



**ANALISIS KANDUNGAN KIMIA DAN PEMANFAATAN
SLUDGE INDUSTRI KERTAS SEBAGAI BAHAN PEMBUATAN
BATAKO**

Skripsi
disajikan sebagai salah satu syarat
untuk memperoleh gelar Sarjana Sains
Program Studi Kimia

oleh
Himnil Khusna
4350408056

JURUSAN KIMIA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG
2012

PERSETUJUAN PEMBIMBING

Skripsi dengan judul “Analisis Kandungan Kimia dan Pemanfaatan *Sludge* Industri Kertas sebagai Bahan Pembuatan Batako” telah disetujui oleh dosen pembimbing untuk diajukan ke Sidang Panitia Ujian Skripsi Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Semarang.

Semarang, Desember 2012

Pembimbing I

Pembimbing II

Drs. Wisnu Sunarto, M.Si.
NIP. 195207291984031001

Mohammad Alauhdin, S.Si, M.Si.
NIP. 198101082005011002

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi yang berjudul :

Analisis Kandungan Kimia dan Pemanfaatan *Sludge* Industri Kertas
sebagai Bahan Pembuatan Batako

disusun oleh

Nama : Himnil Khusna

NIM : 4350408056

telah dipertahankan dihadapan Sidang panitia Ujian Skripsi Jurusan Kimia Fakultas
Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Semarang pada tanggal
19 Desember 2012

Panitia Ujian

Ketua

Sekretaris

Prof. Dr. Wiyanto, M.Si
NIP. 196310121988031001

Dra. Woro Sumarni, M.Si
NIP. 196507231993032001

Ketua Penguji

Drs. Eko Budi Susatyo, M.Si
NIP. 198101082005011002

Anggota Penguji/
Pembimbing Utama

Anggota Penguji/
Pembimbing Pendamping

Drs. Wisnu Sunarto, M.Si
NIP. 195207291984031001

Mohammad Alauhdin, S.Si, M.Si
NIP. 198101082005011002

PERNYATAAN

Saya menyatakan bahwa yang tertulis dalam Skripsi ini benar-benar hasil karya sendiri, bukan jiplakan dari karya orang lain, baik sebagian maupun seluruhnya. Pendapat atau temuan orang lain yang terdapat dalam Skripsi ini dikutip atau dirujuk berdasarkan kode etik ilmiah.

Semarang, Desember 2012

Penyusun,

Himnil Khusna
NIM. 4350408056

MOTTO dan PERSEMBAHAN

Motto:

Hidup ini tidak mudah,
tapi tidak ada kesulitan yang tidak memiliki jalan..
Janganlah berfokus pada yang sulit,
tapi pada yang harus kita lakukan dengan segera menuju
yang lebih baik..

Semakin kita berpengetahuan, semakin banyak cara yang
kita ketahui untuk keluar dari kesulitan
dan tumbuh menjadi pribadi yang mampu berperan bagi
kebaikan sesama..

وَلَا تَقْفُ مَا لَيْسَ لَكَ بِهِ عِلْمٌ إِنَّ السَّمْعَ وَالْبَصَرَ وَالْفُؤَادَ كُلُّ أُولَئِكَ كَانَ مَسْئُولًا

*I believe that God did not gave me nothing I wanted
But more than God always gave me everything I need forever
.....Thank You Allah.....*

Persembahan:

Dari hati yang dalam, karya kecil ini kupersembahkan pada :

Ibu dan bapak untuk setiap lantunan doa, kesabaran dan kasih sayang
yang tak berujung.

Mbak Titin-Mas Munif-alfaz kecil, serta adik-adikku (Amang dan Fina) dan
segenap keluarga besarku untuk segala bentuk perhatian dan cinta.

Seseorang yang telah kusempurnakan tulang rusuknya “Ahmad Fauzan Mubarok”
untuk perhatian, kesabaran, semangat, dan seluruh cinta-kasih
hingga karya ini tersusun.

Sahabat PMII,teman,kawan untuk semangat dan motivasi tiada henti.

Keluarga besar BFOC'08 untuk pengalaman berharga.

Santri-santri PP. Assabiila untuk hari- hari penuh warna.

Semua orang yang telah mengkritik, membimbing, dan membantu dalam setiap
langkah hidupku, terimakasih untuk segalanya.

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, puji syukur penulis haturkan kepada Allah SWT atas limpahan rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Skripsi dengan judul "Analisis Kandungan Kimia dan Pemanfaatan *Sludge* Industri Kertas sebagai Bahan Pembuatan Batako".

Penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu, baik dalam penelitian maupun penyusunan Skripsi ini. Ucapan terima kasih terutama disampaikan kepada:

1. Rektor Universitas Negeri Semarang
2. Dekan FMIPA UNNES untuk arahan dan bimbingan sehingga Skripsi ini dapat terselesaikan.
3. Ketua Jurusan Kimia, FMIPA UNNES untuk petunjuk dan arahan sehingga Skripsi ini dapat terselesaikan.
4. Bapak Drs. Wisnu Sunarto, M.Si., Dosen Pembimbing I untuk masukan dan arahan dalam penyusunan Skripsi ini.
5. Bapak Mohammad Alauhdin, S.Si., M.Si., Pembimbing II yang telah memberikan ilmu, petunjuk, bimbingan dengan sabar dalam pelaksanaan penelitian dan penyusunan Skripsi ini.
6. Bapak Drs. Eko Budi Susatyo, M.Si., Penguji utama yang telah memberikan pengarahan, kritikan membangun sehingga Skripsi ini menjadi lebih baik.
7. Bapak Ibu Dosen Jurusan Kimia FMIPA UNNES yang telah memberikan bekal ilmu kepada penulis.

8. Segenap Karyawan dan Staf Laboratorium untuk bantuan tenaga maupun pikiran, diskusi selama penelitian.
9. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu, yang telah membantu dalam penelitian, penyusunan Skripsi dan segala hal kepada penulis.

Demikian ucapan terima kasih dari penulis, mudah-mudahan Skripsi ini dapat bermanfaat dan dapat memberikan kontribusi positif bagi khazanah perkembangan ilmu pengetahuan.

Semarang, Desember 2012

Penulis

Himnil Khusna
NIM. 4350408056

ABSTRAK

Khusna, Himnil. 2012. “**Analisis Kandungan Kimia dan Pemanfaatan *Sludge* Industri Kertas sebagai Bahan Pembuatan Batako**”. Skripsi. Jurusan Kimia FMIPA UNNES. Dosen Pembimbing I: Drs. Wisnu Sunarto, M.Si., Dosen Pembimbing II: Mohammad Alauhdin S.Si., M.Si.

Kata Kunci: Kandungan Kimia; *Sludge* Kertas; Batako

Telah dilakukan penelitian tentang kandungan kimia *sludge* kertas untuk bahan pembuatan batako. Melimpahnya *sludge* kertas dengan pemanfaatan minimum menjadi dasar penelitian ini. *Sludge* kertas mengandung unsur-unsur mirip semen seperti kalsium oksida (CaO), sulfur trioksida (SO₃), silikon dioksida (SiO₂), magnesium oksida (MgO), aluminium oksida (Al₂O₃), dan besi (III) oksida (Fe₂O₃). Berdasarkan hal tersebut, apakah *sludge* kertas dapat dimanfaatkan sebagai bahan tambahan pada pembuatan batako? *Sludge* kertas dianalisis kandungan CaO, SO₃, SiO₂, MgO, Al₂O₃, dan Fe₂O₃ dengan XRF hasilnya masing-masing adalah 59,72%; 8,28%; 4,34%; 2,99%; 2,75%; dan 0,73%. *Sludge* kertas dengan komponen tersebut dapat dimanfaatkan sebagai bahan pembuatan batako untuk mengurangi jumlah pasir. Komposisi bahan yang digunakan dalam pembuatan batako yaitu semen, pasir, *sludge* kertas, dan air dengan perbandingan semen terhadap agregat (pasir dan *sludge* kertas) = 1 : 5 dan faktor air semen 0,5. Variasi perbandingan penggunaan *sludge* kertas pada porsi pasir adalah 0:5 ; 1:4 ; 2:3 ; 3:2 ; 4:1 ; dan 5:0. Pengujian karakteristik batako yang dibuat meliputi: penyerapan air dan kuat tekan. Pengukuran uji karakteristik batako *sludge* kertas digunakan standar SNI 03-0349-1989. Hasil yang diperoleh adalah batako dengan penambahan *sludge* kertas maksimal 3 bagian dari total agregat menghasilkan penyerapan air sesuai standar yaitu kurang dari 25%. Sedangkan hasil uji kuat tekan, semua perbandingan komposisi bahan diperoleh nilai kuat tekan yang masuk dalam *range* kategori batako sebagai dinding pemisah, yaitu klasifikasi batako ringan mutu I dengan nilai kuat tekan sebesar 0,35-7,00 MPa. Penelitian produk batako akhir dilanjutkan dengan analisis kandungan logam berat timbal (Pb) dengan metode AAS untuk membuktikan aman tidaknya produk batako yang dihasilkan karena bahan *sludge* kertas yang digunakan diperoleh dari hasil pengolahan kertas proses *deinking*. Hasil analisis menunjukkan bahwa kandungan Pb dalam batako adalah sebesar 1,428 mg/L dengan batas ketentuan zat pencemar limbah untuk logam berat Pb maksimal 5 mg/L, sehingga dalam pelaksanaannya produk batako *sludge* kertas yang dihasilkan tergolong aman dan dapat difungsikan untuk pemasangan dinding bangunan yang tidak memerlukan kekuatan tinggi.

ABSTRACT

Khusna, Himnil. 2012. **“Analysis of The Chemical Content and Utilization of Paper Sludge Industry as Brick Material”**. Final Project. Department of Chemistry, UNNES. Supervisor I: Drs. Wisnu Sunarto, M.Si., Supervisor II: Mohammad Alauhdin S.Si., M.Si.

Keywords: Chemical Content; Paper Sludge; Brick

Analysis of the chemical content of paper sludge for brick material has been done. The abundance of paper sludge with minimum utilization is the basis of this study. Paper sludge contains elements like cement such as calcium oxide (CaO), sulfur trioxide (SO₃), silicon dioxide (SiO₂), magnesium oxide (MgO), aluminum oxide (Al₂O₃), and iron (III) oxide (Fe₂O₃). According to that fact, whether paper sludge can be used as materials for making bricks? Analysis result of CaO, SO₃, SiO₂, MgO, Al₂O₃, and Fe₂O₃ content in the paper sludge using XRF are 59,72%; 8,28%; 4,34%; 2,99%; 2,75%; and 0,73% respectively. The paper sludge with the components can be used as materials for making bricks to reduce the amount of sand. The composition of the materials used are cement, sand, paper sludge, and water in the ratio of cement to aggregate (sand and paper sludge) = 1:5, with cement and water factor of 0.5. Variations on the comparison of paper sludge towards sand are 0:5; 1:4; 2:3; 3:2; 4:1; and 5:0. The characteristics of bricks were tested by water absorption and compressive strength. The test was adopted from SNI standard 03-0349-1989. The result shown that the addition of paper sludge up to 3 parts of the total aggregate produce bricks with water absorption less than 25%. While the compressive strength test results showed that compressive strength values of all composition were in the range category as the separation wall bricks type. It matches with lightweight concrete bricks quality I with compressive strength of 0.35 to 7,00 MPa. The analysis of heavy metal lead (Pb) in the bricks was done to know the Pb content in the product. The analysis showed that the content of Pb in bricks is 1.428 mg/L. While the limit of Pb pollutants is 5 mg/L. This result showed that the implementation of paper sludge as bricks material is safe and can be used for wall mounting building does not require high strength.

