9**(2), 167–172.
- Jamaludin, A., dan Adiantoro, D., 2012, "Analisis Kerusakan X-Ray Fluorescence (XRF)", **9**, 10.
- Julbe, A., Motuzas, J., Cazevielle, F., Volle, G., and Guizard, C., 2003, "Synthesis of sodalite/ α -Al₂O₃ composite membranes by microwave heating", *Sep. Purif. Technol.*, **32**(1-3), 139–149.
- Jung, K.-W., dan Ahn, K.-H., 2016, "Dual purpose recovered coagulant from drinking water treatment residuals for adjustment of initial pH and coagulation aid in electrocoagulation process", *Environmental Technology*, **37**(13), 1605–1617.
- Karyasa, I. W., 2014, "Studi X-Ray Fluorescence Dan X-Ray Diffraction Terhadap Bidang Belah Batu Pipih Asal Tejakula", *JST (Jurnal Sains dan Teknologi)*, **2**(2).
- Kyncl, M., 2008, "Opportunities For Water Treatment Sludge Re-Use", *GeoScience Engineering*, 12.
- Li, J. P., Gan, J. H., dan Chen, Y. M., 2011, "Acid Leaching Aluminum from Boiler Slag - Effect of Fluoride Additives on the Aluminum Dissolution", *Applied Mechanics and Materials*, **71–78**, 688–693.

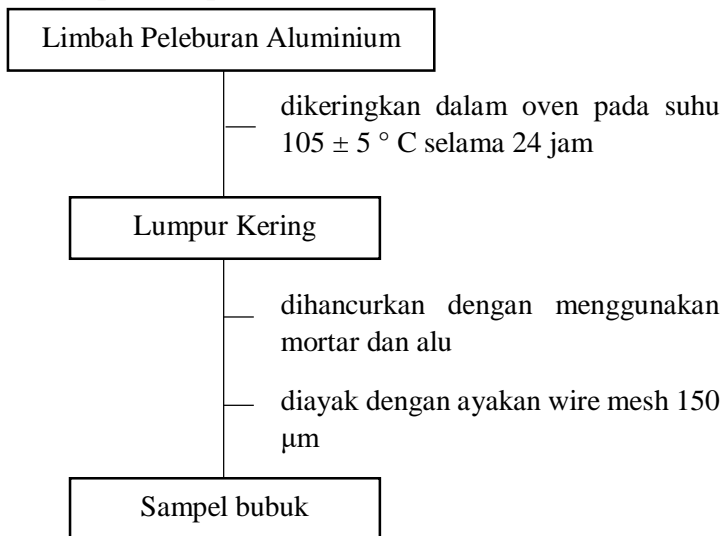
- Liyana-Pathirana, C., dan Shahidi, F., 2005, "Antioxidant Activity of Commercial Soft and Hard Wheat (*Triticum aestivum* L.) as Affected by Gastric pH Conditions", *Journal of agricultural and food chemistry*, **53**, 2433–40.
- Luo, J., Zhang, H., dan Yang, J., 2016, "Hydrothermal Synthesis of Sodalite on Alkali-Activated Coal Fly Ash for Removal of Lead Ions", *Procedia Environmental Sciences*, **31**, 605–614.
- Myers, M. D., Ryazantsev, S., Hicke, L., dan Payne, G. S., 2016, "Calmodulin Promotes N-BAR Domain-Mediated Membrane Constriction and Endocytosis", *Developmental Cell*, **37**(2), 162–173.
- Nair, A., dan Ahammed, M., 2016, "Influence of sludge characteristics on coagulant recovery from water treatment sludge: a preliminary study", *Journal of Material Cycles and Waste Management*.
- Nair, A. T., dan Ahammed, M. M., 2017, "Influence of sludge characteristics on coagulant recovery from water treatment sludge: a preliminary study", *Journal of Material Cycles and Waste Management*, **19**(3), 1228–1234.
- Nair, S., Traini, M., Dawes, I. W., dan Perrone, G. G., 2014, "Genome-wide analysis of *Saccharomyces cerevisiae* identifies cellular processes affecting intracellular aggregation of Alzheimer's amyloid- β 42: importance of lipid homeostasis", *Molecular Biology of the Cell*, **25**(15), 2235–2249.
- Ocanto, F., Álvarez, R., Urbina, C., Lieb, A., and Linares, C., 2008, "Influence of the alkalinity and NO₃⁻/Cl⁻ anionic composition on the synthesis of the cancrinite-sodalite system", *Microporous Mesoporous Mater*, **116** (1-3), 318–322.
- Ogura, M., Morozumi, K., Elangovan, S.P., Tanada, H., Ando, H., and Okubo, T., 2008, "Potassium-doped sodalite: A tectoaluminosilicate for the catalytic material towards

