

**SOLIDIFIKASI ZINK PADA LIMBAH BULU AYAM DENGAN
MENGUNAKAN SEMEN PORTLAND**

SKRIPSI

Diajukan kepada Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Negeri Yogyakarta untuk Memenuhi
Sebagian Persyaratan Guna Memperoleh
Gelar Sarjana Sains



Oleh:

Rostyalina
NIM. 09307141024

**PROGRAM STUDI KIMIA
JURUSAN PENDIDIKAN KIMIA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA
2015**

PERSETUJUAN

Skripsi yang berjudul “Solidifikasi Zink Pada Limbah Bulu Ayam Dengan Menggunakan Semen Portland” yang disusun oleh Rostyalina, NIM 09307141024 ini telah disetujui pembimbing untuk diujikan.

Disetujui pada tanggal:

7 Januari 2015



Kaprodi Kimia,

Dosen Pembimbing,

Prof. Dr. Endang Widjajanti LFX
NIP. 19621203 198601 2 001

M. Pranjoto Utomo, M.Si
NIP. 19710408 199802 1 002

PENGESAHAN

Skripsi yang berjudul “Solidifikasi Zink Pada Limbah Bulu Ayam Dengan Menggunakan Semen Portland” yang disusun oleh Rostyalina, NIM 09307141024 ini telah dipertahankan di depan Dewan Penguji pada tanggal 30 Januari 2015 dan dinyatakan LULUS

DEWAN PENGUJI

Nama	Jabatan	Tanda Tangan	Tanggal
M. Pranjoto Utomo, M.Si NIP. 19710408 199802 1 002	Ketua Penguji		
Erfan Priyambodo, M.Si NIP. 19820925 200501 1 002	Sekretaris Penguji		
Prof. KH. Sugiyarto, P.hD NIP. 19480915 196806 1 001	Penguji Utama		
Dr. Cahyorini Kusumawardani, M.Si NIP. 19770723 200312 2 001	Penguji Pendamping		

Yogyakarta, 16/11/15

Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Universitas Negeri Yogyakarta



Dr. Hartono

NIP. 19620329 198702 1 002

PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Rostyalina

NIM : 09307141024

Prodi : Kimia

Fakultas : MIPA UNY

Judul : Solidifikasi Zink pada Limbah Bulu Ayam dengan
Menggunakan Semen Portland

Menyatakan bahwa penelitian ini adalah hasil pekerjaan saya sendiri, dan sepanjang pengetahuan saya tidak berisi materi yang telah dipublikasikan atau ditulis oleh orang lain atau telah dipergunakan dan diterima sebagai persyaratan studi pada universitas atau institut lain, kecuali pada bagian – bagian tertentu yang telah dinyatakan dalam teks.

Tanda tangan dosen penguji yang tertera dalam halaman pengesahan adalah asli.

Jika tidak asli, saya siap menerima sanksi ditunda yudisium pada periode berikutnya.

Yogyakarta,

Yang menyatakan,



Rostyalina

NIM. 09307141024

MOTTO

- ❖ Just keep on walking.
 - ❖ Hasil akhir memang menentukan, tetapi karena prosesnya lah yang membuat hal itu menjadi hasil akhir.
 - ❖ Ingatlah bahwa kamu tidak sendirian, selalu ada mereka yang menyayangimu.
 - ❖ Jalani dan kerjakan segala sesuatu dengan baik.
-
- ❖ Musuh yang paling berbahaya di atas dunia ini adalah penakut dan bimbang. Teman yang paling setia, hanyalah keberanian dan keyakinan yang teguh (Andrew Jackson).
 - ❖ Ilmu itu diperoleh dari lidah yang gemar bertanya serta akal yang suka berpikir (Abdullah bin Abbas).
 - ❖ Sesuatu yang belum dikerjakan, seringkali tampak mustahil, kita baru yakin kalau kita telah berhasil melakukannya dengan baik (Evelyn Underhill).
 - ❖ Kita berdoa kalau kesusahan dan membutuhkan sesuatu, mestinya kita juga berdoa dalam kegembiraan besar dan saat rezeki melimpah (Kahlil Gibran).

PERSEMBAHAN

Skripsi ini saya persembahkan untuk ...

- Allah subhanahu wa ta'ala
“Alhamdulillah, Engkau masih memberikan hamba kesempatan untuk menyelesaikannya :)”
- Orang tuaku tersayang, ibu dan ayahku. Skripsi ini sebagai salah satu wujud terimakasih atas semua perhatian dan bantuan yang telah kalian berikan.
“Alin sayang kalian :)”
- Kakekku tersayang yang dulu sering menanyakan soal wisuda.
“Tunggu yah kek :)”
- Kedua adikku yang selalu menghiburku, menemaniku, dan selalu menjadi tempat curhatku.
“Iyah ini bentar lagi wisuda :)”
- Teman – temanku dan sahabatku terutama Vita dan mbak Yan yang selalu bertanya kapan wisuda.
“Habis ini kita mencari kerjaan bersama – sama yah :)”
- Pak Pranjoto.
“Maaf pak, saya selalu ngilang dan merepotkan bapak, terimakasih untuk semuanya pak :)”
- Bu Endang yang selalu menanyakan saya.
“Terimakasih masih sabar untuk meladeni saya, bu :)”
- Pak Pono.
“Terimakasih pak, maaf merepotkan :)”
- Someone over the rainbow-ku.
“Dududu nanana, my lovely baka :)”

SOLIDIFIKASI ZINK PADA LIMBAH BULU AYAM MENGUNAKAN SEMEN PORTLAND

Oleh :

Rostyalina

NIM 09307141024

Pembimbing Utama : M. Pranjoto Utomo

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui (1) kadar zink pada matriks semen/limbah yang terekstrak dengan menggunakan metode ekstraksi bertahap (2) kadar zink yang terluh pada matriks semen/limbah dengan menggunakan uji peluluhan yaitu *toxicity characteristics leaching procedure* (TCLP) (3) rasio penambahan bulu ayam yang memberikan kuat tekan matriks semen paling besar.

Limbah bulu ayam yang dijadikan campuran matriks semen dipreparasi dengan cara dikarbonisasi dan diabukan. Peluluhan logam zink pada matriks diketahui dengan ekstraksi bertahap dan TCLP yang dilanjutkan analisis menggunakan spektroskopi serapan atom. Kuat tekan matriks diketahui dengan uji kuat tekan menggunakan Technotest Modesta Italy.

Analisis spektroskopi serapan atom pada sampel matriks semen/limbah fraksi ekstraksi bertahap yaitu 1,539 ppm, 9,413 ppm, tidak terdeteksi, 19,937 ppm, dan 2,622 ppm, sedangkan analisis pada TCLP standar adalah 0,264 ppm, pada kelima tahapan TCLP progresif adalah 2,264 ppm, 2,007 ppm, 0,547 ppm, 0,638 ppm, dan 0,189 ppm, hasil pada kelima tahapan TCLP modifikasi adalah 22,902 ppm, 11,933 ppm, 10,972 ppm, 12,110 ppm, dan 11,256 ppm. Kuat tekan sampel matriks semen / limbah pada penelitian ini adalah 302,0408 kg/cm² pada penambahan 0,0625% arang limbah bulu ayam.

Kata kunci : zink, matriks semen, solidifikasi, TCLP, ekstraksi bertahap, kuat tekan

SOLIDIFICATION OF ZINC IN WASTE CHICKEN FEATHER BY PORTLAND CEMENT

By:

Rostyalina

NIM 09307141024

Supervisor : M. Pranjoto Utomo

ABSTRACT

The aims of the research were to determine (1) the amount of extracted zinc in the cement/waste matrix using sequential extraction method (2) the amount of leached zinc in the cement/waste matrix using toxicity characteristics leaching procedure (TCLP) and (3) the ratio of waste chicken feather addition that provide the highest strength of the cement matrix.

Waste chicken feather that used as a mixture of cement matrix was prepared by carbonizing and ashing. Leaching of zinc metal on the matrix was determined by sequential extraction and TCLP next analysis using atomic absorption spectroscopy. Strength of the matrix was determined with compressive strength test using Modesta Technotest Italy.

Atomic absorption spectroscopy analysis of the sample cement/waste matrix with sequential extraction of each fraction were found to be 1.539 ppm, 9.413 ppm, undetected, 19.937 ppm, and 2.622 ppm, for standard TCLP was 0.264 ppm, for progressive TCLP were 0.264 ppm, 2.007 ppm, 0.547 ppm, 0.638 ppm, and 0.189 ppm, for TCLP modification were 22.902 ppm, 11.933 ppm, 10.972 ppm, 12.110 ppm, 11.256 ppm. Compressive strength of the cement/ waste chicken feather in this research was 302,0408 kg/cm² with the addition of 0.0625% carbonization waste chicken feathers.

Keywords : zinc, cement matrix, solidification, TCLP, sequential extraction, compressive strength

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah Subhanahuwataa'la yang telah melimpahkan segala rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan skripsi ini dalam rangka memenuhi sebagian persyaratan untuk mencapai gelar sarjana sains pada Program Studi Kimia Universitas Negeri Yogyakarta.

Skripsi dengan judul **“Solidifikasi Logam Zink Pada Limbah Bulu Ayam Dengan Menggunakan Semen Portland”** ini dapat diselesaikan berkat bantuan dari banyak pihak. Pada kesempatan ini penulis menyampaikan ucapan terima kasih dan penghargaan setinggi – tingginya kepada yang terhormat.

1. Allah Subhanahuwataa'la yang telah mencurahkan rahmat dan anugerahNya sehingga skripsi ini dapat terselesaikan.
2. Bapak Prof. Dr. Rochmat Wahab selaku rektor Universitas Negeri Yogyakarta yang telah memberi kesempatan kepada penulis untuk menuntut ilmu di Universitas ini.
3. Bapak Dr. Hartono selaku DEKAN FMIPA Universitas Negeri Yogyakarta.
4. Bapak Dr. Hari Sutrisno selaku Kepala Jurusan Pendidikan Kimia FMIPA UNY.
5. Ibu Prof. Dr. Endang Widjajanti LFX selaku koordinator Tugas Akhir Skripsi Program Studi Kimia FMIPA UNY.
6. Bapak M. Pranjoto Utomo, M.Si selaku dosen pembimbing yang dengan sabar membimbing dan memotivasi saya mengerjakan penelitian dan menyelesaikan skripsi.
7. Bapak Erfan Priyambodo, M. Si selaku sekretaris penguji.
8. Bapak Prof. KH. Sugiyarto, Ph.D selaku penguji utama.
9. Ibu Dr. Cahyorini Kusumawardani, M.Si selaku penguji pendamping.
10. Orangtua, adik, dan keluarga besar yang selalu memberikan dukungan.

11. Keluarga besar Kimia Subsidi Angkatan 2009.
12. Sahabatku yang selalu kurindukan Tanti, Ifa, Mela, Astri, Tias dan Endah serta sahabatku sebagai teman bermain Vita, Ratna dan Yan yang selalu mendukungku.
13. Seluruh pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu yang telah membantu dalam menyelesaikan laporan ini.

Penulis menyadari bahwa salam pelaksanaan dan penyusunan laporan ini masih banyak kekurangan. Oleh karena itu, kritik dan saran membangun dari semua pihak sangat diharapkan. Penulis berharap penelitian dan laporan ini semoga bermanfaat khususnya bagi penulis dan umumnya untuk pembaca.

Yogyakarta,

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERSETUJUAN	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
HALAMAN PERNYATAAN	iv
HALAMAN MOTTO	v
HALAMAN PERSEMBAHAN	vi
ABSTRAK	vii
KATA PENGANTAR	ix
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
BAB I PENDAHULUAN	
A. Latar Belakang Masalah	1
B. Identifikasi Masalah	3
C. Pembatasan Masalah	3
D. Perumusan Masalah	4
E. Tujuan Penelitian	4
F. Manfaat Penelitian	5
BAB II KAJIAN PUSTAKA	
A. Deskripsi Teori	
1. Bulu Ayam	6
2. Logam Berat	8
3. Zink	8
4. Metode Solidifikasi/Stabilisasi	9

5. Matriks Semen	11
6. Uji Tekan Beton	12
7. <i>Sequential Exraction Procedure</i>	13
8. <i>Toxic Characteristic Leaching Procedure</i>	14
9. Spektroskopi Serapan Atom	15
B. Penelitian yang Relevan	16
C. Kerangka Berpikir	17
BAB III METODE PENELITIAN	
A. Subjek dan Objek Penelitian	19
B. Variabel Penelitian	19
C. Alat dan Bahan	19
D. Setting Penelitian	20
E. Prosedur Penelitian	20
F. Teknik Analisa Data	23
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	
A. Uji Kuat Tekan Beton	
1. Matriks dari campuran semen - limbah abu	27
2. Matriks dari campuran semen - limbah karbonisasi	27
B. Uji Ekstraksi Kimia Bertahap	
1. Fraksi Pertama	33
2. Fraksi Kedua	34
3. Fraksi Ketiga	36
4. Fraksi Keempat	37
5. Fraksi Kelima	38
C. Uji Peluluhan	
1. Uji TCLP Standar Terhadap Matriks Semen/Limbah	40
2. Uji TCLP Progresif dan TCLP Modifikasi Progresif Terhadap Matriks Semen/Limbah	40

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

A. Simpulan43

B. Saran43

DAFTAR PUSTAKA44

LAMPIRAN47

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1. Kuat tekan beton matriks Semen/Limbah Bulu Ayam Diabukan	27
Tabel 2. Kuat Tekan Beton Matriks Semen/Limbah Dikarbonisasi	28
Tabel 3. Hasil Peluluhan Zink pada Ekstraksi Bertahap	30
Tabel 4. Hasil Peluluhan Zink pad TCLP Progresif dan TCLP Modifikasi	41
Tabel 5. Data Absorbansi Larutan Zink	48
Tabel 6. Data Perhitungan Nilai X dan Y	49
Tabel 7. Data Absorbansi dan Konsentrasi Zink Terluluh pada TCLP Standar, TCLP Progresif, dan TCLP Modifikasi	53
Tabel 8. Data Kuat Tekan Matriks Semen/Limbah Abu Bulu Ayam	56
Tabel 9. Data Kuat Tekan Matriks Semen/Limbah Karbonisasi Bulu Ayam	58
Tabel 10. Harga r untuk Taraf Signifikansi 5% dan 1%	60
Tabel 11. Nilai Angka Banding Variansi F dengan Taraf Signifikansi 5% dan 1%	61

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1. Susunan pada Bulu Ayam	6
Gambar 2. Mikrograf Transmisi Elektron Bulu Burung <i>Poephila Guttata</i>	7
Gambar 3. Grafik Ekstraksi Bertahap	31
Gambar 4. Skema Kerja Penelitian	47
Gambar 5. Grafik Absorbansi vs Konsentrasi Logam Zink	48

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1. Skema Kerja Penelitian	47
Lampiran 2. Penentuan Garis Regresi Linear Larutan Standar Zink	48
Lampiran 3. Perhitungan Konsentrasi Logam Zink Terluluh pada TCLP Standar, TCLP Progresif, dan TCLP Modifikasi	53
Lampiran 4. Perhitungan Kuat Tekan Matriks Semen dengan Limbah Bulu Ayam	56
Lampiran 5. Harga r untuk Taraf Signifikansi 5% dan 1%	60
Lampiran 6. Nilai Angka Banding Variansi F dengan Taraf Signifikansi 5% dan 1%	61
Lampiran 7. Hasil Analisis Spektroskopi Serapan Atom	62

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang Masalah

Bulu ayam merupakan limbah hewani yang biasanya berasal dari industri yang menggunakan ayam sebagai bahan dasarnya, misalnya saja tempat pemotongan ayam. Semakin besar tingkat konsumsi masyarakat Indonesia terhadap ayam berdampak dengan semakin banyaknya limbah bulu ayam yang dihasilkan, apalagi saat ini banyak rumah makan yang dapat kita temui di sekitar kita terutama yang salah satu menuhnya menggunakan ayam sebagai bahan utamanya. Limbah bulu ayam yang merupakan produk sisa tersebut biasanya dimanfaatkan oleh masyarakat untuk dijadikan hiasan dan kemoceng, sedangkan sisanya akan dibuang kembali dan dimusnahkan dengan cara membakarnya. Hal ini berarti hanya sebagian saja bulu ayam yang dapat dimanfaatkan dan sisanya tetap terbang percuma. Kita tidak tahu dampak jangka panjang apa yang akan terjadi selama bulu ayam atau abu bulu ayam sisa pembakaran dibiarkan menumpuk di suatu tempat.

