

**PENGARUH pH DAN TEGANGAN LISTRIK
DALAM ELEKTROLISIS LIMBAH PADAT
BAJA (*SLAG EAF*) SEBAGAI UPAYA
MEREDUKSI KANDUNGAN LOGAM Fe PADA
LIMBAH PADAT INDUSTRI GALVANIS**

SKRIPSI

Diajukan untuk Memenuhi Sebagian Tugas dan Syarat
Guna Memperoleh Gelar Sarjana
dalam Ilmu Pendidikan Kimia



Oleh:

ABDUL AZIZ
NIM: 113711019

**FAKULTAS ILMU TARBIYAH DAN KEGURUAN
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI WALISONGO
SEMARANG
2015**

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini

Nama : Abdul Aziz
NIM : 113711019
Jurusan : Pendidikan Kimia

Menyatakan bahwa skripsi yang berjudul:

**PENGARUH pH DAN TEGANGAN LISTRIK DALAM
ELEKTROLISIS LIMBAH PADAT BAJA (*SLAG EAF*)
SEBAGAI UPAYA MEREDUKSI KANDUNGAN LOGAM Fe
PADA LIMBAH PADAT INDUSTRI GALVANIS**

Secara keseluruhan adalah hasil penelitian/karya saya sendiri, kecuali bagian tertentu yang dirujuk dari sumbernya

Semarang, 24 November 2015
Pembuat pernyataan,



Abdul Aziz
NIM: 113711019



KEMENTERIAN AGAMA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI WALISONGO
FAKULTAS ILMU TARBIYAH DAN KEGURUAN
Jl. Prof. Dr. Hamka (Kampus II) Ngaliyan (024) 7601295 Fax.
7615387 Semarang 50185

PENGESAHAN

Naskah skripsi dengan:

Judul : **PENGARUH pH DAN TEGANGAN LISTRIK DALAM ELEKTROLISIS LIMBAH PADAT BAJA (SLAG EAF) SEBAGAI UPAYA MEREDUKSI KANDUNGAN LOGAM Fe PADA LIMBAH PADAT INDUSTRI GALVANIS**

Nama : Abdul Aziz

NIM : 113711019

Fakultas : Fakultas Ilmu Tarbiyah dan Keguruan

Jurusan : Pendidikan Kimia

Telah diajukan dalam siding *munaqasyah* oleh Dewan Penguji Fakultas Ilmu Tarbiyah dan Keguruan UIN Walisongo dan dapat diterima sebagai salah satu syarat memperoleh gelar sarjana dalam Ilmu Pendidikan Kimia

Semarang, 30 November 2015

DEWAN PENGUJI

Ketua Sidang,

Sekretaris Sidang,


Nur Khoiri, M.Ag

NIP:19740418 2005011 002


Kusriyah, M.Si

NIP:19771110 2011012 005

Penguji I,

Penguji II


Atik Rahmawati, M.Si

NIP:19750516 2006042 002


R. Arizal Firmansyah, M.Si

NIP:19790819 2009121 001

Pembimbing I

Pembimbing II


Wirda Udaibah, M.Si

NIP: 19850104 2009122 003


Hj. Malikhatul Hidayah, S.T., M.Pd

NIP: 19830415 2009122 006



NOTA PEMBIMBING

Semarang, 24 November 2015

Kepada
Yth. Dekan Fakultas Ilmu Tarbiyah dan Keguruan
UIN Walisongo
di Semarang

Assalamu 'alaikum wr,wb.

Dengan ini diberitahukan bahwa saya telah melakukan bimbingan, arahan dan koreksi naskah skripsi dengan:

Judul : **PENGARUH pH DAN TEGANGAN LISTRIK
DALAM ELEKTROLISIS LIMBAH PADAT BAJA
(SLAG EAF) SEBAGAI UPAYA MEREDUKSI
KANDUNGAN LOGAM Fe PADA LIMBAH PADAT
INDUSTRI GALVANIS**

Nama : Abdul Aziz
NIM : 113711019
Jurusan : Pendidikan Kimia

Saya memandang bahwa naskah skripsi tersebut sudah dapat diajukan kepada Fakultas Ilmu Tarbiyah dan Keguruan UIN Walisongo untuk diajukan dalam sidang munaqasyah.

Wassalamu 'alaikum wr, wb.

Pembimbing I



Wirda Udaibah, M.Si
NIP: 19850104 2009122 003

NOTA PEMBIMBING

Semarang, 24 November 2015

Kepada
Yth. Dekan Fakultas Ilmu Tarbiyah dan Keguruan
UIN Walisongo
Di Semarang

Assalamu 'alaikum wr,wb.

Dengan ini diberitahukan bahwa saya telah melakukan bimbingan, arahan dan koreksi naskah skripsi dengan:

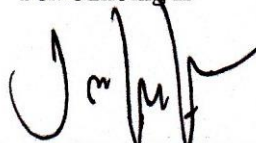
Judul : **PENGARUH pH DAN TEGANGAN LISTRIK
DALAM ELEKTROLISIS LIMBAH PADAT BAJA
(SLAG EAF) SEBAGAI UPAYA MEREDUKSI
KANDUNGAN LOGAM Fe PADA LIMBAH PADAT
INDUSTRI GALVANIS**

Nama : Abdul Aziz
NIM : 113711019
Jurusan : Pendidikan Kimia

Saya memandang bahwa naskah skripsi tersebut sudah dapat diajukan kepada Fakultas Ilmu Tarbiyah dan Keguruan UIN Walisongo untuk diajukan dalam sidang munaqasyah.

Wassalamu 'alaikum wr, wb.

Pembimbing II



Hj. Malikhatushidayah, S.T., M.Pd
NIP: 19830415 2009122 006

ABSTRAK

Judul : **PENGARUH pH DAN TEGANGAN LISTRIK
DALAM ELEKTROLISIS LIMBAH PADAT
BAJA (SLAG EAF) SEBAGAI UPAYA
MEREDUKSI KANDUNGAN LOGAM Fe PADA
LIMBAH PADAT INDUSTRI GALVANIS**

Penulis : Abdul Aziz
NIM : 113711019

Galvanisasi merupakan proses pelapisan logam yang banyak digunakan pada industri. Efek yang ditimbulkan dari proses pelapisan logam ini tidak sepenuhnya bermanfaat bagi masyarakat. Persoalan pencemaran yang dihasilkan oleh aktifitas pelapisan logam tersebut menjadi hal yang sangat penting. Tujuan penelitian ini adalah mengurangi kandungan logam Fe dari limbah padat baja menggunakan proses elektrolisis dengan variasi pH larutan elektrolit dan voltase.

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen dengan uji komposisi kandungan logam menggunakan *X-Ray Fluoresence*, dan reduksi logam Fe menggunakan proses elektrolisis. Kegiatan penelitian ini digunakan lempeng *stainless steel* sebagai katoda dan bongkahan limbah padat baja sebagai anoda. Variasi pH larutan elektrolit $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ yang digunakan selama proses elektrolisis yaitu pH 2, pH 2,5, pH 3, pH 3,5 dan pH 4. Variasi tegangan listrik yang digunakan adalah sebesar 3 volt, 6 volt, 9 volt dan 12 volt.

Hasil analisa kadar kemurnian logam Fe awal pada anoda adalah sebesar 84,48 %, sedangkan setelah dilakukan proses elektrolisis terjadi peningkatan kemurnian logam yang menempel pada katoda sebesar 96, 58 %. Hasil penelitian diketahui bahwa terdapat pengaruh variasi pH larutan elektrolit terhadap massa yang dihasilkan pada proses elektrolisis pada sampel A_1 , A_2 , A_3 , A_4 , dan A_5 berturut adalah sebesar 0,09, 0,07, 0,02, 0,02 dan 0,02 gr. Semakin besar nilai konsentrasi H^+ larutan elektrolit maka semakin bertambah massa yang dihasilkan. Pada variabel tegangan listrik pada sampel A_{11} , A_{21} dan A_{31} massa yang dihasilkan yaitu sebesar 0,14, 0,13 dan 0,10. Sedangkan pada sampel A_{41} tidak mengalami penambahan massa pada katoda yang dihasilkan selama proses elektrolisis. Semakin besar

tegangan yang digunakan dalam proses elektrolisis maka semakin besar pula massa yang dihasilkan.

Kata kunci: *Logam Fe, limbah padat baja, elektrolisis*

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT yang senantiasa memberikan berkah, rahmat dan nikmat-Nya sehingga skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik. Shalawat serta salam semoga tetap tercurahkan kepada baginda Nabi Agung Muhammad SAW yang menjadi tauladan bagi umat manusia sehingga dapat menghantarkan kita dari zaman jahiliyah menuju zaman Islamiyah.

Akhirnya penyusunan skripsi dengan judul **“Pengaruh pH Dan Tegangan Listrik Dalam Elektrolisis Limbah Padat Baja (*Slag Eaf*) Sebagai Upaya Mereduksi Kandungan Logam Fe Pada Limbah Padat Industri Galvanis”** untuk memenuhi tugas dan persyaratan memperoleh gelar Sarjana Pendidikan Kimia Fakultas Ilmu Tarbiyah dan Keguruan UIN Walisongo Semarang sudah ada dihadapan pembaca.

Dengan selesainya skripsi ini, penulis menyampaikan penghargaan dan terima kasih setulus-tulusnya diberikan kepada:

1. Dr. H. Raharjo, M. Ed. St, selaku dekan Fakultas Ilmu Tarbiyah dan Keguruan Universitas Islam Negeri Walisongo Semarang, yang telah memberikan ijin penelitian dalam penyusunan skripsi ini.
2. Arizal Firmansyah, S.Pd., M.Si selaku ketua jurusan Pendidikan Kimia yang memberikan arahan dalam penyusunan skripsi ini.
3. Wirda Udaibah, S.Si.,M.Si selaku pembimbing I dan sekaligus dosen wali yang senantiasa meluangkan waktu untuk

memberikan bimbingan, arahan serta semangat dalam penyusunan skripsi ini.

4. Hj. Malikhatul Hidayah, S.T., M.Pd selaku pembimbing II yang selalu membimbing dan memberikan arahan demi terselesaikannya skripsi ini.
5. Bapak Ibu dosen khususnya dosen jurusan pendidikan kimia dan kimia murni Fakultas Ilmu Tarbiyah dan Keguruan UIN Walisongo yang senantiasa memberikan layanan dan pengajaran sehingga proses pembelajaran selama perkuliahan berjalan lancar.
6. Anita Kurnia Z, S.Si, selaku laboran Laboratorium kimia UIN Walisongo Semarang yang memberikan bantuan dan kemudahan selama melakukan penelitian untuk penyusunan skripsi.
7. Kedua orang tua, Syakirin dan Siti Aminah serta keluarga besar yang telah memberikan bantuan baik moril maupun materiil dan memberikan doa sehingga penelitian ini dapat berjalan dengan lancar.
8. Teman-teman FORMIAT 2011 yang selalu memberikan motivasi, dorongan serta inspirasi dalam penyusunan skripsi ini.
9. Sedulur-sedulur KMJS yang memberikan dorongan semangat dan keceriannya.
10. Saudara-saudaraku HIMMAKI yang selalu memberikan suntikan semangat sehingga penyusunan skripsi ini dapat terselesaikan.
11. Semua pihak yang membantu dalam penulisan skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa penulisan skripsi ini jauh dari kata sempurna. Untuk itu, kritik dan saran yang membangun senantiasa

sangat diharapkan oleh penulis untuk perbaikan dimasa mendatang. Akhirul kata, semoga penulisan skripsi ini dapat bermanfaat bagi semua.

Amin amin yarobbal alamin

Semarang, 23 November 2015

Penulis,

Abdul Aziz
113711019

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
PERNYATAAN KEASLIAN	ii
PENGESAHAN	iii
NOTA PEMBIMBING	iv
ABSTRAK	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	x
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR	xiv
BAB I PENDAHULUAN	
A. Latar Belakang Masalah	1
B. Rumusan Masalah.....	5
C. Tujuan dan Manfaat Penelitian	6
BAB II LANDASAN TEORI	
A. Deskripsi Teori	8
1. Elektrolisis	8
2. Baja	15
3. Limbah Padat Baja	17
4. Logam Besi (Fe).....	22
5. Industri Galvanis	25
6. Spektroskopi <i>X-Ray Flouresence (XRF)</i>	26
B. Kajian Pustaka	27

BAB III METODE PENELITIAN

A. Jenis Penelitian	33
B. Waktu dan Tempat Penelitian	33
C. Populasi, Sampel, dan Sampling Penelitian	34
D. Variabel Penelitian	35
E. Teknik Pengumpulan Data	36
F. Prosedur Penelitian	38
1. Bahan dan Peralatan	38
2. Prosedur Kerja.....	38
a. Preparasi Sampel.....	38
b. Proses Elektrolisis.....	39
c. Penimbangan Spesimen	42
G. Teknik Analisa Data	42

BAB IV DESKRIPSI DAN ANALISA DATA

A. Deskripsi Data	43
1. Uji <i>X-Ray Flouresence</i> Awal	43
2. Proses Elektrolisis	45
3. Uji <i>X-Ray Flouresence</i> Akhir	51
B. Pembahasan	54
1. Uji <i>X-Ray Flouresence</i> Awal	54
2. Spesimen Hasil Proses Elektrolisis	55
3. Uji <i>X-Ray Flouresence</i> Akhir	64
C. Keterbatasan Masalah	65

BAB V PENUTUP

A. Simpulan.....	67
B. Saran	68

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN 1 : DIAGRAM ALIR PROSES

ELEKTROLISIS

LAMPIRAN 2 : DATA HASIL PROSES ELEKTROLISIS

LAMPIRAN 3 : DATA *X-RAY FLOURESENCE*

LAMPIRAN 4 : FOTO PENELITIAN

LAMPIRAN 5 : SURAT IZIN RISET

RIWAYAT HIDUP

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Pengujian Komposisi Kimia	20
Tabel 2.2 Persyaratan Agregat Slag Baja	21
Tabel 4.1 Komposisi Kimia Limbah Padat Baja Sebelum Elektrolisis	44
Tabel 4.2 Keterangan Kode Sampel Elektroda	47
Tabel 4.3 Hasil Elektrolisis dengan Variasi pH Larutan	48
Tabel 4.4 Hasil Elektrolisis dengan Variasi Tegangan Listrik	50
Tabel 4.5 Komposisi Kimia Limbah Padat Baja Setelah Elektrolisis	53

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Catut Daya (<i>Power Supply</i>)	14
Gambar 2.2	Limbah Padat Baja	18
Gambar 3.1	Rangkaian Proses Elektrolisis	40
Gambar 4.1	Bongkahan Limbah Padat Baja	44
Gambar 4.2	Rangkaian Proses Elektrolisis	46
Gambar 4.3	Grafik Hubungan pH Larutan Elektrolit dengan Massa	49
Gambar 4.4	Grafik Hubungan Tegangan Listrik dengan Massa	51
Gambar 4.5	Hasil Padatan Proses Elektrolisis	52
Gambar 4.6	Endapan Logam Proses Elektrolisis	58
Gambar 4.7	Kondisi Operasi Elektrolisis pada pH Tinggi	59

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang Masalah

Proses pelapisan logam atau galvanisasi yang dilakukan oleh industri baja dan logam, ternyata tidak sepenuhnya menimbulkan manfaat positif bagi manusia dan lingkungan. Dampak buruk yang ditimbulkan dari proses galvanis oleh pabrik baja diantaranya terbentuk limbah yang berupa gas, cair dan padat. Limbah inilah yang menjadi masalah baru bagi lingkungan, yaitu rusaknya udara, air dan tanah jika limbah tersebut terdapat dalam kadar yang tinggi pada saat dibuang ke lingkungan dan dilakukan dalam jangka waktu yang lama.¹ Pencemaran ini dapat terlihat jelas di Desa Jerakah Tugu Semarang. Desa ini berdekatan dengan pabrik baja PT. Inti General Jaya Steel yang telah lama beroperasi. Dalam kegiatan operasional pabrik ini telah menimbulkan limbah berupa limbah padat, cair, dan gas. Keberadaan pabrik baja tersebut di samping pemukiman warga dan juga jalan raya pantura Semarang-Kendal sangat mengganggu aktivitas di daerah sekitar pabrik khususnya di desa Jerakah. Limbah gas berupa asap pabrik yang menjadi polusi di udara, limbah cair yang mencemari perairan desa dan juga limbah padat

¹Ahmad Farid,Nur Wahid, Proses “*Elektrolisis Untuk Pengambilan Seng Dari Limbah Padat industri galvanis*”, (Semarang: UNDIP)

yang menimbulkan pencemaran dan permasalahan pencemaran terjadi di area tersebut.