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
PERSETUJUAN PEMBIMBING	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
PERNYATAAN	iv
MOTTO DAN PERSEMBAHAN	v
KATA PENGANTAR	vi
ABSTRAK	viii
ABSTRACT	ix
DAFTAR ISI	x
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
BAB I PENDAHULUAN	
A. Latar Belakang Masalah	1
B. Permasalahan	4
C. Tujuan Penelitian	5
D. Manfaat Penelitian	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
A. Tinjauan Umum <i>Sludge</i> Kertas	6
B. Logam Berat	8
C. Batako	9
D. Semen	11
E. Air	13
F. Agregat	14
G. Pasir	16
H. Faktor Air Semen (FAS)	17

I. Karakterisasi Batako.....	17
1. Penyerapan Air.....	17
2. Kuat Tekan.....	18
J. Metode Analisis.....	18
1. XRF.....	18
2. AAS.....	21
BAB III METODE PENELITIAN	
A. Sampel Penelitian	26
B. Variabel Penelitian	26
C. Alat dan Bahan.....	27
D. Prosedur Kerja.....	27
E. Metode Analisis Data	33
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	
A. Analisis Kandungan Kimia <i>Sludge</i> Kertas.....	36
B. Uji Karakteristik Batako	37
1. Uji Penyerapan Air.....	38
2. Uji Kuat Tekan	41
C. Analisis Logam Berat Pb dalam Batako	43
V PENUTUP	
A. Simpulan	45
B. Saran	46
DAFTAR PUSTAKA	47
LAMPIRAN-LAMPIRAN	50

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1. <i>Sludge</i> Primer Industri Pulp dan Kertas.....	6
2.2. Pembagian Panjang Gelombang Komponen Material.....	19
2.3. Prinsip Kerja XRF	21
2.4. Alat <i>Atomic Absorption Spectrophotometer</i>	22
2.5. Komponen-Komponen AAS	25
4.1 Grafik Hubungan Komposisi Agregat dengan Penyerapan Air pada Batako umur 14 dan 28 Hari	39
4.2. Grafik Hubungan Komposisi Agregat dengan Kuat Tekan pada Batako umur 14 dan 28 Hari.....	41

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1. Komposisi Senyawa Kimia Limbah Padat (<i>Sludge</i>) Kertas	7
2.2. Baku Mutu TCLP Zat Pencemar Limbah untuk Penentuan Karakteristik Sifat Racun dalam (mg/L)	9
2.3. Komposisi Senyawa Kimia dalam Semen	12
3.1. Perbandingan Pencampuran Agregat (Pasir: <i>Sludge</i> Kertas).....	29
4.1. Hasil Analisis Kandungan Kimia <i>Sludge</i> Kertas PT. Pura Nusapersada Kudus Prioritas.....	36

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1. Diagram Alir Cara Kerja Penelitian.....	50
a. Analisis Kandungan Kimia <i>Sludge</i> Kertas	50
b. Preparasi Sampel Batako.....	51
c. Uji Karakteristik Batako.....	52
1). Uji Penyerapan Air	52
2). Uji Kuat Tekan	53
d. Analisis Logam Berat (Pb) dalam Batako.....	54
2. Hasil Uji XRF Sampel <i>Sludge</i> Kertas	55
3. Data Uji Penyerapan Air pada Batako (Umur 14 Hari)	56
4. Data Uji Penyerapan Air pada Batako (Umur 28 Hari).....	57
5. Data Perhitungan Kuat Tekan pada Batako	58
6. Data Pengujian AAS sampel Batako Optimum	59
7. Grafik Hubungan Absorbansi (A) dengan Konsentrasi (C) Larutan Standar	60
8. Perhitungan Nilai Konsentrasi dan Kadar Logam Berat Pb pada Sampel Batako Optimum	61
9. Perhitungan Nilai Daya Serap Air serta Kuat Tekan Batako Umur 14 dan 28 Hari	62
10. Dokumentasi Kegiatan.....	71

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang Masalah

Meningkatnya jumlah industri akan disertai dengan meningkatnya jumlah limbah yang dihasilkan sehingga resiko terhadap kerusakan lingkungan juga akan semakin meningkat. Hal ini akan berdampak pada kualitas air tanah menjadi menurun apabila limbah tersebut dibuang ke sungai. Industri kertas banyak menggunakan bahan baku dari kayu, pulp dan kertas bekas.

Pengolahan kertas bekas menjadi bahan baku industri perlu melalui proses secara mekanis dan kimia. Proses ini disebut *deinking*. *Deinking* merupakan proses penghilangan tinta dan bahan-bahan non serat dari kertas bekas dengan melarutkan tinta secara kimiawi dan memisahkan tinta dari pulp secara mekanis. Salah satu limbah bahan berbahaya dan beracun yang dihasilkan oleh kegiatan kertas proses *deinking* adalah logam timbal (Pb) (Hardiani, dkk, 2011). Jumlah logam Pb dalam tanah dapat menggambarkan kondisi tanah telah terjadi kontaminasi atau tidak terkontaminasi. Kontaminasi logam berat di lingkungan merupakan suatu masalah, karena akumulasi sampai pada rantai makanan dan keberadaannya di alam tidak mengalami transformasi sehingga menyimpan potensi keracunan yang laten (Notodarmojo, 2005).

Hasil samping dari proses pengolahan limbah yang berupa limbah padat sering disebut dengan *sludge*. *Sludge* akan terus meningkat dengan bertambahnya kebutuhan produksi sehingga diperlukan pemecahan dalam hal pembuangannya karena peningkatan kapasitas produksi perusahaan tidak sebanding dengan peningkatan kemampuan pengelolaan limbahnya (Samosir, 2007). Perkembangan regulasi Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup yang semakin ketat (UU No. 32 tahun 2009) menghimbau pada industri pulp dan kertas untuk lebih meningkatkan upaya pengelolaan lingkungannya. Limbah *sludge* dari industri kertas dalam Peraturan Pemerintah No. 18 tahun 1999 dan perubahannya dalam Peraturan Pemerintah No. 85 tahun 1999 tentang Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun (B3), tidak dicantumkan dalam limbah kategori B3 dari sumber yang spesifik kecuali yang terkontaminasi dengan tinta (proses *deinking*). Namun demikian, tidak berarti limbah yang dihasilkan dari kegiatan produksi industri pulp dan kertas digolongkan sebagai limbah non B3. Pada PP RI No. 18/1999 Jo. PP No. 85/1999 tentang “Pengelolaan Limbah B3”, menjelaskan bahwa setiap industri wajib melakukan identifikasi limbahnya, apakah termasuk dalam limbah B3 atau bukan.

Khusus untuk limbah *sludge*, Pemerintah tidak mengeluarkan peraturan baku mutunya. Di Indonesia sendiri, peraturan yang khusus mengatur tentang pengelolaan limbah non B3 belum ada, sehingga peraturan yang sering dijadikan dasar dalam pelaksanaan pemanfaatan limbah industri adalah Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup No. 02

Tahun 2008 tentang “Pemanfaatan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun”. Pada pasal 2, 3, dan 11 menjelaskan bahwa pemanfaatan limbah B3 dapat dilakukan dengan cara *reuse*, *recycle*, dan *recovery* dengan mengutamakan perlindungan terhadap kesehatan dan keselamatan manusia serta perlindungan kelestarian lingkungan hidup dengan menerapkan prinsip kehati-hatian (Hardiani dan Sugesty, 2009). Kekhawatiran akan meningkatnya limbah *sludge* ini yang tidak diimbangi dengan pengelolaan yang tepat, maka diperlukan solusi dengan memanfaatkan potensi yang dimiliki limbah *sludge* tersebut.

Hasil analisis kimia terhadap limbah padat kertas ternyata memiliki unsur-unsur yang mirip dengan komposisi semen seperti kandungan aluminium oksida (Al_2O_3), kalsium oksida (CaO), magnesium oksida (MgO), sulfur trioksida (SO_3), silikon dioksida (SiO_2) (Anonim, 2005) yang merupakan senyawa yang dapat digunakan sebagai bahan dasar pembuat semen. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Hardiani dan Sugesty (2009), limbah padat kertas dapat dimanfaatkan sebagai campuran pembuatan bata beton terutama dari kandungan CaCO_3 maupun CaO . Penelitian lain menyebutkan bahwa limbah *sludge* IPAL industri kertas berbahan baku *waste paper* dengan proses *deinking* dapat menghasilkan batako kualitas I dan II dengan komposisi tertentu (Supriyadi, 2008).

Dengan diketahui adanya kandungan anorganik pada *sludge* kertas yang mirip semen ini, sehingga berpotensi untuk dimanfaatkan sebagai bahan bangunan, maka dalam hal ini *sludge* kertas dapat digunakan sebagai

substitusi bahan bakunya. Dalam pemenuhan kebutuhan masyarakat terhadap bahan bangunan, misalnya pasir, semen, kapur, dan sebagainya yang semakin meningkat, seiring dengan meningkatnya kebutuhan perumahan dan pendirian bangunan lainnya, maka produk batako berbahan *sludge* kertas ini tentunya bermanfaat dalam menekan biaya pembuatan batako yang semakin mahal.

Upaya pengelolaan *sludge* kertas yang tepat dalam pemanfaatannya sebagai bahan pembuatan batako ini akan sangat mendukung program Pemerintah dalam pengadaan bahan bangunan perumahan dengan harga murah. Selain murah, batako berbahan *sludge* yang dihasilkan ini akan lebih ringan dibandingkan dengan produk-produk batako tanpa campuran *sludge* kertas. Kualitas batako yang dihasilkan sangat dipengaruhi oleh komposisi campuran bahan yang digunakan. Dengan demikian perlu diketahui komposisi campuran bahan-bahan sehingga memberikan hasil yang optimum.

1.2. Permasalahan

Berdasarkan uraian pada latar belakang, permasalahan yang akan diselesaikan dalam penelitian ini adalah :

1. Berapakah kandungan CaO, SO₃, SiO₂, MgO, Al₂O₃, dan Fe₂O₃ dalam *sludge* kertas yang dapat digunakan sebagai campuran dalam pembuatan batako?
2. Bagaimana pengaruh perbandingan berat semen, pasir, dan *sludge* kertas terhadap penyerapan air dan kuat tekan batako yang dihasilkan?

3. Bagaimana pengaruh waktu pengeringan terhadap kualitas batako yang dihasilkan?
4. Berapakah kandungan logam berat timbal (Pb) dalam batako yang dihasilkan?

1.3. Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk :

1. Mengetahui kandungan CaO, SO₃, SiO₂, MgO, Al₂O₃, dan Fe₂O₃ dalam *sludge* kertas yang dapat digunakan sebagai campuran dalam pembuatan batako,
2. Mengetahui pengaruh perbandingan berat semen, pasir, dan *sludge* kertas terhadap penyerapan air dan kuat tekan batako yang dihasilkan,
3. Mengetahui pengaruh waktu pengeringan terhadap kualitas batako yang dihasilkan,
4. Mengetahui kandungan logam berat timbal (Pb) dalam batako yang dihasilkan.

1.4. Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan mampu :

1. Menjadi salah satu alternatif dalam mengolah limbah padat (*sludge*) kertas sebagai bahan pembuatan batako,
2. Menjadi dasar penelitian lebih lanjut dengan menggunakan variabel-variabel lain.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Tinjauan Umum *Sludge* Kertas

Meningkatnya kapasitas produksi industri pulp dan kertas saat ini tentu berdampak pada permasalahan penanganan limbah padat (*sludge*) yang jumlahnya terbilang besar. Hal ini perlu adanya penanganan khusus limbah padat (*sludge*) kertas sehingga permasalahan tersebut teratasi.

Sludge kertas merupakan limbah padat sisa dari produksi industri pulp dan kertas yang biasanya berwarna hitam atau abu-abu, dengan komposisi sebesar 90% padatan dan 10% air yang diperoleh dari proses pengendapan pada Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL). *Sludge* yang dihasilkan dari IPAL ini masih banyak mengandung bahan organik serat dan bahan anorganik lain. Jumlah dan karakteristik lumpur IPAL akan sangat dipengaruhi oleh karakteristik air limbahnya dan sistem pengolahannya, yaitu proses fisika, kimia, atau biologi.



Gambar 2.1. *Sludge* Primer Industri Pulp dan Kertas

Sludge kertas juga menghasilkan pith yang berupa bahan dari proses *depething plant* yaitu pemisahan secara mekanik yang terdiri dari bahan serat dan bahan bukan serat (Hastutik, dkk, 2006). Jumlah *sludge* pabrik pulp dan kertas lebih kurang sepertiga dari jumlah seluruh limbah yang ada (Anonim, 2004).