Bulu ayam merupakan bagian terluar dari tubuh ayam yang menutupi hampir seluruh bagian tubuh, selain berfungsi sebagai perlindungan bagi ayam juga berguna untuk memperindah bentuk tubuh ayam. Bulu ayam merupakan suatu material makhluk hidup yang tersusun oleh suatu senyawa yang disebut keratin yang perbandingannya adalah 91% protein (keratin), 1% lemak, dan 8% air (Jeffrey, 2006). Keratin merupakan suatu jenis protein yang biasanya terdapat dalam wool, kulit, rambut manusia, dan sebagainya. Bulu halus dari bulu unggas dikatakan memiliki kesamaan struktur dengan sarang lebah, yaitu memiliki struktur heksagonal yang mempunyai resistensi yang tinggi terhadap daya tekan (Gibon, 2005). Bulu ayam memiliki sifat yang unik, termasuk massa jenis relatif yang rendah, tingkat pemanasan yang baik, dan sifat mengisolasinya yang secara menguntungkan dapat

digunakan untuk membuat sejumlah aplikasi yang dapat digunakan sebagai alternatif untuk olahan makanan dari bulu dan pembuangan bulu (Jeffrey, 2006).

Unggas melakukan sekresi logam berat ketika dalam masa pertumbuhan bulu hingga perontokan. Bulu kemudian terisolasi dari seluruh tubuh, yang menunjukkan bahwa bulu berisi informasi mengenai peredaran konsentrasi logam berat dalam darah pada saat perkembangannya (Jaspers, 2004). Bulu tersebut dapat digunakan untuk mengetahui jenis logam apa saja dan kadarnya dengan melakukan serangkaian uji kimia terhadap bulu. Wang (2008) menyatakan bahwa konsentrasi kromium, mangan, nikel, tembaga, zink, arsenik, cadmium, dan timah ditemukan dalam bulu halus burung Egrets dewasa (*Egretta garzetta*) dan Bangau Tambak Cina (*Ardeola bacchus*) dari lima lokasi di Provinsi Fujian dan satunya dari Provinsi Guangdong. Umumnya pada kedua spesies, kandungan logam berat (secara berurutan dari besar ke kecil) adalah zink, krom, tembaga, timbal, arsen dan kadmium.

Solidifikasi/stabilisasi (S/S) merupakan sebuah proses yang melibatkan pencampuran limbah dengan pengikat untuk mengurangi pelepasan kontaminasi secara fisika dan kimia. Prosesnya adalah dengan mengubah limbah berbahaya menjadi suatu bentuk limbah yang dapat diterima lingkungan agar dapat dibuang secara aman atau diunakan dalam hal pembangunan (Ganjidoust, 2009). Solidifikasi/stabilisasi (S/S) bertujuan untuk membentuk padatan yang mudah penanganannya dan meminimalisir peluluhan kontaminan ke lingkungan yang nantinya akan menghasilkan suatu produk yang tidak berbahaya bagi lingkungan.

Untuk mengetahui apakah solidifikasi tersebut berpengaruh terhadap amobilisasi zink pada limbah bulu ayam, maka dilakukan uji *Toxicity characteristic leaching procedure* (TCLP) yang merupakan metode ekstraksi sampel tanah secara kimia yang digunakan sebagai metode analisis untuk menyimulasikan peluluhan yang terjadi pada tempat pembuangan sampah dan biasanya digunakan untuk menguji tingkat berbahaya suatu limbah. Metode ini umum digunakan di Amerika Serikat untuk

menilai toksisitas polutan di lingkungan. Metode ini dikembangkan oleh *United States Environmental Protection Agency* (USEPA) sebagai dasar untuk diberlakukannya ketersediaan standar teknologi pengelolaan yang terbaik (Yefang, 2006). Selain menggunakan metode TCLP untuk mengetahui tingkat peluluhan zink dari matriks beton, juga digunakan metode *sequential extraction* (ekstraksi bertahap) yang dikembangkan oleh Tessier (1979) untuk memperkirakan kemungkinan fraksi geokimia yang relatif penting terdapat dalam sampel yang diuji. Fraksi geokimia utama yang umumnya diuji adalah yang dapat ditukar, terikat karbonat, terikat dengan besi dan mangan oksida, terikat pada bahan organik dan fraksi residu.

B. Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas maka dapat diidentifikasi beberapa hal untuk mengatasi masalah terkait sebagai berikut.

1. Bulu ayam mengandung berbagai logam berat.
2. Metode untuk amobilisasi logam berat
3. Uji peluluhan logam berat dalam matriks semen/limbah.
4. Uji fraksi geokimia dalam matriks semen/limbah

C. Pembatasan Masalah

Dalam penelitian ini digunakan pembatasan masalah sebagai berikut.

1. Logam berat dalam bulu ayam yang dipelajari adalah zink.
2. Metode yang digunakan untuk amobilisasi logam berat adalah solidifikasi/stabilisasi (S/S).
3. Uji peluluhan zink dalam matriks semen/limbah yang digunakan adalah TCLP standar, TCLP progresif, dan TCLP modifikasi.

4. Uji fraksi geokimia dalam matriks semen/limbah yang digunakan adalah ekstraksi bertahap.

D. Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang dapat diidentifikasi beberapa masalah sebagai berikut.

1. Berapakah kadar zink dalam berbagai fraksi pada metode ekstraksi bertahap dari matriks semen/limbah ?
2. Berapakah kadar zink yang terluluh dari matriks semen/limbah ?
3. Bagaimanakah pengaruh penambahan bulu ayam terhadap kuat tekan matriks semen/limbah ?

E. Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian adalah sebagai berikut.

1. Mengetahui kadar zink pada matriks semen/limbah yang terekstrak dengan menggunakan metode ekstraksi bertahap.
2. Mengetahui kadar zink yang terluluh pada matriks semen/limbah dengan menggunakan uji peluluhan yaitu TCLP standar, TCLP progresif, dan TCLP modifikasi.
3. Mengetahui rasio penambahan bulu ayam yang memberikan kuat tekan matriks semen paling besar.

F. Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Menambah pengetahuan mengenai pengaruh penambahan bulu ayam terhadap daya tekan matriks beton.
2. Menambah pengetahuan tentang stabilisasi zink oleh semen Portland
3. Memberikan alternatif penanganan limbah menurut metode solidifikasi /stabilisasi.

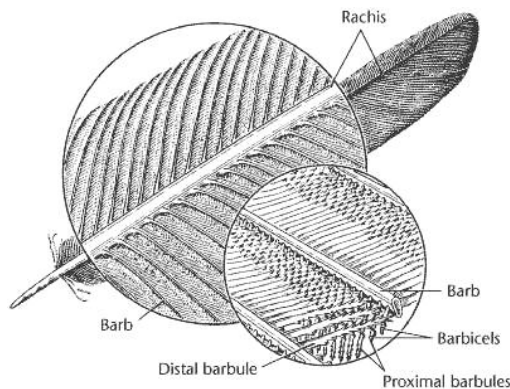
BAB II

KAJIAN PUSTAKA

A. Deskripsi Teori

1. Bulu Ayam

Bulu merupakan ciri khusus yang dimiliki oleh bangsa unggas dan berperan penting secara fisiologis dan fungsional. Bulu merupakan pembeda antara bangsa aves dengan jenis vertebrata lainnya. Sebagian besar burung dewasa ditutupi bulu diseluruh bagian tubuhnya, kecuali pada paruhnya, mata, dan kaki. Bulu – bulu tersebut tidak hanya memberikan kemampuan dalam hal penerbangan, tetapi juga sangat berguna dalam hal pengaturan suhu tubuh. Bulu tersusun sangat teratur, dengan struktur tangga bercabang, unggas merupakan golongan vertebrata yang memiliki struktur keratin yang paling kompleks (Yu, 2002). Susunan pada penampang bulu ayam dapat dilihat pada Gambar 1.

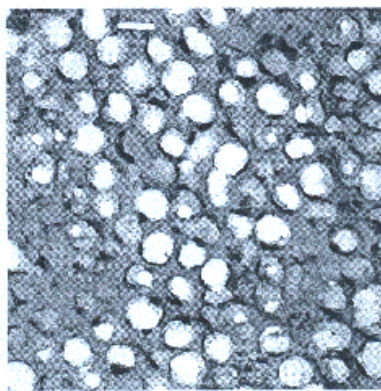


Gambar 1. Susunan pada Bulu Ayam

Folikel bulu tersusun secara teratur dalam suatu baris atau saluran. Folikel berkemungkinan untuk menghasilkan bulu seumur hidup ayam. Pergantian bulu biasanya terjadi dalam dua kali setahun, tetapi dapat hanya sekali setiap dua tahun,

tergantung pada lingkungan, sumber makanan, usia, dan faktor lainnya. Bulu juga dapat tumbuh kembali untuk menggantikan bulu yang hilang karena cedera (Jeffrey, 2006).

Sekitar setengah dari bagian bulu ayam terdiri bulu halus dan setengah bagian yang lain merupakan bagian selubung bulu yang menjadi inti pusat bulu dengan struktur tabung hampa. Bagian bulu halus dan selubung bulu tersebut terbuat dari keratin (sekitar 90% dari beratnya), yang tidak larut. Protein dengan ketahanan tinggi ditemukan pada rambut, kuku, dan tanduk binatang. Keratin pada bulu ayam sebagian besar terdiri dari terdiri sistein, glisin, prolin, dan serin serta hampir tidak mengandung histidin, lisin, atau metionin. Struktur keratin yang merupakan komponen utama penyusun bulu ayam mempengaruhi ketahanan kimianya, karena adanya ikatan silang yang luas antara asam amino dan ikatan kovalent antara masing – masing struktur menunjukkan bahwa keratin menunjukkan daya tahan yang baik dan ketahan terhadap degradasi. Karakteristik unik dari keratin bahkan telah menimbulkan ketertarikan untuk meneliti kegunaan limbah bulu ayam sebagai salah satu apikasi yang potensial karena kegunaan keratin yang dapat berfungsi sebagai penguat plastik hingga *microchip*. Mikrograf transmisi elektron bulu burung *Poephila guttata* dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Mikrograf Transmisi Elektron Bulu Burung *Poephila Guttata* (Richard, 1999)

2. Logam Berat

Sifat mobilitas suatu logam berat berkaitan dengan gerakan senyawa - senyawa berbahaya yang berada di dalam tanah ke aliran air tanah dan efek yang ditimbulkan apabila terjadi suatu kontak dengan material biologi. Pelepasan logam berat yang terjadi berkaitan dengan efek kontak fisik yang terjadi dengan kontaminan, termasuk kemungkinan masuknya kontaminan ke dalam material. *Department for Environment Food and Rural Affairs* (DEFRA) menjelaskan bahwa terlalu lama terpapar logam berat seperti kadmium, tembaga, timah, nikel, dan zink dapat menyebabkan efek kesehatan yang tentunya dapat merugikan manusia.

Risiko terkontaminasi suatu logam berat dapat diasumsikan menggunakan hasil bagi *hazard* (HQ) ,yang merupakan rasio rata-rata dosis harian (ADD, miligram per kilogram per hari) dari suatu bahan kimia berdasarkan dosis referensi (RfD, miligram per kilogram per hari)

$$HQ = \frac{ADD}{RfD}$$

Jika $HQ > 1,00$ berarti ADD dari logam tertentu melebihi RfD, yang menunjukkan bahwa adanya potensi risiko yang terkait dengan logam tersebut.

3. Zink

Zink adalah logam putih kebiruan, cukup mudah ditempa dan liat pada temperatur 110°C – 150°C. Melebur pada temperatur 410°C dan mendidih pada 906°C. Logam murni, melarut sangat lambat dalam asam dan alkali, adanya zat-zat pencemar dihasilkan oleh penambahan beberapa tetes larutan garam dari logam-logam ini atau melalui kontak dengan platinum atau tembaga. Zink membentuk hanya satu seri garam, garam-garam ini mengandung kation zink(II), yang diturunkan dari zink oksida, ZnO (Vogel, 1985).

Zink termasuk sebagai mineral mikronutrien, artinya logam ini dibutuhkan sebagai nutrien yang esensial oleh organisme dalam jumlah yang relatif sedikit. Kadar zink yang tinggi dapat bersifat racun dan dapat menyebabkan gangguan metabolisme Fe dan Cu, gejala *teratoma*, *ledygioma*, *seminoma*, serta *chorioepithelioma* (Originawati, 2002).

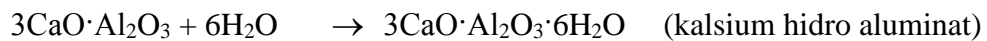
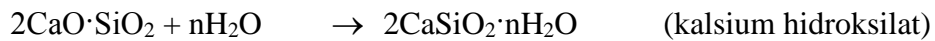
Agency for Toxic Substance and Disease Registry (ATDSR) menjelaskan bahwa zink klorida adalah bahan utama dalam bom asap yang digunakan untuk membubarkan orang-orang, dalam latihan pemadam kebakaran (baik oleh masyarakat militer dan sipil), dan oleh militer untuk tujuan *skrining*. Zink klorida, zink sulfat, zink oksida, dan zink sulfida biasa digunakan dalam kedokteran gigi, obat-obat, dan peralatan rumah tangga.