Pencemaran limbah padat yang ditimbulkan berupa gunungan limbah padat yang berada dibelakang pabrik yang langsung berinteraksi ke lingkungan persawahan sekitar pabrik. Limbah padat baja merupakan salah satu limbah hasil sisa dari proses pembuatan baja. Limbah ini termasuk dalam kategori limbah B3 atau berbahaya. Menurut Peraturan Pemerintah No. 85 Tahun 1999 tentang Perubahan Atas Peraturan Pemerintah No. 18 Tahun 1999 Tentang Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya Dan Beracun menyatakan dengan tegas bahwa limbah hasil baja masih termasuk dalam limbah Bahan Berbahaya dan Beracun (B3). Amerika Serikat dan negara lainnya Jepang mengatakan bahwa limbah slag baja termasuk dalam limbah khusus dan bukan limbah B3. *Indonesian Iron and Steel Industri Association* (USIA) menyatakan limbah hasil baja merupakan residu prosesing baja hulu. Beberapa Negara lain menyatakan bahwa limbah tersebut tidak termasuk dalam kategori B3.² Jika limbah yang dihasilkan industri baja tidak dimanfaatkan kembali, maka jumlahnya akan semakin banyak dan terindikasi bahwa terdapat logam-logam berat yang mencemari air tanah warga khususnya ion Fe. Apabila ion Fe dikonsumsi secara berlebihan dalam dosis yang besar dapat merusak dinding usus. Rusaknya dinding usus dapat

² G. Gunawan, dkk., *Pemanfaatan Slag Baja Untuk Teknologi Jalan Yang Ramah Lingkungan*, (Bandung: Kementerian Pekerjaan Umum), hlm. 6.

menyebabkan kematian. Hal ini yang menjadi perhatian semua kalangan khususnya peneliti yang dituntut untuk dapat mengolah kembali limbah baja agar menjadi solusi permasalahan.³ Logam Fe atau besi adalah logam berwarna putih keperakan, dengan sifat lunak, mudah dibentuk dan tidak mudah patah. Di dalam air minum, ion Fe berupa ion Fe^{2+} dan ion Fe^{3+} biasanya menyebabkan kekeruhan dan pertumbuhan bakteri besi di dalam air.⁴

Solusi untuk mencegah terjadinya pencemaran ke lingkungan khususnya limbah padat baja yang dihasilkan dari proses kegiatan industri baja adalah dengan cara mengolah kembali atau mendaur ulang hasil samping berupa limbah tersebut, sehingga industri *elektroplating* bukan lagi industri yang hanya mengambil manfaat dan membuang sisa hasil produksi akan tetapi merupakan industri yang secara berkesinambungan mampu mengolah kembali hasil samping dari kegiatan industri tersebut.⁵ Oleh karena itu, teknologi inovatif yang handal dan ramah lingkungan perlu dikembangkan. Salah satunya yaitu dengan menggunakan metode elektrolisis.

³ Juli Soemirat Slamet, *Kesehatan Lingkungan*, (Yogyakarta: Gadjah Mada University Press, 2009) hlm. 114

⁴ Heryando Palar, *Pencemaran dan Toksikologi Logam Berat*, (Jakarta: Rineka Cipta, 2008), hlm. 55

⁵ Anton J. Hartomo, Tomojiro Kaneko, “*Mengenal Pelapisan Logam (Elektroplating)*”, (Yogyakarta: ANDI OFFSET), hlm. 131

Elektrolisis merupakan salah satu metode alternatif yang dapat digunakan untuk melakukan proses daur ulang limbah padat baja dalam bentuk *slag eaf*. Elektrolisis merupakan suatu proses yang menggunakan energi listrik agar reaksi kimia yang terjadi secara non spontan dapat berlangsung. Proses ini berlawanan dengan *elektrokimia* yang terjadi secara spontan, yang menghasilkan perubahan energi kimia menjadi energi listrik.⁶ Proses ini dilakukan dengan menggunakan anoda yang tidak aktif seperti karbon, *stainless steel*, timbal, titanium. Katoda yang digunakan pada proses elektrolisis merupakan tempat ion logam terlarut dan mengendap berupa bahan logam aluminium, besi dan dilakukan dalam media asam. Proses elektrolisis sudah banyak digunakan dalam proses pelapisan dan pemurnian logam.

Penelitian tentang proses elektrolisis untuk pengambilan logam pernah dilakukan oleh Ahmad Farid dan Nur Wahid dari Universitas Diponegoro Semarang. Penelitian ini bertujuan untuk mengurangi kadar Seng dari limbah padat industri galvanis. Hasil penelitian tersebut menunjukkan kadar awal seng yang terdapat pada limbah padat adalah 32%. Kadar seng setelah proses elektrolisis yang terambil dan menempel pada katoda adalah 46 %. Pada penelitian ini juga diketahui bahwa variabel yang paling berpengaruh berturut-turut adalah efek temperature, voltase, dan jarak anoda-katoda. Variabel yang lain seperti pH larutan elektrolit dan arus listrik juga berpengaruh terhadap proses

⁶Raymond Chang, *Kimia Dasar Jilid 2*,(Jakarta: Erlangga),hlm. 219

elektrolisis.⁷ Penggunaan metode elektrolisis ini merupakan suatu upaya untuk mengurangi pencemaran yang terjadi. Sebab dalam limbah hasil proses industri baja masih terdapat kandungan bahan berharga yang apabila didaur ulang akan memberikan manfaat baik bagi pengusaha dan juga lingkungan sekitar lokasi industri.⁸ Hal ini dapat menjadi solusi untuk mengatasi permasalahan pencemaran yang ditimbulkan dari aktivitas pabrik.

Berdasarkan latar belakang di atas, peneliti sangat tertarik dan melakukan penelitian dengan mengambil dua variabel penelitian yaitu pH larutan dan tegangan listrik elektrolit karena keterbatasan sumber daya (*power supply*) yang ada dan belum banyak penelitian yang menggunakan efek pH larutan elektrolisis sebagai pengaruh utama yang mempengaruhi proses elektrolisis dengan judul penelitian **“PENGARUH pH DAN TEGANGAN LISTRIK DALAM ELEKTROLISIS LIMBAH PADAT BAJA (*SLAG EAF*) SEBAGAI UPAYA MEREDUKSI KANDUNGAN LOGAM Fe PADA LIMBAH PADAT INDUSTRI GALVANIS”**.

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dipaparkan di atas, rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

⁷Ahmad Farid, Nur Wahid, Proses “*Elektrolisis Untuk Pengambilan Seng Dari Limbah Padat industri galvanis*”(Semarang: UNDIP)

⁸ Anton J. Hartomo, Tomojiro Kaneko, “*Mengenal Pelapisan Logam (Elektroplating)*”, (Yogyakarta: ANDI OFFSET), hlm. 129

1. Bagaimana proses elektrolisis diterapkan untuk mengurangi kandungan logam Fe dari limbah padat baja pada industri galvanis?
2. Bagaimana pengaruh pH larutan elektrolit terhadap massa hasil proses elektrolisis limbah padat baja pada industri galvanis?
3. Bagaimana pengaruh tegangan listrik terhadap massa hasil proses elektrolisis limbah padat baja pada industri galvanis?

C. Tujuan dan Manfaat Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk:

1. Mengetahui proses elektrolisis diterapkan untuk mengurangi kandungan logam Fe dari limbah padat baja pada industri galvanis.
2. Mengetahui pengaruh pH larutan elektrolit terhadap massa hasil proses elektrolisis limbah padat baja pada industri galvanis.
3. Mengetahui pengaruh tegangan listrik terhadap massa hasil proses elektrolisis limbah padat baja pada industri galvanis.

Secara garis besar penelitian ini akan memberikan manfaat yaitu:

1. Memberikan informasi bahwa metode elektrolisis dapat diterapkan untuk mengurangi kandungan logam Fe dari limbah padat baja pada industri galvanis.
2. Memberikan informasi tentang pengaruh pH larutan elektrolit pada massa hasil proses elektrolisis limbah padat baja pada industri galvanis.

3. Memberikan informasi pengaruh tegangan listrik terhadap massa hasil proses elektrolisis limbah padat baja pada industri galvanis.

BAB II

LANDASAN TEORI

A. Deskripsi Teori

1. Elektrolisis

Elektrolisis merupakan suatu proses kimia yang menggunakan energi listrik, agar reaksi kimia yang terjadi secara non spontan dapat berlangsung. Proses ini berlawanan dengan reaksi redoks yang terjadi secara spontan, yang menghasilkan perubahan energi kimia menjadi energi listrik.¹ Ada beberapa macam jenis penggunaan elektrolisis yang biasa digunakan, contohnya:

a. Elektrodeposisi

Elektrodeposisi merupakan teknik elektrolisis dengan cara pengendapan logam dipermukaan elektroda. Teknik ini biasa digunakan untuk pembuatan bahan nanoteknologi, electroplating, pencegah korosi, perhiasan dan asesoris mobil.

b. Elektroanalisis

Merupakan aplikasi elektrolisis untuk analisis, seperti polarografi, voltametri, potensiometri, *Linnier Sweep Voltammetry (LSV)*, *Cyclic Voltammetry (CV)*, *Differential Pulse Voltammetry (DPV)*, *Normal Pulse Voltammetry (NPV)*, *Differential Normal Pulse Voltammetry*

¹ Raymond Chang, *Kimia Dasar Jilid 2*, (Jakarta: Erlangga), hlm. 219

(DNPV), Square Wave Voltammetry (SWV), Anodic Stripping Voltammetry (ASV), Cathodic Stripping Voltammetry (CSV) dan Voltammetry stripping adsorptive (AdSV).

c. Elektrosintesis

Merupakan sintesis senyawa organik dan anorganik dengan cara elektrolisis. Teknik ini dapat mengatasi beberapa kelemahan sintesis dengan cara biasa. Beberapa senyawa organik dapat disintesis dengan cara elektrosintesis antara lain asam asetat, adiponitril, tetra alkil plumbun dan tetra fluoro-p-x-xylen, sedangkan sintesis senyawa anorganik antara lain Ti, Al, Na, MnO_2 dan Cl_2 .

d. Elektrodegradasi

Elektrodegradasi merupakan cara penguraian limbah organik dan anorganik dengan cara elektrolisis. Penguraian limbah dengan metode ini lebih efisien dan hemat energi. Hasil akhir dari penguraian limbah organik adalah air dan gas CO_2 , sedangkan limbah anorganik seperti logam-logam akan terendapkan di katoda. Logam yang sudah terendapkan di katoda dapat dipisahkan dengan melarutkan logam tersebut kedalam asam

kuat, kemudian dipisahkan menjadi logam murni melalui pengendapan.²

pada proses elektrolisis ada beberapa komponen yang terdapat di dalamnya yaitu: katoda, anoda, larutan elektrolit, dan sumber daya (*power supply*).

a. Katoda

Katoda merupakan elektroda negatif dalam larutan elektrolit dimana pada katoda ini terjadi penempelan ion-ion yang tereduksi dari anoda. Katoda bertindak sebagai logam yang akan dilapisi atau produk yang bersifat menerima ion. Katoda dihubungkan ke kutub negatif dari arus listrik. Katoda harus bersifat konduktor supaya proses elektrolisis dapat berlangsung dan logam pelapis menempel pada katoda.³

b. Anoda

Anoda merupakan elektroda yang mengalami reaksi oksidasi. elektroda ini adalah Kebalikan dari katoda, dari rangkaian elektrolisis karena bertindak sebagai kutub positif. Anoda berupa logam penghantar listrik, pada sel elektrokimia anoda

² Riyanto, *Elektrokimia dan Aplikasinya*, (Yogyakarta: Graha Ilmu, 2013), hlm. 1

³ Charles Manurung, *Pengaruh Kuat Arus Terhadap Ketebalan Lapisan dan Laju Korosi (MPY) Hasil Elektroplating Baja Karbon Rendah Dengan Pelapis Nikel*, (Medan)

akan terpolarisasi jika arus listrik mengalir ke dalamnya. Arus listrik mengalir berlawanan dengan arah pergerakan elektron.⁴

Peranan anoda pada proses elektrolisis sangat penting dalam menghasilkan kualitas lapisan. Pengaruh kemurnian/kebersihan anoda terhadap elektrolit dan penentuan optimalisasi ukuran serta bentuk anoda perlu diperhatikan. Dengan perhitungan yang cermat dalam menentukan anoda pada proses pelapisan dapat memberikan keuntungan yaitu meningkatkan distribusi endapan, mengurangi kontaminasi larutan, menurunkan biaya bahan kimia yang dipakai, meningkatkan efisiensi produksi dan mengurangi timbulnya masalah-masalah dalam proses elektrolisis.

c. Larutan Elektrolit

Elektrolit merupakan suatu zat yang larut atau terurai ke dalam bentuk ion-ionnya. Ion-ion merupakan atom-atom bermuatan elektrik. Elektrolit dapat berupa senyawa garam, asam, atau amfoter. Elektrolit kuat identik dengan asam, basa,

⁴ J. Bassett,dkk., *Buku Ajar Vogel: Kimia Analisis Kuantitatif Anorganik*, (Jakarta:EGC,1994), hlm. 606-607

dan garam.⁵Istilah-istilah elektrolit kuat dan elektrolit lemah diambil dari daya hantar listriknya. Elektrolit kuat mempunyai daya hantar listrik kuat karena mengandung jumlah ion yang lebih besar/banyak bila dibandingkan dengan elektrolit lemah.⁶Faktor yang Berpengaruh pada Elektrolisis adalah konsentrasi elektrolit, sirkulasi elektrolit, rapat arus, tegangan, jarak anoda-katoda, rasio dan bentuk anoda-katoda, temperatur, daya tembus (*throwing power*), aditif, kontaminasi.⁷

Larutan elektrolit dapat dibuat dari larutan asam, basa dan garam logam yang dapat membentuk muatan ion-ion negatif. Tiap jenis pelapisan, Larutan elektrolitnya berbeda-beda tergantung pada sifat-sifat elektrolit yang diinginkan. Larutan elektrolit selalu mengandung garam dari logam yang akan dilapisi. Garam-garam tersebut sebaiknya dipilih yang mudah larut, tetapi anionnya tidak mudah tereduksi. Meskipun

⁵ Riyanto, *Elektrokimia dan Aplikasinya*, (Yogyakarta: Graha Ilmu, 2013), hlm. 2

⁶ Charles Manurung, *Pengaruh Kuat Arus Terhadap Ketebalan Lapisan dan Laju Korosi (MPY) Hasil Elektroplating Baja Karbon Rendah Dengan Pelapis Nikel*, (Medan)

⁷ Ahmad Farid, Nur wahid, Proses “*Elektrolisis Untuk Pengambilan Seng Dari Limbah Padat industri galvanis*”(Semarang: UNDIP)

anion tidak ikut langsung dalam proses terbentuknya lapisan dalam proses terbentuknya lapisan, tetapi jika menempel pada permukaan katoda akan menimbulkan gangguan bagi terbentuknya mikrostruktur lapisan. Kemampuan dari ion logam ditentukan oleh konsentrasi dari garam logamnya, derajat disosiasi dan konsentrasi unsur-unsur lain yang ada dalam larutan.⁸

d. Sumber Daya (Power Supply)

Power supply atau sumber daya merupakan perangkat atau sistem yang memasok listrik atau sejumlah energi ke output beban atau kelompok beban. Seperangkat alat elektronika seharusnya dicatu atau disuplai arus searah DC (*direct current*) yang stabil agar bekerja dengan baik. Baterai adalah sumber catut daya yang baik. Namun untuk aplikasi yang membutuhkan catut daya yang lebih besar sumber dari baterai tidak cukup. Sumber catut daya yang besar adalah sumber bolak balik AC (Alternating Current) dari pembangkit tenaga

⁸ Muhammad Azhar Ahmad, “Analisa Pengaruh Besar Tegangan Listrik Terhadap Ketebalan Pelapisan Chrom Pada Pelat Baja Dengan Proses Elektroplating”, Tugas Akhir (Makassar: Universitas Hasanuddin), Hlm. 16-17

listrik. Untuk itu diperlukan suatu perangkat catut daya yang dapat mengubah arus AC menjadi DC.⁹ *Power supply* mengubah tegangan listrik 220 volt menjadi lebih rendah sesuai dengan yang diinginkan. Tegangan yang keluar dari travo masih dalam keadaan bolak-balik (AC), sehingga untuk merubah dari AC ke DC diperlukan *kuprok* sebagai penyearah dan kapasitor elektrolit dari tegangan *output*. Pada *Power Supply* juga dipasang sebuah instrument voltmeter yang dipasang secara paralel dan sebuah ampermeter yang dipasang secara seri.¹⁰



Gambar 2.1 Catut daya (*Power Supply*)
(sumber: dokumentasi pribadi, 2015)

⁹ Friedolin Hasian Tampubolon, *Perancangan Switching Power Supply Untuk mencatu Sistem Pensaklaran IGBT Pada Inverter*, (Depaok:Universitas Indonesia), hlm. 4.