Limbah padat yang dihasilkan industri kertas berasal dari beberapa unit proses yang umumnya berasal dari proses penyaringan bubur pulp (*reject screen*) dan proses pengolahan air limbah (IPAL). Setiap unit proses pada produksi pulp dan kertas menghasilkan limbah cair yang komponen utamanya berupa serat dan senyawa organik kompleks lignin. Penanganannya dilakukan dengan pengolahan primer dan pengolahan proses biologi lumpur aktif dengan suplai oksigen dan udara dan penambahan nutrisi. Hasil dari pengolahan limbah cair diperoleh air limbah terolah yang telah memenuhi baku mutu persyaratan pembuangan air limbah ke lingkungan dan menghasilkan pula lumpur sebagai limbah padat (Syamsudin *et al.*, 2006).

Berikut ini adalah komposisi kandungan senyawa *sludge* kertas hasil tes Laboratorium Penelitian dan Konsultasi Industri.

Tabel 2.1. Komposisi Senyawa Kimia Limbah Padat (*Sludge*) Kertas

Komposisi Kimia	Kadar (%)
CaO	56,38
Al ₂ O ₃	7,70
Fe ₂ O ₃	1,68
MgO	3,62
SiO ₂	2,35
CO ₂	0,75
H ₂ O	16,11

Laboratorium Penelitian dan Konsultasi Industri (LPKI) Surabaya, 2005

Selama ini buangan *sludge* merupakan masalah yang besar bagi industri pulp dan kertas pada umumnya. Adanya *sludge* membuat perusahaan mengeluarkan biaya yang lebih untuk memasukkannya ke dalam *landfill*, sampai sekarang, umumnya penanganan *sludge* kertas masih dilakukan dengan penumpukan pada *landfill*. Apabila keadaan ini dibiarkan terus-menerus, maka semakin lama pabrik akan kekurangan lahan untuk penimbunan limbah sehingga dimungkinkan terjadinya pencemaran lingkungan. Dengan demikian diperlukan upaya untuk mengatasi permasalahan tersebut, salah satu alternatif adalah dengan memanfaatkannya menjadi bahan tambahan pembuatan batako untuk menekan biaya pembuatan batako yang semakin mahal.

2.2. Logam Berat

Pengolahan kertas bekas menjadi bahan baku kertas melalui proses *deinking* menimbulkan dampak pencemaran logam berat. Pada proses *deinking* terjadi penghilangan tinta dari kertas bekas yaitu dengan melarutkan tinta secara kimia dan memisahkan tinta dari pulp secara mekanis mengakibatkan komponen logam berat yang terdapat dalam tinta tertinggal dalam *sludge* kertas yang menjadi limbah.

Logam berat adalah unsur-unsur kimia dengan bobot jenis lebih besar dari 5 g/cm^3 . Logam berat dibagi dalam dua jenis, yaitu logam berat esensial dan logam berat non esensial. Logam berat esensial dalam jumlah tertentu sangat dibutuhkan oleh organisme hidup, namun dalam jumlah berlebihan dapat menimbulkan efek toksik (racun). Contohnya yaitu Zn, Cu, Fe, dan

Mn. Sedangkan logam berat non esensial keberadaannya dalam tubuh dapat bersifat racun, seperti Hg, Pb, Cd, dan Cr (Darmono, 2001).

Tabel 2.2. Baku Mutu TCLP Zat Pencemar Limbah untuk Penentuan Karakteristik Sifat Racun (mg/L)

Parameter	Baku Mutu (PP.85/1999)
Arsen (As)	5
Cadmium (Cd)	1
Barium (Ba)	100
Chromium (Cr)	5
Copper (Cu)	10
Lead (Pb)	5
Zinc (Zn)	50
Boron (B)	500
Mercury (Hg)	0,2
Selenium (Se)	1
Silver (Ag)	5

Sumber: Kerjasama BBPK dengan Industri Kertas, 2008

2.3. Batako

Batako adalah campuran antara semen portland atau semen hidrolis yang lain, agregat halus, agregat kasar dan air dengan atau tanpa bahan tambahan membentuk masa padat. Batako terdiri dari pasta, agregat dan admixture. Dalam membuat suatu batako dengan mutu tertentu perlu ditentukan jumlah pasta dan agregat yang sesuai. Pasta adalah campuran semen dan air yang digunakan untuk merekatkan agregat-agregat dalam batako.

Departemen Pekerjaan Umum melalui Lembaga Penyelidikan Masalah Bangunan (DPU - LPMB) memberikan definisi tentang batako sebagai campuran antara semen portland atau semen hidrolis yang lainnya, agregat halus, agregat kasar dan air dengan atau tanpa bahan campuran

tambahan membentuk massa padat (SK.SNI T- 15-1990). Pada keadaan normal perbandingan antara semen : pasir (agregat halus) : kerikil (agregat kasar) = 1 : 1,5 : 2,5. Batako yang dibuat dengan agregat normal adalah batako normal, yaitu yang mempunyai berat isi 2.200-2.500 kg/m³. Kekuatan tekannya sekitar 15-40 MPa (SK.SNI.T-15-1990).

Parameter-parameter yang paling mempengaruhi kekuatan batako adalah

- (1) kualitas semen,
- (2) proporsi semen terhadap campuran,
- (3) kekuatan dan kebersihan agregat,
- (4) interaksi atau adhesi antara pasta semen dengan agregat, dan
- (5) pencampuran yang cukup dari bahan-bahan membentuk batako.

Di samping kualitas bahan penyusunnya, kualitas pelaksanaan pun menjadi sangat penting dalam pembuatan batako. Pada pembuatan batako harus memenuhi kriteria konstruksi yaitu dapat dengan mudah dikerjakan dan dibentuk serta mempunyai nilai ekonomi.

Salah satu cara membuat batako adalah mengurangi berat yang ditimbulkan oleh material alam seperti agregat dengan mencampur agregat dengan bahan lainnya yang dapat mendukung elemen konstruksi. Agregat memiliki kontribusi nilai berat dalam batako. Pemanfaatan *sludge* kertas sebagai bahan pembuat batako diharapkan lebih praktis, karena *sludge* kertas yang dipakai sebagai bahan campuran (*mix design*) yang digunakan

sebagai agregat diharapkan dapat memberikan kontribusi yang berarti dalam meringankan batako dan meningkatkan kekuatan batako.

Pada proses pengerasan (*ageing*) batako perlu dilakukan perawatan atau pemeliharaan batako (*curing*) agar tetap terjaga kelembabannya. *Curing* merupakan pencegahan terhadap kehilangan air yang terlalu cepat pada batako. Penguapan air pada batako selama proses *ageing* dapat berakibat terjadinya penyusutan kering yang terlalu cepat, hal tersebut berpengaruh terhadap kekuatan batako. Agar kekuatan batako meningkat, maka harus tersedia air untuk hidrasi, sebab pengerasan batako terjadi karena hidrasi bukan karena pengeringan (Van Vlack, 2001) dan selama hidrasi terjadi pelepasan panas. Maka dapat disimpulkan bahwa batako harus tetap basah untuk menjamin pengerasan yang baik.

Perawatan batako dapat dilakukan dengan cara sebagai berikut:

- (1) menyirami permukaan batako secara berkala,
- (2) menyelimuti batako dengan karung basah secara kontinyu,
- (3) menaruh batako di ruangan lembab
- (4) menaburi pasir yang dibasahi secara kontinyu, dan
- (5) menyembrotkan uap.

2.4. Semen

Semen adalah hasil industri dari perpaduan bahan baku batu kapur/gamping sebagai bahan utama dan lempung/tanah liat atau bahan pengganti lainnya dengan hasil akhir berupa padatan berbentuk bubuk (*bulk*) kering yang berupa partikel-partikel halus. Batu kapur/gamping adalah

bahan alam yang mengandung Calcium Oksida (CaO), sedangkan lempung/tanah liat adalah bahan alam yang mengandung senyawa Silika Oksida (SiO₂), Aluminium Oksida (Al₂O₃), Besi Oksida (Fe₂O₃), dan Magnesium Oksida (MgO). Untuk menghasilkan semen, bahan baku tersebut dibakar sampai meleleh, sebagian untuk membentuk klinkernya yang kemudian dihancurkan dan ditambah dengan gibs (*gypsum*) dalam jumlah yang sesuai. Secara kimia, dalam pembuatan batako, semen akan dicampur dengan air (*hydration*) untuk membentuk pasta. Semen memiliki beberapa tipe yaitu tipe I, II, III, IV dan V. Tipe-tipe semen tersebut diurutkan berdasarkan kekuatan awalnya dalam merekatkan suatu bangunan yang dibentuk. Semen yang digunakan dalam pembuatan batako adalah semen hidrolik atau sering disebut juga semen Portland. Semen hidrolik adalah jenis semen yang bereaksi dengan air dan membentuk suatu batuan massa.

Berikut ini merupakan komposisi senyawa kimia yang terkandung dalam semen PT. Semen Gresik:

Tabel 2.3. Komposisi Senyawa Kimia dalam Semen

Komposisi Kimia	Kadar (%)
CaO	65,21
SO ₃	2,22
SiO ₂	20,92
MgO	0,97
Al ₂ O ₃	5,49
Fe ₂ O ₃	3,78

Dalam pembuatan batako, semen akan dicampur air untuk membentuk pasta. Fungsi dari pasta ini adalah untuk merekatkan agregat sehingga tidak mudah goyah. Selain itu, semen juga berfungsi dalam mengeraskan dan membentuk batako agar padat. Proporsi dari kedua campuran semen dan air menentukan sifat-sifat dari batako yang dibentuk.

2.5. Air

Air memegang peranan penting dalam proses menentukan mutu batako sebagai bahan dasarnya. Kekuatan batako umumnya sangat dipengaruhi oleh jumlah air yang dipergunakan. Syarat-syarat air yang dapat digunakan dalam pembuatan batako antara lain:

- (1) air harus bersih dan tidak mengandung bahan-bahan yang dapat menurunkan kualitas beton,
- (2) tidak mengandung minyak, asam alkali, garam-garam, bahan padat, sulfat, klorida, bahan-bahan organik atau bahan lain yang dapat merusak batako,
- (3) air yang dapat digunakan untuk diminum. Air yang keruh sebelum digunakan harus diendapkan minimal 24 jam atau dapat disaring terlebih dahulu, dan
- (4) semua air yang meragukan harus dianalisis secara kimia dan dievaluasi mutunya menurut pemakaian.

Jumlah air yang digunakan dalam adukan batako harus dilakukan setepat-tepatnya. Jika penggunaan air dalam proses pembuatan batako

terlalu sedikit maka akan menyebabkan batako akan sulit dikerjakan, tetapi jika air yang digunakan terlalu banyak maka kekuatan batako akan berkurang dan terjadi penyusutan setelah batako mengeras.

2.6. Agregat

Agregat merupakan pengisi batako yang digunakan untuk membuat volume stabil. Selain itu, sifat mekanik dan fisik dari agregat sangat berpengaruh terhadap sifat-sifat batako yang dihasilkan, seperti kuat tekan, kekuatan, durabilitas, berat, dan lain-lain. Kegunaan agregat pada batako adalah menghasilkan batako yang murah, menimbulkan volume batako yang stabil, dan mencegah abrasi jika batako digunakan pada bangunan laut.

Berikut ini adalah jenis-jenis agregat menurut (Sihombing, 2009)

1. Agregat Biasa

Jenis ini dapat digunakan untuk tujuan umum dan menghasilkan batako dengan massa jenis yang berkisar antara $2,3 \text{ g/cm}^3$ - $2,5 \text{ g/cm}^3$. Agregat ini seperti pasir dan kerikil yang dapat diperoleh dengan cara ekstraksi dari batuan aluvial dan glasial. Pasir dan kerikil dapat juga diperoleh dengan cara menggali dari dasar sungai dan laut.

2. Agregat Berat

Jenis ini dapat digunakan secara efektif dan ekonomis untuk jenis batako yang harus menahan radiasi, sehingga dapat memberikan perlindungan terhadap sinar-X, Gamma dan Neutron. Efektivitas batako berat dengan massa jenis antara 4 g/cm^3 - 5 g/cm^3 bergantung pada jenis agregatnya.