4. Metode Solidifikasi/Stabilisasi

Semen adalah *hydrolic binder* (perekat hidraulis) yaitu senyawa - senyawa yang terkandung di dalam semen tersebut dapat bereaksi dengan air dan membentuk zat baru yang bersifat sebagai perekat terhadap batuan, hal itulah yang menyebabkan sifat semen dapat mengeras apabila dicampur dengan air dan sifatnya yang tidak larut dalam air. Semen Portland adalah bahan pengikat organik yang sangat penting dipakai dalam bangunan - bangunan pada masa kini. Semen Portland adalah bahan pengikat hidrolik (*hydrolic bending agent*) yang artinya dapat mengeras dengan adanya air (bila dicampur dengan air). Pengerasan adalah suatu proses kimia dimana terbentuk senyawa baru. Proses pengerasan semen terjadi dalam 2 tahap sebagai berikut.

a. Tahap I (Tahap Pendahuluan)

Bila butir - butir semen mengalami kontak dengan air, maka lapisan permukaan dari mineral - mineral yang terdapat di dalam semen mulai bereaksi dengannya secara kimia. C_2S mengalami hidrolisis dan hidrasi diiringi dengan pembentukan 2 senyawa baru



Senyawa - senyawa hidrat yang terbentuk menyebabkan senyawa - senyawa menjadi sukar larut, terutama senyawa kalsium hidroksilat. Proses hidrasi dari senyawa - senyawa kalsium hanya terjadi secara intensif pada waktu diawal terjadi pengikatan. Tertahannya penetrasi air ke dalam lapisan yang lebih dalam dari partikel semen menyebabkan interaksi antara air oleh senyawa - senyawa kompleks dalam semen berkurang sehingga proses berjalan dengan lambat (Putu, 2002).

b. Tahap II (Peristiwa Kolidal)

Tahap ini terjadi peristiwa kolidal pada saat $\text{Ca}(\text{OH})_2$ menjadi jernih, senyawa - senyawa hidrat yang terurai menjadi sukar larut dan tinggal dalam keadaan kolidal atau gel. Proses reaksi hidrasi selanjutnya yang terjadi $3\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$ dan menghasilkan kalsium silikat hidrat dengan volum lebih dari dua kali volum semen. Kalsium silikat hidrat ini mengisi rongga kemudian membentuk titik kontak yang menghasilkan kekakuan. Tahap berikutnya terjadi konsentrasi dari kalsium silikat hidrat yang membuat pasta menjadi kaku dan proses pengerasan mulai terjadi.

Solidifikasi/stabilisasi (S/S) dapat digunakan untuk menyetabilkan logam berat dalam tanah terkontaminasi dengan cara penambahan apatit (kalsium fosfat) dan semen sebagai agen solidifikasi. Kombinasi (S/S) tersebut akan mereduksi mobilitas logam berat dalam tanah, sehingga hanya sebagian kecil logam berat yang diluluhkan, bahkan apabila tanah tersebut dihancurkan. Solidifikasi/stabilisasi (S/S) limbah menggunakan semen merupakan salah satu alternatif pengolahan limbah dengan tujuan untuk mengurangi pencemaran logam berat ke dalam lingkungan. Teknologi solidifikasi/stabilisasi limbah didasarkan pada interaksi limbah membentuk padatan limbah baik secara fisik maupun kimiawi. Semen, kapur, silika terlarut merupakan bahan yang sering digunakan pada solidifikasi/stabilisasi limbah. Semen portland

digunakan sebagai matrik solidifikasi karena semen banyak digunakan dalam dunia perdagangan maupun penelitian.

Environmental Protection Agency (EPA) menjelaskan bahwa solidifikasi mengacu pada proses enkapsulasi suatu limbah untuk membentuk suatu material padatan dan untuk membatasi perpindahan kontaminan dengan mengurangi luas permukaan yang terkena peluluhan atau dengan cara melapisi limbah tersebut dengan bahan yang memiliki permeabilitas rendah. Solidifikasi dapat dilakukan dengan reaksi kimia antara limbah dan reagen pengikat atau melalui proses secara mekanik. Pemadatan partikel limbah halus disebut sebagai mikroenkapsulasi, sedangkan pemadatan blok besar atau wadah limbah disebut sebagai makroenkapsulasi. Proses stabilisasi mengacu pada proses yang melibatkan reaksi kimia yang mengurangi pelindian dari limbah. Stabilisasi kimia mengamobilisasi bahan berbahaya atau mengurangi kelarutannya melalui reaksi kimia. Sifat fisik limbah mungkin atau tidak mungkin dapat diubah melalui proses ini.

5. Matriks Semen

Struktur bangunan pada saat ini tidak terlepas dari apa yang dinamakan beton, pekerjaan beton sangat mudah dijumpai dalam setiap kegiatan pembangunan konstruksi yang mana beton digunakan untuk setiap proyek pembangunan diantaranya konstruksi jalan, jembatan, perumahan, bangunan gedung, bendungan dan saluran irigasi. Beton saat ini banyak digunakan dalam suatu kegiatan proyek konstruksi yang mana beton lebih mudah dibentuk dalam pengerjaannya, bahan - bahan mudah didapat, mudah perawatannya dan tentunya harga lebih murah dari pada konstruksi baja (Rijal, 2012). Beton umumnya terdiri dari kurang lebih 15% semen, 8% air, 3% udara, selebihnya pasir dan kerikil (Aris, 2014).

Kekuatan beton tergantung dari beberapa faktor yaitu proporsi campuran, kondisi temperatur dan kelembapan tempat dimana beton akan mengeras. Untuk memperoleh beton dengan kekuatan seperti yang diinginkan, maka beton yang baru terhidrasi

selama satu hari perlu dilakukan perawatan atau *curing*, dengan tujuan agar proses hidrasi pada semen berjalan dengan sempurna. Pada proses hidrasi semen dibutuhkan kondisi dengan kelembaban tertentu. Apabila beton terlalu cepat mengering, maka akan timbul retak - retak pada permukaannya. Retak - retak ini akan menyebabkan kekuatan beton menurun, juga akibat kegagalan mencapai reaksi hidrasi kimiawi penuh. Menurut Pratikno (2009) ada beberapa cara yang dapat dilakukan untuk perawatan beton, antara lain seperti berikut ini.

- a. Beton dibasahi air secara terus menerus
 - b. Beton direndam dalam air
 - c. Beton ditutup dengan karung basah
 - d. Dengan menggunakan perawatan gabungan acuan membran cair untuk mempertahankan uap air semula dari beton basah
 - e. Perawatan uap untuk beton yang dihasilkan dari kondisi pabrik, seperti beton pracetak, tiang, girder pratekan, dan sebagainya. Temperatur perawatan sekitar 150°F.
6. Uji tekan beton

Kuat tekan beton diukur dengan silinder beton berdiameter 150 mm dan tinggi 300 mm atau dengan kubus beton berukuran 150 mm × 150 mm × 150 mm (Pratikno, 2009). Kuat tekan beton beton normal antara 20 - 30 Mpa, untuk beton prategang kuat tekannya 35 - 42 Mpa, untuk beton mutu tinggi *ready mix* kuat tekannya dapat mencapai 70 MPa biasanya digunakan untuk kolom - kolom di tingkat bawah pada bangunan tinggi.

Kuat tekan beton dipengaruhi oleh hal – hal berikut ini.

- a. Faktor air semen (*water cement ratio* = w/c), semakin kecil nilai faktor air semen maka dengan jumlah air sedikit akan dihasilkan kuat tekan beton yang besar.
- b. Sifat dan jenis agregat yang digunakan, semakin tinggi tingkat kekerasan agregat yang digunakan maka akan dihasilkan kuat tekan beton yang tinggi.
- c. Jenis campuran
- d. Keleccakan (*workability*), untuk mengukur tingkat keleccakan atau *workability* adukan dilakukan dengan menggunakan percobaan *slump*, yaitu dengan menggunakan cetakan kerucut terpancung dengan tinggi 300 mm diisi dengan campuran beton segar, beton dipadatkan selapis demi selapis, kemudian cetakan diangkat. Pengukuran dilakukan terhadap merosotnya adukan dari puncak beton basah sebelum cetakan dibuka (disebut nilai *slump*).
- e. Perawatan (*curing*) beton, setelah 1 jam beton dituang atau dicor maka di sekeliling beton perlu ditutup dengan karung goni basah, agar air dalam adukan beton tidak cepat menguap. Apabila tidak dilakukan perawatan ini, maka kuat tekan beton akan turun.

7. *Sequential Extraction Procedure*

Teori di balik *sequential extraction procedure* adalah bahwa logam yang paling bersifat mudah berpindah maka akan dihapus dalam fraksi pertama dan terus pada fraksi selanjutnya dalam rangka penurunan mobilitas tersebut. Fraksi yang ada dalam ekstraksi bertahap ini yaitu tertukar, terikat pada karbonat, terikat pada besi dan mangan oksida, terikat pada bahan organik, dan residu (Tessier, 1979). Literatur lainnya menuliskan sebagai fraksi yang mudah tertukar, diserap secara lemah, terikat pada hidrous oksida, terikat pada organik, dan komponen bahan kisi (Maiz, 2000). Logam input antropogenik biasanya cenderung berada dalam empat fraksi pertama

dan logam yang ditemukan pada fraksi sisa adalah logam yang terjadi secara alami di batuan induk.

Ekstraksi bertahap memiliki kontroversi yang berkaitan dengan tidak selektifnya suatu reagen yang digunakan dalam proses ini, karena dapat merubah karakteristik kimia dari permukaan sedimen yang diuji, dan potensi suatu logam untuk terdistribusi kembali diantara sisa waktu fraksi selama proses ekstraksi terjadi dengan cara logam ini terserap ke permukaan yang baru saja terpapar.

Baik komposisi tanah dan ketersediaan logam di alam memainkan peran yang besar dalam hal jumlah redistribusi yang terjadi disebabkan oleh ketersediaan tempat untuk berikatan dan variasi kuatnya ikatan (Amanda, 2010).

8. *Toxic Characteristic Leaching Procedure*

Toxic Characteristic Leaching Procedure (TCLP), merupakan salah satu uji karakteristik toksisitas terhadap suatu limbah atau bahan pencemar, karakteristik yang dimaksud adalah karakteristik *leaching*. *Leaching* atau pelindihan adalah proses pencucian bahan pencemar oleh air hujan secara alami, jika suatu sampah atau limbah berada di tempat pembuangan sampah lalu terkena panas dan hujan, maka pada saat terjadi hujan bahan – bahan yang terkandung di dalam sampah atau limbah akan tercuci oleh air hujan dan akhirnya masuk kedalam lingkungan tanah. Bahan yang biasanya larut dalam air hujan tersebut mengandung senyawa logam berat dan sejenisnya, sehingga jika masuk kedalam sistem lingkungan tanah akan menyebabkan pencemaran terutama terhadap air tanah. TCLP merupakan uji yang standar bagi limbah untuk mengetahui kecepatan dari proses pelindihan dan senyawa yang terkandung dalam air lindi (atau air pencuci yang mengandung senyawa yang berasal dari limbah). TCLP biasanya menyimulasikan suatu tumpukan sampah atau limbah yang tercuci oleh air hujan yang biasanya bersifat asam dengan pH kisaran 4 hingga 5.

Uji TCLP digunakan sebagai penentuan salah satu sifat berbahaya (beracun) suatu limbah, selain itu juga dapat diterapkan dalam hal mengevaluasi produk *pretreatment* limbah sebelum ditimbun dalam tanah, yaitu dalam proses solidifikasi/stabilisasi (S/S). TCLP memiliki sasaran untuk membatasi adanya lindi (peluluhan) berbahaya yang dihasilkan dari penimbunan (*landfilling*) setelah limbah disolidifikasi/stabilisasi.

9. Spektroskopi Serapan Atom

Spektrometri merupakan suatu jenis metode analisis kuantitatif yang pengukurannya berdasarkan dari banyaknya radiasi yang dihasilkan atau yang diserap oleh spesi atom atau molekul analit, dimana salah satu bagian dari spektrometri ialah spektrometri serapan atom (SSA). Spektroskopi serapan atom merupakan suatu jenis metode analisis unsur secara kuantitatif yang pengukurannya berdasarkan penyerapan cahaya dengan panjang gelombang tertentu oleh atom logam dalam keadaan bebas.

Alat spektrofotometer serapan atom pada intinya terdiri atas lima bagian utama yaitu sumber radiasi (biasanya lampu katoda cekung), sistem pengatoman, monokromator, detektor, dan sistem pembacaan. Rincian alat spektroskopi serapan atom secara ringkas dijelaskan sebagai berikut.

- a. Sumber radiasi yaitu bagian untuk menghasilkan sinar yang energinya dapat diserap oleh atom-atom unsur yang dianalisis. Sumber radiasi yang digunakan umumnya lampu katoda cekung (*hallow chatode lamp*).
- b. Sistem pengatoman yaitu bagian untuk menghasilkan atom-atom bebas, karena pada blok ini senyawa yang akan dianalisis ditempatkan, diubah bentuknya dari bentuk ion menjadi bentuk atom bebas.
- c. Monokromator yaitu bagian yang berfungsi untuk mengisolasi salah satu garis resonansi dari beberapa spektrum yang dihasilkan oleh lampu katoda cekung.

- d. Detektor yaitu bagian yang berfungsi mengubah tenaga sinar menjadi tenaga listrik dimana tenaga listrik yang dihasilkan akan dipergunakan untuk mendapatkan sesuatu yang akan dibaca oleh mata atau alat pencatat yang lain.
- e. Sistem pembacaan merupakan bagian yang menampilkan suatu angka atau gambar yang dapat dibaca. Alat yang umum adalah angka yang dapat dibaca pada monitor yang seterusnya dapat dicetak dengan *printer* (pencetak data). Untuk membaca dilakukan dengan menggunakan berbagai tombol pengatur yang berada pada papan pembaca (tabs) (Skoog, 2004).

B. Penelitian yang Relevan

Jurnal yang berjudul *Mechanical Properties of Concrete added with Chicken Rachis as Reinforcement* oleh Ezahtul Shahreen Ab Wahab dan Siti Fatimah Che Osmi (2012) menunjukkan bahwa adanya kemungkinan dalam penggunaan bagian selubung bulu ayam sebagai campuran dalam pembuatan beton. Penelitian menggunakan dua persentase yang berbeda dari bulu ayam yang ditambahkan untuk digunakan sebagai campuran dalam beton polos yaitu terdiri dari 1 % dan 2 % dari total berat semen. Beton dengan kelas 30 dibentuk dengan menggunakan bagian selubung bulu ayam yang berfungsi sebagai bahan aditif. Pengujian terhadap beton yang dilakukan adalah uji mekanik dan kuat tarik. Perbandingan dibuat dari nilai-nilai yang didapatkan dari uji ini (beton dengan campuran bagian tulang bulu ayam) dan spesimen kontrol (tanpa bagian tulang bulu ayam). Hasil penelitian menunjukkan kenaikan pada kekuatan untuk semua tes mekanik dilakukan dengan menggunakan beton ditambah dengan 1 % bagian tulang bulu ayam dibandingkan dengan yang menggunakan penambahan 2 % bagian tulang bulu ayam dan spesimen kontrol.

Menandro N. Acda (2010) pada jurnal penelitiannya yang berjudul *Waste Chicken Feather as Reinforcement in Cement-Bonded Composites* menunjukkan bahwa campuran semen dengan bulu yang mengandung serat bulu atau bulu dasar sebanyak 5% hingga 10% pada rasio air dengan semen menunjukkan kemampuan

daya tahan terhadap beban yang baik, yang memungkinkan pembentukan pasta yang dilapisi semua serat bulu atau partikel dengan semen. Kemampuan daya tahan beton campuran dari bulu ayam tersebut mengalami penurunan yang signifikan apabila mengandung serat bulu atau bulu dasar sebanyak 15% hingga 20%, hal ini dikarenakan adanya suatu kecenderungan adanya serat - serat pendek dari bulu ayam yang saling membentuk gumpalan dan melekat satu sama lain. Masalah mengenai hal ini juga dicatat oleh Chung (2005), pada jurnalnya yang berjudul *Dispersion of Short Fibers in Cement*. Menunjukkan bahwa limbah bulu ayam dapat digunakan sebagai penguat dalam komposit semen terikat tetapi campuran bulu yang dibutuhkan hanya sekitar 10%. Papan yang berisi campuran 5% sampai 10% bulu halus atau bulu dasar memiliki hasil yang sama bila dibandingkan dalam hal kekakuan dan kekuatan properti dengan papan serat semen yang komersil dengan ketebalan dan kepadatan yang sama. Meningkatkan proporsi bulu ayam di atas 10% mengakibatkan penurunan yang signifikan dari *modulus of elasticity* (MOE), *modulus of rupture* (MOR), dan penurunan stabilitas dimensi.