¹⁰ I Gst. Ngr. Nitya Santhiarsa, *Pengaruh Kuat Arus Dan Waktu Proses Anodizing Dekoratif Pada Alumunium Terhadap Kecerahan Dan Ketebalan Lapisan*, (Vol.4, No.1, April/2010), hlm. 79.

2. Baja

Baja merupakan logam paduan besi (Fe) sebagai unsur dasar dan karbon (C) sebagai unsur paduan utamanya. Kandungan karbon dalam baja berkisar antara 0,2% hingga 2,1%. Fungsi karbon dalam baja adalah sebagai unsur penguat pada kisi Kristal atom besi. Baja karbon adalah baja yang mengandung karbon lebih kecil 1,7 %, sedangkan besi mempunyai kadar karbon lebih besar dari 1,7%. Baja mempunyai unsur-unsur lain sebagai penguat yang dapat mempengaruhi sifat baja. Penambahan unsur-unsur dalam baja karbon dengan satu unsur atau lebih, tergantung pada karakteristik baja karbon yang akan dibuat.

a. Klasifikasi Baja

Baja secara umum dapat dikelompokkan atas 2 jenis yaitu:

1) Baja Karbon

Baja karbon digolongkan menjadi tiga kelompok berdasarkan banyak karbon yang terkandung dalam baja yaitu:

a) Baja karbon rendah

Baja karbon rendah (*low carbon steel*) mengandung karbon antara 0,025%-0,25%. Setiap satu ton baja karbon rendah mengandung 10-30 kg karbon. Baja karbon ini dalam

perdagangan dibuat dalam plat baja., baja strip, dan baja batangan.

b) Baja karbon menengah

Baja karbon menengah (*medium carbon steel*) mengandung antara 0,25%-0,55% dan setiap satu ton baja karbon mengandung karbon antara 30-60 kg. baja karbon menengah ini banyak digunakan untuk keperluan alat-alat perkakas bagian mesin. Berdasarkan jumlah karbon yang terkandung dalam baja maka baja karbon ini dapat digunakan untuk berbagai keperluan seperti untuk keperluan industri kendaraan, roda gigi, pegas dan sebagainya.

c) Baja karbon tinggi

Baja karbon tinggi (*high carbon steel*) mengandung kadar karbon antara 0,56%-1,7% dan setiap satu ton baja karbon tinggi mengandung karbon antara 70-130 kg. baja ini mempunyai kekuatan paling tinggi dan banyak digunakan untuk material tools. Berdasarkan jumlah karbon yang terkandung di dalam baja maka baja karbon ini banyak digunakan dalam pembuatan pegas, alat-alat perkakas seperti: palu, gergaji atau pahat potong. Selain itu baja jenis ini banyak digunakan untuk keperluan

industri lain seperti pembuatan kikir, pisau cukur, mata gergaji dan lain sebagainya.

2) Baja paduan (*Alloy steel*)

a). baja paduan rendah

baja jenis ini merupakan baja dengan campuran bahan lain selain karbon sebanyak 8%. Baja ini terdiri atas 1,35%C; 0,35%Si; 0,5%Mn; 0,03%P; 0,03%S; 0,75%Cr; 4,5%W (Dalam hal ini $6,06\% < 8\%$)

b). Baja Paduan Tinggi

baja jenis ini merupakan baja dengan tambahan unsur selain karbon lebih dari atau sama dengan 8% (atau 4% menurut Smith dan Hashemi), misalnya : baja HSS (*High Speed Steel*) atau SKH 53 (JIS) atau M3-1 (AISI) mempunyai kandungan unsur : 1,25%C; 4,5%Cr; 6,2%Mo; 6,7%W; 3,3%V¹¹

3. Limbah Padat Baja

Limbah slag baja, merupakan limbah sisa dari proses peleburan bijih besi dan baja. Limbah ini dimasukkan dalam kategori limbah bahan berbahaya dan beracun (B3).

¹¹ Muhammad Azhar Ahmad, “Analisa Pengaruh Besar Tegangan Listrik Terhadap Ketebalan Pelapisan Chrom Pada Pelat Baja Dengan Proses Elektroplating”, Tugas Akhir (Makassar: Universitas Hasanuddin), Hlm. 6-8

Komposisi limbah slag biasanya berbahan pengikat kapur hidrasi. Bahan slag mempunyai sifat kimia yang berbeda dengan bahan standard. Kandungan oksida logam yang terdapat pada limbah slag baja sangat bervariasi. Dari hasil penelitian dalam upaya pemanfaatan limbah slag baja sebagai bahan baku pembuatan aspal jalan yang telah di paparkan oleh kementerian pekerjaan umum.



Gambar 2.2 limbah padat baja

(Sumber: Dokumentasi pribadi, 2015)

Slag baja dengan bahan pengikat kapur hidrasi sudah banyak digunakan di dalam proses peleburan bijih besi dan baja. Bahan slag mempunyai sifat kimia yang berbeda dengan bahan standar, maka persyaratan keawetan

menjadi penting. Persyaratan keawetan dari bahan slag dilihat dari besarnya kandungan CaO dan MgO dengan perhitungan perbandingan $\text{CaO} + 0,8 \text{ MgO} < 1,2 \text{ SiO}_2 + 0,4 \text{ Al}_2\text{O}_3 + 1,75 \text{ S}$ atau dengan perhitungan perbandingan $\text{CaO} < 0,9 \text{ SiO}_2 + 0,6 \text{ Al}_2\text{O}_3 + 1,75 \text{ S}$. Pelapukan juga dapat dihitung dari perbandingan SiO_2 terhadap jumlah $\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$ atau dengan perbandingan SiO_2 terhadap jumlah dari $\text{CaO} + \text{MgO}$. Untuk perhitungan ini pelapukan bahan slag adalah 0,786% sedangkan pada bahan standar pelapukan mencapai 1,12%. Di dalam persyaratan bahan slag kadar sulfur (S) tidak boleh melebihi 2% dan kadar sulfat terhadap SiO_2 tidak boleh lebih dari 0,75% karena sifat dari sulfur dan sulfat yang sangat korosif terhadap peralatan campuran beraspal. Untuk itu persyaratan pelapukan dari bahan slag dibatasi maksimum 4% berbeda dengan pelapukan pada bahan standar maksimum 12%.

a).komposisi kimia slag baja

hasil pengujian kimia didapatkan hasil komposisi slag sebagai berikut.

Tabel 2.1 pengujian komposisi kimia

Komposisi	Slag	Standar
SiO ₂	18,66 %	54,12 %
CaO	27,36 %	7,72 %
MgO	4,6 %	2,90 %
Al ₂ O ₃	10,4 %	21,14 %
Fe ₂ O ₃	13,35 %	3,96 %
pH	7	6,6

Sumber: ASA (2002) Australian Slag Association(2002)

b). sifat fisik slag baja

pengujian sifat fisik slag baja adalah sebagai berikut.

Tabel 2.2 Persyaratan agregat slag baja

Pengujian	Metode	Persyaratan
Berat jenis	SNI 03-1969-1990	3,5
Bulk		
SSD		
Aparent		
Penyerapan, %	SNI 03-1969-1990	maks 3
Keausan agregat dengan mesin Los Angeles, %	SNI 03-2417-1991	Maks 40
Kekekalan bentuk agregat terhadap larutan Natrium atau magnesium Sulfat, %	SNI 03-3470-1994	Maks 12
Kelekatan agregat terhadap aspal, %	SNI 03-2439-1991	Min 95
Nilai setara pasir, %	SNI 03-4428-1997	Halus maks 50
Material lolos #200, %	SNI 03-4142-1996	Maks 1

Seperti halnya pemeriksaan logam berat, sampel limbah slag diperiksa kandungan oksida logamnya. Pemeriksaan oksida logam pada awal penelitian dibutuhkan dalam penentuan bahan pencampur pembuatan produk campuran aspal, baik sebagai pengganti agregat halus dan agregat kasar.¹²

4. Logam Besi (Fe)

Logam besi (Fe) dalam sistem periodic Mendeleev terletak dalam golongan VII dan periode keempat menurut penomoran IUPAC. Besi telah dikenal sejak 4000 tahun sebelum Masehi dan sangat banyak digunakan untuk berbagai macam keperluan industri.¹³ Di alam besi banyak ditemukan dalam bentuk oksida dan karbonat, misalnya *hematite* (Fe_2O_3), *magnetit* (Fe_3O_4), *limonit* ($2\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$), *siderite* (FeCO_3), dan *pirit* (FeS_2). Besi lebih reaktif daripada kedua anggota yang lain yaitu Ru dan Os dalam golongannya. Misal bereaksi dengan asam non oksidator maupun asam oksidator. Ruthenium dan osmium tidak terpengaruh oleh asam non-oksidator tetapi umumnya reaktif terhadap agen-agen pengoksidasi, misal

¹² G. Gunawan, dkk., *Pemanfaatan Slag Baja Untuk Teknologi Jalan Yang Ramah Lingkungan*, (Bandung: Kementerian Pekerjaan Umum), hlm. 8-10.

¹³ Kristian H. Sugiarto dan Retno D. Suyanti, *Kimia Anorganik logam*, (Yogyakarta: Graha Ilmu, 201), hlm. 278

dengan asam nitrat pekat diperoleh OsO_4 . Kedua logam ini larut dalam lelehan alkali dengan adanya udara. Tingkat oksidasi yang paling umum bagi besi yaitu +2 dan +3. Tingkat oksidasi tertinggi besi yaitu +6 dalam $[\text{FeO}_4]^{2-}$, namun senyawa ini sangat mudah tereduksi. Sebaliknya unsur Ru dan Os dikenal dengan tingkat oksidasi +8 dimana Os(VII) lebih stabil daripada Ru(VII).

a. Besi (II)

Besi (II) Secara umum terdapat dalam air tanah berkisar antara 1,0-10 mg/L, namun tingkat kandungan besi dengan kadar 50 mg/L dapat juga ditemukan dalam air tanah ditempat-tempat tertentu sebagai ion berhidrat yang dapat larut. Fe^{2+} memiliki bilangan oksidasi rendah karena air tanah tidak berhubungan dengan oksigen dari atmosfer, sehingga konsumsi oksigen bahan organik dalam media mikroorganisme menghasilkan keadaan reduksi dalam air tanah. Oleh karena itu, besi dengan bilangan oksidasi rendah, yaitu Fe(II) umum ditemukan dalam air tanah dibandingkan Fe(III).

. Air tanah yang mengandung Fe(II) mempunyai sifat unik. Dalam kondisi tidak ada oksigen air tanah yang mengandung Fe(II) jernih, begitu mengalami oksidasi oleh oksigen yang

berasal dari atmosfer ion ferro akan berubah menjadi ion ferri dengan reaksi sebagai berikut:



Pada pembentukan besi (III) oksida terhidrat yang tidak larut menyebabkan air berubah menjadi abu-abu.¹⁴

b. Besi (III)

ion besi (III) berukuran relative kecil. Semua garam besi (III) larut dalam air menghasilkan larutan asam. Rapatn muatan kation yang relatif tinggi mampu mempolarisasi kuat terhadap molekul air sebagai ligan dapat berfungsi sebagai basa dan memisahkan proton. Uji terhadap adanya ion besi (III) dapat dilakukan dengan penambahan larutan ion heksasianoferat(II), $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{4-}$ dengan terjadinya endapan biru prusian besi(III) heksasianoferat(II) $\text{Fe}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]_3$. Warna biru senyawa ini sering dimanfaatkan untuk kepentingan pembuatan tinta, cat, termasuk pigmen cetak biru.¹⁵

¹⁴ Rukaesih Achmad, *Kimia Lingkungan*, (Jakarta: ANDI. 2004), hlm.50-52

¹⁵ Kristian H. Sugiyarto dan Retno D. Suyanti, *Kimia Anorganik Logam*, (Yogyakarta: Graha Ilmu), hlm. 281

5. Industri galvanis

Galvanisasi merupakan proses pelapisan logam induk dengan logam lain dengan tujuan agar logam induk mempunyai ketahanan korosi yang lebih baik. Galvanisasi umumnya menggunakan logam yang memiliki titik cair yang lebih rendah. Galvanisasi bersama dengan elektroplating, cladding, thermal, spray, aluminizing, dan sheradizing yaitu metode-metode untuk melapiskan logam pada permukaan substrat (*metallic coating*). Proses galvanisasi ini dapat ditemukan hampir di setiap aplikasi dan industri penting dengan bahan besi atau baja. Pada awalnya kegunaan galvanisasi yang utama untuk mencegah karat pada besi atau baja dalam jangka waktu yang lama. Galvanisasi baja biasanya digunakan seng atau aluminum.

Proses galvanisasi baja dengan seng, awalnya baja dicelupkan dalam seng cair (450- 475°C). Pencelupan ini menyebabkan logam seng menempel pada logam induk (baja). Pembentukan intermetallic Fe dengan Zn dapat meningkatkan kekuatan lekat lapisan ini. Selain itu parameter lain yang menentukan pelekatan yaitu tingkat

kebersihan permukaan, temperatur, waktu, dan komposisi kimia logam induk dan pelapis.¹⁶

6. Spektroskopi *X-Ray Flouresence (XRF)*

X-Ray Flouresence merupakan salah satu metode analisa kualitatif yang digunakan untuk mengidentifikasi banyaknya unsur yang ada pada suatu sampel maupun analisa oksida. XRF menunjukkan hasil yang baik pula pada analisa semi kuantitatif dan kualitatif. Keuntungan yang lain dari penggunaan XRF ini yaitu tidak merusak sampel, walaupun banyak elemen-elemen yang berbeda pada teknik analisisnya.