3. Agregat Ringan

Jenis ini dipakai untuk menghasilkan batako ringan dalam sebuah bangunan yang beratnya sendiri sangat menentukan. Agregat ringan digunakan dalam bermacam-macam produk batako berkisar antara bahan isolasi sampai pada batako bertulang atau beton pra-tekan, sungguh pun penggunaannya yang paling banyak dalam pembuatan blok-blok beton pracetak. Batako yang digunakan dengan agregat ringan mempunyai sifat tahan api yang baik. Agregat ini mempunyai pori sangat banyak, sehingga daya serapnya jauh lebih besar dibandingkan dengan daya serap agregat lainnya. Oleh karena itu penakarannya harus dilakukan secara volumetrik. Massa jenis agregat ringan berkisar antara $0,35 \text{ g/cm}^3$ - $0,85 \text{ g/cm}^3$.

Agregat yang baik dan memenuhi syarat untuk digunakan sebagai campuran dalam pembuatan batako harus mempunyai sifat-sifat yaitu:

- a. Agregat untuk batako dapat berupa pasir alam sebagai hasil desintegrasi alami dari batuan-batuan atau berupa pasir buatan yang dihasilkan oleh alat-alat pemecah batu.
- b. Agregat harus terdiri dari butir-butir yang tajam dan keras. Butir-butir agregat halus harus bersifat kekal, artinya tidak pecah atau hancur oleh pengaruh-pengaruh cuaca, seperti terik matahari dan hujan.
- c. Agregat tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 5%. Apabila kadar lumpur melampaui 5% maka agregat harus dicuci terlebih dahulu.

- d. Agregat tidak boleh mengandung zat-zat yang dapat merusak beton seperti zat-zat yang reaktif alkali.

Dalam penelitian ini, menggunakan jenis agregat ringan *sludge* (limbah padat) pabrik kertas dari PT. Pura Nusapersada Kudus. Agregat ringan dari *sludge* pabrik kertas ini dapat menjadikan pengganti sebagian semen sehingga menekan biaya produksi dari pembuatan batako tersebut.

2.7. Pasir

Pasir digunakan dalam pembuatan batako bertujuan untuk mencegah keretakan pada batako apabila sudah mengering. Karena dengan adanya pasir akan mengurangi penyusutan yang terjadi mulai dari pencetakan hingga pengeringan.

Pasir memang sangat penting dalam pembuatan batako ringan, tapi apabila kadarnya terlalu besar akan mengakibatkan kerapuhan jika sudah mengering. Ini disebabkan daya rekat antara partikel-partikel berkurang dengan adanya pasir dalam jumlah yang besar, sebab pasir tersebut tidak bersifat merekat akan tetapi hanya sebagai pengisi (*filler*).

Pasir yang baik digunakan untuk pembuatan batako ringan berasal dari sungai dan untuk pasir dari laut harus dihindarkan karena dapat mengakibatkan perkaratan dan masih mengandung tanah lempung yang dapat membuat batako menjadi retak-retak (Sihombing, 2009).

2.8. Faktor Air Semen (FAS)

Secara umum dapat diketahui bahwa semakin tinggi nilai FAS maka akan semakin rendah mutu kekuatan beton/batako. Namun demikian, nilai FAS yang rendah tidak selamanya berarti bahwa kekuatan beton/batako semakin tinggi. Nilai FAS yang rendah akan menyebabkan kesulitan dalam pengerjaannya yaitu dalam pelaksanaan pemadatan yang pada akhirnya akan menyebabkan mutu beton/batako justru menurun. Umumnya nilai FAS minimum yang diberikan sekitar 0,4 dan maksimum 0,65 rata-rata ketebalan lapisan yang memisahkan antar partikel dalam beton/batako sangat bergantung pada faktor air semen yang digunakan dan kehalusan butir semennya.

2.8. Karakterisasi Batako

Batako ringan sering juga disebut batako berpori dibuat dari campuran: semen, air, dan *sludge* kertas. Campuran batako kemudian dicetak dan dikeringkan secara alami, dengan waktu pengeringan (*agieng*) selama: 14 dan 28 hari. Adapun karakteristik batako yang diukur meliputi: penyerapan air dan kuat tekan.

2.8.1. Penyerapan Air (*Water Absorbtion*)

Penyerapan air dalam batako bertujuan untuk mengetahui sampai dimana batas air pada sampel batako dapat diserap. Untuk mengetahui besarnya penyerapan air diukur dan dihitung menggunakan persamaan sebagai berikut (Sijabat, 2007):

$$WA = \frac{M_j - M_k}{M_k} \times 100\% \dots\dots\dots (Pers.1)$$

Keterangan :

WA = Water Absorption (%)

M_j = Massa benda dalam kondisi jenuh (gram)

M_k = Massa benda kondisi kering (gram)

2.8.2. Kuat Tekan (Compressive Strength)

Kuat tekan batako adalah persatuan luas yang menyebabkan benda uji batako hancur bila dibebani dengan gaya tekan tertentu. Pengukuran kuat tekan dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut (Sijabat, 2007):

$$\sigma = \frac{F}{A} \dots\dots\dots (Pers.2)$$

Keterangan :

σ = Kuat Tekan (MPa)

F = Gaya Tekan (kgf)

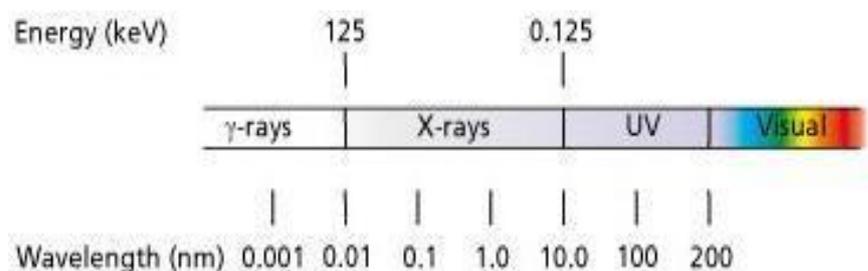
A = Luas penampang yang terkena penekanan gaya (cm²)

2.9. Metode Analisis

2.9.1. X-Ray Fluorescence (XRF)

Analisis dengan XRF akan diperoleh analisis unsur penyusun dari sampel. XRF merupakan teknik analisa non-destruktif yang digunakan

untuk identifikasi serta penentuan konsentrasi elemen yang ada pada sampel padat, bubuk ataupun cair. Secara umum, XRF spektrometer mengukur panjang gelombang komponen material secara individu dari emisi fluoresensi yang dihasilkan sampel saat diradiasi dengan sinar-X (Solovyov, 2009).



Gambar 2.2. Pembagian Panjang Gelombang Komponen Material

XRF merupakan salah satu metode analisis yang tidak merusak sampel, dapat digunakan untuk analisis unsure dalam bahan secara kualitas dan kuantitas. Hasil analisis kualitatif ditunjukkan oleh puncak spektrum yang mewakili jenis unsur sesuai dengan energi sinar-X karakteristiknya, sedangkan analisis kuantitatif diperoleh dengan cara membandingkan intensitas sampel dengan standar.

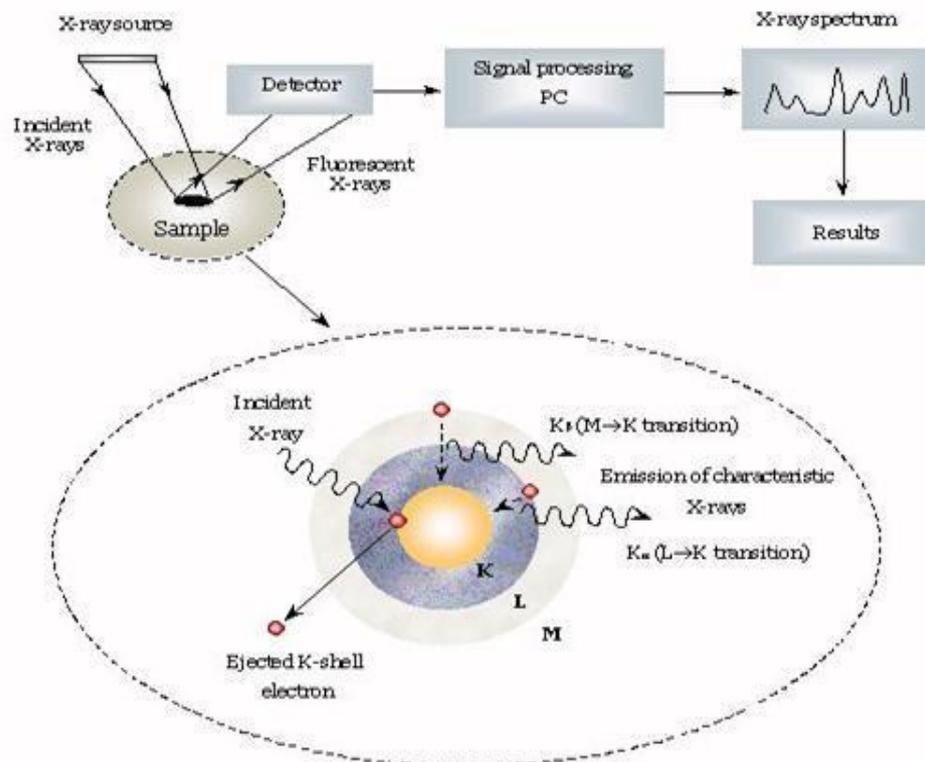
2.9.1.1. Prinsip Kerja XRF

Prinsip pengukuran XRF berdasarkan terjadinya proses eksitasi elektron pada kulit atom bagian dalam ketika atom suatu unsur tersebut dikenai sinar-X, kekosongan elektron tersebut akan diisi oleh elektron bagian luar dengan melepaskan energi yang spesifik untuk setiap unsur (Saksono, 2002). Elektron dari kulit yang lebih tinggi akan mengisi kekosongan tersebut. Perbedaan energi dari dua kulit itu muncul sebagai

sinar-X yang dipancarkan oleh atom. Spektrum sinar-X selama proses tersebut menunjukkan puncak yang karakteristik, dimana setiap unsur akan menunjukkan puncak yang karakteristik yang merupakan landasan dari uji kualitatif untuk unsur-unsur yang ada.

Hasil XRF berupa spektrum hubungan energi eksitasi dan intensitas sinar-X. Energi eksitasi menunjukkan unsur penyusun sampel dan intensitas menunjukkan nilai kualitas dari unsur tersebut. Semakin tinggi intensitasnya maka semakin tinggi pula prosentase unsure tersebut dalam sampel (Jamaluddin, 2007). Metode XRF akan memberikan nilai intensitas secara total dari unsur tertentu dalam semua bentuk senyawa (Saksono, 2002).

Metode XRF secara luas digunakan untuk menentukan komposisi unsur suatu material. Karena metode ini cepat dan tidak merusak sampel, metode ini dipilih untuk aplikasi di lapangan dan industri untuk kontrol material. Tergantung pada penggunaannya, XRF dapat dihasilkan tidak hanya oleh sinar-X tetapi juga sumber eksitasi primer yang lain seperti partikel alfa, proton atau sumber elektron dengan energi yang tinggi (Viklund, 2008).



Gambar 2.3. Prinsip Kerja XRF

2.9.1.2. Kelebihan dan Kekurangan Metode XRF

Keunggulan dari metode ini adalah sampel yang dianalisis tidak perlu dirusak, memiliki akurasi yang tinggi, dapat menentukan unsur dalam material tanpa adanya standar, serta dapat menentukan kandungan mineral dalam bahan biologik maupun dalam tubuh secara langsung. Kekurangan dari metode XRF adalah tidak dapat menganalisis unsur di bawah nomor atom 10 (Jamaluddin, 2007).

2.9.2. Atomic Absorption Spectrophotometer (AAS)

Spektrofotometer Serapan Atom (AAS) adalah suatu alat yang digunakan pada metode analisis untuk penentuan unsur-unsur logam dan

metaloid yang berdasarkan pada penyerapan absorpsi radiasi oleh atom bebas. AAS merupakan teknik analisis kuantitatif dari unsur-unsur yang pemakaiannya sangat luas di berbagai bidang karena prosedurnya selektif, spesifik, biaya analisisnya relatif murah, sensitivitasnya tinggi, dapat dengan mudah membuat matriks yang sesuai dengan standar, waktu analisis sangat cepat dan mudah dilakukan.