Jurnal penelitian Ortego (1990) yang berjudul *Spectroscopic and Leaching Studies of Solidified Toxic Metal* menunjukkan bahwa ikatan yang terbentuk oleh logam pada saat logam tersebut distabilkan dengan semen dan ketika dilakukan analisis dengan *Fourier Transform Infrared Spectroscopy* (FTIR) didapatkan beberapa kesimpulan terutama mengenai zink yang ternyata mempunyai efek negatif terhadap proses hidrasi yaitu berkemungkinan akan terjadi proses pembentukan zink karbonat, yang akan menghambat proses hidrasi.

C. Kerangka Berpikir

Limbah bulu ayam merupakan hal yang tidak dapat dihindari keberadaannya karena semakin banyaknya konsumsi masyarakat terhadap ayam sehingga menyebabkan industri pemotongan ayam bertambah. Penelitian ini menggunakan bulu ayam sebagai bahan campuran pembuatan matriks semen/limbah dimaksudkan

untuk menambah nilai guna bulu ayam tersebut karena selama ini hanya dimanfaatkan sebagai bahan tambahan pada makanan ternak dan hiasan. Sampel bulu ayam diambil dari industri pemotongan bulu ayam yang berada di sekitar jalan Kabupaten Sleman. Bulu ayam selanjutnya dicuci hingga bersih lalu dibagi menjadi 2 sampel yaitu bulu ayam yang dikarbonisasi dan diabukan, masing – masing sampel tersebut dibuat persentase dengan campuran semen secara trial and error sebagai bahan pembentuk matriks beton lalu dilakukan uji tekan beton. Matriks dari campuran semen dan sampel dengan nilai uji tekan yang lebih tinggi daripada matriks tanpa limbah maka akan masuk ke tahap uji secara kimia, yaitu secara ekstraksi bertahap (ada 5 tahapan), TCLP standar, TCLP progresif, dan TCLP modifikasi progresif. Tahap uji secara kimia tersebut memiliki tujuan yang sama yaitu untuk mengetahui kadar logam berat zink yang terluluh dari sampel uji matriks semen/limbah yang telah dibuat.

BAB III

METODE PENELITIAN

A. Subjek dan Objek Penelitian

Objek dari penelitian ini adalah : stabilisasi zink menggunakan semen Portland.

Subjek dari penelitian ini adalah : stabilisasi zink menggunakan semen Portland.

B. Variabel Penelitian

Variabel bebas dalam penelitian ini adalah perbandingan limbah bulu ayam terhadap semen untuk membuat matriks, jenis zat luluh dalam uji peluluhan, dan jenis metode peluluhan.

Variabel terikat dalam penelitian ini adalah kuat tekan matriks semen dan matriks semen/limbah serta kadar zink dari matriks semen/limbah pada ekstraksi bertahap dan TCLP.

Variabel kontrol dalam penelitian ini adalah matriks semen tanpa diberi tambahan limbah bulu ayam.

C. Alat dan Bahan

Bahan

1. Limbah bulu ayam
2. Semen Portland (semen Gresik)
3. Deterjen
4. Air hujan
5. HNO_3 pekat (p.a. Merck)
6. Larutan CH_3COOH pekat (p.a. Merck)
7. HClO_4 pekat (p.a. Merck)
8. H_2O_2 30% (p.a. Merck)
9. MgCl_2 0,5 M (p.a. Merck)
10. CH_3COONa 1 M (p.a. Merck)

11. $\text{NH}_2\text{OH}.\text{HCl}$ 0,04 M (p.a. Merck)
12. $\text{CH}_3\text{COONH}_4$ 3,2 M (p.a. Merck)
13. Larutan buffer asam CH_3COONa 1 M (p.a. Merck)
14. Aquades
15. Kertas saring

Alat

1. Spektroskopi serapan atom *Hitachi Polarized Zeeman*
2. Alat penguji kuat tekan beton *Tecnotest Modena Italy* 150 KN
3. *Multy shaker* (Eyela)
4. *Mechanic stirrer* (Eyela Mazela Z)
5. Cetakan beton uji ukuran 5 cm x 5 cm x 5 cm
6. pH meter dan thermometer
7. Peralatan kaca

D. Tempat Penelitian

Penelitian dilakukan di Laboratorium Penelitian Kimia FMIPA Universitas Negeri Yogyakarta.

E. Prosedur Penelitian

1. Persiapan Sampel untuk Diarang
 - a. Bulu ayam yang telah dikumpulkan dicuci beberapa kali dengan deterjen untuk menghilangkan darah dan partikel – partikel lain yang menempel.
 - b. Bulu ayam ini lalu dikeringkan selama 3 hari.
 - c. Bulu ayam yang telah kering dipotong lalu dimasukkan dalam sebuah wadah (loyang) dan dipanaskan hingga warnanya berubah menjadi hitam dan mengeras.
 - d. Bulu ayam yang sudah diarangkan lalu dihancurkan menjadi serbuk dengan blender.

2. Preparasi Sampel untuk Pengabuan
 - a. Sampel bulu ayam yang sudah diarangkan (dikarbonan) dimasukkan ke dalam cawan porselin yang sudah diketahui beratnya.
 - b. Dimasukkan ke dalam *muffle* dan dipanaskan perlahan-lahan hingga suhu 700°C.
 - c. Sampel diabukan hingga mencapai berat yang konstan.
 - d. Cawan diambil, didinginkan, lalu abu dihaluskan.
3. Solidifikasi/Stabilisasi
 - a. Campuran antara persentase bulu ayam dengan campuran semen dibuat menjadi matriks. Sampel bulu ayam yang digunakan adalah 0%, 2,5%, 5%, 7,5%, 10%, 12,5% dan 15% (untuk abu bulu ayam) dan 0%, 0,0625%, 0,25%, 0,5%, 1%, 2%, 5% dan 7,5% (untuk bulu ayam yang dikarbonisasi).
 - b. Campuran dihidrasi dengan cara ditambahkan air dengan perbandingan 1:2 dari campuran semen.
 - c. Adonan dicampur manual dan dimasukkan ke dalam cetakan uji berukuran 5 cm x 5 cm x 5 cm.
 - d. Cetakan ditutup dan sampel dikeluarkan dari cetakan setelah 1 hari dan direndam sampel selama 28 hari.
 - e. Sampel diuji kuat tekan.
4. Pengujian Kuat Tekan Beton
 - a. Matriks beton diangkat dari rendaman, kemudian dianginkan atau dilap permukaannya hingga kering.
 - b. Pengujian kuat tekan dengan menggunakan mesin uji tekan beton.
 - c. Sampel beton diletakkan ke dalam alat penguji, lalu mesin dihidupkan dan secara perlahan sampel matriks ditekan oleh alat tekan beton.
 - d. Hasil kuat tekan beton tiap sampel dicatat.

5. Ekstraksi Kimia Bertahap

- a. *Fraksi 1* (zat yang mudah tertukar). Sampel diekstraksi dengan 0,5 M MgCl_2 pada pH 7 dengan perbandingan 1:8 dan dilakukan pengadukan kontinyu selama 5 jam pada temperatur kamar.
- b. *Fraksi 2* (pengikatan pada karbonat atau adsorben). Residu dari fraksi 1 diekstraksi dengan CH_3COONa 1 M (pH larutan dibuat 5 dengan menambah CH_3COOH) dengan perbandingan 1:8 dan dilakukan pengadukan kontinyu selama 5 jam pada temperatur kamar.
- c. *Fraksi 3* (pengikatan pada oksida besi). Residu dari fraksi 2 diekstraksi dengan $\text{NH}_2.\text{OH}.\text{HCl}$ 0,04 M dalam 25% (v/v) CH_3COOH dengan perbandingan 1:26 (pH larutan 2) disertai pengadukan sesekali selama 6 jam pada temperatur 96 °C.
- d. *Fraksi 4* (pengikatan zat organik/sulfida). Residu dari fraksi 3 diekstraksi dengan 30% H_2O_2 dengan perbandingan 1:20 (pH larutan 2) disertai pengadukan sesekali selama 6 jam pada temperatur 85°C, kemudian dilanjutkan ekstraksi dengan $\text{CH}_3\text{COONH}_4$ 3,2 M dalam 20% HNO_3 (v/v) dengan pengadukan kontinyu selama 30 menit.
- e. *Fraksi 5* (fraksi residu). Residu dari fraksi 4 dilarutkan dengan asam HNO_3 pekat dan HClO_4 pada temperatur 90-190 °C selama 18 jam.

6. Uji Peluluhan

TCLP standar

Sekitar 10 gram butiran partikel sampel berukuran ~100 mikrometer dimasukkan ke dalam Erlenmeyer, kemudian ditambahkan 200 ml larutan CH_3COONa 1 M (pH larutan dibuat 2 dengan ditambahkan CH_3COOH). Larutan disentrifus dengan kecepatan 29 rpm pada temperatur kamar selama 18 jam, setelah ekstraksi selesai, filtrat disaring dengan kertas Whatman. Hasil ekstraksi diukur pH-nya dan sebelum dianalisis dengan metode spektroskopi serapan atom (SSA) filtrat ditambah HNO_3 pekat sampai pH < 2.

TCLP progresif

Untuk mempelajari sifat peluluhan logam pencemar, perlu dilakukan analisis TCLP progresif. Analisis progresif dilakukan dalam lima tahap. Prosedur setiap tahapnya sama dengan prosedur pada analisis TCLP standar, setelah proses ekstraksi maka hasil ekstraksi diambil sedangkan residu yang diperoleh dimasukkan kembali ke dalam Erlenmeyer dan dilakukan pengulangan proses ekstraksi dengan pelarut yang baru.

TCLP modifikasi

Prosedur tahapan TCLP modifikasi sama dengan TCLP progresif dengan mengganti larutan peluluh buffer dengan air alami yaitu air tanah.

F. Teknik Analisis Data

1. Analisa Kuat Tekan Matriks Semen

Kuat tekan dari matriks uji dapat dianalisis dengan menggunakan rumus berikut :

$$\text{Kuat tekan} = \frac{\frac{A}{9,8} \times 1000}{L} \text{ kg/cm}^2$$

Keterangan : A = Pembacaan alat tecnotest (KN)

L = Luas matriks semen

2. Analisis Konsentrasi Zn

Metode yang digunakan untuk mengukur konsentrasi zink adalah dengan menggunakan spektroskopi serapan atom.

a. Penentuan Persamaan Garis Regresi

Persamaan garis regresi diperoleh dari data serapan dan konsentrasi larutan standar. Hubungan antara konsentrasi dan serapan larutan standar dinyatakan dengan persamaan garis regresi linear

$$Y=aX+b$$

Dengan ketentuan :

$$a = \frac{N(\sum XY) - (\sum X)(\sum Y)}{N(\sum X^2) - (\sum X)^2}$$

$$b = \frac{(\sum Y)(\sum X^2) - (\sum X)(\sum XY)}{N(\sum X^2) - (\sum X)^2}$$

Keterangan : X = konsentrasi

Y = absorbansi

a = slope

b = intersep

N = jumlah kasus

Untuk mengetahui ada tidaknya korelasi antara serapan dengan konsentrasi larutan standar dapat diuji dengan rumus korelasi *product moment*.

1) Uji korelasi dan signifikans antara X dan Y

$$r_{xy} = \frac{\sum xy}{\sqrt{(\sum x^2)(\sum y^2)}}$$

Dengan ketentuan

$$\begin{aligned}\sum x^2 &= \sum x^2 - \frac{(\sum x)^2}{N} \\ \sum y^2 &= \sum y^2 - \frac{\sum y^2}{N} \\ \sum xy &= \sum xy - \frac{(\sum x)(\sum y)}{N}\end{aligned}$$

Hubungan r_{xy} yang diperoleh dikonsultasikan dengan harga r_{xy} tabel dengan taraf signifikansi 1%. Jika r_{xy} hitung lebih besar dari r_{xy} tabel berarti ada korelasi yang signifikan antara serapan dengan konsentrasi.

2) Uji korelasi garis regresi

Linieritas garis regresi dari kurva standar diuji dengan uji F dengan rumus

$$F_{reg} = \frac{RK_{regresi}}{RK_{residu}}$$

Dengan ketentuan

$$\begin{aligned}RK_{regresi} &= \frac{JK_{reg}}{db_{reg}} \\ RK_{residu} &= \frac{JK_{res}}{db_{res}} \\ JK_{reg} &= \frac{(\sum xy)^2}{\sum x^2} \\ db_{reg} &= 1 \\ b &= \text{intersep} \\ JK_{reg} &= \sum y^2 - \frac{(\sum xy)^2}{\sum x^2} \\ db_{res} &= N - 2\end{aligned}$$

Harga F reg yang diperoleh dikonsultasikan dengan F reg tabel dg taraf signifikansi 1%. Jika harga F hasil perhitungan lebih besar dari F tabel berarti persamaan garis regresi memenuhi syarat linearitas, sehingga dapat digunakan untuk menentukan konsentrasi larutan cuplikan.

b. Penentuan Konsentrasi zink dalam Larutan Cuplikan

Konsentrasi zink dalam larutan cuplikan dapat ditentukan dengan cara mensubstitusi serapan larutan cuplikan ke dalam variabel Y dari persamaan regresi linier. Dengan demikian akan diperoleh harga X yang merupakan konsentrasi zink dalam larutan cuplikan tersebut

$$X = \frac{Y - b}{a}$$

Keterangan : X = konsentrasi dalam larutan cuplikan

Y = serapan larutan cuplikan

a = slope

b = intersep

BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

A. Uji Kuat Tekan Beton

1. Matriks dari Campuran Semen dan Bulu Ayam yang Diabukan

Matriks yang telah melalui proses curing selama 28 hari lalu diuji kuat tekannya, sehingga didapatkan hasil uji kuat tekan terhadap matriks yang terbuat dari campuran semen dan limbah bulu ayam diabukan yang disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Kuat Tekan Beton Matriks Semen/Limbah Bulu Ayam Diabukan

No.	Persentase limbah	Kuat tekan beton (kg/cm ²)
1	0,0 %	261,2245
2	2,5 %	208,1633
3	5,0 %	204,0816
4	7,5 %	195,9184
5	10,0 %	191,8367
6	12,5 %	171,4286
7	15,0 %	118,3673

2. Matriks dari Campuran Semen dan Bulu Ayam yang Dikarbonisasi

Pada penelitian ini, matriks semen/limbah yang terbuat dari campuran bulu ayam yang dikarbonisasi (diarangkan) pada persentase 5% dan 7,5% tidak dapat menghasilkan matriks yang dapat mengeras dengan baik, dimana dalam waktu hidrasi

1 x 24 jam tidak dapat mengeras tetapi hanya memadat, banyak pori – pori, lembab dan terlalu rapuh untuk dilepas dari cetakan. Sehingga dalam tabel ini untuk matriks semen/limbah dengan persentase 5% dan 7,5%, karena sifatnya yang terlalu rapuh maka tidak memungkinkan untuk dilakukan proses selanjutnya yaitu proses curing, dimana matriks semen/limbah yang mengeras (terhidrasi) direndam dalam air dalam waktu 28 hari.