Analisa menggunakan XRF dilakukan berdasarkan identifikasi dan pencacahan *sinar x* karakteristik yang terjadi dari peristiwa *efek fotolistrik*. *Sinar X-Ray Flouresensi* 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. Radiasi dari tabung sinar x mengenai suatu bahan maka elektron dalam bahan tersebut akan tereksitasi ke tingkat energi yang lebih rendah, sambil memancarkan sinar x karakteristik. Sinar x karakteristik ini ditangkap oleh

¹⁶ Danang Nugroho, *Pemanfaatan limbah Padat Industri Tahu dan Reaktor Biosand Filter Untuk Menurunkan Kadar Ion Logam Fe^{3+} dan Zn^{2+} Pada Industri Galvanis*, (Semarang: UNNES), hlm. 7-8

detector diubah kedalam sinyal tegangan (*Voltage*), diperkuat oleh preamp dan dimasukkan ke analyzer untuk diolah datanya. Energi maksimum sinar x prime (keV) tergantung pada tegangan listrik (kVolt) dan kuat arus (μ Ampere). Fluorescence sinar x tersebut dideteksi oleh detector Silikon Lithium (SiLi). Metode XRF digunakan untuk menentukan komposisi senyawa yang terdapat pada limbah padat baja.¹⁷

B. Kajian Pustaka

Pertama, penelitian yang dilakukan oleh Ahmad Farid dan Nur Wahid dari Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Diponegoro yaitu “*Proses Elektrolisis Untuk Pengambilan Seng Dari Limbah Padat Industri Galvanis*”. Tujuan dari penelitian ini adalah mengurangi kadar Seng dari limbah padat industri galvanis dengan proses elektrolisis dan mengetahui variabel yang paling berpengaruh dari proses elektrolisis. Dari hasil penelitian diketahui bahwa variabel yang paling berpengaruh berturut-turut adalah efek temperatur, voltase, dan jarak anoda-katoda. Temperatur memberikan efek paling besar dalam penelitian ini dikarenakan semakin tinggi temperatur menyebabkan

¹⁷ Agus Priyanto, “Sintesis dan aplikasi silica dari abu daun bamboo petung (*Dendrocalamus asper* (Schut.F.) Backer ex Heyne) untuk mengurangi kadar ammonium dan nitrat pada limbah cair tahu, Skripsi (Semarang: UIN Walisongo Semarang) hlm. 17-18.

konduktivitas larutan semakin besar sehingga dapat mempercepat hantaran arus listrik dari anoda menuju katoda. Temperatur optimal dalam proses elektrolisis ini adalah 70°C-80°C.¹⁸

Kedua, penelitian yang dilakukan oleh Muhammad Azhar Ahmad dari Jurusan Mesin Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin Makassar dengan judul *Analisa Pengaruh Besar Tegangan Listrik Terhadap Ketebalan Pelapisan Chrom Pada Pelat Baja Dengan Proses Elektroplating*. Tujuan penelitian ini adalah untuk membuktikan pengaruh variasi tegangan listrik dan lama waktu electroplating terhadap ketebalan pada baja karbon rendah dengan pelapisan krom. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa ketebalan lapisan krom keras pada tegangan 2,4,6,8,10 volt pada lama waktu, 4 menit: 29, 90, 48, 9, 55 μm , lama waktu 8 menit : 15, 143, 133, 81, 46 μm . lama waktu 12: 46, 116, 171, 104, 27 μm menit Kemudian dapat disimpulkan semakin lama proses electroplating maka akan semakin tebal hasil pelapisan yang terjadi. Dan arus terbaik untuk hasil pelapisan adalah 4 volt.¹⁹

¹⁸ Ahmad farid,Nur wahid, “*Proses Elektrolisis Untuk Pengambilan Seng Dari Limbah Padat industri galvanis*”(Semarang: UNDIP)

¹⁹ Muhammad Azhar Ahmad, “*Analisa Pengaruh Besar Tegangan Listrik Terhadap Ketebalan Pelapisan Chrom Pada Pelat Baja Dengan Proses Elektroplating*”,Tugas ahir,(Makasar: Jurusan Mesin Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin)

Ketiga, penelitian yang dilakukan oleh Riyanto dari Program Studi Ilmu Kimia, FMIPA, Universitas Islam Indonesia, dengan judul “*Alternatif Pengolahan Limbah Industri Batik Dengan Cara Elektrolisis Menggunakan Elektroda Stainless Steel*”. Tujuan penelitian ini adalah untuk mendegradasi kandungan logam Fe, Ni dan Cr yang terdapat pada limbah industri batik dengan metode elektrolisis menggunakan elektroda stainless steel. Hasil penelitian menunjukkan hasil analisis dengan AAS didapatkan konsentrasi logam Fe, Cr dan Ni masing-masing adalah $54,25 \times 10^4$ mg/Kg; $15,7984 \times 10^4$ mg/Kg dan $1,484 \times 10^4$ mg/Kg. Hasil analisis ini menunjukkan bahwa komponen utama dalam stainless steel yang digunakan sebagai anoda mengandung logam utama yaitu Fe, Cr dan Ni.²⁰

Keempat, penelitian yang dilakukan oleh Kris Tri Basuki dari STTN BATAN, dan Muhadi Aw, dan Sudibyo dari PTAPB BATAN dengan judul *Pengaruh Ph Dan Tegangan Pada Pembuatan Serbuk Itrium Dari Konsentrat Itrium Hasil Proses Pasir Senotim Dengan Elektrolisis*. Tujuan penelitian ini adalah untuk membuat serbuk Y dari larutan konsentrat Y hasil olah pasir senotim dengan metode elektrolisis dengan variasi pH larutan 3,4, dan 5. Variabel

²⁰ Riyanto, “*Alternatif Pengolahan Limbah Industri Batik Dengan Cara Elektrolisis Menggunakan Elektroda Stainless Steel*”, (Yogyakarta: Program Studi Ilmu Kimia, FMIPA, Universitas Islam Indonesia)

yang diteliti adalah perubahan arus yang terjadi setiap menit pada tegangan 5 – 10 Volt DC dalam berbagai kondisi pH umpan. Dari hasil yang diperoleh, kondisi operasi yang paling baik untuk mereduksi Y dari larutan umpan konsentrat itrium hasil olah pasir senotim adalah pada tegangan 8 Volt DC dan pH umpan 5.²¹

Kelima, penelitian yang dilakukan oleh Chaminda P. Samaranayake, dan Sudhir K. Sastry dari Department of Food, Agricultural and Biological Engineering, The Ohio State University dengan judul *Electrode and pH Effects on Electrochemical Reactions During Ohmic Heating*. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui efektifitas penggunaan elektroda masing-masing yaitu : titanium, stainless steel, titanium platinized-dan grafit pada kondisi pH 3.5, 5.0, dan 6.5. dari hasil yang diperoleh menunjukkan elektroda titanium platinized masih dalam keadaan inert dari beberapa elektroda yang lain. Semua jenis elektroda sangat aktif dan mengalami korosi terjadi pada kondisi pH 3,5. Elekkroda titanium mengalami proses korosi yang paling tinggi dari semua elektroda. Sedangkan Stainless steel menjadi bahan elektroda

²¹ Kris Tri Basuki, dkk, *Pengaruh Ph Dan Tegangan Pada Pembuatan Serbuk Itrium Dari Konsentrat Itrium Hasil Proses Pasir Senotim Dengan Elektrolisis*, (Yogyakarta: SDM Teknologi Nuklir , 5 NOVEMBER 2009)

yang paling aktif selama pemanasan ohmic pada semua nilai pH.²²

Keenam, penelitian yang dilakukan oleh Xueming Chen, Guohua Chen, dari Department of Chemical Engineering, The Hong Kong University of Science and Technology dan Po Lock Yue dari Clear Water Bay, Kowloon, Hong Kong dengan judul *Investigation On The Electrolysis Voltage Of Electrocoagulation*. Tujuan penelitian ini adalah untuk membuktikan bahwa pH dan laju alir elektrolisis memiliki efek kecil pada tegangan listrik dalam elektrolisis. Tegangan elektrolisis hanya dipengaruhi jarak antar elektroda, konduktivitas, kerapatan arus dan luas permukaan elektroda. Hasil penelitian ini menunjukkan analisis teoritis dan eksperimen menunjukkan bahwa pH air dan laju aliran memiliki efek kecil pada tegangan elektrolisis proses elektrokoagulasi. pada pH 3,75-10,41 tegangan listrik hanya meningkatkan 13,2-13,8 V bahkan pada kerapatan arus setinggi 137 A/m².²³

Ketujuh penelitian yang dilakukan oleh Wei lu, Ping Huang, Pengfei Yan and Biao Yan, dari School of Material Science and Engineering, Shanghai Key Lab. Of d&a For

²² Chaminda P. Samaranayake, Sudhir K. Sastry,” *Electrode and pH Effects On Electrochemical Reactions During Ohmic Heating*” (Amerika Serikat: Journal of electroanalytical Chemistry, 2004), hlm. 125-135.

²³ Xueming Chen, dkk., *Investigation On The Electrolysis Voltage Of Electrocoagulation*, (Chemical Engineering Science, 2002).

Metal Functional Material, Tongji University, Shanghai China dan Caiwen Ou dari Southern Medical University, Shatai Nan Road, Guangzhou City, Shanghai China yang berjudul *Effect of pH on the Structural Properties of Electrodeposited Nanocrystalline FeCo Film*, International Journal of Electrochemical Science. Tujuan penelitian ini yaitu untuk mengetahui pengaruh pH larutan elektrolit terhadap hasil proses elektrodposisi nanokristal Film FeCo. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa pada pH 1 dan 2 menunjukkan hasil deposit yang sedikit, kurang baik dan kasar sedangkan pada rentang pH 3-5 menghasilkan deposit yang halus dan banyak.

Dari beberapa penelitian yang telah diungkapkan di atas, merupakan hasil pemikiran yang telah melalui tahapan-tahapan uji coba dan proses laboratorium yang membutuhkan waktu dan biaya dengan jumlah tidak sedikit. Hasil penelitian terdahulu yang berkaitan dengan penggunaan metode elektrolisis untuk pengolahan limbah padat industri galvanis masing-masing peneliti memaparkan hasil penelitiannya yang berbeda. Hasil penelitian juga menunjukkan bahwa adanya pengaruh pH larutan elektrolit dan besar kecilnya tegangan listrik yang digunakan selama proses elektrolisis. Berdasarkan keterangan diatas peneliti dapat membandingkan adanya pengaruh pH dan tegangan listrik yang berbeda untuk penelitian selanjutnya.

BAB III

METODE PENELITIAN

Pada metode penelitian akan dipaparkan mengenai jenis, waktu dan tempat penelitian, populasi, sampel, prosedur penelitian, uji laboratorium serta teknik analisa data penelitian. Adapun penjelasan secara rinci tentang metode tersebut sebagai berikut:

A. Jenis Penelitian

Jenis penelitian yang dilakukan pada penelitian ini merupakan penelitian eksperimen. Metode penelitian eksperimen merupakan salah satu metode yang digunakan untuk mencari hubungan sebab akibat antara dua faktor yang timbul dalam suatu penelitian.¹

B. Waktu dan Tempat Penelitian

1. Proses elektrolisis limbah padat baja

Proses penelitian dengan menggunakan metode elektrolisis untuk mereduksi logam Fe pada limbah padat baja dimulai dengan pembersihan secara mekanik dan pembersihan dengan asam terhadap sampel kemudian dilakukan proses elektrolisis. Penelitian ini dilakukan pada tanggal 12-13 Oktober 2015 di Laboratorium kimia Fakultas Ilmu Tarbiyah dan Keguruan (FITK) UIN Walisongo Semarang .

¹Suharsimi Arikunto, *Prosedur Penelitian Suatu Pendekatan Praktik*, (Jakarta: Rineka Cipta, 2006), hlm. 9

2. Uji X-Ray Flouresence

Uji X-Ray Flouresence untuk mengetahui komposisi kandungan limbah padat baja dilakukan pengujian dengan menggunakan X-Ray Flouresence (XRF) yang diujikan di laboratorium Sentral FMIPA Universitas Malang pada tanggal 29 Juni 2015 pada saat melakukan pra penelitian.

C. Populasi, sampel, dan sampling penelitian

1. Populasi

Populasi merupakan keseluruhan wilayah penelitian yang didalamnya terdapat objek atau subjek penelitian. Objek atau subjek penelitian mempunyai kualitas dan karakteristik tertentu yang nantinya dipelajari dan ditarik kesimpulannya.² Limbah padat industri baja berkedudukan sebagai populasi pada penelitian ini.

2. Sampel

Sampel merupakan bagian atau wakil populasi yang diteliti.³ Sampel pada penelitian ini adalah limbah padat industri baja dalam bentuk bongkahan *slag eaf* yang terdapat di pabrik baja PT. Inti General Jaya Steel di desa Jerakah, Kecamatan Tugu Kota Semarang. Lokasi ini merupakan

² Sugiyono, *Metode Penelitian Kualitatif Kuantitatif dan R&D* (Bandung: ALFABETA. 2011), hlm. 80

³ Suharsimi Arikunto, *Prosedur Penelitian Suatu Pendekatan Praktik*, (Jakarta: Rineka Cipta, 2006), hlm. 174

tempat beroperasinya pabrik baja yang dalam pengolahan limbah padat belum dimaksimalkan oleh pengelola pabrik dan masyarakat sekitar.

3. Sampling

Sampling merupakan teknik pengambilan sampel. Teknik sampling yang digunakan dalam penelitian ini adalah sampling lapangan (*field sampling*). Sampling lapangan biasanya digunakan dalam penelitian eksperimen. Pengambilan sampel langsung berasal dari tempat pembuangan limbah padat industri baja di desa Jerakah.

D. Variabel Penelitian

Variabel dalam penelitian merupakan suatu atribut dari sekelompok objek yang diteliti yang memiliki variasi antara objek dengan objek yang lain dalam kelompok tersebut.⁴ Variabel yang terdapat dalam penelitian ini yakni:

1. Variabel bebas

Variabel bebas adalah variabel yang nilainya divariasi. Variabel bebas dalam penelitian ini adalah Tegangan listrik dan pH larutan elektrolit dalam proses elektrolisis daur ulang pengolahan limbah padat *slag eaf* industri baja.

⁴ Sugiyarto, dkk., *Teknik Sampling*, (Jakarta: Gramedia pustaka Utama. 2003), hlm. 13

2. Variabel terikat

Variabel terikat adalah variabel yang menjadi titik pusat penelitian. Variabel terikat dalam penelitian ini adalah konsentrasi Fe dari limbah padat *slag eaf* yang tereduksi.

3. Variabel terkontrol

Variabel terkontrol adalah faktor yang mempengaruhi hasil reaksi, tetapi dapat dikendalikan. Variabel terkontrol dalam penelitian ini adalah konsentrasi larutan $\text{FeSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ sebagai larutan elektrolit dan temperatur dalam proses elektrolisis.

E. Teknik Pengumpulan Data

Pengumpulan data merupakan pekerjaan yang penting dalam sebuah penelitian.⁵ Peneliti menggunakan beberapa cara dalam proses pengumpulan data, yaitu:

1. Uji laboratorium

Laboratorium merupakan tempat atau kamar tertentu yang dilengkapi dengan peralatan untuk mengadakan percobaan (penyelidikan) dan sebagainya.⁶ Metode ini digunakan untuk mengetahui adanya pengaruh tegangan listrik dan pH larutan elektrolit terhadap massa proses elektrolisis hasil daur ulang pengolahan limbah padat *slag eaf* industri

⁵Suharsimi Arikunto, *Prosedur Penelitian Suatu Pendekatan Praktik*, (Jakarta: Rineka Cipta, 2006), hlm. 223.

⁶Depdiknas, *Kamus Besar Bahasa Indonesia*, (Jakarta : Balai Pustaka, 2006), hlm. 34.

baja. Uji laboratorium ini, limbah padat baja dilakukan uji kadar Fe yang terdapat pada limbah padat baja, serta dilakukan uji kualitatif terhadap larutan elektrolit yang digunakan dalam proses elektrolisis.

2. Data Primer

Data primer yaitu data yang dibuat oleh peneliti untuk maksud khusus menyelesaikan permasalahan yang sedang ditangani. Data dikumpulkan sendiri oleh peneliti langsung dari sumber pertama atau tempat objek penelitian dilakukan. Data primer yang digunakan pada penelitian ini adalah variasi jumlah tegangan listrik dan pH larutan elektrolit yang paling berpengaruh terhadap hasil proses elektrolisis daur ulang pengolahan limbah padat industri baja.

3. Data sekunder

Data sekunder yaitu data yang telah dikumpulkan untuk maksud selain menyelesaikan masalah yang sedang dihadapi. Data ini dapat ditemukan dengan cepat. Literature, artikel dan jurnal dengan penelitian yang dilakukan merupakan sumber data sekunder untuk penelitian ini.⁷ data sekunder yang digunakan dalam penelitian ini adalah jumlah tegangan listrik dan pH larutan elektrolit yang paling berpengaruh terhadap hasil proses elektrolisis daur ulang pengolahan limbah padat industri baja.

⁷Sugiyono, *Metode Penelitian Kuantitatif Kualitatif dan R&D*, ..., hlm. 137.

F. Prosedur Penelitian

1. Bahan dan peralatan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini: bongkahan limbah padat baja dari pabrik baja PT. General Inti Jaya Steel di desa Jerakah kecamatan Tugu Semarang, akuades, lautan elektrolit $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ kondisi jenuh, NaOH (*E. Merck*) 0,1 M, HCl (*E. Merck*) konsentrasi 1 M, NaOH (*E. Merck*) konsentrasi 4 M, Alkohol 96 %, H_2SO_4 (*E. Merck*) konsentrasi 1 M, $\text{K}_3\text{Fe}(\text{CN})_6$, dan KSCN. Peralatan yang digunakan antara lain: Power supply, Multimeter, Elektroda stainless steel, Statif+ Klem, Kertas saring Gelas Beker 500 mL, Gelas Beker 250 mL, Gelas ukur 25 mL, Termometer 100°C Pipet tetes, pH meter, Kabel, Kuas dan *X-Ray Fluoresence*.

2. Prosedur Kerja

a. Preparasi sampel

1) Pembersihan sampel secara mekanik

Pembersihan ini bertujuan untuk menghilangkan debu-debu dan pengotor yang menempel pada bongkahan limbah padat baja yang diambil langsung dari lokasi pembuangan limbah pabrik baja menggunakan kuas.