- continuous combustion of carbonaceous matters", *Appl. Catal., B*, **77**(3-4), 294–299.
- Ooi, T. Y., Yong, E. L., Din, M. F. M., Rezanian, S., Aminudin, E., Chelliapan, S., Abdul Rahman, A., dan Park, J., 2018, "Optimization of aluminium recovery from water treatment sludge using Response Surface Methodology", *Journal of Environmental Management*, **228**, 13–19.
- Pecsok, R. L., dan Shields, L. D., 1968, *Modern Methods of Chemical Analysis*, Wiley.
- Richardson, J. F., Harker, J. H., dan Backhurst, J. R., 2002, "Particle Technology and Separation", *Chemical Engineering*, **2**, 1–836.
- Sari, M. E. F., Suprpto, S., dan Prasetyoko, D., 2018, "Direct Synthesis of Sodalite from Kaolin: The Influence of Alkalinity", *Indonesian Journal of Chemistry*, **18**(4), 607.
- Selvianata, V., Zaharah, T. A., dan Rahmalia, W., 2019, "Sintesis Zeolit Sodalit Dari Lumpur Pdam Untuk Menurunkan Konsentrasi Besi Terlarut", **6**.
- Shemi, A., Ndlovu, S., Sibanda, V., dan van Dyk, L. D., 2014, "Extraction of aluminium from coal fly ash: Identification and optimization of influential factors using statistical design of experiments", *International Journal of Mineral Processing*, **127**, 10–15.
- Sumanti, I., 2008, "Preparasi Dan Karakterisasi Zeolit Sebagai Adsorben Pengurangan Sulfur Dalam Minyak Solar", **112**.
- Teixeira, S. R., Santos, G. T. A., Souza, A. E., Alessio, P., Souza, S. A., dan Souza, N. R., 2011, "The effect of incorporation of a Brazilian water treatment plant sludge on the properties of ceramic materials", *Applied Clay Science*, **53**(4), 561–565.
- Widayanti, S., 2018, "Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Mataram", **15**.
- Xu, G. R., Yan, Z. C., Wang, Y. C., dan Wang, N., 2009, "Recycle of Alum recovered from water treatment sludge in chemically enhanced primary treatment", *Journal of Hazardous Materials*, **161**(2–3), 663–669.