Hasil uji kuat tekan terhadap matriks yang terbuat dari campuran semen dan limbah bulu ayam yang dikarbonisasi disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Kuat Tekan Beton Matriks Semen/Limbah Dikarbonisasi

No.	Persentase limbah	Kuat tekan beton (kg/cm ²)
1	0,0000 %	187,7551
2	0,0625 %	302,0408
3	0,2500 %	220,4082
4	0,5000 %	220,4082
5	1,0000 %	195,9184
6	2,0000 %	163,2653
7	2,5000 %	187,7551
8	5,0000 %	-
9	7,5000 %	-

Hasil uji kuat tekan matriks yang dapat dilihat pada Tabel 1 dan Tabel 2 maka dapat disimpulkan bahwa semakin banyak jumlah sampel bulu ayam (baik yang diabukan maupun dikarbonisasi) memiliki kesamaan yaitu menunjukkan penurunan kekuatan untuk menahan beban yang diberikan melalui uji tekan beton. Campuran

semen dengan bulu ayam dapat menghasilkan kemampuan daya tekan yang baik, yang menunjukkan adanya kemungkinan bahwa pembentukan pasta semen yang melapisi semua partikel atau serat bulu ayam. Daya tekan yang buruk dari matriks semen/limbah menunjukkan kecenderungan masing – masing serat pendek pada bulu ayam untuk saling melekat satu sama lain sehingga membentuk gumpalan (Chung, 2005). Bulu ayam mengandung protein higroskopis (~ 60 %) dan urutan asam amino hidrofilik sehingga menyebabkan penyerapan air oleh residu protein higroskopis ini yang memungkinkan terjadinya kontribusi terhadap rendahnya kuat tekan yang dihasilkan dari campuran semen dan bulu ayam dengan adanya daya tarik molekul air pada pasta semen (Barone, 2006).

Peranan proses hidrasi dalam semen adalah dalam hal kecepatan pengerasan semen sehingga makin cepat hidrasi yang terjadi maka semakin cepat semen akan mengeras, tetapi apabila hidrasi yang terjadi mengalami hambatan maka menyebabkan semen susah untuk mengeras, seperti dalam jurnal milik Li (2001) yang menunjukkan bahwa zink dapat menghambat proses hidrasi semen dan mengatur semen untuk membentuk $\text{CaZn}_2(\text{OH})_6(2\text{H}_2\text{O})$.

Rendahnya kemampuan beton untuk menahan berat beban juga dipengaruhi oleh adanya rongga udara pada beton dimana semakin banyak rongga udara yang terdapat pada beton mengakibatkan semakin berkurangnya kemampuan beton untuk menahan beban.

Minyak pada matriks semen/limbah ditandai dengan munculnya cairan berwarna kuning lengket pada permukaan ketika pasta semen telah dimasukan kedalam cetakan dan didiamkan selama kurang lebih 2 jam. Minyak tersebut berangsur-angsur akan terserap pada campuran semen dan limbah, tetapi terserapnya minyak tersebut akan mempengaruhi kecepatan hidrasi dan membuat beton tidak dapat sepenuhnya mengeras.

Matriks dengan persentase perbandingan 0,0625% sampel bulu ayam karbonisasi memiliki kuat tekan yang lebih tinggi dibandingkan variabel kontrol dan paling tinggi bila dibandingkan beton dengan persentase campuran bulu ayam lainnya, maka beton uji inilah yang akan diuji secara kimia yaitu secara ekstraksi bertahap dan TCLP.

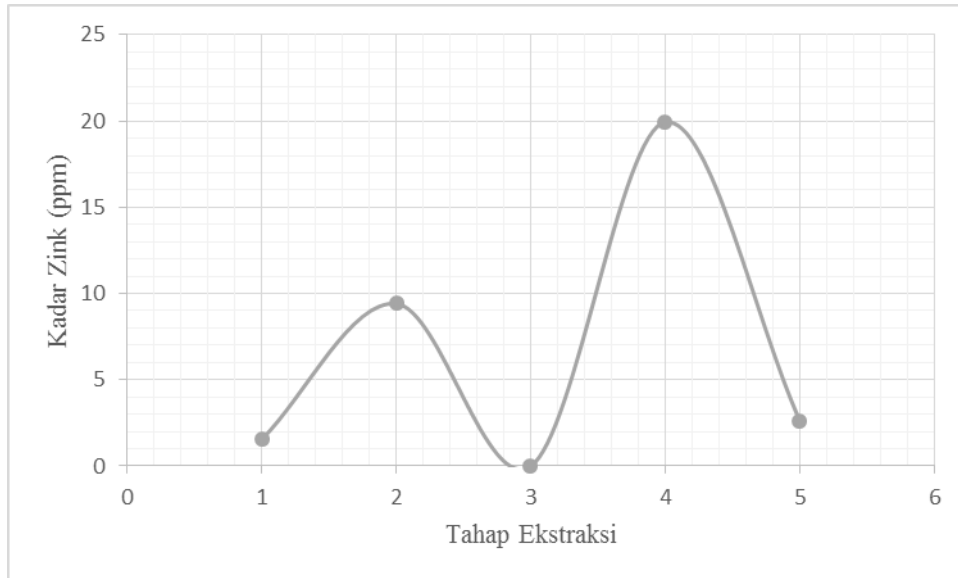
B. Uji Ekstraksi Kimia Bertahap

Ekstraksi bertahap dilakukan terhadap sampel matriks semen/limbah bulu ayam karbonisasi 0,0625%, lalu analisis terhadap hasil ekstraksi dengan cara spektroskopi serapan atom. Hasil analisis tersebut dapat digunakan untuk mengetahui keadaan zink pada masing – masing tahapan ekstraksi bertahap. Sehingga dapat digunakan untuk perbandingan masing – masing fraksi yaitu fraksi tukar, fraksi terikat pada karbonat, fraksi terikat pada oksida besi, fraksi terikat pada sulfida, dan fraksi residu. Masing – masing fraksi tentunya memberikan peluluhan kadar zink yang berbeda pula dan hasil tersebut dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Peluluhan Zink pada Ekstraksi Bertahap

No.	Tahapan Ekstraksi	Ekstraktan Semen / Limbah	
		Kadar Zn (ppm)	Persentase Kadar Zn (%)
1	Zat yang mudah tertukar	1, 539	4,594
2	Terikat sebagai karbonat	9,413	28,090
3	Terikat pada oksida besi	-	-
4	Terikat pada sulfida	19,937	59,492
5	Fraksi residu	2,622	7,824
Jumlah		33,512	100

Hasil ekstraksi zink dari matriks semen/limbah dapat dilihat pada Tabel 3, maka dapat dibuat grafik pada Gambar 3 untuk menjelaskan keadaan zink yang terluluh dari hasil ekstraksi bertahap tersebut, apakah mengalami kenaikan atau penurunan apabila dibandingkan dengan tiap fraksi pada tahapan ekstraksi bertahap tersebut.



Gambar 3. Grafik Ekstraksi Bertahap Zink yang Terluluh pada Matriks Semen/Limbah 0,0625%

Pelarut spesifik yang digunakan tiap tahapan dalam ekstraksi bertahap ini menggunakan pH yang berbeda – beda, hal ini dikarenakan efek pH merupakan bagian dari prosedur metode ekstraksi bertahap untuk mengetahui hubungan antara pH dengan banyaknya logam yang terlarut pada tiap fraksi. Banyaknya variasi prosedur ekstraksi bertahap dapat menjelaskan adanya perbedaan antara jenis dan susunan dari fraksi ekstraksi, pemilihan reagen dan kondisi ekstraksi dengan berbagai variasi yang telah dimodifikasi, membuat perbandingan dari hasil yang tidak mungkin diperoleh.

Metode ekstraksi bertahap yang digunakan dalam penelitian ini adalah milik Tessier karena memiliki kelebihan dibandingkan dengan metode ekstraksi bertahap

lainnya yaitu selektivitas reagen yang baik, perolehan jumlah total logam yang lebih baik dan pemutusan yang lengkap (Torrijos, 2012). Kelebihan lainnya yaitu khusus untuk zink dimana penggunaan ekstraksi milik Tessier akan menunjukkan hasil perolehan kembali yang lebih tinggi untuk zink bila dibandingkan dengan ekstraksi bertahap lainnya seperti milik Kersten atau BCR (Usero, 1998). Ekstraksi bertahap memiliki ketergantungan pada pH air lindi terhadap mobilitas logam berat, dimana pH yang lebih rendah dari pH netral akan melepaskan logam dalam jumlah yang lebih tinggi (Fujimori, 2001).

Metode ini juga dapat digunakan untuk mengetahui pengaruh ketersediaan suatu unsur di lingkungan karena dapat digunakan untuk mengetahui bentuk fisikokimia suatu unsur yang akhirnya dapat diketahui ketersediaannya di lingkungan.

Prosedur dari ekstraksi ini secara umum adalah dengan melarutkan suatu sampel padatan dimana dalam penelitian ini sampelnya adalah matriks semen limbah, lalu sampel tersebut diekstrak dengan cara mencampurkannya pada suatu reagen. Ekstraksi bertahap memiliki 5 fraksi dalam prosesnya, dimana setiap fraksi menggunakan reagen yang berbeda tergantung dari fungsi setiap fraksi tersebut dilakukan, setelah proses ekstraksi maka cairan yang merupakan hasil ekstraksi harus diambil untuk dilakukan analisis sedangkan residu yang berupa padatan sampel matriks diambil untuk digunakan kembali pada tahapan ekstraksi berikutnya sampai proses fraksi kelima selesai. Secara umum hasil ekstraksi dibagi menjadi 2 jenis yaitu logam hasil pemisahan yang ditunjukkan pada hasil ekstraksi tahap 1 hingga tahap keempat sedangkan logam sisa atau logam residu ditunjukkan pada hasil ekstraksi tahap 5 sehingga dengan metode ini kita dapat memperkirakan keadaan suatu logam apabila dilepaskan ke dalam suatu larutan.

Kandungan logam yang dihasilkan dari uji kimia secara ekstraksi bertahap dalam setiap fraksi tersebut dapat dinyatakan sebagai persentase dari jumlah total logam yang terlacak pada matriks semen yang diujikan. Prosedur ekstraksi bertahap ini

dapat digunakan untuk mempelajari pembagian kimia dan mekanisme pengikatan logam berat dalam sistem S/S.

Perbandingan jumlah zink yang terekstrak pada setiap fraksi dalam ekstraksi bertahap pada penelitian ini yaitu, fraksi terikat pada sulfida memberikan hasil ekstraksi zink yang lebih besar dari fraksi terikat sebagai karbonat, yang diikuti dengan fraksi residu, fraksi zat yang mudah tertukar, dan fraksi terikat pada oksida besi yang tidak memberikan hasil. Hasil ekstraksi tersebut dapat digunakan untuk menyimpulkan bahwa zink yang terikat pada sulfida merupakan fraksi utama dan tidak terdeteksinya zink pada hasil ekstraksi tahap ke tiga (fraksi terikat pada oksida besi) menunjukkan bahwa zink yang terikat pada oksida besi berada dalam kadar yang sangat rendah sehingga tidak terdeteksi melalui analisis dengan spektroskopi serapan atom. Logam terlarut yang terikat pada sulfida inilah dianggap paling agresif bila dibandingkan dengan keempat fraksi lainnya.

1. Fraksi Pertama (Fraksi Zat yang Mudah Tertukar)

Matriks semen/limbah sebanyak 2 g diekstraksi dengan 16 ml 0,5 MgCl_2 , karena magnesium klorida merupakan suatu garam maka pH yang dimiliki adalah pH netral (pH 7). Reagen yang digunakan pada penelitian ini adalah MgCl_2 , karena dibutuhkan suatu elektrolit yang berada dalam larutan air, seperti garam dari asam kuat atau garam dari asam lemah dan basa pada pH 7. MgCl_2 merupakan garam yang berasal dari asam kuat HCl sehingga dapat digunakan sebagai reagen dalam fraksi ini, dimana kation magnesium pada reaktan MgCl_2 menggusur ikatan lemah logam secara elektrostatis yang terletak pada bagian organik dan anorganik (Hussein, 2012). Fraksi tukar bekerja dengan mengubah komposisi ionik air yang memungkinkan logam untuk diserap ke permukaan sedimen yang akan dihapus dengan mudah (Amanda, 2010: 7).

Zink yang terlarut pada fraksi ini sebanyak 1,539 ppm atau 4,594 % dari total zink yang terkandung dalam matriks ini, sehingga dapat dikatakan bahwa sebanyak

1,539 ppm zink yang terdapat pada permukaan matriks semen/limbah (pada bagian yang lemah) mudah digusur dengan magnesium dari MgCl_2 dan menyebabkan sebanyak 4,594 % dari total zink pada matriks mengalami pelepasan dan bercampur dengan MgCl_2 . Tidak terjadi perubahan warna larutan (tetap putih bening), terbentuk sedikit endapan berwarna putih, terjadi perubahan pH yaitu dari pH 7 menjadi pH 10, dimana perubahan pH ini terjadi dikarenakan pH MgCl_2 yang netral bereaksi dengan pH basa dari matriks uji yang menyebabkan pH naik menjadi 10.

Fraksi ini dapat digunakan sebagai salah satu cara untuk mengetahui jenis logam yang paling mudah terlepas ke lingkungan. Pada umumnya fraksi ini dapat mengukur jumlah logam yang terkandung dalam suatu sedimen dengan jumlah kurang dari 2% dari total unsur yang terkandung di dalamnya. Hal ini dikarenakan fraksi ini merupakan jenis yang memanfaatkan kelemahan adsorpsi zat logam yang terjadi pada bagian permukaan matriks, yang diakibatkan karena lemahnya tingkat interaksi elektrostatis yang terjadi pada bagian tersebut sehingga menyebabkan logam tersebut dapat dilepas melalui proses tukar ion (Hussein, 2012).

2. Fraksi Kedua (Fraksi Pengikatan Karbonat atau Adsorben)

Residu yang berasal dari fraksi pertama sebanyak 1,94 g diekstraksi dengan 15,84 ml CH_3COONa 1 M. Fraksi tertukar dan fraksi terikat pada spesies karbonat yang merupakan dua fraksi pertama pada ekstraksi bertahap, umumnya disebut *bioavailable*, karena menunjukkan mobilitas relatif terhadap lingkungan (Vinod, 2013).

pH larutan natrium asetat pada penelitian ini dilakukan penyesuaian yaitu dari pH 9 menjadi pH 5 dengan bantuan asam asetat pekat yang memiliki pH 2. Asam asetat pada penelitian ini selain untuk penyesuaian pH juga berfungsi untuk mengekstrak semua logam yang larut, asam, dan air (Hussein, 2012). pH natrium asetat disesuaikan menjadi pH 5. Hal ini dikarenakan pada umumnya fraksi ini

sensitif terhadap perubahan pH, dimana pelepasan logam tercapai melalui pemutusan pecahan dari material padatan pada pH yang mendekati 5,0 (Gleyzes, 2002).