2) Uji Pendahuluan

Sampel limbah padat baja dilakukan uji komposisi senyawa menggunakan *X-Ray Fluoresence* untuk

mengetahui kandungan logam apa saja yang terdapat dalam sampel.

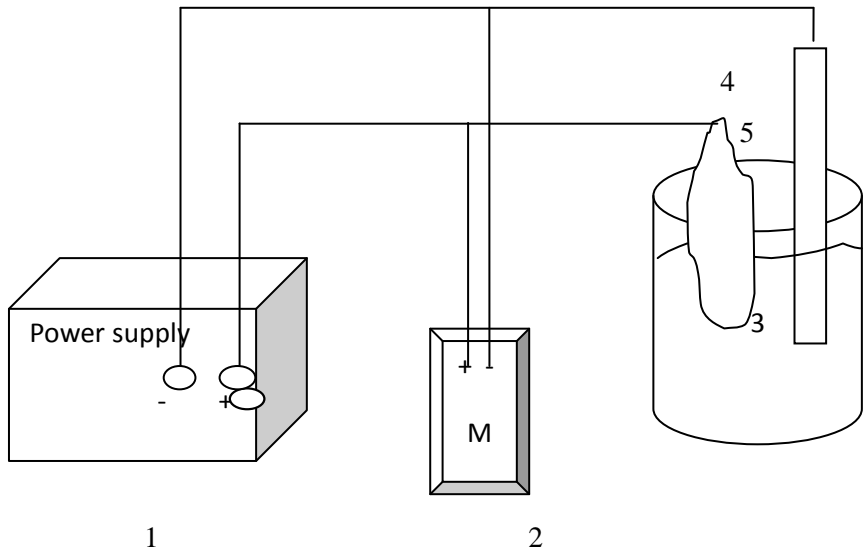
3) Pencucian sampel dengan asam

Pencucian dengan asam bertujuan untuk membersihkan permukaan sampel dari oksida atau karat dan sejenisnya secara kimiawi melalui perendaman. Larutan asam ini terbuat dari aquades dan HCl 1 M dengan perbandingan 1:1. Selanjutnya dilakukan proses pembilasan menggunakan etanol 96% untuk menghilangkan sisa reaksi elektroda dengan asam pada saat perendaman sebelumnya, kemudian dikeringkan.⁸

b. Proses elektrolisis

Limbah padat baja yang telah dibersihkan dari pengotor disiapkan bersama rangkaian alat elektrolisis, yaitu katoda berupa logam *stainless steel*, anoda berupa limbah padat baja, larutan elektrolit berupa larutan $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, *power supply* dan voltmeter yang disusun seperti gambar dibawah ini:

⁸Charles Manurung, *Pengaruh Kuat Arus Terhadap Ketebalan Lapisan dan Laju Korosi (MPY) Hasil Elektroplating Baja Karbon Rendah Dengan Pelapis Nikel*, (Medan)



Gambar 3.1 Skema rangkaian proses elektrolisis

Keterangan:

- 1) Power supply (sumber daya)
- 2) Multimeter
- 3) Larutan elektrolit $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$
- 4) Anoda (limbah padat baja)
- 5) Katoda (logam stainless steel)

Spesimen dimasukkan dalam larutan dan arus listrik dari *power supply* dihubungkan sesuai dengan kutub positif dan negatif rangkaian. Arus listrik dari kutub positif dihubungkan ke limbah padat baja sebagai anoda dan arus listrik dari kutub negatif dihubungkan ke logam *stainless*

steel sebagai katoda. Selanjutnya dilakukan proses elektrolisis dengan variabel bebas tegangan listrik. Dilakukan proses elektrolisis dengan optimasi arus listrik arus listrik sebesar 3 Ampere, larutan elektrolit $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ pH 2, waktu konstan selama 60 menit dan dalam suhu ruang. Setelah selesai kemudian dimatikan sumber tegangannya dan diangkat spesimen dari bak elektrolisis. Selanjutnya spesimen katoda berupa logam *stainless steel* yang telah terlapisi logam Fe yang berasal dari anoda limbah padat baja dibersihkan dengan air dan etanol 96% untuk membersihkan sisa reaksi yang terjadi selama proses elektrolisis. Selanjutnya dikeringkan. Langkah yang sama juga dilakukan pada kondisi tegangan listrik sebesar 6,9, dan 12 volt dengan arus listrik sebesar 3A, larutan elektrolit $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ pH 2, waktu konstan selama 60 menit dan dalam suhu ruang.

Untuk variabel bebas yang divariasi selanjutnya yaitu pH larutan elektrolit. Dilakukan proses elektrolisis dengan arus listrik konstan sebesar 3A, tegangan 12 Volt, dan dalam suhu ruang. pH larutan elektrolit yang divariasi adalah sebesar 2, 2,5, 3, 3,5 dan 4. Untuk mengkondisiaan pH untuk keadaan asam ditambahkan dengan larutan H_2SO_4 1 M dan untuk menaikkan nilai pH ditambahkan

dengan larutan NaOH 0,1 M.⁹ Setelah selesai kemudian dimatikan sumber tegangannya dan diangkat spesimen dari bak elektrolisis. Selanjutnya spesimen katoda berupa logam *stainless steel* yang telah terlapis logam Fe yang berasal dari anoda limbah padat baja dibersihkan dengan air dan dikeringkan.¹⁰

c. Penimbangan spesimen

Setelah proses elektrolisis dilakukan maka dilakukan penimbangan untuk mengetahui berat logam yang tereduksi dan menempel di katoda *stainless steel*. Kemudian dihitung berat totalnya.

G. Teknik analisa data

1. Berat besi yang diendapkan

Berat besi yang mengendap di katoda dapat dihitung dengan cara sebagai berikut:

$$W = W_1 - W_0$$

Keterangan :

W= berat total (gr)

W₀= berat awal sebelum proses elektrolisis (gr)

W₁= berat akhir sebelum proses elektrolisis (gr)

⁹Xueming Chen, dkk., *Investigation On The Electrolysis Voltage Of Electrocoagulation*, (Chemical Engineering Science, 2002)

¹⁰Charles Manurung, *Pengaruh Kuat Arus Terhadap Ketebalan Lapisan dan Laju Korosi (MPY) Hasil Elektroplating Baja Karbon Rendah Dengan Pelapis Nikel*, (Medan)

BAB IV

DESKRIPSI DAN ANALISIS DATA

Pada bab ini menjelaskan tentang deskripsi dan analisa data. Data yang diperoleh meliputi data hasil proses elektrolisis limbah padat dengan variasi pH larutan elektrolit dan tegangan listrik, serta uji komposisi logam dengan menggunakan metode *X-Ray Flouresence* (XRF).

A. Deskripsi Data

1. Uji X-Ray Flouresence awal

X-Ray Flouresence merupakan suatu metode analisis kualitatif yang digunakan untuk mengidentifikasi komposisi kimia yang ada pada suatu sampel. Analisis ini bertujuan untuk mengetahui komposisi awal logam-logam yang terkandung dalam bongkahan limbah padat baja sebelum dilakukan proses elektrolisis. Adapun bentuk bongkahan limbah padat dapat dilihat pada Gambar 4.1.

Sebelum proses pengujian dilakukan sampel harus dihancurkan mendapatkan bentuk serbuk menggunakan penggerus. Serbuk sampel limbah padat yang telah dihaluskan kemudian diayak sampai mendapatkan butiran halus kemudian dianalisa dengan menggunakan *Spektroskopi X-Ray Flouresence*. Adapun hasil analisanya ditunjukkan pada Tabel 4.1.



Gambar 4.1 bongkahan limbah padat baja

(Sumber : Dokumentasi Pribadi, 2015)

Tabel 4.1 Komposisi Kimia Limbah Padat Baja sebelum elektrolisis

Senyawa	Konsentrasi (%)
Si	3,8
P	0,1
K	0,14
Ca	4,76
V	0,03
Cr	0,27
Mn	2,55
Fe	84,48
Ni	0,17
Cu	0,40
Zn	1,59
Rb	0,51
La	0,1
Eu	1,1

Hasil analisa menunjukkan bahwa kandungan logam terbesar adalah logam Fe yang terkandung dalam limbah *padat* baja sebesar 84,48 %, kemudian Ca 4,76 %, Si 3,8 %, Mn 2,55 %, Zn 1,59 %, Eu 1,1 %, Rb 0,51%, Cu 0,40%, Cr 0,27 %, Ni 0,17%, K 0,14 %, P 0,1 %, La 0,1 % dan V 0,03 %.

2. Proses elektrolisis

Proses elektrolisis pada penelitian yang digunakan untuk mereduksi logam Fe yang terdapat pada bongkahan limbah padat baja. Pada proses elektrolisis digunakan katoda berupa lempengan logam *stainless steel*, sedangkan anoda adalah bongkahan limbah padat baja yang akan direduksi kandungan logam Fe yang terdapat di dalamnya. Arus listrik yang digunakan yang dialirkan dari *power supply* dalam kondisi konstan yaitu sebesar 3 A. Larutan elektrolit yang digunakan adalah larutan $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$. Rangkaian proses elektrolisis ini dapat dilihat pada Gambar 4.2



Gambar 4.2 Gambar rangkaian proses elektrolisis
(Sumber : Dokumentasi Pribadi, 2015)

Proses elektrolisis ini dilakukan pada dua tahap. Tahap pertama merupakan elektrolisis dengan variasi pH larutan elektrolit $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ mulai dari pH 2, pH 2,5, pH 3, pH 3,5 dan pH 4. Waktu yang digunakan selama proses elektrolisis yaitu selama 30 menit. Hasil tersebut dapat dilihat pada tabel 4.3. Untuk menjelaskan data hasil proses elektrolisis digunakan kode dalam penyebutan berdasarkan perbedaan variasi sampel. Keterangan kode tersebut dijelaskan pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2 Keterangan kode sampel elektroda

Kode	Spesimen elektroda
A ₁	Katoda dengan variasi pH 2 tegangan listrik 12, Arus listrik sebesar 3 A dan waktu elektrolisis selama 30 menit
B ₁	Anoda dengan variasi pH 2 tegangan listrik 12, Arus listrik sebesar 3 A dan waktu elektrolisis selama 30 menit
A ₂	Katoda dengan variasi pH 2,5 tegangan listrik 12, Arus listrik sebesar 3 A dan waktu elektrolisis selama 30 menit
B ₂	Anoda dengan variasi pH 2,5 tegangan listrik 12, Arus listrik sebesar 3 A dan waktu elektrolisis selama 30 menit
A ₃	Katoda dengan variasi pH 3 tegangan listrik 12, Arus listrik sebesar 3 A dan waktu elektrolisis selama 30 menit
B ₃	Anoda dengan variasi pH 3 tegangan listrik 12, Arus listrik sebesar 3 A dan waktu elektrolisis selama 30 menit
A ₄	Katoda dengan variasi pH 3,5 tegangan listrik 12, Arus listrik sebesar 3 A dan waktu elektrolisis selama 30 menit
B ₄	Anoda dengan variasi pH 3,5 tegangan listrik 12, Arus listrik sebesar 3 A dan waktu elektrolisis selama 30 menit
A ₅	Katoda dengan variasi pH 4 tegangan listrik 12, Arus listrik sebesar 3 A dan waktu elektrolisis selama 30 menit
B ₅	Anoda dengan variasi pH 4 tegangan listrik 12, Arus listrik sebesar 3 A dan waktu elektrolisis selama 30 menit
A ₁₁	Katoda dengan tegangan listrik 12 volt pH 2, Arus listrik sebesar 3 A dan waktu elektrolisis selama 30 menit
B ₁₁	Anoda dengan tegangan listrik 12 volt pH 2, Arus listrik sebesar 3 A dan waktu elektrolisis selama 30 menit
A ₂₁	Katoda dengan tegangan listrik 9 volt pH 2, Arus listrik sebesar 3 A dan waktu elektrolisis selama 30 menit
B ₂₁	Anoda dengan tegangan listrik 9 volt pH 2, Arus listrik sebesar 3 A dan waktu elektrolisis selama 30 menit
A ₃₁	Katoda dengan tegangan listrik 6 volt pH 2, Arus listrik sebesar 3 A dan waktu elektrolisis selama 30 menit
B ₃₁	Anoda dengan tegangan listrik 6 volt pH 2, Arus listrik sebesar 3 A dan waktu elektrolisis selama 30 menit
A ₄₁	Katoda dengan tegangan listrik 3 volt pH 2, Arus listrik sebesar 3 A dan waktu elektrolisis selama 30 menit
B ₄₁	Anoda dengan tegangan listrik 3 volt pH 2, Arus listrik sebesar 3 A dan waktu elektrolisis selama 30 menit

Tabel 4.3 Hasil elektrolisis dengan variasi pH larutan

No	Elektroda	pH	W_0 (g)	W_1 (g)	ΔW (g)
1.	A ₁	2	5,04	5,15	+ 0,09
	B ₁		37,48	37,29	-0,19
2.	A ₂	2,5	5,15	5,22	+0,07
	B ₂		32,48	32,37	-0,11
3.	A ₃	3	4,39	4,41	+ 0,02
	B ₃		35,30	35,02	-0,28
4.	A ₄	3,5	4,73	4,75	+ 0,02
	B ₄		27,14	26,88	-0,26
5.	A ₅	4	4,73	4,75	+ 0,02
	B ₅		19,65	19,37	-0,28

Keterangan:

W_0 = massa elektroda sebelum proses elektrolisis

W_1 = massa elektroda setelah proses elektrolisis

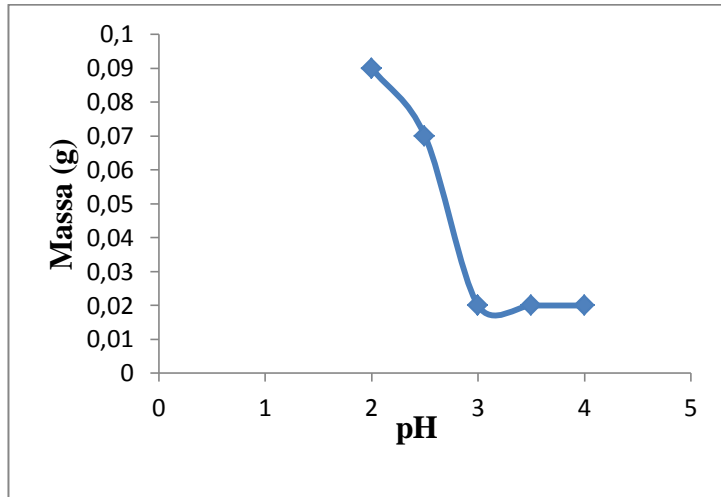
ΔW = berat akhir elektroda

+ = massa elektroda bertambah

- = massa elektroda berkurang

Berdasarkan Tabel 4.3 diatas dapat dilihat bahwa dari lima sampel yaitu A₁, A₂, A₃, A₄, dan A₅ semuanya mengalami perubahan massa yang semakin bertambah pada spesimen katoda yang berupa lempengan logam *stainless steel*. Bertambahnya massa masing-masing sampel secara berturut yaitu sebesar 0,09., 0,07., 0,02., 0,02 dan 0,02 dalam satuan

gam. Berdasarkan hasil tersebut diketahui hubungan antara variabel pH larutan elektrolit dan masa akhir hasil proses elektrolisis yang disajikan dalam Gambar 4.1 sebagai berikut:



Gambar 4.3 Grafik hubungan pH larutan elektrolit dengan massa

Tahap kedua pada proses elektrolisis limbah padat baja ini yaitu `dengan menggunakan variasi tegangan listrik yang berbeda selama proses elektrolisis. Variasi yang digunakan yaitu sebesar 3 volt, 6 volt, 9 volt dan 12 volt. pH larutan elektrolit $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ yang digunakan adalah pH 2 sedangkan kuat arus listrik yang berasal dari power supply diberikan sebesar 3 A serta waktu proses elektrolisis dilakukan selama 30 menit. Pada proses elektrolisis limbah padat baja dengan variasi tegangan listrik hasilnya dapat dilihat dalam Tabel 4.4 sebagai berikut:

Tabel 4.4 hasil elektrolisis dengan variasi Tegangan listrik

No	Elektroda	W_0 (g)	W_1 (g)	W (g)
1.	A_{11}	4,22	4,36	+ 0,14
	B_{11}	15,11	14,74	-0,37
2.	A_{21}	4,17	4,30	+ 0,13
	B_{21}	12,63	12,44	-0,19
3.	A_{31}	4,19	4,29	+ 0,10
	B_{31}	28,80	28,20	-0,6
4.	A_{41}	3,80	3,80	+ 0
	B_{41}	9,32	9,32	-0

Keterangan:

W_0 = massa elektroda sebelum proses elektrolisis

W_1 = massa elektroda setelah proses elektrolisis

ΔW = berat akhir elektroda

+

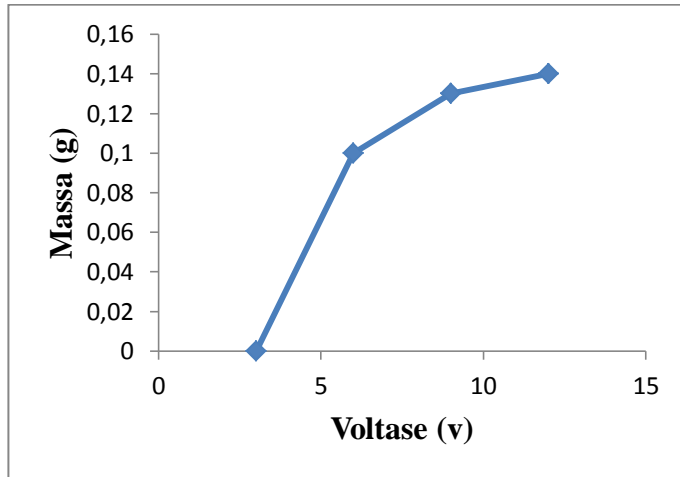
= massa elektroda bertambah

-

= massa elektroda berkurang.