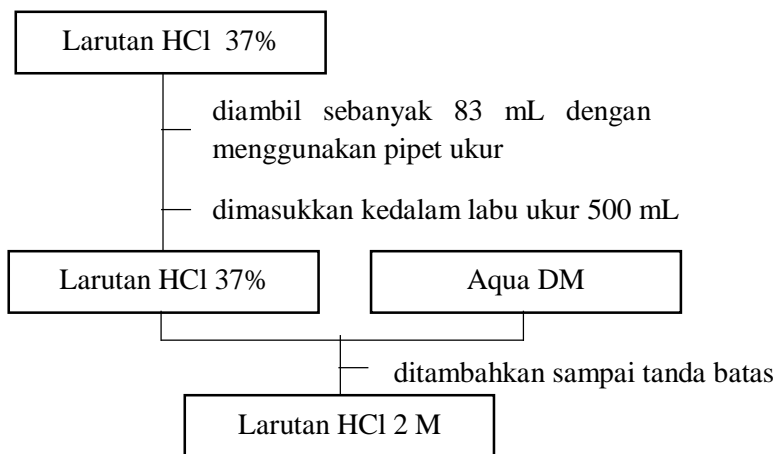
LAMPIRAN

A. Optimasi perolehan kembali residu aluminium

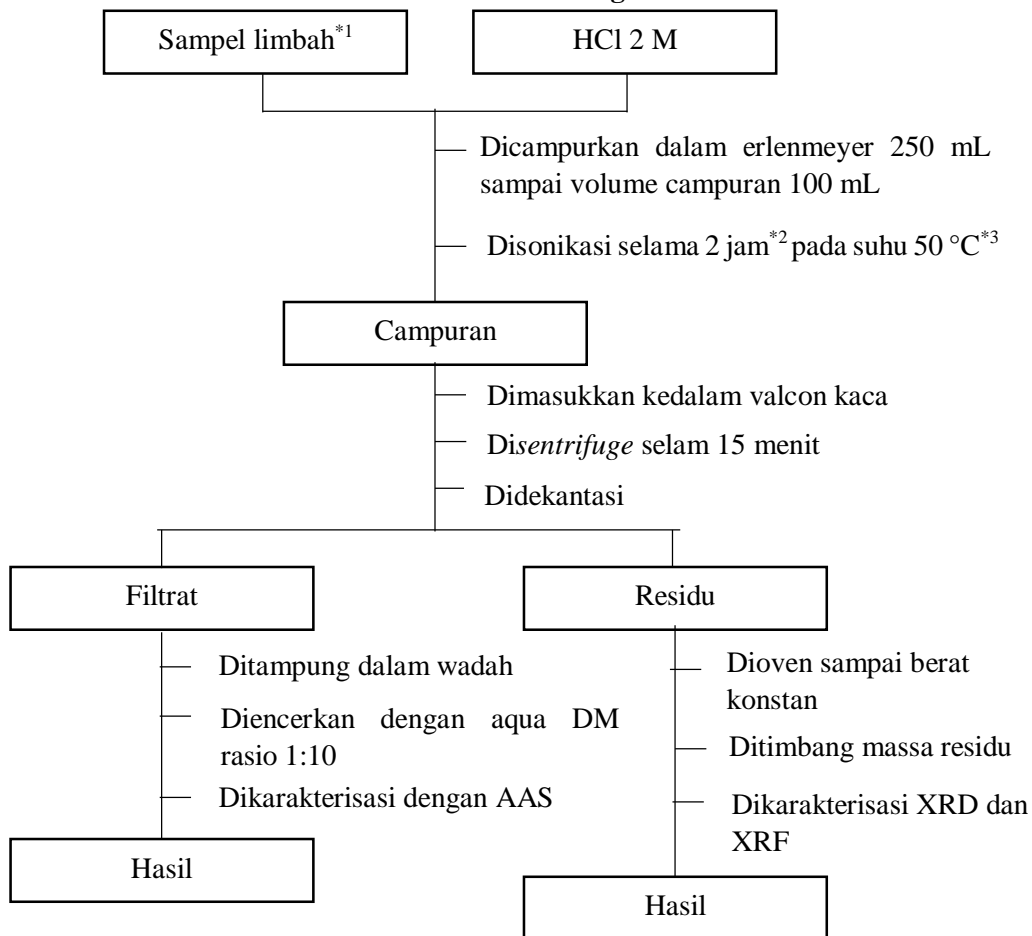
A1. Penyiapan Sampel



A2. Pembuatan Larutan Asam Klorida 2 M



A3. Pelindian Limbah Aluminium dengan larutan asam



*¹variasi massa sampel : 1.5, 2 , 2.5 gram

*²variasi waktu sonikasi : 2, 4, 6 jam

*³variasi suhu sonikasi : 50, 60, 70

B. Tabel Hasil Pengujian ANOVA

B1. Hasil uji ANOVA pengaruh variable input terhadap kadar seng Terlarut

Dep. Variable :	%ZnO	R-squared :	0,871			
Model :	OLS	Adj. R squared :	0,721			
Method :	Least Squares	F-statistic :	5,804			
Date :	Thu, 08 Aug 2019	Prob (F-statistic):	0,024			
Time :	14 : 54 : 23	Log-Likelihood :	-41,250			
No. Observation	14	AIC :	98,50			
Df Residuals :	6	BIC :	103,6			
Df Model :	7					
Covariance Type :	nonrobust					
	coef	std err	t	P> t	[0.025	0.975]
Conct	1,2808	1,019	1,257	0,255	-1,212	3,773
x1	-3,3207	2,625	-1,265	0,253	-9,744	3,103
x2	4,5648	1,116	4,091	0,006	1,835	7,295
x3	-17,3584	15,520	-1,118	0,306	-55,335	20,618
x4	-8,2485	7,360	-1,121	0,305	-26,257	9,760
x5	0,5161	0,498	1,037	0,340	-0,701	1,734
x6	-4,0217	2,488	-1,616	0,157	-10,109	2,066
x7	-0,0554	0,017	-3,237	0,018	-0,097	-0,014
x8	0,0086	0,124	0,069	0,947	-0,296	0,313
x9	3,1616	1,326	2,383	0,055	-0,084	6,407
Omnibus :	3,338	Durbin-Watson :	2,204			
Prob(Omnibus):	0,188	Jarque-Bera (JB) :	1,439			
Skew :	-0,410	Prob (JB)	0,487			
Kurtosis	1,660	Cond. No.	1,03e+36			