Gambar 2.4. Alat *Atomic Absorption Spectrophotometer*

2.9.2.1. Prinsip Kerja AAS

Metode AAS merupakan metode analisis yang didasarkan pada proses penyerapan energi radiasi oleh atom-atom yang berada pada tingkat energi dasar (*ground state*). Dengan mengukur intensitas radiasi yang diteruskan (*transmitasi*) atau mengukur intensitas radiasi yang diserap (*absorbansi*), maka konsentrasi unsur dalam sampel dapat ditentukan. Metode analisis ini sangat selektif karena frekuensi radiasi yang diserap adalah karakteristik untuk setiap unsur. Umumnya lampu yang digunakan adalah lampu katoda cekung yang mana penggunaannya hanya untuk analisis satu unsur saja.

Sumber cahaya pada AAS adalah sumber cahaya dari lampu katoda yang berasal dari elemen yang sedang diukur kemudian dilewatkan ke dalam nyala api yang berisi sampel yang telah teratomisasi, kemudian radiasi tersebut diteruskan ke detektor melalui monokromator. Detektor akan menolak arah searah arus (DC) dari emisi nyala dan hanya mengukur arus bolak-balik dari sumber radiasi atau sampel.

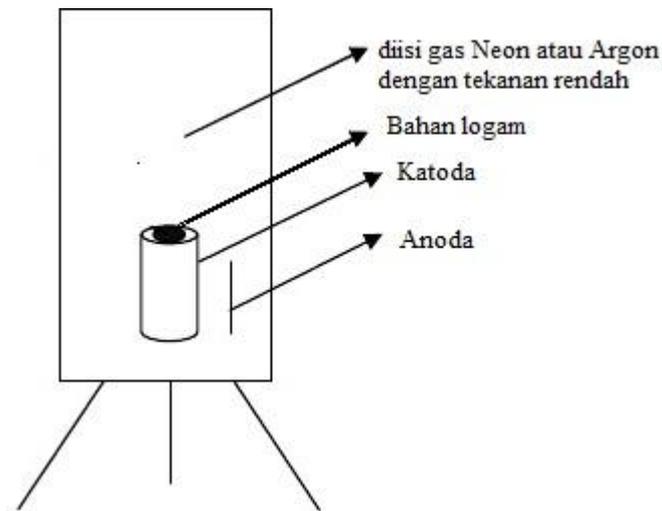
Atom dari suatu unsur pada keadaan dasar akan dikenai radiasi maka atom tersebut akan menyerap energi dan mengakibatkan elektron pada kulit terluar naik ke tingkat energi yang lebih tinggi atau tereksitasi. Jika suatu atom diberi energi, maka energi tersebut akan mempercepat gerakan elektron sehingga elektron tersebut akan tereksitasi ke tingkat energi yang lebih tinggi dan dapat kembali ke keadaan semula. Atom-atom dari sampel akan menyerap sebagian sinar yang dipancarkan oleh sumber cahaya. Penyerapan energi oleh atom terjadi pada panjang gelombang tertentu sesuai dengan energi yang dibutuhkan oleh atom tersebut.

2.9.2.2. *Komponen-Komponen AAS*

Bagian-bagian yang terdapat pada alat AAS adalah sebagai berikut:

a. Sumber Cahaya

Sumber cahaya untuk AAS adalah hollow cathode lamp (lampu katoda rongga). Lampu ini terdiri dari sebuah tabung gelas/kwarsa dengan dua buah elektroda; satu elektroda terbuat dari unsur tertentu dan elektroda yang lain merupakan suatu anoda.



Gas-gas pengisi tabung yang biasa digunakan adalah Ne (neon), Ar (argon) dan He (helium). Lampu-lampu lain yang biasa digunakan adalah Cu (tembaga), Mg (magnesium) dan lain-lain. Jenis lampu logam dengan panjang gelombang tertentu dibedakan berdasarkan logam yang dipasang pada lubang katoda. Di depan lampu katoda rongga terdapat komponen yang disebut chopper atau pemenggal putar yang berfungsi sebagai pengatur frekuensi radiasi yang dipancarkan dari lampu.

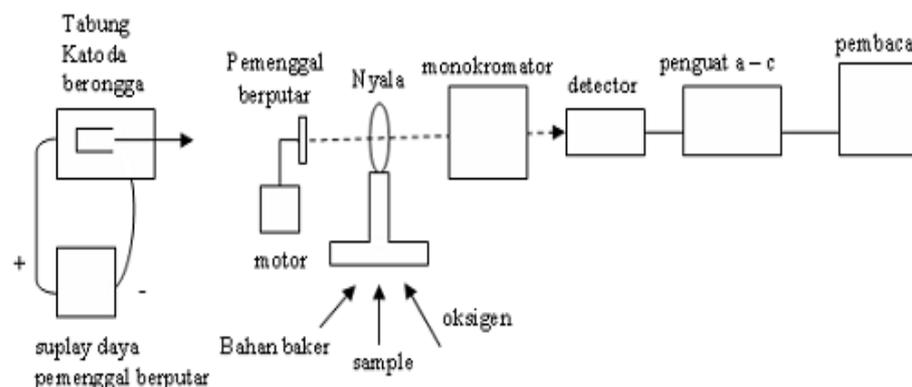
b. Monokromator

Monokromator adalah alat yang berfungsi mengubah cahaya polikromatik menjadi cahaya monokromatik atau dengan istilah lain melakukan pemilihan radiasi yang ditemukan. Monokromator AAS terdiri dari cermin dan grating (Czerney-Turner) yang kerjanya berdasarkan interferensi cahaya.

c. Detektor

Detektor berfungsi untuk mengukur intensitas radiasi yang diteruskan dan telah diubah menjadi energi listrik oleh photomultiplier.

Hasil pengukuran detektor dilakukan penguatan dan dicatat oleh alat pencatat yang berupa printer dan pengamat angka.



Gambar 2.5. Komponen-Komponen AAS

2.9.2.3. Kelebihan dan Kelemahan Metode AAS

Kelebihan metode AAS dibandingkan dengan spektrofotometer biasa yaitu lebih spesifik, batas deteksi yang rendah dari larutan yang sama bisa mengukur unsur-unsur yang berlainan, pengukurannya langsung terhadap sampel, output dapat langsung dibaca, cukup ekonomis, dapat diaplikasikan pada banyak jenis unsur, dan batas kadar penentuan luas (dari ppm sampai %). Sedangkan kelemahannya yaitu pengaruh kimia dimana AAS tidak mampu menguraikan zat menjadi atom misalnya pengaruh fosfat terhadap Ca, pengaruh ionisasi yaitu bila atom tereksitasi (tidak hanya disosiasi) sehingga menimbulkan emisi pada panjang gelombang yang sama, serta pengaruh matriks misalnya pelarut.

BAB 3

METODE PENELITIAN

3.1. Sampel Penelitian

Sampel yang digunakan dalam penelitian ini adalah cuplikan *sludge* kertas dari PT. Pura Nusapersada Kudus.

3.2. Variabel Penelitian

3.2.1. Variabel bebas

Variabel bebas dalam penelitian ini adalah komposisi campuran *sludge* kertas dan pasir dalam pembuatan batako.

3.2.2. Variabel terikat

Variabel terikat yaitu kandungan CaO, SO₃, SiO₂, MgO, Al₂O₃, dan Fe₂O₃ serta uji kuat tekan, uji penyerapan air batako, dan uji kandungan logam berat Pb pada batako berbahan *sludge* kertas dari PT. Pura Nusapersada Kudus.

3.2.3. Variabel kendali

Variabel kendali adalah variabel yang dapat mempengaruhi hasil penelitian tetapi keberadaanya dikendalikan oleh peneliti. Variabel kendali dalam penelitian ini meliputi : alat dan bahan yang digunakan, ukuran cetakan batako, dan waktu yang dibutuhkan dalam pengerasan batako.

3.3. Alat dan Bahan

3.3.1. Alat yang digunakan dalam penelitian

Alat yang digunakan dalam penelitian ini meliputi : berbagai alat gelas, ayakan ukuran 100 mesh, mortar dan alu, neraca analitik merek AdventurerTM Ohaus, neraca digital, labu Kjeldahl, kertas saring Whatman, cetakan batako, ember plastik, pengaduk, *drying oven*, hotplate stirrer merek Daihan Lab Tech, alat uji *X-Ray Fluorescence*, alat uji kuat tekan batako *CBR Test Machine*, dan AAS.

3.3.2. Bahan yang digunakan dalam penelitian

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi : *sludge* kertas PT.Pura Nusapersada Kudus, HNO₃ 65%, HClO₄ 60%, Pb(NO₃)₂, semen, air, dan pasir.

3.4. Prosedur kerja

3.4.1. Analisis Kandungan Kimia *Sludge* Kertas

Penentuan analisis kandungan kimia *sludge* kertas dilakukan dengan menggunakan *X-Ray Fluorescence* (XRF) sesuai dengan ketentuan yang berlaku menurut SNI 13-3608-94. Menurut penelitian yang dilakukan oleh Kriswarini, dkk (2010) bahwa dalam menganalisis suatu sampel sebelumnya dilakukan preparasi. Permukaan bahan atau sampel yang akan dianalisis harus rata, halus, dan bersih.

Dalam penelitian ini, *sludge* kertas yang sudah dikeringkan sebelumnya dengan *drying oven* kemudian dihaluskan dan diayak hingga

lolos 100 mesh. Selanjutnya menimbang sampel *sludge* kertas tersebut sebanyak 1 gram kemudian dipres atau dipadatkan ke dalam sampel holder dari alat XRF. Dari hasil uji sampel *sludge* kertas menggunakan XRF dapat diketahui berapa besar kadar komposisi kimia seperti CaO, SO₃, SiO₂, MgO, Al₂O₃, dan Fe₂O₃ yang terkandung dalam sampel *sludge* kertas tersebut.

3.4.2. Preparasi Sampel Batako

Bahan baku yang digunakan pada pembuatan batako *sludge* terdiri dari semen, air, pasir, dan limbah padat (*sludge*) dari industri kertas. Untuk menentukan komposisi bahan baku mengacu pada proporsi campuran agregat dalam beton, yaitu sekitar 70-80% atau perbandingan semen terhadap agregat = 1 : 5 (Sihombing, 2009).

Agregat yang dipakai pada pembuatan batako terdiri dari pasir dan *sludge* kertas dengan perbandingan komposisi seperti pada Tabel 3.1. Banyaknya air yang digunakan dalam satu kali pengadukan (faktor air semen = FAS) adalah 0,5 sedangkan menurut teori FAS= 0,25-0,65 (Sihombing, 2009). Penentuan nilai FAS sebesar 0,5 dengan asumsi agar adukan semen dan air tidak terlalu encer atau kental serta agar batako tidak mengalami *shock hydration* atau muncul retak-retak di permukaan atau di dalam batako selama proses pengeringan (*ageing*).

Tabel 3.1. Perbandingan Pencampuran Agregat (Pasir:Sludge Kertas)

Kode Sampel	Pasir (Bagian)	Sludge Kertas (Bagian)
A	5	0
B	4	1
C	3	2
D	2	3
E	1	4
F	0	5

Dalam pembuatan batako *sludge* kertas, agregat dicampur dengan semen dan air dalam suatu wadah plastik dengan perbandingan bagian semen:agregat:air = 1:5:0,5 kemudian diaduk hingga merata dan homogen menggunakan sendok semen. Selanjutnya adonan dituangkan dalam cetakan batako dengan ukuran kubus: 5 x 5 x 5 cm. Kemudian dikeringkan untuk proses pengerasan (*ageing*). Pada proses *ageing* secara alami dilakukan dengan variasi waktu: 14 dan 28 hari.

Setelah benda uji mengalami proses *ageing*, kemudian dilakukan pengujian karakteristik meliputi: penyerapan air dan kuat tekan. Setiap pengujian karakteristik batako, dilakukan sebanyak 3x untuk masing-masing variasi komposisi bahan baku dan variasi waktu proses *ageing*, sehingga diperoleh hasil rata-rata. Hal ini dilakukan untuk mempertegas hasil yang diperoleh di lapangan.

3.4.3. Karakterisasi Batako

Pengujian yang dilakukan dalam penelitian ini meliputi: penyerapan air dan kuat tekan.