Berdasarkan hasil pada Tabel 4.4 bahwa terdapat 3 sampel yang mengalami perubahan kenaikan berat spesimen pada elektroda negatif. Adapun elektroda yang mengalami kenaikan tersebut adalah A_{11} A_{21} dan A_{31} yaitu sebesar 0,14, 0,13 dan 0,10. Sedangkan sampel dengan kode A_{41} tidak mengalami perubahan berat pada spesimen

elektroda atau tetap. Hasil tersebut dapat diketahui hubungan antara tegangan listrik dengan besar massa yang dihasilkan dalam bentuk grafik seperti pada Gambar 4.4 sebagai berikut:



Gambar 4.4 Grafik hubungan Tegangan Listrik dengan massa

3. Uji *X-Ray Flouresence* akhir

Setelah melakukan proses elektrolisis dengan variasi pH larutan dan besar tegangan listrik, didapatkan hasil padatan yang menempel pada katoda seperti pada Gambar 4.5 sebagai berikut:



Gambar 4.5 Hasil padatan proses elektrolisis
(Sumber : Dokumentasi Pribadi, 2015)

Hasil elektrolisis yang berupa padatan yang menempel pada katoda kemudian diambil dan dilakukan uji menggunakan *X-Ray Fluorescence*. Hasil pengujian disajikan pada Tabel 4.5 sebagai berikut:

Tabel 4.5 Komposisi Kimia Limbah Padat Baja setelah elektrolisis

Senyawa	Konsentrasi (%)
P	0,1
Ca	0,21
Cr	0,11
Mn	0,15
Fe	96,58
Ni	0,12
Cu	0,14
Zn	0,14
Rb	0,67
La	0,03
Mo	1,6
Re	0,2

Tabel 4.5 menunjukkan hasil bahwa hasil elektrolisis yang menempel pada katoda mengandung logam Fe sebesar 96,58 %, Rb 0,67 %, Mo 1,6 %, Cu 0,14 %, Zn 0,14 %, Ca 0,21%, Mn 0,15%, Cr 0,11 %, Ni 0,12 %, P 0,1 %, Re 0,2 % dan La 0,03% .

B. Pembahasan

1. Uji X-Ray Flouresence awal

Pengujian sampel bongkahan limbah padat menggunakan *X-Ray Flouresence* bertujuan untuk mengetahui komposisi awal logam-logam yang terkandung dalam bongkahan limbah padat baja. Sebelum dilakukan proses elektrolisis. Sampel bongkahan limbah padat baja yang diujikan sebelumnya harus dihancurkan dan dihaluskan sampai mendapatkan bentuk butiran halus untuk mempermudah dalam melakukan analisis menggunakan *X-Ray Flouresence*. Hasil pengujian didapatkan data seperti pada Tabel 4.1 menunjukkan bahwa komposisi terbesar logam yang terdapat dalam bongkahan sampel limbah padat baja merupakan logam Fe dengan konsentrasi sebesar 84,48 % kemudian Ca 4,76 %, Si 3,8 %, Mn 2,55 %, Zn 1,59 %, Eu 1,1 %, Rb 0,51%, Cu 0,40%, Cr 0,27 %, Ni 0,17%, K 0,14 %, P 0,1 %, La 0,1 % dan V 0,03 %. Hal ini menunjukkan bahwa terdapat kandungan logam Fe yang sangat besar dan masih berpotensi menimbulkan pencemaran terhadap lingkungan khususnya kawasan sekitar pabrik baja PT. Inti General Jaya Steel yang berdekatan langsung dengan pemukiman dan persawahan masyarakat. Dengan kandungan logam Fe yang sangat besar dapat diolah sedemikian rupa sehingga dapat dimanfaatkan kembali untuk keperluan yang lain.

2. Spesimen Hasil Proses Elektrolisis

Proses elektrolisis limbah padat baja sebagai upaya mereduksi logam Fe yang terkandung pada limbah padat baja tersebut menggunakan beberapa komponen selama proses tersebut dilakukan. Anoda yang digunakan adalah bongkahan limbah padat baja yang selama proses mengalami reaksi oksidasi. Pada proses ini menggunakan juga menggunakan katoda berupa lempengan bahan logam *stainless steel* yang dipotong dengan ukuran \pm panjang 5 cm dan lebar 2 cm. Pemilihan katoda dengan bahan *stainless steel* karena sifat bahan tersebut inert yang tidak mudah bereaksi dengan logam lain. Larutan elektrolit yang digunakan selama proses elektrolisis adalah larutan $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ dengan kondisi jenuh. Larutan elektrolit ini berfungsi sebagai media penghantar ion selama proses elektrolisis. Pada proses elektrolisis ini digunakan arus listrik yang berasal dari *power supply* sebesar 3A. Penggunaan arus listrik sebesar 3A bertujuan untuk mendapatkan hasil elektrolisis yang maksimal.

Proses elektrolisis pertama, sampel dilakukan pembersihan secara mekanik untuk menghilangkan debu, kotoran dan secara kimiawi dengan menggunakan larutan yang terbuat dari aquades dan HCl 1M dengan perbandingan 1:1 untuk menghilangkan oksida atau karat yang menempel pada badan sampel serta dibilas dengan etanol 96 % untuk

menghilangkan sisa reaksi bahan kimia.¹ Hal ini sangat mempengaruhi tingkat kemurnian hasil elektrolisis.

Proses elektrolisis pertama dilakukan dengan menggunakan variasi pH larutan elektrolit. Larutan elektrolit yang digunakan adalah $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ dalam keadaan jenuh. pH awal larutan yaitu pH 2. Untuk mengkondisikan pH larutan digunakan larutan H_2SO_4 0,1 M dan larutan NaOH 0,1 M.² Tegangan listrik yang diberikan selama proses elektrolisis adalah sebesar 12 volt, arus listrik sebesar 3 A dan dilakukan proses elektrolisis selama 30 menit. Hasil proses elektrolisis merupakan padatan yang menempel pada katoda yang kemudian dibersihkan dengan menggunakan aquades kemudian dikeringkan dan dihitung berat bersihnya.

Hasil proses elektrolisis yang pertama berdasarkan variasi pH larutan yang diberikan dengan larutan elektrolit $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ kondisi jenuh, seperti yang disajikan pada Tabel 4.3 diketahui bahwa terjadi penambahan berat pada masing-masing spesimen katoda lempengan *stainless steel*. Hasil terbaik adalah pada spesimen sampel A₁ yaitu dengan variasi pH larutan elektrolit pH 2, tegangan listrik 12 volt, arus listrik 3 A dan waktu selama 30 menit dengan hasil

¹ Charles Manurung, *Pengaruh Kuat Arus Terhadap Ketebalan Lapisan dan Laju Korosi (MPY) Hasil Elektroplating Baja Karbon Rendah Dengan Pelapis Nikel*, (Medan)

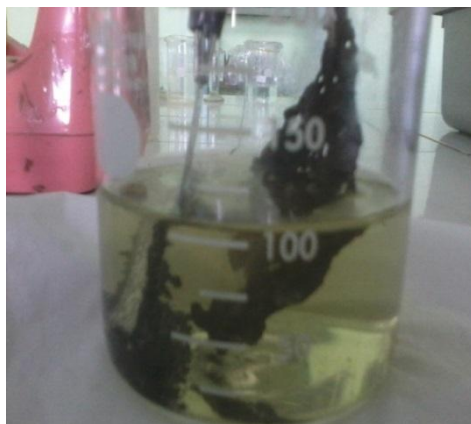
² Xueming Chen, dkk., *Investigation On The Electrolysis Voltage of Electrocoagulation*, (Chemical Engineering Science, 2002)

berat spesimen katoda bertambah sebesar 0,09 g. Sampel A₂ dengan variasi pH larutan elektrolit pH 2,5., tegangan listrik 12 volt, arus listrik 3 A dan waktu selama 30 menit berat katoda meningkat sebesar 0,07 g. Spesimen sampel A₃ dengan variasi pH larutan elektrolit pH 3, tegangan listrik 12 volt, arus listrik 3 A dan waktu selama 30 menit berat katoda meningkat sebesar 0,02 g. Sampel A₄ dengan variasi pH larutan elektrolit pH 3,5., tegangan listrik 12 volt, arus listrik 3 A dan waktu selama 30 menit berat katoda meningkat sebesar 0,02 g. Untuk spesimen A₅ dengan variasi pH larutan elektrolit pH 4, tegangan listrik 12 volt, arus listrik 3 A dan waktu selama 30 menit berat katoda meningkat sebesar 0,02 g.

Hasil massa yang menempel pada katoda dan telah dilakukan penimbangan terjadi selisih antara berat katoda dan anoda sebelum dan sesudah dilakukan proses elektrolisis. Berat anoda yang terambil pada saat proses elektrolisis pada sampel B₁ sebesar 0,19 g, sedangkan padatan yang menempel pada sampel katoda A₁ adalah sebesar 0,09 g. Pada sampel anoda B₂ berat logam yang terambil sebesar 0,11 g sedangkan yang menempel pada katoda A₂ sebesar 0,07 g. Pada sampel anoda B₃ berat logam yang terambil sebesar 0,28 dan yang menempel pada katoda A₃ sebesar 0,02 g. Berat anoda B₄ yang terambil sebesar 0,26 g dan yang menempel pada katoda A₄ sebesar 0,02 g.

Selanjutnya yang terakhir pada sampel anoda B₅ berat logam yang terambil sebesar 0,28 g sedangkan yang menempel pada katoda A₅ sebesar 0,02 g.

Hal ini dipengaruhi karena penggunaan larutan elektrolit $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ menghasilkan deposit atau endapan logam berwarna abu-abu halus yang menempel pada katoda yang lebih rapuh dengan tingkat deposit atau pengendapan lambat sebab sebab cenderung menghasilkan endapan yang berlubang atau berpori.³ Logam yang menempel pada katoda mudah patah dan jatuh kedalam larutan elektrolit dan mempengaruhi berat akhir logam yang menempel pada katoda sehingga tidak terakumulasi secara sempurna. Proses tersebut dapat dilihat pada Gambar 4.6



Gambar 4.6 Endapan logam proses elektrolisis
(Sumber : Dokumentasi Pribadi, 2015)

³ Misanobu Izaki, *Modern Electroplating, Fifth Edition*, (2010)

Kondisi operasi pada keadaan pH tinggi yaitu pH 4 cenderung lebih kotor dan menghasilkan endapan lumpur yang lebih.⁴ Hal ini bisa dilihat pada larutan elektrolit selama hasil elektrolisis dengan rentang pH 4 pada Gambar 4.7. Data pengamatan menunjukkan ada sisa padatan yang mengendap dan berwarna kuning. Padatan tersebut adalah Fe_2O_3 . Hal ini dapat diterangkan dengan mempelajari reaksi yang terjadi.



Gambar 4.7 kondisi operasi elektrolisis pada pH tinggi
(Sumber : Dokumentasi Pribadi, 2015)

Berdasarkan hasil proses elektrolisis yang dilakukan pada pH tinggi yakni pH 4 anoda yang terambil selama proses elektrolisis lebih besar daripada pH rendah pH 2. Akan tetapi dari hasil penimbangan logam yang menempel

⁴ Mazanobu Izaki, *Modern Electroplating, Fifth Edition*, (2010)

pada katoda tidak sesuai dengan berat anoda yang terambil dari anoda seperti yang telah dijelaskan pada Tabel 4.3. Hal ini disebabkan karena penggunaan larutan elektrolit $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ yang menghasilkan deposit atau endapan yang lebih rapuh karena memiliki kecenderungan menghasilkan endapan berlubang atau berpori, sehingga mempengaruhi tingkat kekuatan logam yang menempel pada katoda.

Semakin besar nilai keasaman pada larutan elektrolit yang digunakan pada variasi pH larutan, mengakibatkan peningkatan pembentukan jumlah elektron yang dihasilkan selama proses elektrolisis. Pembentukan deposit atau endapan yang menempel pada katoda akan semakin besar. Meningkatnya konsentrasi elektrolit juga berpengaruh terhadap perilaku sel elektrolisis, semakin tinggi konsentrasi elektrolit, perubahan temperatur makin besar pada selang waktu tertentu; demikian juga pengaruhnya terhadap harga pH larutan, konsentrasi elektrolit makin meningkat harga pH di ruang anoda makin bervariasi; tetapi harga pH lebih bervariasi terjadi pada ruang katoda.⁵ Semua sampel terjadi peningkatan suhu larutan elektrolit. Hal ini dibuktikan dengan pengukuran menggunakan termometer terhadap Sampel A₁ naik dari suhu awal 30° menjadi 38°, sampel A₂ naik dari suhu awal 29° menjadi 39°, sampel A₃ naik dari

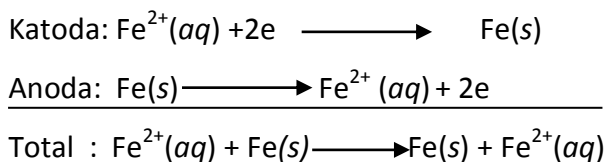
⁵ Isana Supiah, *Prilaku sel elektrolisis air dengan elektroda stainless steel*, (Yogyakarta: UNY, 2010).

suhu awal 29° menjadi 39° , sampel A_4 naik dari suhu 29° menjadi 42° dan sampel A_5 naik dari suhu 30° menjadi 39° .

Proses elektrolisis tahap kedua yaitu dengan menggunakan variasi tegangan listrik. Variasi tegangan listrik dalam elektrolisis yaitu sebesar 12 volt, 9 volt, 6 volt dan 3 volt. larutan elektrolit yang digunakan juga sama yaitu larutan $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ kondisi jenuh pH 2, arus listrik sebesar 3 A , dan dilakukan proses elektrolisis selama 30 menit. Hasil elektrolisis dengan variasi besar tegangan listrik yang diberikan juga mengalami penambahan berat pada masing-masing sampel seperti yang terdapat pada Tabel 4.4. sampel A_{11} berat katoda naik sebesar 0,14 g, sampel A_{21} berat katoda naik sebesar 0,13g, dan sampel A_{31} berat katoda naik yaitu sebesar 0,10 g. Selama proses elektrolisis terjadi kenaikan suhu pada larutan elektrolit yang digunakan pada masing-masing sampel. Sampel A_{11} mengalami kenaikan suhu dari 29° menjadi 45° , sampel A_{21} mengalami kenaikan suhu dari 29° menjadi 43° serta sampel A_{31} suhu larutan naik dari 29° menjadi 40° . Sampel A_{41} , pada katoda tidak mengalami penambahan berat akan tetapi mengalami kenaikan suhu dari 29° menjadi 32° . Sampel A_{41} sama sekali tidak menunjukkan reaksi selama proses elektrolisis. Hal ini disebabkan arus listrik yang digunakan sangat rendah, sehingga ion-ion logam pada anoda tidak dapat tereduksi dan tidak dapat menempel pada katoda secara maksimal.