B2. Hasil uji ANOVA pengaruh variable input terhadap kadar Aluminium terlarut

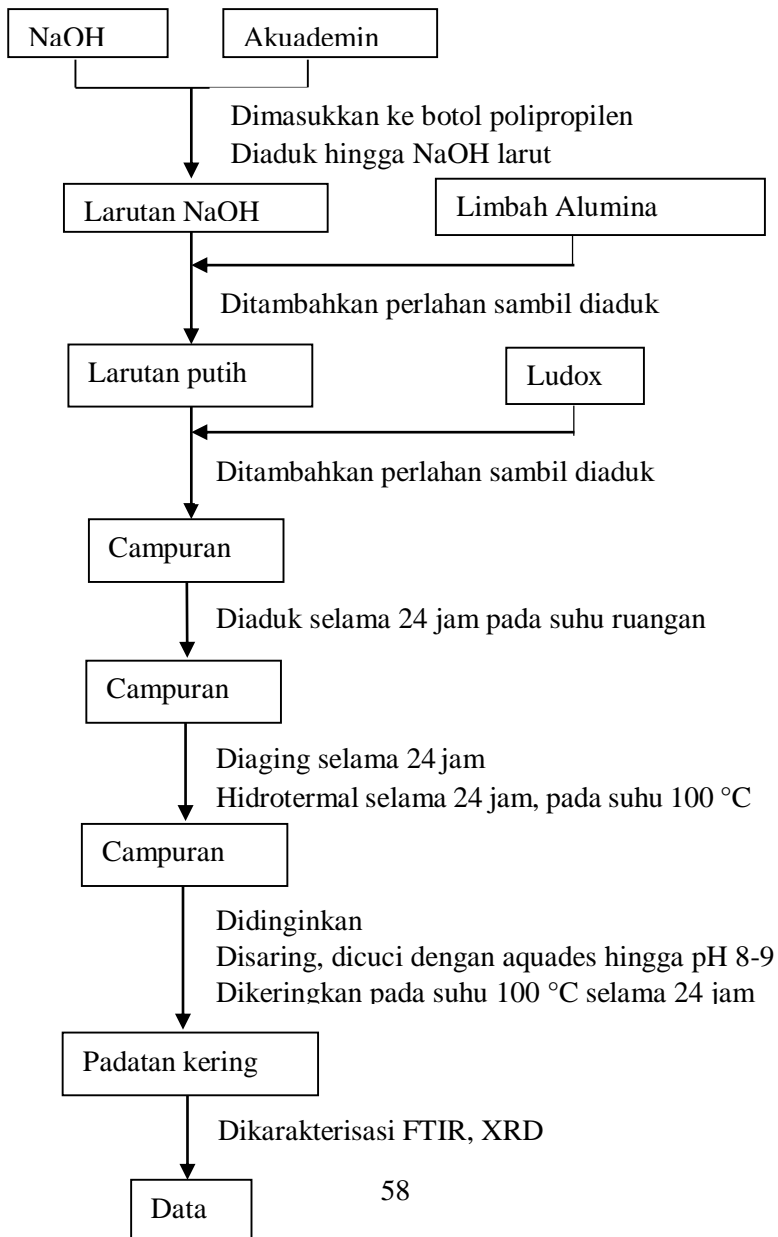
Dep. Variable :	%Al ₂ O ₃	R-squared :	0,752			
Model :	OLS	Adj.R-squared	0,463			
Method :	Least Squares	F-statistic :	2,601			
Date :	Wed, 07 Aug 2019	Prob (F-statistic):	0,132			
Time	16 : 01 : 03	Log-Likelihood :	-8,0011			
No. Observation	14	AIC :	32,00			
Df Residuals :	6	BIC :	37,11			
Df Model :	7					
Covariance Type :	nonrobust					
	coef	std err	t	P> t	[0.025	0.975]
Conct	0,0450	0,095	0,475	0,652	-0,187	0,277
x1	-0,2127	0,244	-0,871	0,417	-0,810	0,385
x2	0,2048	0,104	1,973	0,096	-0,049	0,459
x3	-0,5730	1,444	-0,397	0,705	-4,106	2,959
x4	-0,6873	0,685	-1,004	0,354	-2,362	0,988
x5	0,0450	0,046	0,971	0,369	-0,068	0,158
x6	-0,2220	0,231	-0,959	0,375	-0,788	0,344
x7	-0,0028	0,002	-1,749	0,131	-0,007	0,001
x8	-0,0075	0,012	-0,646	0,542	-0,036	0,021
x9	0,1875	0,123	1,520	0,179	-1,114	0,489
Omnibus :	9,698	Durbin-Watson :	2,489			
Prob(Omnibus):	0,008	Jarque-Bera (JB) :	1,757			
Skew :	-0,005	Prob (JB)	0,415			
Kurtosis	1,265	Cond. No.	1,03e+36			