3.4.3.1. Uji Penyerapan Air (*Water Absorption*)

Untuk mengetahui besarnya penyerapan air dari batako yang telah dibuat, maka perlu dilakukan pengujian. Prosedur pengukuran penyerapan air adalah sebagai berikut:

- a. Menimbang massa sampel yang telah dikeringkan di dalam *drying oven* dengan suhu $(105\pm 5)^{\circ}\text{C}$ selama 1 jam. Massa ini disebut massa sampel kering (M_k).
- b. Kemudian merendam sampel di dalam air selama 1 jam.
- c. Menimbang dan mencatat massa sampel setelah direndam, disebut massa sampel jenuh (M_j).
- d. Merendam kembali sampel dan mencatat massanya secara berulang sampai mendapatkan M_j konstan.

Kemudian berapa % air yang dapat diserap oleh sampel batako tersebut dihitung dengan rumus pada persamaan 1. Selanjutnya mencatat semua data yang diperoleh dalam tabel.

3.4.3.2. Uji Kuat Tekan (*Compressive Strength*)

Prosedur pengujian kuat tekan adalah sebagai berikut:

- a. Menyiapkan alat uji kuat tekan yang akan digunakan.
- b. Memutar tuas ke arah kiri.
- c. Memasang alat tekan untuk menghancurkan sampel uji.
- d. Meletakkan sampel uji tepat di bawah alat tekan.
- e. Memutar tuas ke arah kanan sambil melihat jarum penentu nilai x bergerak sampai sampel uji pecah.

- f. Mencatat nilai x yang ditunjukkan setelah sampel uji pecah untuk menentukan besarnya gaya (F) yang dibutuhkan.

Kemudian untuk mengetahui berapa nilai kuat tekan sampel batako dihitung dengan rumus pada persamaan 2. Selanjutnya mencatat semua data yang diperoleh dalam tabel.

3.4.4. Analisis Logam Berat Timbal (Pb) dalam Batako

3.4.4.1. Pembuatan Ekstrak Jernih dari Sampel Batako (Hayati, 2001)

Analisis logam berat Pb dalam batako diukur dengan menggunakan AAS. Langkah-langkahnya yaitu menghancurkan dan menghaluskan sampel batako kering yang dihasilkan kemudian mengambil sedikit untuk ditimbang sebanyak 2 gram, selanjutnya memasukkan sampel ke dalam labu Kjeldahl dengan menambahkan 5 mL larutan asam (campuran asam nitrat dan perklorat 1:2), kemudian dipanaskan dengan suhu 125°C .

Destruksi diakhiri bila terbentuk uap putih dari cairan dalam labu dan tersisa sekitar 1 mL, kemudian dinginkan. Selanjutnya ekstrak yang dihasilkan dipindahkan ke dalam labu ukur 50 mL kemudian diencerkan dengan aquades hingga tanda batas, lalu dikocok dan disaring dengan kertas saring whatman agar diperoleh ekstrak jernihnya dan dibiarkan semalaman. Logam berat Pb dari ekstrak jernih diukur menggunakan AAS dengan panjang gelombang untuk Pb yaitu 283,3 nm.

3.4.4.2. Pembuatan Larutan Standar Pb 1000 ppm

Pembuatan larutan standar untuk kurva kalibrasi dapat dilakukan dengan cara membuat larutan Pb 1000 ppm, kemudian diencerkan untuk mendapatkan larutan standar dengan konsentrasi 0,05 ppm; 0,1 ppm; 0,2 ppm; 0,5 ppm; 1 ppm; 1,5 ppm; 2 ppm; 3 ppm dan 4 ppm. Berikut adalah langkah-langkah membuat larutan standar Pb 1000 ppm:

- a. Menentukan massa Pb yang dibutuhkan untuk membuat larutan standar Pb 1000 ppm dengan menggunakan rumus:

$$m. \text{Pb} = \frac{\text{Ar. Pb}}{\text{Mr. Pb(NO}_3)_2} \times m. \text{Pb(NO}_3)_2$$

$$\begin{aligned} m. \text{Pb(NO}_3)_2 &= \frac{m. \text{Pb} \times \text{Mr. Pb(NO}_3)_2}{\text{Ar. Pb}} \\ &= \frac{1000 \text{ mg} \times 331,21 \text{ g/mol}}{207 \text{ g/mol}} \\ &= 1600,04 \text{ mg} \\ &= 1,60004 \text{ g} \end{aligned}$$

- b. Menimbang sebanyak 1,60004 g $\text{Pb(NO}_3)_2$ dan dilarutkan dalam labu ukur 1000 mL dengan menambahkan aquades hingga volume tepat 1000 mL, maka diperoleh larutan standar Pb^{2+} 1000 ppm.

- c. Larutan standar Pb^{2+} 1000 ppm kemudian diencerkan untuk membuat larutan Pb^{2+} 4 ppm sebanyak 50 mL dengan menggunakan rumus berikut:

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

$$V_1 = \frac{50 \text{ mL} \times 4 \text{ ppm}}{1000 \text{ ppm}} = 0,2 \text{ mL}$$

Jadi diambil sebanyak 0,2 mL larutan standar Pb^{2+} 1000 ppm, lalu diencerkan dalam labu ukur 50 mL.

3.4.4.3. Pembuatan Kurva Kalibrasi

Metode kurva kalibrasi ini digunakan dengan cara mengukur absorbansi larutan standar dengan berbagai konsentrasi menggunakan AAS. Selanjutnya membuat grafik hubungan antara konsentrasi (C) dengan Absorbansi (A). Konsentrasi larutan sampel dapat dicari setelah absorbansi larutan sampel diukur dan diinterpolasikan ke dalam persamaan regresi linear pada kurva kalibrasi.

3.5. Metode Analisis Data

Data yang diperoleh dari prosedur kerja di atas belum dapat memberikan informasi tentang hasil penelitian sehingga perlu dianalisis baik secara kualitatif maupun kuantitatif. Seluruh data yang diperoleh dimasukkan dalam tabel, kemudian untuk uji penyerapan air dan kuat tekan batako dibuat kurva/grafik untuk mengetahui daya serap air dan nilai kuat tekan batako optimum, sedangkan hasil dari analisis logam berat Pb dalam batako dihitung menggunakan metode kurva kalibrasi dengan sampel batako yang optimum.

3.5.1. Analisis Kandungan Kimia *Sludge* Kertas PT. Pura Nusapersada Kudus

Analisis kandungan kimia *sludge* kertas dimaksudkan untuk mengetahui kemiripan unsur-unsur di dalam *sludge* kertas dengan semen. Pengujian dilakukan dengan alat uji *X-Ray Fluorescence* (XRF) agar diketahui unsur penyusun dari sampel secara detail. Data yang diperoleh digunakan sebagai dasar dalam proses pembuatan batako.

3.5.2. Uji Karakteristik Batako terhadap Beberapa Variasi Komposisi Bahan Baku

Pada uji karakteristik batako ini dilakukan dua pengujian, yaitu uji penyerapan air dan uji kuat tekan untuk beberapa variasi komposisi bahan baku pada batako. Pengujian karakteristik batako masing-masing dilakukan secara berulang pada variasi waktu pengeringan 14 hari dan 28 hari untuk mendapatkan hasil yang maksimal. Masing-masing pengujian diperoleh hasil yang kemudian digambarkan dengan grafik untuk memperjelas pembacaan keoptimalan batako yang dihasilkan.

3.5.3. Uji Kandungan Logam Berat Pb pada Batako dalam mg/L

Analisis kandungan logam berat Pb pada batako dengan komposisi bahan dan waktu pengeringan yang optimal dilakukan menggunakan AAS dengan pembuatan variasi konsentrasi larutan dari 0,05 ppm - 4 ppm,. Sampel uji batako optimum sebelumnya dibuat ekstrak jernih sehingga diketahui nilai absorbansi dari sampel dan dari persamaan garis lurus pada

persamaan regresi linier dengan memasukkan nilai absorbansi sampel maka akan diperoleh kadar logam berat Pb dalam sampel uji batako optimum. Dari analisis ini dapat diketahui tingkat keamanan dari batako yang dihasilkan.

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Analisis Kandungan Kimia *Sludge* Kertas

Sludge kertas yang dipakai dalam penelitian ini diperoleh dari pabrik kertas PT. Pura Nusapersada Kudus. Sebelum diuji kandungan kimia dalam *sludge* kertas, terlebih dahulu sampel dioven untuk memperoleh sampel kering dan dapat dihaluskan. Setelah sampel dipadatkan dalam sampel holder dari alat *X-Ray Fluorescence* (XRF), maka dari data print out XRF dapat diperoleh kandungan kimia *sludge* kertas PT. Pura Nusapersada Kudus pada Tabel 4.1 berikut.

Tabel 4.1 Hasil Analisis Kandungan Kimia *Sludge* Kertas
PT. Pura Nusapersada Kudus Prioritas

Komposisi Kimia	Kadar (%)
CaO	59,72
SO ₃	8,28
SiO ₂	4,34
MgO	2,99
Al ₂ O ₃	2,75
Fe ₂ O ₃	0,73

Dari data tersebut dapat dilihat bahwa unsur-unsur yang terkandung di dalam *sludge* kertas memiliki kemiripan dengan semen (Tabel 2.3). Adanya unsur yang terdapat dalam *sludge* kertas dapat menunjang dalam proses pembuatan batako, seperti CaO dan SiO₂ berperan dalam menentukan kekuatan pada batako. CaO memiliki fungsi dalam proses perekatan/pengikatan, sedangkan SiO₂ sebagai bahan pengisi dalam

campuran pembuatan batako. Kandungan Al_2O_3 dalam *sludge* kertas dapat membantu proses pengerasan.

Reaksi yang terbentuk oleh campuran unsur-unsur pada pembuatan batako seperti CaO , SiO_2 , Al_2O_3 dalam air menghasilkan reaksi berikut.



(Kurniawan, 2010)

Reaksi tersebut menghasilkan senyawa hidrat yang penting untuk memberikan daya rekat dan kekuatan pada produk batako.

Sludge kertas dalam campuran pembuatan batako ini berfungsi sebagai agregat yang dapat mengurangi jumlah penggunaan pasir, sehingga dapat menurunkan harga jual serta mempermudah dalam pemasangannya karena bobotnya yang lebih ringan. Penggunaan *sludge* kertas dapat meminimalisir total limbah yang dihasilkan oleh pabrik pulp dan kertas sehingga sangat dianjurkan pemanfaatannya dalam campuran pembuatan batako. Seperti penelitian yang dilakukan oleh Supriyadi (2008), menyebutkan bahwa limbah *sludge* IPAL industri kertas berbahan baku *waste paper* dengan proses *deinking* dapat menghasilkan batako kualitas I dan II dengan komposisi tertentu.

4.2. Uji Karakteristik Batako

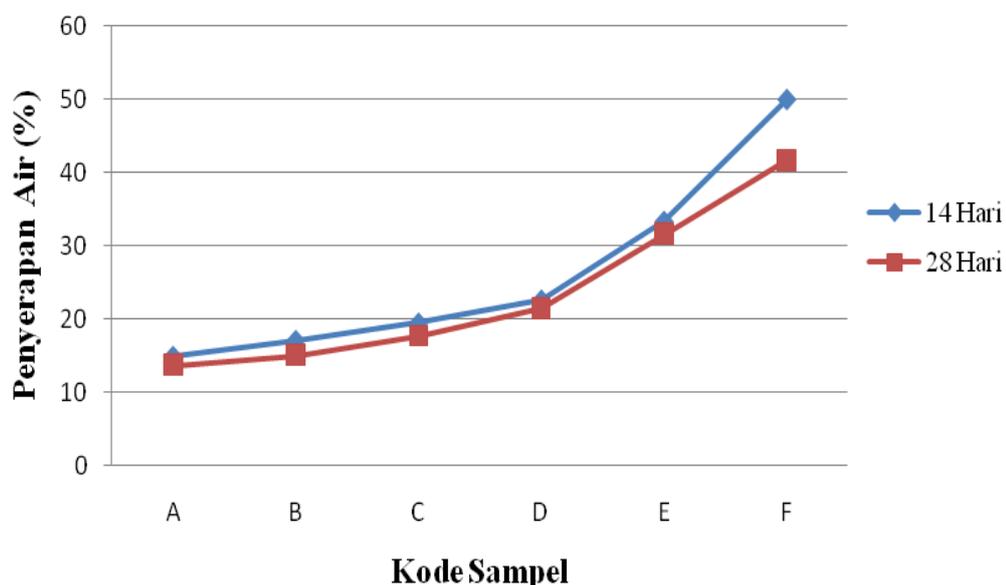
Uji karakteristik yang dilakukan pada batako setelah massa *ageing* (pengeringan) 14 dan 28 hari, yaitu meliputi uji penyerapan air (*water*

absorbtion) dan uji kuat tekan (*compressive strength*). Parameter-parameter tersebut dapat menunjukkan kualitas dari batako yang dihasilkan.