Pada fraksi ini sebanyak 9,413 ppm zink mengalami peluluhan atau sebesar 28,090 % dari total zink yang terdapat pada matriks, dimana jumlah ini menunjukkan jumlah zink yang terikat pada karbonat dalam matriks uji. Persentase zink yang terluluh pada fraksi terikat pada karbonat menunjukkan angka yang lebih tinggi daripada fraksi yang mudah tertukar padahal sama-sama menunjukkan kemampuan untuk mengukur perpindahan zink pada lingkungan. Sehingga dapat disimpulkan bahwa zink yang terikat pada karbonat ini lebih mudah berpindah terhadap lingkungan dibandingkan dengan zink yang terluluh pada fraksi tukar. Hal ini dikarenakan pH 5 yang digunakan pada fraksi karbonat lebih asam dibandingkan dengan pH 7 yang digunakan pada fraksi tukar, dimana menurut Tessier (1979) logam terlacak diabsorpsi secara spesifik, dimana proses adsorpsi – desorpsi yang terjadi sangat tergantung pada pH. Menurunkan pH dalam proses ekstraksi menjadi 5 maka akan terjadi pelepasan sisa logam terlacak yang terikat pada fraksi yang terabsorpsi secara spesifik. Pada pH inilah karbonat terlarut dan pada saat yang sama dapat menyebabkan pelepasan bagian dari logam khusus yang diserap, dan memiliki sifat kompleksasi yang dapat menyebabkan pelepasan logam yang terikat bahan organik (Gworek, 2003).

Terjadi perubahan warna larutan dari putih jernih menjadi kemerahan, hal ini disebabkan karena adanya kandungan besi pada matriks, terutama pada pasir besi yang merupakan bahan baku pembuatan semen mengandung $\text{Fe}_2(\text{CO}_3)_3$ yang mengisi 0,5 – 6% massa semen. Berfungsi untuk memberikan warna dan tingkat kekerasan semen (<http://www.acivilengineer.com>). Selain itu juga terjadi perubahan pH yaitu dari pH 5 menjadi pH 6, dimana perubahan pH ini terjadi karena pH 5 CH_3COONa yang asam bereaksi dengan pH basa dari matriks uji yang menyebabkan pH

mengalami sedikit kenaikan menjadi 6. Endapan berwarna putih terbentuk dalam jumlah yang sedikit di dasar larutan.

3. Fraksi Ketiga (Fraksi Pengikatan Besi)

Residu yang berasal dari fraksi kedua sebanyak 1,4 g diekstraksi dengan 36,4 ml hidroksilamin hidroklorida 0,04M dalam CH_3COOH 25% (v/v) dimana reagen hidroksiamonium klorida pada penelitian ini berfungsi untuk mengekstrak semua logam yang direduksi. Selain itu logam terikat untuk besi dan mangan oksida sangat rentan terhadap kondisi *anoxic* (pengurangan oksigen) sehingga larutan yang mampu melarutkan garam sulfida digunakan pada fraksi ini (Hussein, 2012: 4).

Pada ekstraksi tahap ini tidak terbentuk endapan dan tidak terjadi perubahan warna, zink yang terlarut pada fraksi terikat pada oksida besi menunjukkan hasil tidak terdeteksi. Hal ini menunjukkan bahwa spesies zink dalam matriks limbah tidak berikatan dengan oksida besi baik yang berasal dari semen Portland maupun limbah itu sendiri. Keadaan ini dikarenakan tidak terbentuknya kompleks permukaan dan tidak terjadi pertukaran ion antara zink dengan oksida besi pada fraksi ini, atau dapat juga disebabkan karena reagen yang digunakan memiliki kemampuan yang kurang dalam hal mengekstrak zink dari matriks uji.

Pada penelitian ini digunakan reagen hidroksilamin hidroklorida dalam asam asetat sedangkan dalam penelitian milik Tessier diberikan dua jenis campuran reagen yang digunakan dalam ekstraksi bertahap ini yaitu dengan menggunakan reagen hidroksilamin hidroklorida dalam asam asetat dimana reagen ini dianggap spesifik terhadap ekstraksi logam co tersumbat pada oksida mangan dan amorf besi oksida (Gworek, 2003) atau juga dapat menggunakan campuran reagen $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$, asam asetat, dan natrium asetat. Dalam hal mengekstrak zink menggunakan campuran reagen $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$, asam asetat, dan natrium asetat mungkin akan memberikan hasil yang lebih baik bila dibandingkan dengan menggunakan reagen hidroksilamin hidroklorida dalam asam asetat.

4. Fraksi Keempat (Fraksi Pengikatan Zat Organik atau Sulfat)

Residu yang berasal dari fraksi ketiga sebanyak 0,92 g diekstrak dengan 18,4 ml H_2O_2 30% kemudian dilanjutkan ekstraksi dengan 15 ml $\text{CH}_3\text{COONH}_4$ 3,2 M dalam HNO_3 20% (v/v). Reagen yang digunakan adalah H_2O_2 karena dibutuhkan pengoksidasi kuat dan biasanya digunakan asam kuat yang dapat menyerang material silikat (Tessier, 1979) selain itu hidrogen peroksida juga berfungsi untuk mengekstrak semua logam *oxidizable*.

H_2O_2 dan HNO_3 adalah larutan yang biasa digunakan dalam fraksi pengikatan zat organik karena larutan tersebut dapat menyebabkan fase dekomposisi bahan organik dan dengan demikian dapat melepas logam yang terikat tersebut (Gworek, 2003). Hal ini dikarenakan untuk melepaskan logam terikat dalam fase organik maka bahan organik harus dalam keadaan teroksidasi (Hussein, 2012). Penggunaan reagen hidrogen peroksida dengan amonium asetat paling sering digunakan untuk ekstraksi logam yang terikat dalam fase organik baik secara reabsorpsi atau pengendapan dari logam yang telah dilepas (Ure, 1995).

Zink yang terekstrak pada fraksi ini adalah sebanyak 19,937 ppm terikat pada sulfida atau sebanyak 59,492 % dari total zink yang terkandung dalam matriks uji dan menunjukkan persentase kadar zink yang terbanyak bila dibandingkan dengan keempat fraksi lainnya. Kadar zink yang terekstrak pada matriks semen/limbah tersebut sebagian besar justru membentuk zink yang terikat pada sulfida dengan persentase melebihi 50%, hal ini dikarenakan dalam kondisi oksidasi maka degradasi bahan organik dapat menyebabkan pelepasan logam terikat yang terlarut dalam komponen ini.

Fraksi organik yang dilepas pada tahap ini dianggap tidak menjadi *bioavailable* hal ini disebabkan karena fraksi ini berhubungan dengan tingginya kestabilan suatu zat dalam hal melepaskan sejumlah kecil logam dengan cara yang lambat (Filgueiras, 2002). Tingginya kadar zink yang terekstrak pada fraksi ini menunjukkan bahwa zink

dapat berada dalam matriks lebih lama dan lebih tahan terhadap proses peluluhan. Fraksi ini berfungsi untuk mengetahui kestabilan suatu logam, maka semakin banyak zink yang terluluh pada fraksi ini maka lebih stabil terhadap lingkungan dan bersifat tidak *bioavailable*. Warna larutan setelah tidak mengalami perubahan serta tidak terbentuk endapan.

5. Fraksi Kelima (Fraksi Residu)

Residu yang berasal dari fraksi keempat sebanyak 0,33 g diekstraksi dengan 30 ml HNO_3 pekat dan 30 ml HClO_4 . Fraksi ini menggunakan campuran dari kedua larutan yaitu HNO_3 pekat dan HClO_4 , berfungsi untuk mengekstrak semua logam yang merupakan sisa dari ekstraksi pada empat tahapan sebelumnya dan ikatan logam non – silika. Asam kuat (HNO_3 pekat) digunakan pada ekstraksi tahap ini karena tahapan pada fraksi ini paling sulit untuk melepaskan logam yang terikat, sehingga asam kuat yang digunakan berfungsi untuk memecah struktur silikat (Amanda, 2010)

Pada fraksi kelima didapatkan hasil sebanyak 2,622 ppm zink terekstrak atau 7,824 % dari total zink pada matriks uji yang merupakan sisa zink yang tidak terekstrak setelah melalui keempat tahap ekstraksi sebelumnya. Empat fraksi pertama tersebut telah melepaskan logam – logam yang akhirnya berikatan sesuai dengan tahapan fraksi yang dilalui, sehingga padatan yang tersisa seharusnya berisi mineral primer dan sekunder yang utama, yang dapat memegang logam terlarut dalam struktur kristal mereka dan logam inilah yang tidak diharapkan.

Fase residu berfungsi sebagai parameter yang berguna dalam penilaian risiko potensi jangka panjang dari logam berat atau logam beracun. Digesti dalam asam kuat seperti asam nitrat, asam klorida atau campuran aqua regia yang tidak menghancurkan matriks silikat, digunakan untuk meluluhkan logam yang resisten terikat pada sedimen dalam fase residu. Fase ini juga memberikan perkiraan dari jumlah maksimum unsur yang berpotensi termobilisasi akibat adanya perubahan kondisi lingkungan (Hussein, 2012). Jumlah logam yang terekstrak pada tahapan

fraksi ini juga diasosiasikan sebagai perbedaan antara konsentrasi total dan jumlah dari fraksi logam yang terekstraksi selama langkah - langkah sebelumnya (Gleyzes, 2002).

Tahapan ini menghasilkan larutan yang berwarna agak kekuningan yang disebabkan adanya kandungan besi dalam jumlah yang sedikit dalam larutan. Endapan tidak terbentuk karena semua padatan matriks telah terlarut dalam campuran larutan HNO_3 pekat dan 30 ml HClO_4 .

C. Uji Peluluhan

Tingkat peluluhan pada matriks semen/limbah diuji menggunakan metode TCLP yang merupakan suatu tes untuk menentukan apakah suatu limbah atau bahan kimia dapat meresap ke dalam tanah atau air tanah dengan cara menyimulasikan kondisi limbah apabila dibuang di tempat pembuangan akhir biasa, apabila limbah mengandung kurang dari 0,5% padatan maka cairan hanya perlu disaring dan diuji, tetapi prosedur pencucian kompleks tidak perlu dilakukan. Sampel terdiri atas dua fase yaitu cair dan padatan, sehingga harus disaring untuk memisahkan cairan, dimana bagian yang berupa cairan disimpan untuk dilakukan pengujian lebih lanjut (Sherry, 2001), sedangkan bagian yang berupa padatan digunakan lagi pada tahapan TCLP selanjutnya.

TCLP dibagi 3 metode yaitu TCLP standar, TCLP progresif, dan TCLP modifikasi. Prosedur dari tiap metode TCLP tersebut sebenarnya sama yaitu menggunakan sampel partikel padatan yang dicampur dengan larutan pengestraksi dengan perbandingan 1 : 20 kali berat sampel yang akan diekstraksi, dan pada penelitian ini digunakan 10 gram sampel matriks yang diekstrak dengan 200 ml larutan buffer asam.

1. Uji TCLP Standar Terhadap Matriks Semen / Limbah Bulu Ayam 0,0625 %

Uji TCLP standar merupakan ekstraksi tanpa pengulangan dan merupakan ekstraksi tahap 1 dari TCLP progresif. Partikel matriks limbah sebanyak 10 g dicampurkan dengan 200 ml larutan CH_3COONa pH 2 di dalam erlenmeyer, ketika dicampurkan maka larutan yang dihasilkan berwarna merah. Hal ini diperkirakan karena adanya logam besi pada larutan membuat warnanya menjadi merah. Larutan lalu disentrifuse pada kecepatan 216 rpm selama 2 jam 25 menit, lalu disaring untuk memisahkannya antara bagian padatan dan cairan, dimana hasil ekstraksi yang berupa cairan diambil untuk dianalisis sedangkan padatan yang tersisa (residu) diambil untuk dilanjutkan ke tahap ke dua prosedur TCLP progresif.

Hasil analisis pada hasil TCLP standar menunjukkan bahwa konsentrasi zink yang terluluh dari matriks semen/limbah terhadap buffer natrium asetat adalah sebesar 0,1615 ppm.

2. Uji TCLP Progresif dan TCLP Modifikasi Progresif Terhadap Matriks Semen / Limbah Bulu Ayam 0,0625 %

Uji TCLP progresif merupakan pengulangan tahapan prosedur TCLP standar sebanyak 5 kali dengan menggunakan pelarut buffer asam (pada penelitian ini menggunakan buffer natrium asetat), setiap pengulangan menggunakan prosedur yang sama yaitu menggunakan perbandingan 1 : 20 untuk massa sampel matriks dan larutan buffer asam sebagai pengekstrak. TCLP modifikasi memiliki prosedur yang sama dengan TCLP progresif, yang membedakannya adalah penggunaan larutan untuk meluluhkan zink. TCLP progresif menggunakan larutan buffer asam sedangkan TCLP modifikasi menggunakan air tanah dan pada penelitian ini air tanah yang digunakan adalah air hujan. Air hujan digunakan pada tahapan TCLP modifikasi karena memiliki pH yang cenderung ke asam seperti halnya larutan buffer asam walaupun tidak menunjukkan pH yang sama. PH pada CH_3COONa yang digunakan pada penelitian ini adalah 2 sedangkan pH air hujan yang digunakan pada penelitian

ini adalah 5. Setelah dilakukan prosedur TCLP progresif dan TCLP modifikasi pada sampel matriks semen/limbah bulu ayam 0,0625% maka dilakukan analisis terhadap hasil ekstraksi tersebut dengan cara spektroskopi serapan atom dan didapatkan hasil pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil Peluluhan Zink pada TCLP Progresif dan TCLP Modifikasi Progresif

No.	Tahapan Ekstraksi	Konsentrasi zink terluluh dari matriks semen / limbah (ppm)	
		TCLP Progresif	TCLP Modifikasi Progresif
1	Tahap 1	0,264	22,902
2	Tahap 2	2,007	11,903
3	Tahap 3	0,547	10,972
4	Tahap 4	0,638	12,110
5	Tahap 5	0,189	11,256
Total		3,645	69,143

Konsentrasi zink pada TCLP progresif yang terluluh secara umum mengalami penurunan pada ekstraksi tahap ke 3 dan ke 5 tetapi mengalami kenaikan pada ekstraksi tahap ke 2 dan ke 4. Konsentrasi zink yang terluluh pada TCLP modifikasi progresif yaitu mengalami penurunan konsentrasi zink yang terjadi pada ekstraksi tahap ke 3 dan ke 5 tetapi mengalami kenaikan pada ekstraksi tahap ke 4. Zink yang terluluh paling tinggi pada TCLP modifikasi progresif berada pada ekstraksi tahap pertama yaitu sebesar 22,902 ppm sedangkan pada TCLP progresif berada pada ekstraksi tahap ke dua yaitu sebesar 2,007 ppm. Total zink yang terluluh pada TCLP

modifikasi progresif yaitu sebanyak 69,143 ppm lebih besar daripada pada TCLP progresif yang hanya sebanyak 3,645 ppm.