B3. Hasil uji ANOVA pengaruh variable input terhadap kadar Padatan terlarut

Dep. Variable :	%Dissolved	R-squared :	0,752			
Model :	OLS	Adj. R-squared :	0,463			
Method :	Least Square	F-statistic :	2,601			
Date :	Wed, 14 Aug 2019	Prob (F- statistic):	0,132			
Time	10 : 13 : 18	Log-Likelihood :	-28,838			
No. Observation	14	AIC :	73,68			
Df Residuals :	6	BIC :	78,79			
Df Model :	7					
Covariance Type :	nonrobust					
	coef	std err	T	P> t	[0.025	0.975]
Conct	0,0360	0,420	0,086	0,934	-0,991	1,063
x1	-0,0810	1,082	-0,075	0,943	-2,728	2,566
x2	0,6841	0,460	1,488	0,187	-0,441	1,809
x3	-0,1726	6,395	-0,027	0,979	-15,821	15,475
x4	-0,3491	3,032	-0,115	0,912	-7,769	7,071
x5	-0,1352	0,205	-0,660	0,534	-0,637	0,366
x6	1,4763	1,025	1,440	0,200	-1,032	3,985
x7	0,0009	0,007	0,132	0,900	-0,016	0,018
x8	-0,0457	0,051	-0,891	0,407	-0,171	0,080
x9	-0,0508	0,547	-0,093	0,929	-1,388	1,287
Omnibus :			0,143	Durbin-Watson :		1,938

C. Prosedur Sintesis Sodalit

C1. Sintesis Sodalit

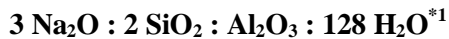


C2. Perhitungan Sintesis Sodalit

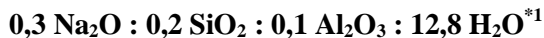
Bahan-bahan yang digunakan untuk sintesis sodalit antara lain:

1. Limbah Alumina
Terdiri dari : SiO_2 : 9,6%
 Al_2O_3 : 64,7%
2. Aquades (H_2O), Mr = 18 gram/mol
3. NaOH pellet, Mr = 40 gram/mol
4. Ludox

Perbandingan komposisi molar sodalit:



Perhitungan untuk 1/10 resep yang dibutuhkan pada masing-masing bahan:



1.1 Limbah Alumina :

$$\text{Massa Al}_2\text{O}_3 = 0,1 \text{ mol} \times 102 \text{ g/mol} = 10,2 \text{ g}$$

- % Al_2O_3 pada limbah adalah 64,7%

$$\text{Massa yang diperlukan} = 100/64,7 \times 10,2 \text{ g} = 15,76 \text{ g}$$

$$\text{Massa SiO}_2 = 0,2 \text{ mol} \times 60 \text{ g/mol} = 12 \text{ g}$$

- % SiO_2 dalam limbah adalah 9,6%

$$\text{Massa SiO}_2 = 9,6/100 \times 15,76 \text{ g} = 1,51 \text{ g}$$

1.2 Ludox:

$$\% \text{SiO}_2 = 30\%$$

$$\% \text{H}_2\text{O} = 70\%$$

Ludox = 30% SiO₂

Massa SiO₂ tambahan (ludox) = 12 g - 1,51 g = 10,48 g

Massa Ludox = $100/30 \times 10,487 \text{ g} = 34,95 \text{ g}$

○ **Ludox = 70% H₂O**

Massa H₂O = 12,8 mol x 18 g/mol = 230,40 g

Massa H₂O dalam ludox = $70/100 \times 34,95 \text{ g} = 24,47 \text{ g}$

Massa H₂O tambahan = 230,40 g - 24,46 g = 205,93 g =

205,93 mL

1.3 Na₂O (Sodium oksida)

Massa Na₂O = 0,3 mol x 2 x 40 g/mol = 24 g

Pada penelitian ini digunakan 1:100 resep.