4.2.1. Uji Penyerapan Air

Pada uji penyerapan air bertujuan mengetahui daya serap batako terhadap air sebagai penentu keoptimalan dari produk batako yang dihasilkan. Daya serap air oleh batako yang terlalu besar akan berdampak pada proses pemasangan batako. Semakin besar air yang diserap akan meresap ke dalam dinding yang akan menyebabkan kualitas udara di dalam ruangan menjadi memburuk, dikarenakan kelembabannya yang tinggi. Dampak paling buruk adalah munculnya jamur dan lumut pada dinding. Selain itu, daya serap air yang tinggi akan menambah beban pada batako yang dihasilkan.

Pengujian serap air batako dilakukan berulang-ulang sampai diperoleh massa jenuh batako konstan. Hasil dari pengujian penyerapan air oleh batako dengan massa pengeringan 14 dan 28 hari dapat dilihat pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1 Grafik Hubungan Komposisi Agregat dengan Penyerapan Air pada Batako umur 14 dan 28 Hari

Pada proses pengeringan 14 hari, daya serap air oleh batako berkisar 14,89 - 50,00%, sedangkan pada proses pengeringan 28 hari memiliki daya serap berkisar 13,64 – 41,67%. Berdasarkan SNI 03-0349-1989 tentang bata beton (batako) menyebutkan, persyaratan nilai penyerapan air maksimum pada batako adalah 25%. Dari hasil pengamatan menunjukkan bahwa batako dengan kode sampel A, B, C, dan D memenuhi standar SNI 03-0349-198. Batas maksimum daya serap air oleh batako ditunjukkan pada kode sampel D, yaitu sampel dengan komposisi agregat (pasir: *sludge* kertas) = 2:3. Jadi penggunaan *sludge* kertas sebagai agregat dalam pembuatan batako untuk uji penyerapan air maksimal mencapai 3/2 bagian dari total 5 bagian agregat yang digunakan dalam campuran bahan.

Pada Gambar 4.1, terlihat grafik yang semakin meningkat baik pada batako dengan proses pengeringan 14 atau 28 hari. Pengaruh penambahan

sludge kertas menunjukkan nilai daya serap air cenderung meningkat. Hal ini dibuktikan dengan pengujian yang dilakukan terhadap sampel batako tanpa campuran *sludge* kertas (kode sampel A) memiliki nilai serap air paling rendah diantara sampel batako dengan penambahan *sludge* kertas pada campuran bahan.

Reaksi yang terjadi pada waktu pencampuran bahan batako adalah sebagai berikut.



(Riyadi dan Amalia, 2005)

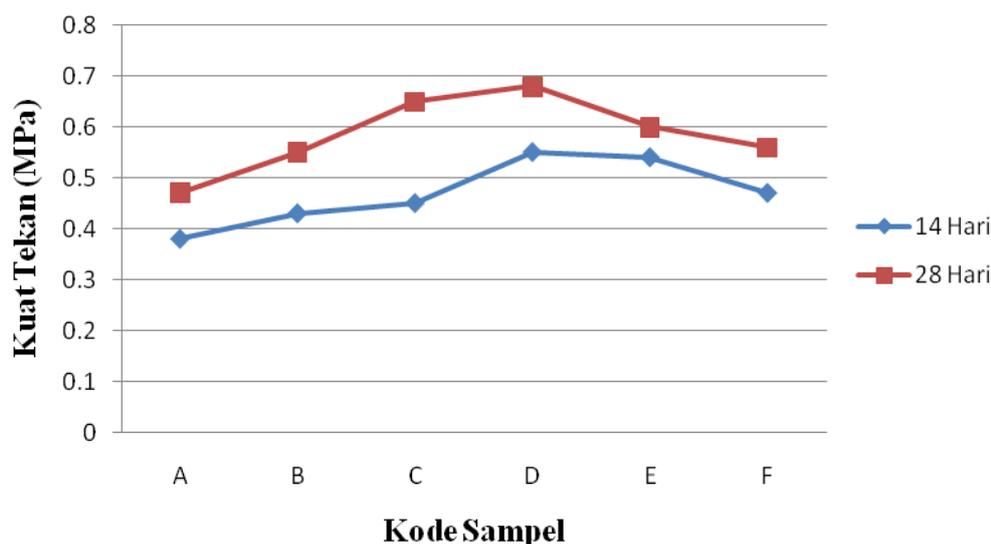
Reaksi tersebut menyebabkan timbulnya panas hidrasi, yaitu panas yang terjadi pada saat bereaksi dengan air, sehingga pada saat pengadukan campuran bahan batako terasa panas akibat pelepasan kalor dari bahan-bahan yang digunakan.

Dilihat dari proses pengeringan batako, pada grafik terlihat berbeda, yaitu menunjukkan hasil bahwa pada proses pengeringan 28 hari, daya serap air cenderung menurun. Hal ini menunjukkan hubungan antara fungsi waktu pengeringan batako pada uji penyerapan air adalah semakin lama pengeringan batako semakin kecil daya serap air dan daya serap air pada batako yang rendah menandakan kualitas batako semakin baik. Artinya, waktu pengeringan batako 28 hari lebih baik dari pada waktu pengeringan batako 14 hari, karena *sludge* kertas dalam campuran batako mempunyai daya serap air tinggi sehingga proses hidrasi lebih lama.

4.2.2. Uji Kuat Tekan

Kuat tekan batako adalah besarnya beban persatuan luas yang menyebabkan benda uji batako hancur bila dibebani gaya tekan tertentu. Pada uji kuat tekan batako dilakukan sebanyak 3x untuk mempertegas hasil yang diperoleh.

Nilai gaya (F) pada pengujian ini, diperoleh dalam satuan Kg dan luas batako dengan sampel berbentuk kubus dinyatakan dalam satuan cm^2 . Untuk memperoleh nilai kuat tekan dalam satuan MPa maka hasil dari perhitungan kuat tekan ini dikalikan dengan besaran gravitasi (N) per mm^2 . Hasil dari pengujian kuat tekan dapat dilihat pada Gambar 4.2. berikut.



Gambar 4.2 Grafik Hubungan Komposisi Agregat dengan Kuat Tekan pada Batako umur 14 dan 28 Hari

Pada proses pengeringan 14 hari, kuat tekan dari batako berkisar 0,38-0,56 MPa, sedangkan pada proses pengeringan 28 hari memiliki kuat tekan berkisar 0,48-0,67 MPa. Berdasarkan SNI 03-0349-1989 tentang

standar bata beton (batako) untuk pasangan dinding menyebutkan, nilai maksimum kuat tekan mutu I pada batako adalah 7 MPa. Menurut Satyarno (2004), klasifikasi batako ringan berdasarkan kuat tekannya antara 0,35-7 MPa digunakan sebagai dinding pemisah, 7-17 MPa digunakan sebagai dinding pemikul beban, dan > 17 MPa dapat digunakan sebagai batako normal struktur. Referensi lain (Ungkoon, 2007), nilai kuat tekan dari batako untuk konstruksi dinding adalah sebesar 1,6 MPa.

Dari hasil pengamatan menunjukkan bahwa batako berbahan *sludge* kertas ini dapat digunakan sebagai dinding pemisah. Pengujian kuat tekan optimum batako diperoleh pada sampel dengan komposisi agregat (pasir:*sludge* kertas) = 2:3 (kode sampel D). Semakin besar nilai kuat tekan maka kualitas batako semakin baik. Jadi penggunaan *sludge* kertas sebagai agregat dalam pembuatan batako untuk uji kuat tekan optimum yaitu pada 3/2 bagian dari total 5 bagian agregat, lebih atau kurang dari itu kualitas batako menurun. Aplikasi pembuatan batako berbahan *sludge* kertas ini dapat mengurangi pemakaian pasir dalam campuran bahan, sehingga dapat menekan biaya produksi. Selain itu, karena bobot batako yang lebih ringan, maka akan jauh lebih mudah dan cepat dalam proses pemasangannya. Pada Gambar 4.2. juga terlihat dengan komposisi yang sama dan waktu pengeringannya diperpanjang dari 14 hari menjadi 28 hari, maka nilai kuat tekan batako cenderung naik, artinya jika dilihat dari fungsi waktu pengeringan yang baik adalah selama 28 hari. Hal ini dikarenakan semakin

lama waktu pengeringan batako maka diperoleh batako dengan pengerasan yang baik seiring menurunnya daya serap air optimal.

4.3. Analisis Logam Berat Pb dalam Batako

Batako yang telah diuji karakteristiknya, diperoleh hasil yaitu batako dengan perbandingan bahan (semen:pasir:*sludge* kertas) = 1 : 2 : 3 bagian dan dengan waktu pengeringan selama 28 hari, ternyata paling optimum dibanding variasi komposisi bahan lainnya. Setelah diperoleh kondisi optimal, maka batako dengan komposisi tersebut dijadikan sampel untuk dianalisis logam berat Pb dengan AAS untuk mengetahui sejauh mana kualitas dari batako yang dihasilkan.

Pada pelaksanaannya, *sludge* kertas yang digunakan dalam campuran bahan pembuatan batako ini merupakan limbah proses pengolahan kertas bekas. Pada proses tersebut terjadi peluruhan tinta (*deinking*) dan penghilangan bahan-bahan non serat dari kertas bekas dengan melarutkan tinta secara kimiawi dan memisahkan tinta dari pulp secara mekanis. Hasil dari proses *deinking* menimbulkan limbah bahan berbahaya dan beracun salah satunya logam berat timbal (Pb), maka dilakukan analisis ini untuk mengetahui aman tidaknya batako *sludge* dari adanya pencemar logam berat Pb.

Hasil dari pengujian ini diperoleh konsentrasi Pb dalam sampel uji batako optimum sebesar 1,428 mg/L. Angka ini masih di bawah angka maksimum baku mutu zat pencemar limbah berkategori racun yang dikeluarkan oleh PP.85/1999, yaitu sebesar 5 mg/L. Sedangkan kadar Pb

pada sampel batako diperoleh sebesar 0,476 mg/Kg. Jadi dalam pelaksanaannya, *sludge* kertas yang dipakai sebagai agregat dalam campuran pembuatan batako ini teruji aman dan dapat digunakan dalam aplikasi sehari-hari untuk pemanfaatan optimal sebagai pemasangan dinding pemisah dan untuk konstruksi/bangunan yang tidak memerlukan kekuatan tinggi.

BAB 5

SIMPULAN DAN SARAN

5.1. Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan, maka dapat disimpulkan bahwa :

1. Kandungan CaO, SO₃, SiO₂, MgO, Al₂O₃, dan Fe₂O₃ dalam *sludge* kertas masing-masing adalah sebesar 59,72%; 8,28%; 4,34%; 2,99%; 2,75%; dan 0,73%. Unsur-unsur kimia tersebut mendukung dalam proses campuran pembuatan batako, seperti silika dan alumina yang dapat meningkatkan daya rekat batako yang dihasilkan.
2. Perbandingan berat semen, pasir, dan *sludge* kertas sangat berpengaruh terhadap uji penyerapan air dan kuat tekan batako. Batako pada kode sampel A, B, C, dan D untuk uji penyerapan air memenuhi standar SNI 03-0349-198 yaitu kurang dari 25%. Pada uji kuat tekan, semua perbandingan komposisi bahan diperoleh nilai kuat tekan yang masuk dalam *range* kategori batako sebagai dinding pemisah.
3. Waktu pengeringan untuk kualitas batako menunjukkan waktu 28 hari pengeringan lebih baik dari 14 hari, ditandai dengan nilai kuat tekan yang lebih tinggi dan daya serap air yang menurun.