Tingginya kadar zink yang terluluh pada proses TCLP modifikasi progresif ini disebabkan karena kadar pH yang dimiliki oleh air hujan yaitu 5 yang merupakan asam lemah dan biasa disebut keasaman air hujan, yang disebabkan karena adanya kandungan asam sulfur dan asam nitrat. Zink sebagian besar dilepas ketika dalam kondisi asam, sama baiknya seperti dalam fraksi tukar (Ivan, 2012). PH asam dan kandungan dalam air hujan inilah yang menyebabkan zink lebih banyak terluluh dalam air hujan daripada dalam buffer asam, sehingga dapat disimpulkan bahwa zink dalam matriks limbah lebih stabil ketika berada dalam lingkungan larutan buffer asam apabila dibandingkan dengan lingkungan air hujan.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

1. Semen Portland memiliki kemampuan dalam hal menyetabilkan zink, hal ini dapat terlihat dari uji ekstraksi bertahap yang dilakukan pada sampel matriks semen/limbah bulu ayam karbonisasi 0,0625 % yang masing – masing fraksi menghasilkan kadar zink yang berbeda – beda yaitu 4,954 ppm untuk fraksi zat yang mudah tertukar, 28,090 ppm untuk fraksi terikat sebagai karbonat, tidak terdeteksi untuk fraksi terikat pada oksida besi, 59,491 ppm untuk fraksi terikat pada sulfida, dan 7,824 ppm untuk fraksi residu.
2. Pengaruh pelarut atau peluluh dalam matriks semen dapat dilihat dari hasil TCLP, dimana masing – masing proses TCLP yang berjumlah 5 tahapan akan meluluhkan kadar zink dari matriks semen/limbah yang berbeda pula. Kadar zink yang terluluh pada tahapan TCLP standar adalah 0,264 ppm, untuk kelima tahapan TCLP Progresif adalah 0,264 ppm, 2,007 ppm, 0,547 ppm, 0,638 ppm, dan 0,189 ppm sedangkan untuk kelima tahapan TCLP Modifikasi Progresif adalah 22,902 ppm, 11,933 ppm, 10,972 ppm, 12,110 ppm, dan 11,256 ppm.
3. Kuat tekan sampel matriks semen/limbah yang digunakan pada penelitian ini adalah 302,0408 kg/cm² dengan penggunaan persentase 0,0625% arang limbah bulu ayam.

B. Saran

Membutuhkan penelitian yang lebih lanjut mengenai ekstraksi bertahap khusus untuk meluluhkan zink.

DAFTAR PUSTAKA

- A. Tessier, P. G. C. Campbell, & M. Bisson. (1979). Sequential Extraction Procedure for the Speciation of Particulate Trace Metals. *Journal Analytical Chemistry*.
- Ab, Wahab, Ezahtul, Sharee, Che, Osmi & Siti, Fatimah. (2012). Mechanical Properties of Concrete Added With Chicken Rachis as Reinforcement Applied Mechanics and Materials. *Journal*.
- Amanda Jo Zimmerman & David C. Weindorf . (2010). Heavy Metal and Trace Metal Analysis in Soil by Sequential Extraction: A Review of Procedures. *International Journal of Analytical Chemistry*.
- Chung, Ddl. (2005). *Dispersion of Short Fibers in Cement. J. Materials In Civil Engineering* 17.
- Cui, Yu. (2008). Sex in Different Locations and Egrets, Pond Heron Feather Heavy Metal Content Analysis. *Journal of Xiamen University*.
- Filgueiras, A.V., Lavilla I., & Bendicho C. (2002). Chemical sequential extraction for metal Partitioning in environmental solid samples. *Journal of Environ Monit*.
- Gleyzes, C., Tellier, S.M., & Astruc, M. (2002). Fractionation studies of trace elements in Contaminated soils and Sediments: a review of sequential extraction procedure. *Trend Analytical Chemistry*.
- Gworek, B & Mocek, A. (2003). Comparison of Sequential Extraction Methods With Reference to zink Fractions in Contaminated Soils. *Polish Journal of Environmental Studies*.
- Hussein, K Okoro, Olalekan, S Fatoki, Folahan, A Adekola, Bhekumusa J Ximba, & Reinette G Snyman. (2012). A Review of Sequential Extraction Procedures for Heavy Metals Speciation in Soil and Sediments. *Scientific Reports*.

- Jaspers, V. (2004). The Importance of Exogenous Contamination on Heavy Metal Levels in Bird Feathers, A Field Experiment with Free Living Great Tits *Parus major*. *Journal Environment*.
- Jeffrey, W.K. (2006). Physical and Mechanical Properties of Chicken Feather Materials. *A Thesis Present to the Academic Faculty in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree Master of Science in the School of Civil and Enviromental Engineering*.
- Maiz I, Arambavri I, Garcia & Millan E. (2000). Evaluation of Heavy Metal Availabilty in Polluted Soils by Two Sequential Extraction Procedures Using Factor Analysis. *Environment Pollution*.
- Menandro N, Acda. 2010. Waste Chicken Feather as Reinforcement in Cement-Bonded Composites. *Philippine Journal Of Science*.
- Ortego, J.D. (1990). Spectroscopic And Leaching Studies Of Solidified Tocix Metals. *Journal Of Hazardous Material*.
- Richard O.P . (1999). The Anatomy and Physics of Avian Structural Colours. *Adam, N.J and Slotow R.H. Proc*.
- Rijal Fahmi, Abing D.S, & Yadi Gunawan. (2012). Perancang Beton Kekuatan K-250 Dengan Bahan Pasir Cilacap Karangpawitan Kabupaten Garut. *Jurnal Konstruksi*.
- Sherry, Davis. (2001). *Regulated Metals: The Rule of 20*. KANSAS SBEAP. Kansas State University.
- Skoog, D.A. (2004). *Fundamentals of Analytical Chemistry*. Belmont, CA : Thomson Learning.
- Ure, A.M., Davidson C.M., & Thomas R.P. (1995). Single and Sequential Extraction SchemesfFor Trace Metal Speciation in Soil and Sediment. *Tech and Instrument In Anal Chem*.
- Vinod, J. Sapana, G., Rakesh, S., Dhundhel, N., Matic, S.,Franciskovic, B., & Neda, D.. (2013). Determination of Total Heavy Metal by Sequential Extraction From

Soil. *International Journal of Research in Environmental Science and Technology*.

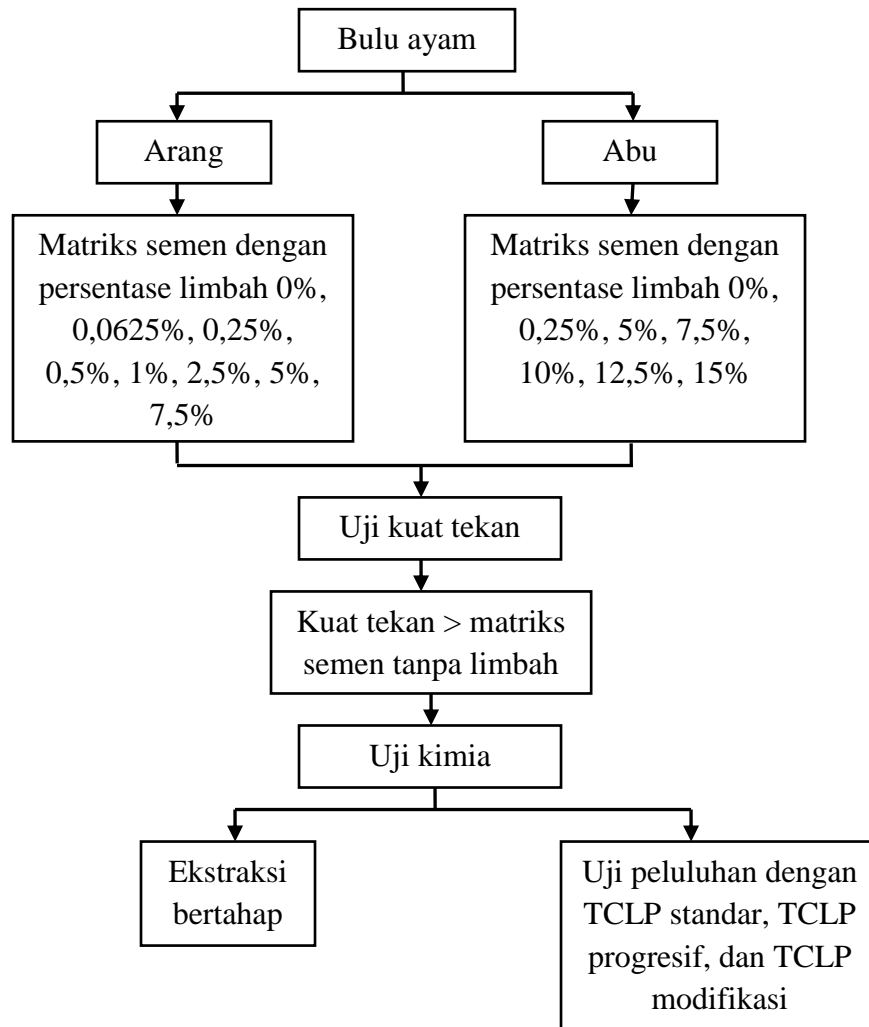
Vogel. (1985). *Analisis Anorganik Kualitatif Maksro dan Semimikro*. Jakarta : PT. Kalman Media Pustaka.

X. D. Li, Y. M. Zhang, C. S. Poon & I. M. C. Lo. (2001). Study of zink in Cementitious Material Stabilised/Solidified Wastes by Sequential Chemical Extraction and Microstructural Analysis. *Hong Kong Polytechnic University Journal*.

Yefang, Sun. (2006). Assessment of Toxicity of Heavy Metal Contaminated Soils by the Toxicity Characteristic Leaching Procedure. *Enviromental Geochemistry and Wealth*.

LAMPIRAN 1

Skema Kerja Penelitian



Gambar 4. Skema Kerja Penelitian

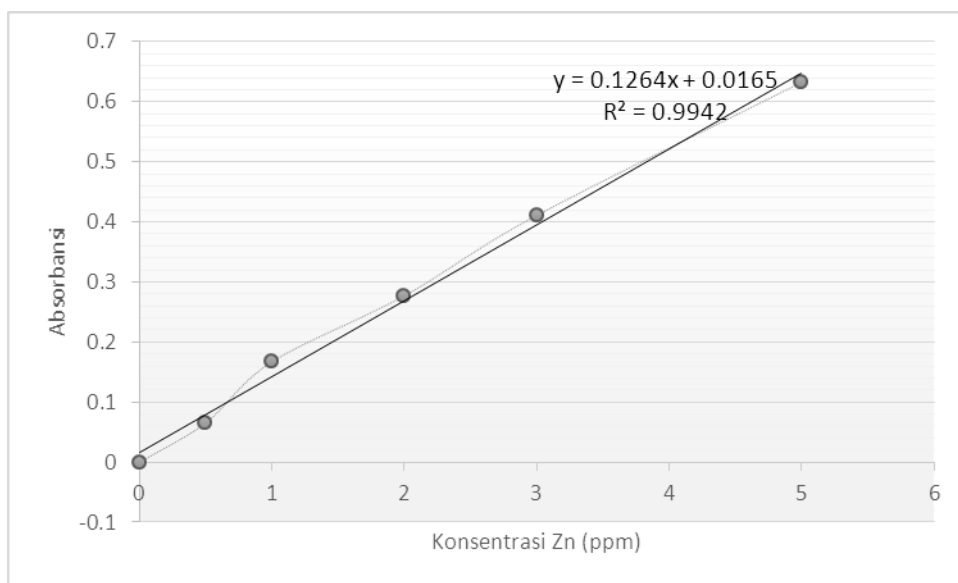
LAMPIRAN 2

Penentuan Garis Regresi Linear Larutan Standar Zink

A. Data Absorbansi Larutan zink dengan Variasi Konsentrasi

Tabel 5. Data Absorbansi Larutan Zink

No.	Konsentrasi (ppm)	Absorbansi
1	0,0	-0,0004
2	0,5	0,0652
3	1,0	0,1669
4	2,0	0,2770
5	3,0	0,4109
6	5,0	0,6328



Gambar 5. Grafik Absorbansi Vs Konsentrasi Zink pada Matriks Semen/Limbah

B. Perhitungan Persamaan Garis Regresi Linier

Tabel 6. Data Perhitungan nilai X dan Y

N	X (ppm)	Y (ppm)	X ²	Y ²	XY
1	0,0	-0.0004	0,00	0,00000016	0,0000
2	0,5	0.0652	0,25	0,00425104	0,0326
3	1,0	0.1669	1,00	0,02785561	0,1669
4	2,0	0.2770	4,00	0,07672900	0,5540
5	3,0	0.4109	9,00	0,16883881	1,2327
6	5,0	0.6328	25,00	0,40043584	3,1640
Σ	11.5	1.5524	39.25	0,67811046	5,1502

Dari data pada tabel tersebut dapat ditentukan persamaan garis regresi linier

$$Y=aX+b$$

$$a = \frac{N(\sum XY) - (\sum X)(\sum Y)}{N(\sum X^2) - (\sum X)^2}$$

$$a = \frac{6(5,1502) - (11,5)(1,5524)}{6(39,25) - (11,5)^2}$$

$$a = \frac{30,9012 - 17,8526}{235,5 - 132,25}$$

$$a = 0,126$$

$$b = \frac{(\sum Y)(\sum X^2) - (\sum X)(\sum XY)}{N(\sum X^2) - (\sum X)^2}$$

$$b = \frac{(1,5524)(39,25) - (11,5)(5,1502)}{6(39,25) - (11,5)^2}$$

$$b = \frac{60,9317 - 59,2273}{235,5 - 132,25}$$

$$b = 0,0165$$

Jadi $Y = 0,126X + 0,0165$

C. Penentuan Signifikansi Korelasi Konsentrasi Larutan Standar Zn dan Absorbansi

Signifikansi korelasi konsentrasi larutan standar Zn dan absorbansi dapat dihitung menggunakan rumus sebagai berikut :

$$r_{xy} = \frac{\sum xy}{\sqrt{(\sum x^2)(\sum y^2)}} \text{ dengan}$$

$$\sum xy = \sum XY - \frac{(\sum X)(\sum Y)}{N} = 5,1502 - \frac{(11,5)(1,5524)}{6} = 2,1747$$

$$\sum x^2 = \sum X^2 - \frac{(\sum X)^2}{N} = 39,25 - \frac{11,5^2}{6} = 39,25 - \frac{132,25}{6} = 17,2083$$

$$\sum y^2 = \sum Y^2 - \frac{(\sum Y)^2}{N} = 0,67811046 - \frac{1,5524^2}{6} = 0,27645$$

Sehingga nilai r_{xy} dapat dihitung :

$$r_{xy} = \frac{2,1747}{\sqrt{17,2083 \times 0,27645}} = 0,99$$

Dari perhitungan di atas dapat diketahui bahwa persamaan garis regresi linier

$Y=0,126X+0,0165$ dengan $r = 0.99$.

Harga r hitung kemudian dikonsultasikan dengan harga r tabel nilai moment tangkar dengan jumlah data 6 pada taraf signifikansi 1%. Diperoleh nilai r hitung 0.99 lebih besar daripada r tabel (0,917). Dengan demikian ada korelasi yang signifikan antara konsentrasi (X) dengan absorbansi (Y).