Hasil ini membuktikan bahwa tegangan listrik atau voltase sangatlah berpengaruh dalam proses elektrolisis ini. Voltase memberikan efek positif karena semakin besar tegangan yang diberikan maka semakin besar logam yang terambil dan menempel pada katoda. Data tersebut menunjukkan bahwa kenaikan tegangan antar kedua elektroda akan meningkatkan jumlah atom yang terionisasi. Selain itu, medan listrik antar kedua elektroda semakin besar. Pada medan listrik yang besar maka ion atau elektron akan lebih cepat bergerak. Akibatnya pembentukan lapisan pada katoda akan semakin cepat.⁶ Hal ini dapat menyebabkan terjadinya polarisasi dan tercapainya tegangan batas. Tegangan batas ditandai dengan tidak terjadinya aliran arus melalui larutan elektrolit sehingga tidak ada logam yang menempel pada katoda.⁷

Adapun reaksi yang terjadi selama proses elektrolisis adalah sebagai berikut:



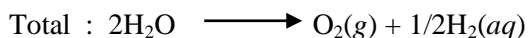
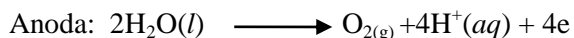
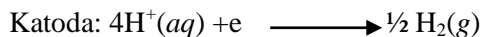
⁶ Riyanto, *Elektrokimia dan Aplikasinya*, (Yogyakarta: Graha Ilmu, 2013), hlm. 37

⁷ Ahmad Farid, Nur Wahid, Proses “*Elektrolisis Untuk Pengambilan Seng Dari Limbah Padat industri galvanis*”, (Semarang: UNDIP). Hlm. 4.

Pada persamaan di atas menunjukkan bahwa terjadi reaksi oksidasi yang terjadi pada spesimen anoda yaitu terbentuknya $\text{Fe}^{2+}_{(aq)}$ yang larut dalam larutan elektrolit. Pada katoda menunjukkan terbentuknya endapan yang menempel pada katoda yang merupakan hasil dari oksidasi yang terjadi di anoda yang larut dalam larutan elektrolit.

Ketika elektroda-elektroda dihubungkan dengan sumber tegangan listrik ion-ion akan mudah larut pada larutan elektrolit $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ sebab terdapat cukup ion untuk menghantar listrik. Pada saat proses elektrolisis berlangsung juga terdapat gelembung-gelembung yang muncul pada kedua elektroda. Gas ini berasal dari reaksi yang terjadi pada anoda yang menghasilkan gas O_2 dan H_2 .⁸

Reaksi yang terjadi pada larutan elektrolit:



Semakin banyak jumlah elektron yang dihasilkan pada saat proses elektrolisis maka semakin banyak elektron yang menempel pada katoda dan berat spesimen katoda akan semakin bertambah dan semakin tinggi tingkat kemurnian dari logam yang diendapkan melalui proses elektrolisis.

⁸ Raymond Chang, *Kimia Dasar Jilid 2*, (Jakarta: Erlangga), hlm. 220-221

Akan tetapi, tidak menutup kemungkinan masih banyak pengotor yang ikut terendapkan dan ikut menempel pada spesimen katoda.⁹

3. Uji *X-Ray Flouresence* akhir

Pengujian menggunakan *X-Ray Flouresence* yang kedua dilakukan terhadap sampel hasil proses elektrolisis bertujuan agar dapat mengetahui komposisi kandungan kimia dan dapat membandingkan dengan hasil sampel sebelum dielektrolisis. Sampel yang diujikan merupakan logam yang telah menempel pada katoda *stainless steel*. Logam yang menempel pada katoda dipisahkan dengan cara dikerok. Hasil logam berupa serbuk yang berwarna coklat keemasan. Sampel hasil tersebut kemudian diujikan menggunakan *X-Ray Flouresence*. Hasil pengujian *X-Ray Flouresence* terhadap padatan hasil elektrolisis baik dengan variasi pH larutan elektrolit dan Tegangan listrik didapatkan hasil seperti yang disajikan pada Tabel 4.7. Komposisi logam yang terdapat pada hasil elektrolisis secara keseluruhan yaitu logam Fe sebesar 96,58 % kemudian Rb 0,67 %, Mo 1,6 %, Cu 0,14 %, Zn 0,14 %, Ca 0,21%, Mn 0,15%, Cr 0,11 %, Ni 0,12 %, P 0,1 %, Re 0,2 %, La 0,03%.

⁹ Riyanto, *Elektrokimia dan Aplikasinya*, (Yogyakarta: Graha Ilmu, 2013), hlm. 56

Hasil tersebut menunjukkan bahwa tingkat kemurnian logam Fe yang terendapkan lebih tinggi daripada sebelum dimurnikan dengan metode elektrolisis. Kandungan logam Fe sebelum dimurnikan dengan metode elektrolisis yang terdapat pada bongkahan limbah padat baja yaitu sebesar 84,48 %. Hasil pemurnian bongkahan limbah padat baja dengan elektrolisis tingkat kemurnian logam Fe adalah sebesar 96,58 %. Seperti yang telah dijelaskan pada pembahasan pada proses elektrolisis, masih terdapat pengotor-pengotor yang ikut menempel di katoda yang berpengaruh pada tingkat kemurnian hasil elektrolisis. Hasil tersebut membuktikan bahwa upaya untuk mereduksi logam Fe yang terkandung dalam bongkahan limbah padat baja dapat dilakukan menggunakan metode elektrolisis. Metode ini dapat dijadikan alternatif metode pemurnian logam yang sangat efektif dan dapat mengatasi permasalahan pencemaran lingkungan yang dihasilkan oleh aktivitas industri sehingga limbah yang dihasilkan dapat diolah kembali dan dapat dimanfaatkan kembali untuk keperluan yang lain.

C. Keterbatasan masalah

Pada proses elektrolisis yang telah dilakukan terdapat hambatan-hambatan yang mempengaruhi hasil selama proses elektrolisis diantaranya adalah:

1. Keterbatasan sumber daya listrik yang berasal dari *power supply* yang digunakan yaitu hanya mencapai maksimal 12 volt. Voltase yang bisa dikondisikan hanya sebesar 3, 6, 9 dan 12 volt.
2. Bentuk bongkahan limbah padat baja yang tidak teratur mempersulit proses elektrolisis terutama pengaruh pada jarak antar katoda selama proses elektrolisis.
3. Kondisi logam hasil elektrolisis yang mudah patah dan mudah jatuh kedalam endapan larutan elektrolit sehingga mempengaruhi massa yang dihasilkan selama proses elektrolisis.

BAB V

PENUTUP

A. Simpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Proses elektrolisis dilakukan dengan menggunakan katoda lempengan logam *stainless steel*, anoda berupa bongkahan limbah padat baja dan larutan elektrolit $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$. Arus listrik yang digunakan sebesar 3 A dan waktu yang digunakan pada proses elektrolisis selama 30 menit. Kemurnian logam Fe pada limbah padat baja sebelum dilakukan proses elektrolisis adalah sebesar 84,84 %. Kemudian setelah dilakukan pemurnian dengan elektrolisis logam Fe yang menempel pada katoda meningkat menjadi 96,58 %.
2. Variabel pH larutan elektrolit berpengaruh terhadap massa yang dihasilkan selama proses elektrolisis. Deposit massa maksimal terjadi pada kondisi larutan elektrolit pH 2 dengan terjadi penambahan berat pada katoda sebesar 0,09 g. Semakin kecil pH keasaman larutan elektrolit maka semakin besar massa yang dihasilkan..
3. Variabel tegangan listrik berpengaruh terhadap massa yang dihasilkan selama proses elektrolisis. Hasil maksimal ditunjukkan pada kondisi tegangan 12 volt dengan massa logam yang terambil sebesar 0,14 g. Hal ini menunjukkan bahwa semakin tinggi tegangan yang digunakan selama proses elektrolisis maka massa yang dihasilkan akan ikut meningkat.

B. Saran

1. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut tentang elektrolisis dengan menggunakan variabel yang berbeda untuk mendapatkan hasil yang lebih optimal.
2. Sebaiknya elektroda yang digunakan pada saat proses elektrolisis menggunakan logam murni untuk mendapatkan hasil yang lebih maksimal.
3. Sebaiknya diperhatikan jarak antar katoda dan anoda pada saat proses elektrolisis.

DAFTAR PUSTAKA

- Achmad, Rukaesih, *Kimia Lingkungan*. Jakarta: ANDI. 2004.
- Ahmad, Muhammad Azhar, “*Analisa Pengaruh Besar Tegangan Listrik Terhadap Ketebalan Pelapisan Chrom Pada Pelat Baja Dengan Proses Elektroplating*”, Tugas Akhir, Makassar: Universitas Hasanuddin.
- Arikunto, Suharsimi, *Prosedur Penelitian Suatu Pendekatan Praktik*. Jakarta: Rineka Cipta. 2006.
- Bassett, J.,dkk., *Buku Ajar Vogel: Kimia Analisis Kuantitatif Anorganik*, Jakarta: EGC,1994.
- Basuki, Kris Tri, dkk, *Pengaruh Ph Dan Tegangan Pada Pembuatan Serbuk Itrium Dari Konsentrat Itrium Hasil Proses Pasir Senotim Dengan Elektrolisis*. Yogyakarta: SDM Teknologi Nuklir , 5 NOVEMBER 2009.
- Chang, Raymond, *Kimia Dasar Jilid 2*. Jakarta: Erlangga.
- Chen, Xueming, dkk., *Investigation On The Electrolysis Voltage of Electrocoagulation*. Chemical Engineering Science, 2002.
- Depdiknas, *Kamus Besar Bahasa Indonesia*, Jakarta: Balai Pustaka. 2006.
- Farid Ahmad dan Nur wahid, “*Proses Elektrolisis Untuk Pengambilan Seng Dari Limbah Padat industri galvanis*”, Semarang: UNDIP.
- Gunawan G., dkk., *Pemanfaatan Slag Baja untuk Teknologi Jalan Yang Ramah Lingkungan*, Bandung: Kementerian Pekerjaan Umum.

Hartomo, Anton J dan Tomojiro Kaneko, “*Mengenal Pelapisan Logam (Elektroplating)*”, Yogyakarta: ANDI OFFSET.

Izaki, Masanobu, *Modern Elektroplating*, fifth edition, 2010.

Kementerian agama RI. *Al-Quran dan Terjemahan*, (Jakarta: PT. Hati Emas, 2007.

Lu, Wei., Caiwen Ou, Ping Huang, Pengfei Yan and Biao Yan, *Effect of pH on the Structural Properties of Electrodeposited Nanocrystalline FeCo Film*, International Journal of Electrochemical Science (Vol.8/2013)

Manurung, Charles, *Pengaruh Kuat Arus Terhadap Ketebalan Lapisan dan Laju Korosi (MPY) Hasil Elektroplating Baja Karbon Rendah Dengan Pelapis Nikel*, Medan.

Muchis, Ahmad, *Analisis Perbedaan Kadar Mineral Seng (Zn) dan Besi (Fe) dalam air Bonggol Pisang dengan metode Spektroskopi Serapan Atom (SSA)*, Skripsi, Semarang: UIN Walisongo Semarang.

Nugroho, Danang, *Pemanfaatan limbah Padat Industri Tahu dan Reaktor Biosand Filter Untuk Menurunkan Kadar Ion Logam Fe^{3+} dan Zn^{2+} Pada Industri Galvanis*. Semarang: UNNES.

Palar, Heryando, *Pencemaran dan Toksikologi Logam Berat*, Jakarta: Rineka Cipta, 2008.

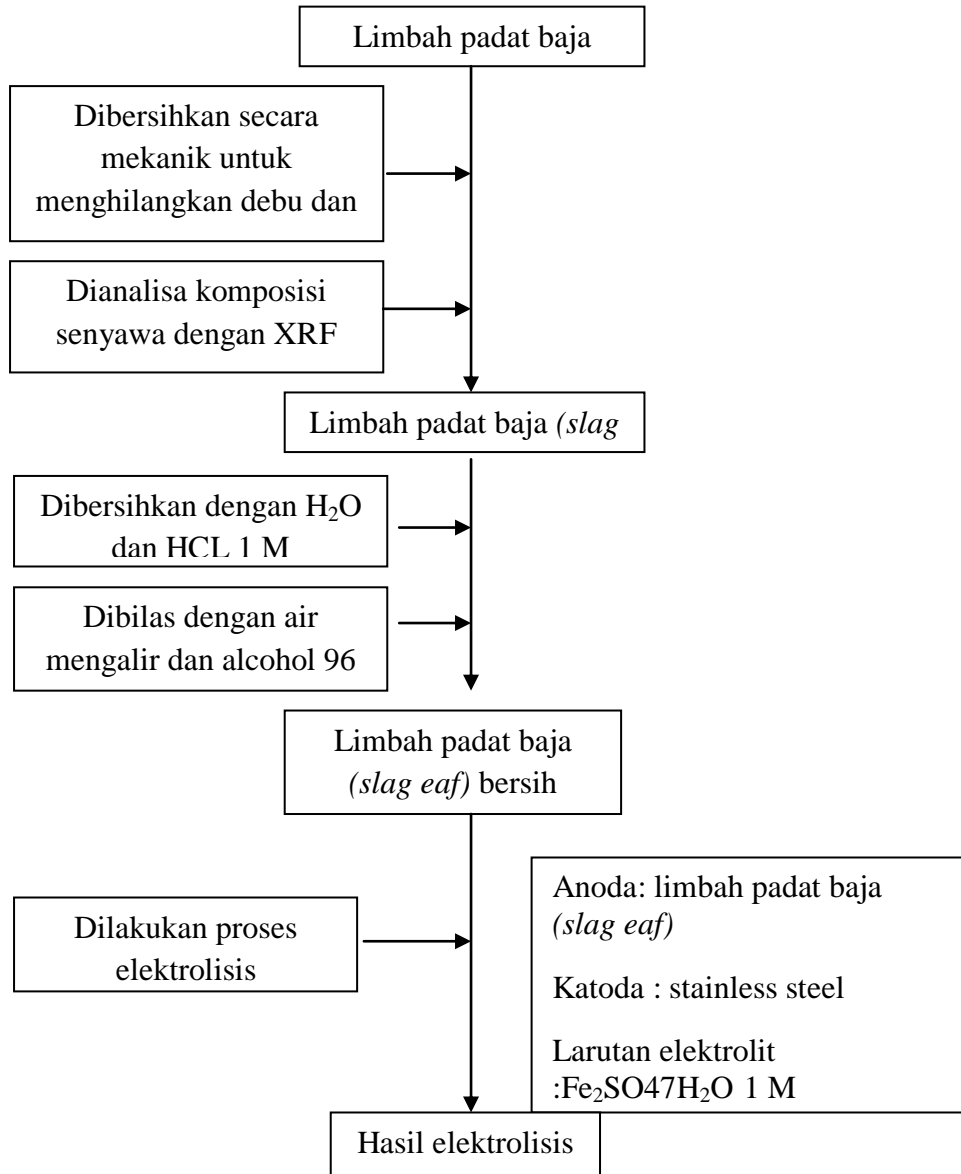
Priyanto, Agus, “*Sintesis dan aplikasi silica dari abu daun bamboo petung (Dendrocalamus asper (Schut.F.) Backer ex Heyne) untuk mengurangi kadar ammonium dan nitrat pada limbah cair tahu*”, Skripsi . Semarang: UIN Walisongo Semarang.