Perhitungan dengan 1:100 resep

1. **Massa Al₂O₃** = 15,76 g/10 = 1,576 g

2. **Massa Ludox** = 34,95 g/10 = 3,4956 g

3. **Massa H₂O** = 205,93 g/10 = 20,59 g = 20,59 mL

4. **Massa Na₂O** = 24 g/10 = 2,4 g

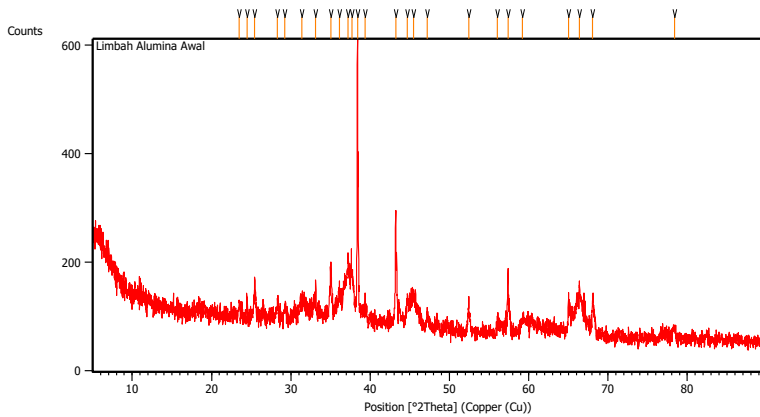
D. Data Karakterisasi

D1. Data XRF limbah awal padat aluminium

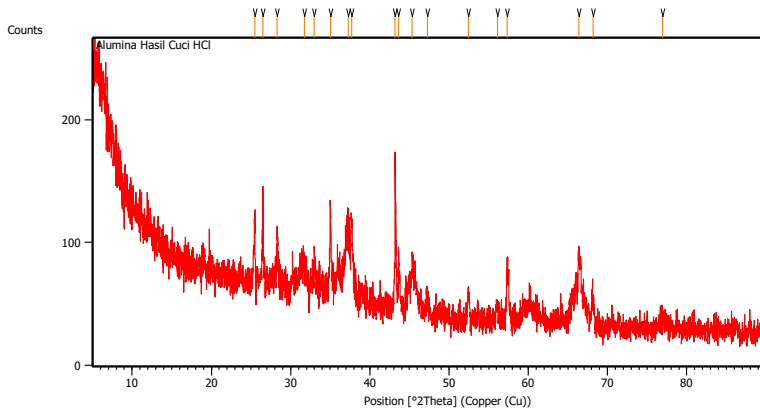
Unsur	Komposisi (%)	
	Limbah awal	Limbah setelah pelindian
Al	45	52,9
Si	2	7,9
P	0,66	2,2
K	0,93	0,2
Ca	6,07	3,99
Ti	10,2	11,3
V	0,097	0,15
Cr	0,099	0,21
Mn	0,52	0,35
Fe	8,63	4,12
Ni	0,079	0,068
Cu	0,97	0,737
Zn	21,8	15,4
As	0,1	0,03
Br	0,089	0,26
Sr	1,05	0,28
Zr	0,02	52,9
Pb	2,1	7,9