D. Uji Linieritas Persamaan Garis Regresi Larutan Standar zink

Sebelum persamaan garis regresi linier digunakan untuk menentukan konsentrasi sampel, terlebih dahulu diuji linieritasnya. Uji linieritas dilakukan dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$F_{req} = \frac{RK_{regresi}}{RK_{residu}} =$$

Dimana

$$RK_{regresi} = \frac{JK_{reg}}{db_{reg}}$$

$$RK_{residu} = \frac{JK_{res}}{db_{res}}$$

$$JK_{reg} = \frac{(\sum xy)^2}{\sum x^2}$$

$$db_{reg} = 1$$

$$b = \text{intersep}$$

$$JK_{res} = \sum y^2 - \frac{(\sum xy)^2}{\sum x^2}$$

$$db_{res} = N - 2$$

Sehingga

$$JK_{reg} = \frac{(\sum xy)^2}{\sum x^2} = \frac{2,1747^2}{17,2083} = 0,2748$$

$$RK_{reg} = \frac{JK_{reg}}{db_{reg}} = \frac{0,2748}{1} = 0,2748$$

$$JK_{res} = \sum y^2 - \frac{(\sum xy)^2}{\sum x^2} = 0,27645 - \frac{2,1747^2}{17,2083} = 0,00192$$

$$RK_{res} = \frac{JK_{res}}{db_{res}} = \frac{0,00192}{6-2} = 0,0004805$$

$$F_{reg} = \frac{0,2748}{0,0004805} = 571,904$$

Harga F hitung dikonsultasikan dengan harga F tabel dengan db(1,4) pada taraf signifikansi 1%, yaitu 21,20. Harga F hitung lebih besar dari harga F tabel, maka dapat disimpulkan bahwa persamaan garis regresinya adalah linier dan dapat digunakan untuk menentukan konsentrasi zink dalam sampel.

LAMPIRAN 3

Perhitungan Konsentrasi Zink Terluluh pada TCLP Standar, TCLP Modifikasi, dan TCLP Progresif

Tabel 7. Data Absorbansi dan Konsentrasi Zink Terluluh pada TCLP Standar, TCLP Progresif, dan TCLP Modifikasi

Zat Peluluh	Tahap TCLP	Absorbansi zink (ppm) pada matriks semen/limbah	Konsentrasi zink (ppm) pada matriks semen/limbah
Buffer pH 5	1	0,047	0,264
	2	0,091	2,007
	3	0,054	0,547
	4	0,056	0,638
	5	0,045	0,189
Air Hujan	1	0,622	22,902
	2	0,343	11,933
	3	0,319	10,972
	4	0,348	12,110
	5	0,326	11,256

Konsentrasi zink dalam larutan cuplikan dapat ditentukan dengan cara mensubstitusi serapan larutan cuplikan ke dalam variabel Y dari persamaan regresi linier. Dengan demikian akan diperoleh harga X yang merupakan konsentrasi zink dalam larutan cuplikan tersebut

$$X = \frac{Y - b}{a}$$

Melalui persamaan garis regresi linier kurva standar yang diperoleh, yaitu :

$$Y = 0,126X + 0,0165$$

Sehingga diperoleh hasil konsentrasi ion logam Cr (VI) yang terluluh pada TCLP standar, TCLP progresif, dan TCLP modifikasi dan data selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 7.

Konsentrasi zink kumulatif merupakan jumlah konsentrasi total ion zink dalam tahap TCLP progresif. Perhitungan konsentrasi ion zink kumulatif pada peluluh buffer pH 5 pada matriks semen/limbah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Konsentrasi kumulatif} &= \text{konsentrasi tahap (1+2+3+4+5)} \\ &= (0,264 + 2,007 + 0,547 + 0,638 + 0,189) \text{ ppm} \\ &= 3,645 \text{ ppm} \end{aligned}$$

Kadar zink pada sampel bulu ayam dan semen analisis secara terpisah dengan hasil ekstraksi bertahap dan TCLP yang dikarenakan perbedaan waktu dalam melakukan analisis spektroskopi serapan atom antara sampel dan hasil ekstraksi, maka larutan standar yang digunakan juga berbeda dalam hal volume larutan dan absorbansi yang dihasilkan. Persamaan garis regresi larutan standar zink untuk mengukur sampel semen dan bulu ayam adalah

$$Y = 0,0254X - 0,0401 \text{ dengan nilai } r = 0,8465$$

Konsentrasi zink pada sampel bulu ayam dan semen dapat ditentukan dengan cara mensubstitusi serapan larutan cuplikan ke dalam variabel Y dari persamaan regresi linier, sehingga akan diperoleh harga X yang merupakan konsentrasi zink dalam larutan cuplikan. Konsentrasi zink dalam sampel semen pada absorbansi 0,0467

adalah 0,26 ppm sedangkan dalam sampel bulu ayam pada absorbansi 0,0314 adalah -0,342 ppm (tidak terdeteksi). Nilai negatif dikarenakan nilai r yang hanya 0,8465 yang menunjukkan tidak adanya korelasi yang signifikan antara konsentrasi (X) dan absorbansi (Y).

LAMPIRAN 4

Perhitungan Kuat Tekan Matriks Semen dengan Limbah Bulu Ayam

Kuat tekan matriks semen/limbah dapat dihitung menggunakan rumus, sebagai berikut

$$\text{Kuat tekan} = \frac{\frac{A}{9,8} \times 1000}{L} \text{ kg/cm}^2$$

Keterangan : A = Pembacaan alat tecnotest (KN)

L = Luas matriks semen

A. Matriks dari Abu Bulu Ayam

Tabel 8. Data Kuat Tekan Matiks Semen/Limbah Abu Bulu Ayam

No	Persentase limbah (%)	Semen (g)	Air (g)	Abu (g)	Angka pada alat uji (KN)	Kuat tekan
1	0,0	150,00	75	0,00	64	261,2445
2	2,5	146,25	75	3,75	51	208,1633
3	5,0	142,25	75	7,50	50	204,0816
4	7,5	138,75	75	11,25	48	195,9184
5	10,0	135,00	75	15,00	47	191,8367
6	12,5	131,25	75	18,75	42	171,4286
7	15,0	127,50	75	22,50	29	118,3673

$$\text{Untuk matriks 0\% limbah} = \frac{\frac{64}{9,8} \times 1000}{25} = 261,2445 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Untuk matriks 2.5\% limbah} = \frac{\frac{51}{9,8} \times 1000}{25} = 208,1633 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Untuk matriks 5\% limbah} = \frac{\frac{50}{9,8} \times 1000}{25} = 204,0816 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Untuk matriks 7.5\% limbah} = \frac{\frac{48}{9,8} \times 1000}{25} = 195,9184 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Untuk matriks 10\% limbah} = \frac{\frac{47}{9,8} \times 1000}{25} = 191,8367 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Untuk matriks 12.5\% limbah} = \frac{\frac{42}{9,8} \times 1000}{25} = 171,4286 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Untuk matriks 15\% limbah} = \frac{\frac{29}{9,8} \times 1000}{25} = 118.3673 \text{ kg/cm}^2$$

B. Matriks dari Bulu Ayam Karbonisasi

Tabel 9. Data Kuat Tekan Matriks Semen/Limbah Karbonisasi Bulu Ayam

No	Persentase limbah (%)	Semen (g)	Air (g)	Abu (g)	Angka pada alat uji (KN)	Kuat tekan
1	0,0000	150,000	75	0,000	46	197,7551
2	0,0625	149,910	75	0,090	74	302,0408
3	0,2500	149,625	75	0,375	54	220,4082
4	0,5000	149,250	75	0,750	54	220,4082

5	1,0000	148,500	75	1,500	48	195,9184
6	2,0000	147,000	75	3,000	40	163,2653
7	2,5000	146,250	75	3,750	46	187,7551

$$\text{Untuk matriks 0\% limbah} = \frac{\frac{46}{9,8} \times 1000}{25} = 197,7551 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Untuk matriks 0.0625\% limbah} = \frac{\frac{74}{9,8} \times 1000}{25} = 302,0408 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Untuk matriks 0.25\% limbah} = \frac{\frac{54}{9,8} \times 1000}{25} = 220,4082 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Untuk matriks 0.5\% limbah} = \frac{\frac{54}{9,8} \times 1000}{25} = 220,4082 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Untuk matriks 1\% limbah} = \frac{\frac{48}{9,8} \times 1000}{25} = 195,9184 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Untuk matriks 2\% limbah} = \frac{\frac{40}{9,8} \times 1000}{25} = 163,2653 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Untuk matriks 2.5\% limbah} = \frac{\frac{46}{9,8} \times 1000}{25} = 187,2551 \text{ kg/cm}^2$$

Untuk perhitungan persentase kenaikan kuat tekan matriks semen tanpa diberi limbah dengan matriks semen yang diberi limbah adalah sebagai berikut :

Persentase kenaikan kuat tekan untuk matriks semen dengan campuran 0,0625% karbonisasi limbah bulu ayam adalah :

$$\frac{302,0408 - 197,7551}{197,7551} \times 100\% = 52,7347\%$$

Jadi, matriks semen/0,0625% limbah bulu ayam karbonisasi memberikan kenaikan kuat tekan matriks sebesar 52,7347%.

LAMPIRAN 5

Tabel 10. Harga r untuk Taraf Signifikansi 5% dan 1%

N	5 %	1 %
3	0,997	0,999
4	0,950	0,990
5	0,878	0,959
6	0,811	0,917
7	0,754	0,874
8	0,707	0,834
9	0,666	0,798
10	0,632	0,765
11	0,602	0,732
12	0,576	0,708
13	0,553	0,684
14	0,532	0,661
15	0,514	0,641
16	0,497	0,623
17	0,482	0,606
18	0,468	0,590
19	0,456	0,575
20	0,444	0,561
21	0,443	0,549
22	0,423	0,537
23	0,413	0,526
24	0,404	0,515
25	0,396	0,505
26	0,388	0,496
27	0,381	0,487
28	0,374	0,478
29	0,367	0,470
30	0,361	0,463

LAMPIRAN 6

Tabel 11. Nilai Angka Banding Variansi F dengan Taraf Signifikansi 5% (deret atas) dan 1% (deret bawah)

Db untuk RK pembagi	Db untuk rerata kuadrat pembilang				
	1	2	3	4	5
1	161 4052	200 4999	216 5403	225 5625	230 5764
2	18,51 98,49	19,00 99,00	19,16 99,17	19,25 99,25	19,30 99,30
3	10,13 34,12	9,55 30,82	9,28 29,46	9,12 28,17	9,01 28,24
4	7,71 21,20	6,94 18,00	6,59 16,69	6,39 15,98	6,26 15,52
5	6,61 16,26	5,79 13,27	5,41 12,06	5,19 11,39	5,05 10,97
6	5,99 13,75	5,14 10,92	4,76 9,78	4,53 9,15	4,39 8,75
7	5,59 12,25	4,74 9,55	4,35 8,45	4,12 7,85	3,97 7,46
8	5,32 11,26	4,46 8,65	4,07 7,59	3,84 7,01	3,69 6,63
9	5,12 10,56	4,26 8,02	3,86 6,99	3,63 6,42	3,48 6,06
10	4,96 10,04	4,10 7,56	3,71 6,55	3,48 5,99	3,33 5,64

LAMPIRAN 7

- 1. Hasil Analisis Spektroskopi Serapan Atom untuk Bulu Ayam Karbonisasi dan Semen**
- 2. Hasil Analisis Spektroskopi Serapan Atom untuk Hasil Ekstraksi Bertahap dan TCLP**



UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA LABORATORIUM TERPADU

LAB. INSTRUMENTASI, FISIKA DASAR DAN KIMIA DASAR

Jl Kaliurang Km 14,5 Yogyakarta 55584 Telp. (0274)895920 ext. 3045, 3016, Fax (0274) 896439 ext. 3020

Website: <http://lab.uil.ac.id> , e-mail : lab.terpadu@uil.ac.id

No. Dok : Form-04/Hasil Uji Rev. 1

Tgl. Terbit : 18 Juli 2009

Hasil Analisis Spektrofotometer Serapan Atom (SSA)

Sampel : Cair
Kode Sampel : 350/C/AAS
Asal Sampel : Rosty Alina
Tanggal diterima : 17 Maret 2014
Tanggal dianalisis : 25 Maret 2014
Parameter : Zn

No	Sample ID	Seq No.	El	Standar (mg/L)	Mean Sig (Absorbance)	Dilution factor	Mean Samp Conc	Std Dev	Samp Units
1	Calib Blank	2	Zn	0	-0.0008			0.00040	mg/L
2	std 1	3	Zn	0.5	0.0100			0.00281	mg/L
3	std 2	4	Zn	1	0.0151			0.00271	mg/L
4	std 3	7	Zn	5	0.0492			0.00178	mg/L
5	std 4	8	Zn	10	0.1064			0.00287	mg/L
6									
7									
8	A1	9	Zn		0.0467	10 X	4.2768	0.00243	mg/L
9	A2	10	Zn		0.0318	50 X	2.7940	0.00241	mg/L

NB: 0,5g sampel dalam 25ml

Jogjakarta, 25 Maret 2014
Manajer Teknis


Thoriku Huda, M.Sc



UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA LABORATORIUM TERPADU

LAB. INSTRUMENTASI, FISIKA DASAR DAN KIMIA DASAR

Jl Kaliurang Km 14,5 Yogyakarta 55584 Telp. (0274)895920 ext. 3045, 3016, Fax (0274) 896439 ext. 3020

Website: <http://lab.uil.ac.id>, e-mail : lab.terpadu@uil.ac.id

No. Dok : Form-04/Hasil Uji Rev. 1

Tgl. Terbit : 18 Juli 2009

Hasil Analisis Spektrofotometer Serapan Atom (SSA)

Sampel : Cair
Kode Sampel : 247/C/AAS
Asal Sampel : Rostyalina
Tanggal diterima : 31 Oktober 2013
Tanggal dianalisis : 6 November 2013
Parameter : Zn

No	Sample ID	Seq No.	El	Standar (mg/L)	Mean Sig (Absorbance)	Limit Detection from Standart	Mean Samp Conc	Std Dev	Samp Units
1	Calib Blank	2	Zn	0	-0.0004			0.00173	mg/L
2	std 1	3	Zn	0.5	0.0652	0.0064		0.00016	mg/L
3	std 2	4	Zn	1	0.1669	0.0064		0.00562	mg/L
4	std 3	5	Zn	2	0.2770	0.0064		0.00084	mg/L
5	std 4	6	Zn	3	0.4109	0.0064		0.00864	mg/L
6	std 5	7	Zn	5	0.6328	0.0064		0.00568	mg/L
7									mg/L
8	1A	8	Zn		0.0792		0.4242	0.07040	mg/L
9	1B	9	Zn		0.2792		2.0457	0.02306	mg/L
10	1C	10	Zn		0.0223		< 0.0064	0.00378	mg/L
11	1D	11	Zn		0.5465		4.2129	0.00766	mg/L
12	1E	12	Zn		0.1067		0.6472	0.00692	mg/L
13	1E*	13	Zn		0.2843		2.0871	0.06463	mg/L
14	1E**	14	Zn		0.1267		0.8093	0.03036	mg/L
15	2.1 a	15	Zn		0.0468		0.1615	0.00547	mg/L
16	2.1 b	16	Zn		0.6218		4.8234	0.02731	mg/L
17	2.2 a	17	Zn		0.0911		0.5207	0.02581	mg/L
18	2.2 b	18	Zn		0.3432		2.5646	0.02782	mg/L
19	2.3 a	19	Zn		0.0540		0.2199	0.00823	mg/L
20	2.3 b	20	Zn		0.3188		2.3668	0.04711	mg/L
21	2.4 a	21	Zn		0.0563		0.2386	0.01410	mg/L
22	2.4 b	22	Zn		0.3477		2.6011	0.04707	mg/L
23	2.5 a	23	Zn		0.0449		0.1461	0.00689	mg/L
24	2.5 b	24	Zn		0.3260		2.4252	0.03837	mg/L

Jogjakarta, 6 November 2013

Manajer Teknis

a-n

Thorikul Huda, M.Sc