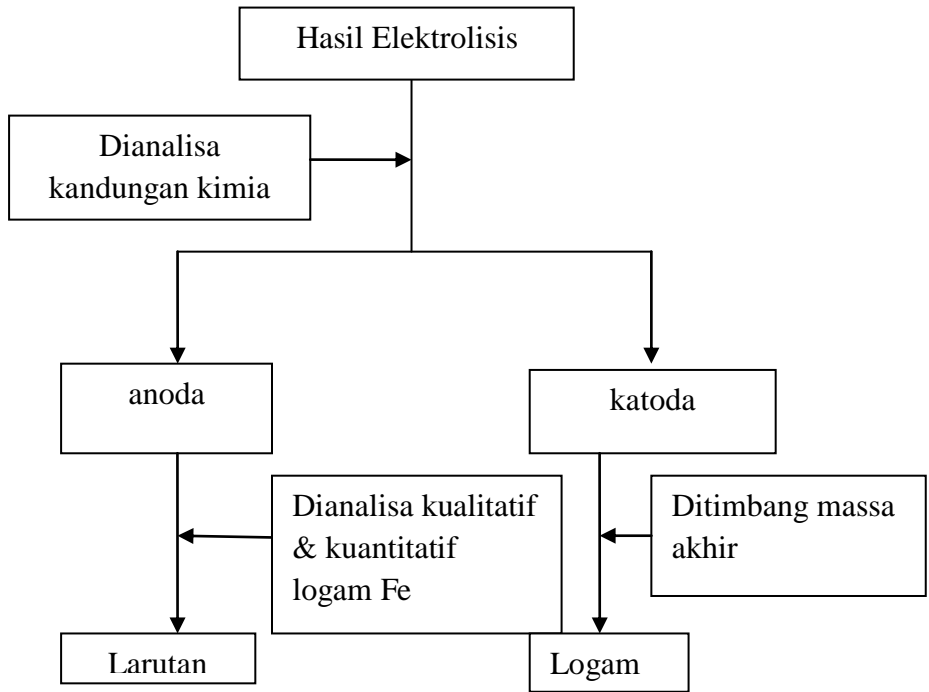
- Riyanto, *Elektrokimia dan Aplikasinya*, Yogyakarta: Graha Ilmu, 2013.
- Samaranayake , Chaminda P dan Sudhir K. Sastry,” *Electrode and pH Effects On Electrochemical Reactions During Ohmic Heating*”. Amerika Serikat: Journal of Electroanalytical Chemistry. 2004
- Santhiarsa, I Gst. Ngr. Nitya, *Pengaruh Kuat Arus Dan Waktu Proses Anodizing Dekoratif Pada Aluminium Terhadap Kecerahan Dan Ketebalan Lapisan*, Vol.4, No.1, 2010.
- S, E. Mostad, dkk., “*Electrowinning of iron from sulphate solutions*”, *Hydrometallurgy* Vol.90, September 2008.
- Slamet , Juli Soemirat, *Kesehatan Lingkungan*, Yogyakarta: Gadjah Mada University Press. 2009.
- Sugiarto, Kristian H. dan Retno D. Suyanti, *Kimia Anorganik logam*, Yogyakarta: Graha Ilmu, 2001
- Sugiyarto, dkk., *Teknik Sampling*, Jakarta: Gramedia pustaka Utama. 2003.
- Sugiyono, *Metode Penelitian Kualitatif Kuantitatif dan R&D*. Bandung: Alfabeta. 2011.
- Supiah, Isana, *Prilaku sel elektrolisis air dengan elektroda stainless steel*, Yogyakarta: UNY, 2010.
- Susanto, Joko Prayitno. *Analisis Diskripsi Pencemaran Air Sumur Pada Daerah Industri Pengecoran Logam*. Jurnal Teknik Lingkungan P3TL-BPPT. 2005.
- Tampubolon, Friedolin Hasian, *Perancangan Switching Power Supply Untuk mencatu Sistem Pensaklaran IGBT Pada Inverter*, Depok: Universitas Indonesia.

Lampiran 1

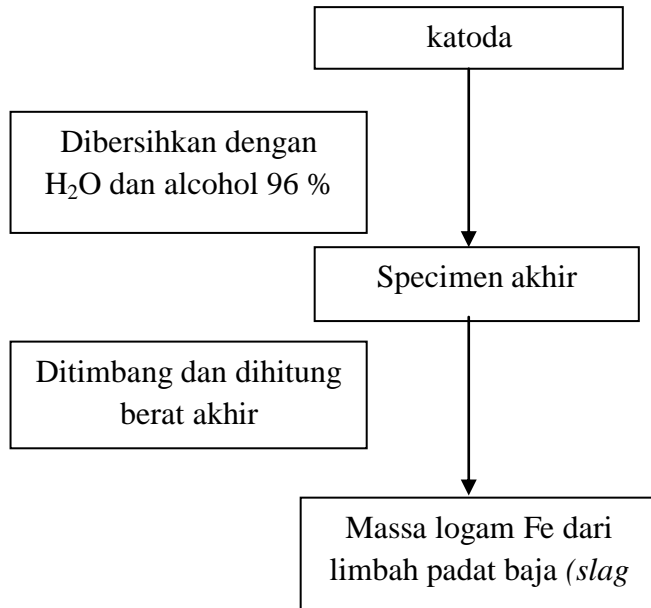
DIAGRAM ALIR PROSES ELEKTROLISIS

1. Proses elektrolisis





2. Penimbangan spesimen



Lampiran 2

DATA HASIL PROSES ELEKTROLISIS

1. Data Hasil Elektrolisis Limbah Padat Baja Dengan Variasi Ph Larutan Elektrolit

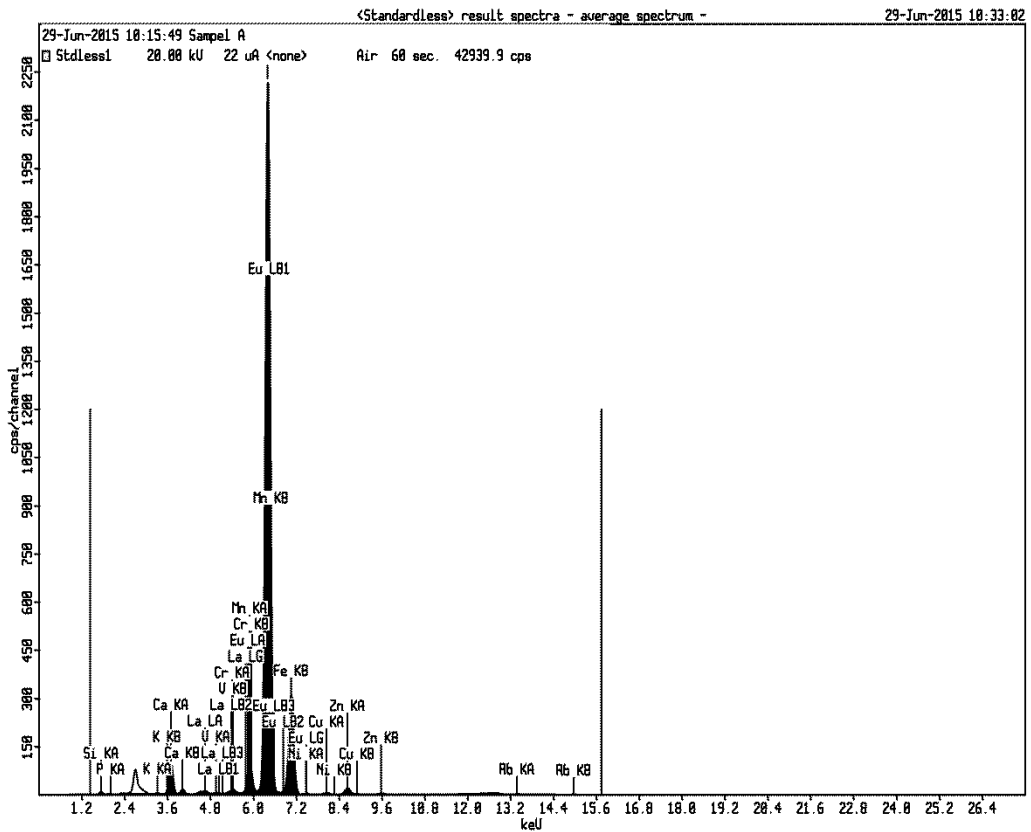
N o	Elektro da	pH	Tega ngan (Vol t)	Kuat Arus (am pere)	Wa ktu (se con d)	Suhu (°C)	W ₀ (gr)	W ₁ (gr)	W (gr)
1.	Katoda Anoda	2	12	3	30	30- 38	5,04 37,48	5,15 37,29	+ 0,09 -0,19
2.	Katoda Anoda	2,5	12	3	30	29- 39	5,15 32,48	5,22 32,37	+0,07 -0,11
3.	Katoda Anoda	3	12	3	30	29- 39	4,39 35,30	4,41 35,02	+ 0,02 -0,28
4.	Katoda Anoda	3,5	12	3	30	29- 42	4,73 27,14	4,75 26,88	+ 0,02 -0,26
5.	Katoda Anoda	4	12	3	30	30- 39	4,73 19,65	4,75 19,37	+ 0,02 -0,28

2. Data Hasil Elektrolisis Lmbah Padat Baja Dengan Variasi Tegangan Listrik

N o	Elektro da	Tega ngan (Volt)	Kuat Arus (amp ere)	Wa ktu (sec ond)	Suhu (°C)	p H	W ₀ (gr)	W ₁ (gr)	W (gr)
1.	Katoda Anoda	12	3	30	29- 45	2	4,22 15,11	4,36 14,74	+ 0,14 -0,37
2.	Katoda Anoda	9	3	30	29- 43	2	4,17 12,63	4,30 12,44	+ 0,13 -0,19
3.	Katoda Anoda	6	3	30	29- 40	2	4,19 28,80	4,29 28,20	+ 0,10 -0,6
4.	Katoda Anoda	3	3	30	29- 32	2	3,80 9,32	3,80 9,32	+ 0 -0

Lampiran 3

1. DATA X RAY FLOURESENCE AWAL



Sample results - Averages

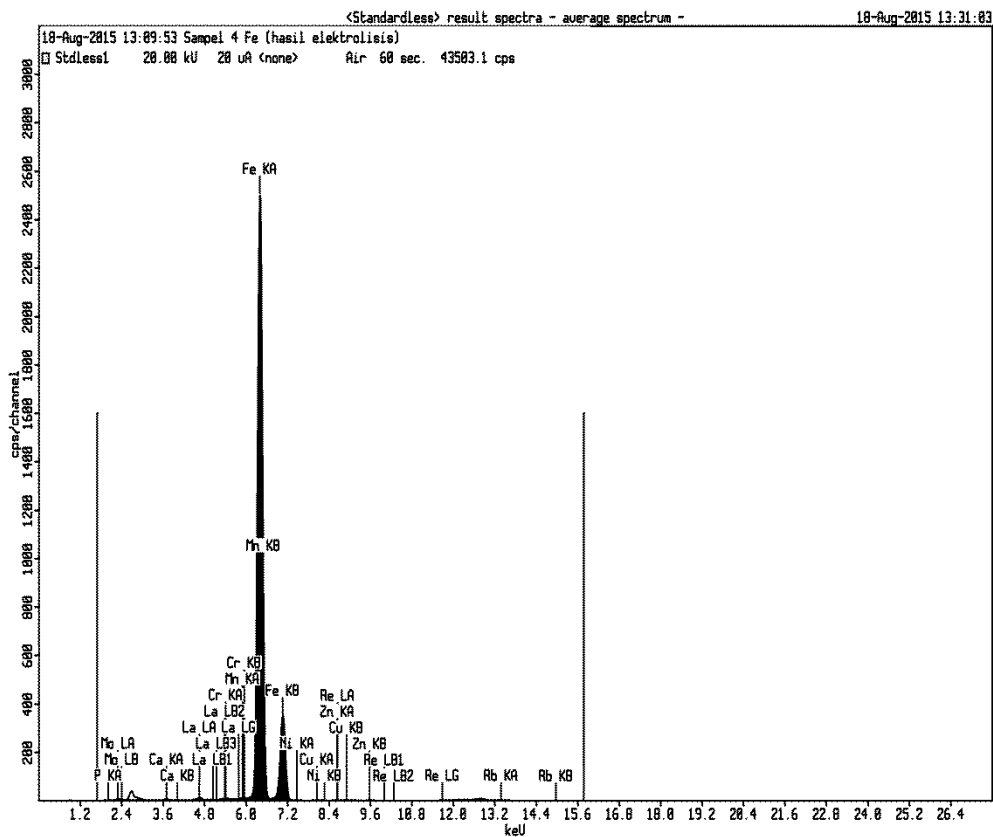
Sample ident	
Sample	A

Application	<Standardless>
Sequence	Average of 3
Measurement period - start	29-Jun-2015 09:57:00
Measurement period - end	29-Jun-2015 10:15:49
Position	3

Compound	Si	P	K	Ca	V	Cr	Mn
Conc	3.8 +/- 0.1	0.1 +/- 0.008	0.14 +/- 0.002	4.76 +/- 0.04	0.03 +/- 0.006	0.27 +/- 0.007	2.55 +/- 0.02
Unit	%	%	%	%	%	%	%

Compound	Fe	Ni	Cu	Zn	Rb	La	Eu
Conc	84.48 +/- 0.09	0.17 +/- 0.03	0.40 +/- 0.01	1.59 +/- 0.01	0.51 +/- 0.03	0.1 +/- 0.002	1.1 +/- 0.096
Unit	%	%	%	%	%	%	%

2. HASIL X-RAY FLOURESENCE AKHIR



Sample results - Averages

Sample ident
Sampel 4 Fe (hasil elektrolisis)

Application	<Standardless>
Sequence	Average of 3
Measurement period - start	18-Aug-2015 13:00:49
Measurement period - end	18-Aug-2015 13:09:53
Position	1

Compound	P	Ca	Cr	Mn	Fe	Ni	Cu
Conc	0.10 +/- 0.01	0.21 +/- 0.004	0.11 +/- 0.003	0.15 +/- 0.003	96.58 +/- 0.03	0.12 +/- 0.001	0.14 +/- 0.006
Unit	%	%	%	%	%	%	%

Compound	Zn	Rb	Mo	La	Re
Conc	0.14 +/- 0.01	0.67 +/- 0.02	1.6 +/- 0.04	0.03 +/- 0.01	0.2 +/- 0.01
Unit	%	%	%	%	%

Lampiran 4

FOTO PENELITIAN

A. Sampel Limbah Padat



B. Proses elektrolisis



C. Hasil proses elektrolisis



Lampiran 5



KEMENTERIAN AGAMA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI WALISONGO
FAKULTAS ILMU TARBIYAH DAN KEGURUAN

Jl. Prof. Dr. Hamka (Kampus II) Ngaliyan (024) 7601295 Fax. 7615387 Semarang

Nomor : In.06.3/DI/TL.00./ 4349/2015

Semarang, 08 Oktober 2015

Lamp : 1 Proposal penelitian Skripsi

Hal : **Mohon Izin Riset**

A.n. : Abdul Aziz

NIM : 113711019

Yth.

Kepala Laboratorium Kimia FITK UIN Walisongo Semarang
di Tempat

Assalamualaikum, Wr, Wb.

Diberitahukan dengan hormat dalam rangka penulisan skripsi, bersama ini kami hadapkan mahasiswa:

Nama : Abdul Aziz

NIM : 113711019

Judul : **PENGARUH pH DAN TEGANGAN LISTRIK DALAM ELEKTROLISIS (SLAG EAF) LIMBAH PADAT BAJA SEBAGAI UPAYA MEREDUKSI KANDUNGAN LOGAM Fe PADA LIMBAH PADAT INDUSTRI GALVANIS**

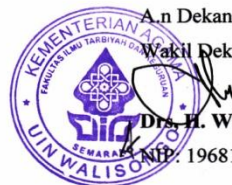
Pembimbing: 1. Wirda Udaibah, M.Si

2. Hj. Malikhatul Hidayah, S.T, M.Pd

Bahwa mahasiswa tersebut membutuhkan data-data dengan tema/judul skripsi yang sedang disusunnya, dan oleh karena itu kami mohon diberi izin riset selama 2 hari, pada tanggal 12 Oktober sampai dengan tanggal 13 Oktober 2015

Demikian atas perhatian dan kerjasamanya disampaikan terima kasih.

Wassalamualaikum, Wr, Wb.



A.n Dekan

Wakil Dekan Bidang Akademik,

Drs. H. Wahyudi, M.Pd

NIP. 19681205 199403 1 003

Tembusan:

Dekan Fakultas Ilmu Tarbiyah dan Keguruan UIN Walisongo

RIWAYAT HIDUP

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Abdul Aziz
Tempat/tanggal lahir : Jepara, 21 April 1993
Jenis kelamin : Laki-laki
Agama : Islam
Kewarganegaraan : WNI
Alamat : Desa Demangan RT 02 RW 01 kecamatan
Tahunan Kabupaten Jepara
No. telepon/Hp : 085740700021
E-mail : abdul_azizi_jepara@ymail.com

Riwayat Pendidikan

1. Pendidikan Formal:

- | | |
|-----------------------------------|------------------|
| a. SDN Panggang 06 Jepara | Lulus Tahun 2005 |
| b. Mts. Mafatihul Akhlaq Demangan | Lulus Tahun 2008 |
| c. MA. Matholi'ul Huda Bugel | Lulus Tahun 2011 |

Demikian daftar diri penulis ini dibuat dengan sebenar-benarnya untuk digunakan sebagaimana mestinya. Terima kasih

Semarang, 24 November 2015
Penulis,

Abdul Aziz
NIM : 113711019