D2. Hasil XRD

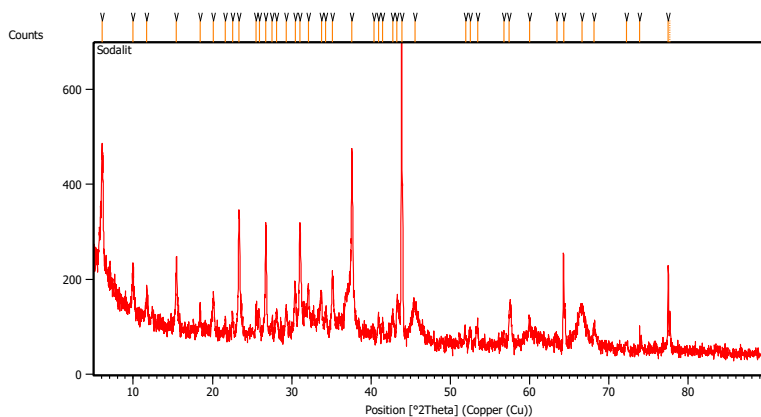
D2.1 Limbah Awal



D2.2 Limbah setelah pelindian

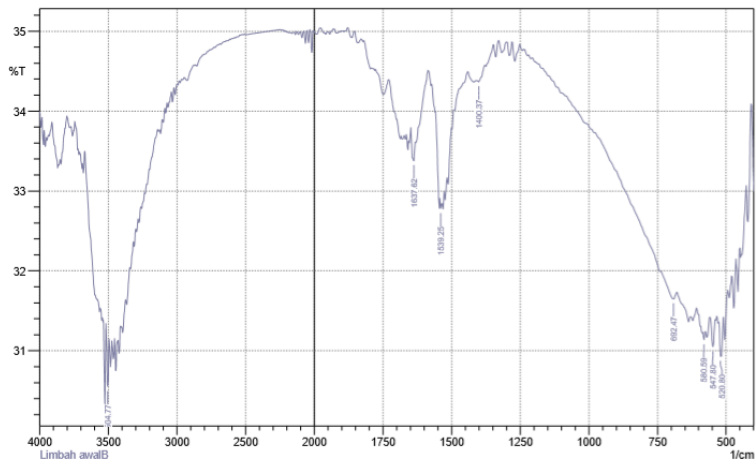


D2.3. Sodalit



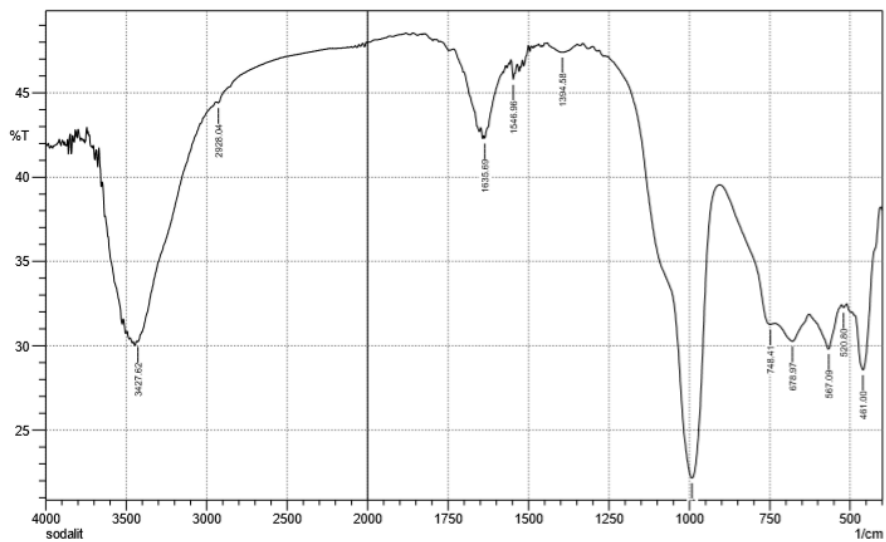
D3. Data FTIR

D3.1 Limbah Awal



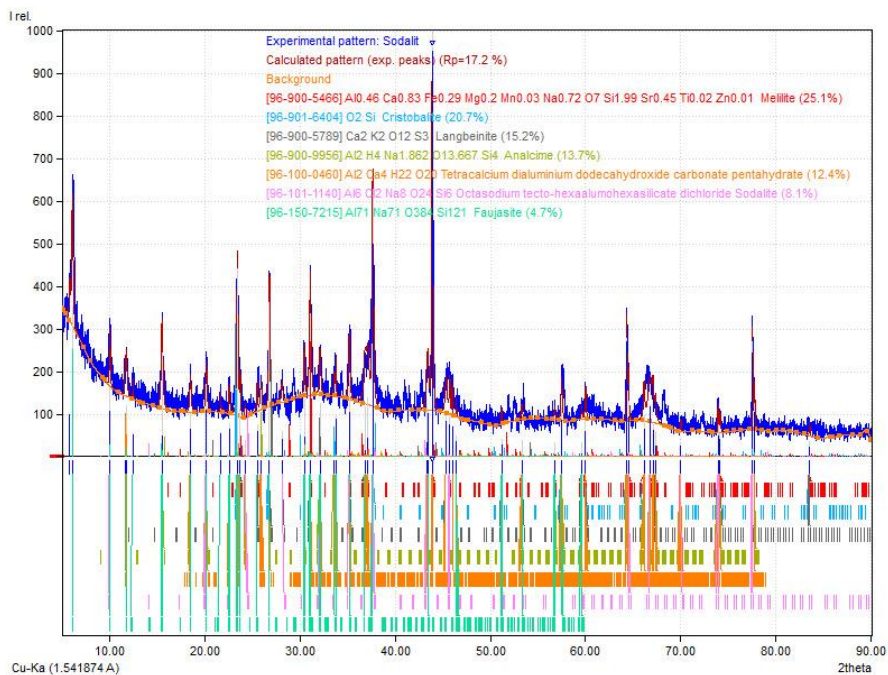
Peak	Intensity	Corr. Intensity	Base (H)	Base (L)	Area	Corr. Area
1	520.8	30.929	0.457	526.58	509.22	8.798
2	547.8	31.047	0.356	559.38	538.16	10.72
3	580.59	31.134	0.106	584.45	576.74	3.904
4	692.47	31.648	0.164	1114.89	678.97	209.353
5	1400.37	34.368	0.036	1408.08	1392.65	7.154
6	1539.25	32.78	0.099	1543.1	1535.39	3.732
7	1637.62	33.379	0.298	1649.19	1631.83	8.244
8	3504.77	30.552	0.688	3516.35	3495.13	10.835

D3.2 Sodalit



	Peak	Intensity	Corr. Intensity	Base (H)	Base (L)	Area	Corr. Area
1	461	28.569	5.14	484.15	406.99	37.899	2.652
2	520.8	32.259	0.196	526.58	511.15	7.561	0.021
3	567.09	29.804	2.399	626.89	528.51	49.941	1.457
4	678.97	30.26	1.347	732.97	628.81	53.088	0.976
5	748.41	31.272	0.708	904.64	734.9	76.337	0.315
6	991.44	22.167	19.205	1261.49	906.57	158.504	29.146
7	1394.58	47.391	0.517	1440.87	1348.29	29.855	0.265
8	1546.96	45.775	1.086	1554.68	1535.39	6.447	0.093
9	1635.69	42.309	0.393	1639.55	1579.75	21.102	-0.037
10	2928.04	44.408	0.104	2941.54	2233.64	234.465	-4.18
11	3427.62	30.246	0.169	3431.48	3041.84	169.637	0.173

E. Hasil dari Software Match Sodalit



“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BIODATA PENULIS



Penulis bernama Kiki Cahayati Hidayatulloh, dilahirkan di Jombang, 29 Desember 1996 dan merupakan anak kedua dari dua bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal di SDN Sidomulyo Megaluh, SMPN 2 Megaluh, dan SMAN 3 Jombang. Penulis diterima di Departemen Kimia FS Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya pada tahun 2016 yang terdaftar dengan

NRP 01211640000033. Selama menempuh pendidikan sebagai mahasiswa, penulis aktif mengikuti pelatihan, organisasi, dan kepanitiaan. Pelatihan pengembangan diri yang pernah diikuti oleh penulis di antaranya ialah LKMM PRA TD FMIPA ITS 2016, PKTI HIMKA ITS, Pelatihan ISO 14001:2015, ISO 45001:2018, ISO 9001:2015, Program Studi Islam 1 JMMI ITS. Selain pelatihan, penulis juga aktif diberbagai organisasi di antaranya sebagai Mid Leader Jaringan JMMI ITS 2018/2019, Sekretaris BSO Big Event UKM Cinta Rebana ITS 2018/2019, Staff Ahli Departemen Riset Teknologi dan Keprofesian HIMKA ITS 2019. Penulis juga aktif mengikuti acara kepanitiaan *Chemistry Week* dan Festival Sholawat se-Jatim UKM Rebana ITS. Penulis pernah melakukan kerja praktik di Laboratorium IPAM PDAM Karangpilang, Sidoarjo. Di Departemen Kima ITS, penulis mengambil bidang Instrumentasi dan Sains Analitik dalam menyelesaikan skripsi jenjang S1 di bawah bimbingan Ibu Yatim Lailun Ni'mah, Ph.D dan Bapak Suprpto, Ph.D. Segala kritik dan saran bagi penulis atas naskah skripsi ini dapat disampaikan melalui kcahaya3@gmail.com.