4. Kandungan logam berat timbal (Pb) dalam batako optimum berbahan *sludge* kertas yang dihasilkan adalah sebesar 1,428 mg/L.
5. Batako dengan memanfaatkan *sludge* kertas sebagai campuran bahan, yaitu sebagai agregat atau pengisi untuk mengurangi pemakaian pasir ternyata aman digunakan dan dapat diaplikasikan untuk pemasangan dinding pemisah atau bangunan yang tidak memerlukan kekuatan tinggi.

5.2. Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, maka penulis dapat memberi saran antara lain :

1. Perlu dilakukan pengujian batako dengan parameter-parameter lain, seperti uji kuat patah dan kuat tarik untuk mempertegas kualitas dari batako berbahan *sludge* kertas yang dihasilkan.
2. Perlu dilakukan analisis lebih lanjut untuk mengkaji variasi komposisi bahan dalam campuran pembuatan batako, misalkan komposisi pasir tetap dengan perbandingan semen:*sludge* kertas yang variatif untuk memperoleh kualitas batako yang lebih baik.
3. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk analisis kandungan logam berat lain yang ada dalam batako agar dalam produksi dan pemakaiannya tidak mencemari lingkungan sekitar.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. 1994. *Standart Specification for Portland Cement*. Annual Book of American Society for Testing Materials Standart: ASTM-C 150.
- Anonim. 2004. *Pengkajian Pemanfaatan Bahan Sisa untuk Land Application di Areal Lahan Hutan Tanaman Industri (HTI) PT. RAPP*. Kerjasama PT. RAPP dengan Balai Besar Pulp dan Kertas (BBPK).
- Anonim. 2005. *Hasil Tes Laboratorium Terhadap Sampel Limbah Kertas*. Surabaya: Laboratorium Penelitian dan Konsultasi Industri (LPKI).
- Darmono. 2001. *Lingkungan Hidup dan Pencemaran: Hubungan dengan Toksikologi Senyawa Logam*. Jakarta: Universitas Indonesia.
- Gosseau, D. 2009. *Introduction to XRF Spectroscopy*.
<http://indbongolz.wordpress.com/2011/02/20/x-ray-fluorescence/>.
 Diakses pada tanggal 17 Juli 012
- Hardiani, H. dan S. Sugesty. 2009. *Pemanfaatan Limbah Sludge Industri Kertas Sigaret untuk Bahan Baku Bata Beton*. Berita Selulosa. Vol. 44 No.2.
- Hardiani, H., Teddy, K., dan S. Sugesty. 2011. *Bioremediasi Logam Timbal (Pb) dalam Tanah Terkontaminasi Limbah Sludge Industri Kertas Proses Deinking*. Berita Selulosa. Vol.1 No.1.
- Hastutik, W., Aprianto, H. B. Nasution. 2006. *Pengaruh Limbah Padat Pabrik Kertas terhadap Hasil Tanaman Bawang Merah*. Surakarta: Fakultas Pertanian. Universitas Tunas Pembangunan. [www. Pkm.dikti.net](http://www.pkm.dikti.net) [17 April 2009].
- Hayati, N. 2011. *Uji Efektivitas Wastetreat TM Untuk Bioremediasi Logam berat dalam Sludge Pabrik Kertas Deinking*. Skripsi. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Jamaluddin, A. 2007. *Penggunaan Sinar-X untuk Analisa Sampel*.
<http://anifjamaluddin.blogspot.com/2007/06/Penggunaan-Sinar-X-untuk-Analis-Sampel.html>.
- Kurniawan, A. Ricky. 2010. *Resume II Bahan Bangunan*. Palembang: PNS

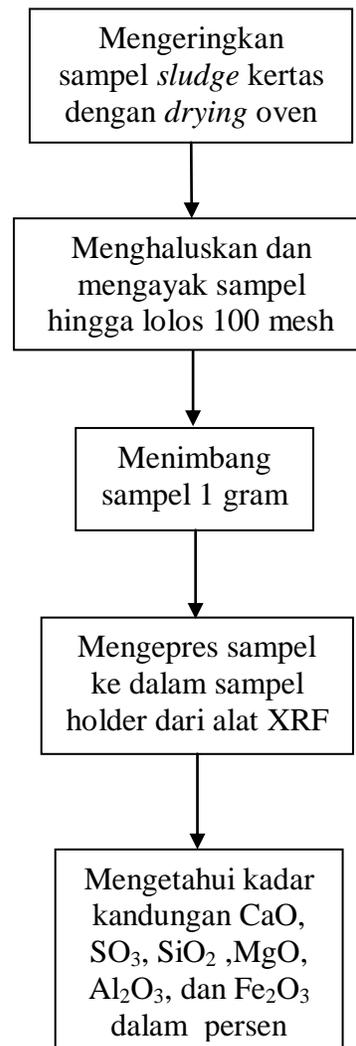
- Kriswarini, R., D. Anggraini, dan A. Djamiludin. 2010. *Validasi Metode XRF (X-Ray Fluorescence secara Tunggal dan Simultan untuk Analisis Unsur Mg, Mn, dan Fe dalam Paduan Aluminium*. Seminar Nasional VI SDM Teknologi Nuklir Yogyakarta.
- Notodarmojo, S. 2005. *Pencemaran Tanah dan Air Tanah*. Penerbit ITB. ISBN 979-3507-43-8.
- Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 85 tahun 1999 tentang Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun (B3).
- Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 02 tahun 2008 tentang Pemanfaatan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun (B3).
- Riyadi, M. dan Amalia. 2005. *Teknologi Bahan I*. Jakarta: Diktat Teknik Sipil PNJ.
- Saksono, N. 2002. *Analisis Iodat dalam Bumbu Dapur Metode Iodometri dan X-Ray Floresence*. Depok: Universitas Indonesia. Volume 6 No.3.
- Samosir, J. *Limbah Riau Andalan Jadi Wabah Penyakit*. Senin, 16 April 2007. Diakses dari <http://www.tempointeraktif.com> pada 18 Juni 2011.
- Satyarno, Iman. 2004. *Light Weight Styrofoam Concrete for Lighter and More Ductile Wall*. Jogjakarta: Universitas Gajah Mada
- Sihombing, Berlian. 2009. *Pembuatan dan Karakterisasi Batako Ringan yang Dibuat dari Sludge (Limbah Padat) Industri Kertas-Semen*. TESIS. Medan: USU
- Sijabat, K. 2007. *Pembuatan Keramik Paduan Cordicrit Sebagai Bahan Refraktori dan Karakterisasinya*. Tesis. Medan: USU.
- Smita B. and R. Chaundhary. 2008. *Utilization of Hazardous Wastes and By Products as A Green Concrete Material Through S/S Proses*. A Review Rev. Adv. Mater. Sci, 42-62.
- Solovyov, Leonid. 2009. *X-Ray Fluorescence Spectrometry*. PANalytical B. V.
- STANDART SNI 03-0349-1989 tentang Standar Bata beton (batako) untuk pemasangan dinding.
- STANDART SK.SNI T-15-1990-03:1 tentang Standar Pembentuk Batako

- STANDART SKSNI 15–2049–1994 Puslitbang Teknologi Pemukiman Departemen Pekerjaan Umum. Semen Portland Tipe I. Bandung: Yayasan LPMB. Diakses dari www.pkm.dikti.net pada 29 Mei 2011.
- Supriyadi, D. B. 2008. *Pemanfaatan Limbah Padat (Sludge) Pabrik Kertas Sebagai Bata Beton (Batako) Untuk Mereduksi Kuantitas Limbah*. Laporan Penelitian ITS. Surabaya: ITS.
- Syamsudin et. al. 2006. *Pemanfaatan Campuran Limbah Padat Dengan Lindi Hitam Dari Industri Pulp dan Kertas Sebagai Bahan Biobriket*. Majalah Ilmiah. Diakses dari <http://www.bbpk.go.id> pada 29 Mei 2011.
- Ungkoon, Yothin. 2007. *Analysis of Microstructure and Properties of Autoclavec Aerated Concrete Wall Construction Materials*. Vol.13, No. 7, 1103-1108
- Van Vlack. 2011. *Pengetahuan Bahan*. Erlangga. Jakarta.
- Viklund, A. 2008. *Teknik Pemeriksaan Material Menggunakan XRF, XRD, dan SEM-EDS*. Diakses dari <http://labinfo.wordpress.com/> pada 17 Juli 2012.

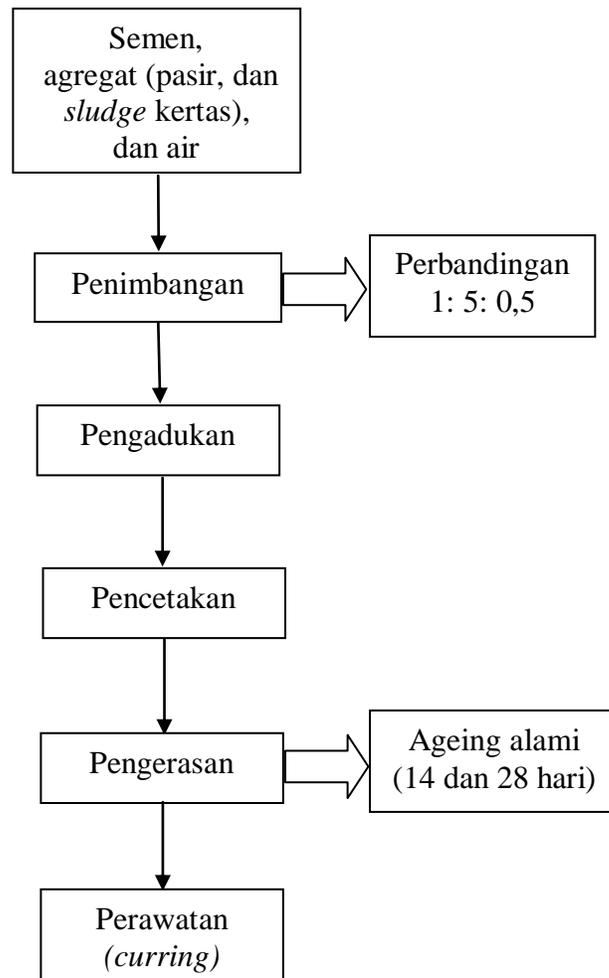
LAMPIRAN

Lampiran 1. Diagram Alir Cara Kerja penelitian

a. Analisis Kandungan Kimia *Sludge* Kertas

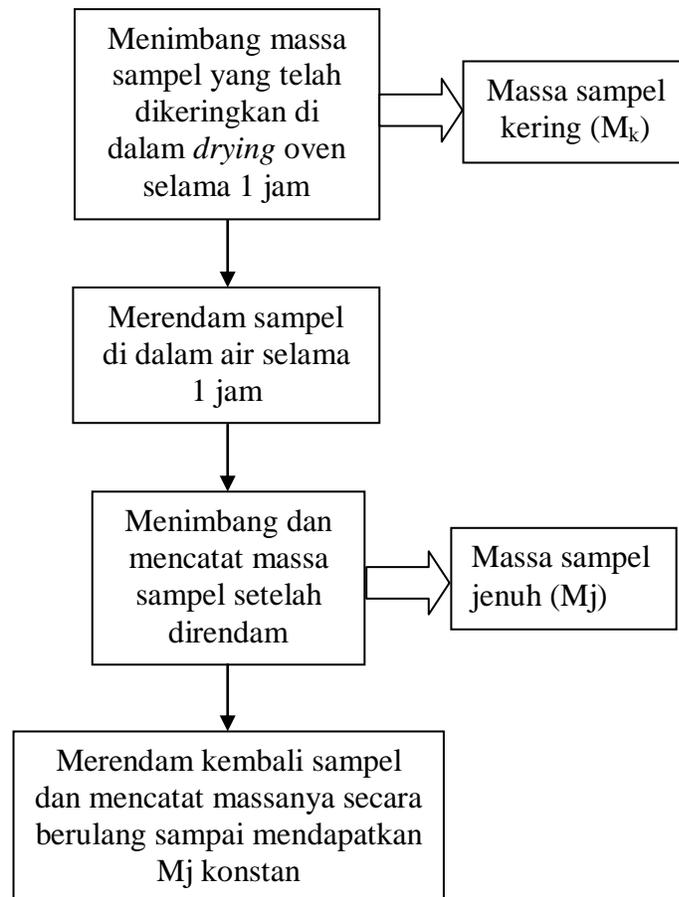


b. Preparasi Sampel Batako

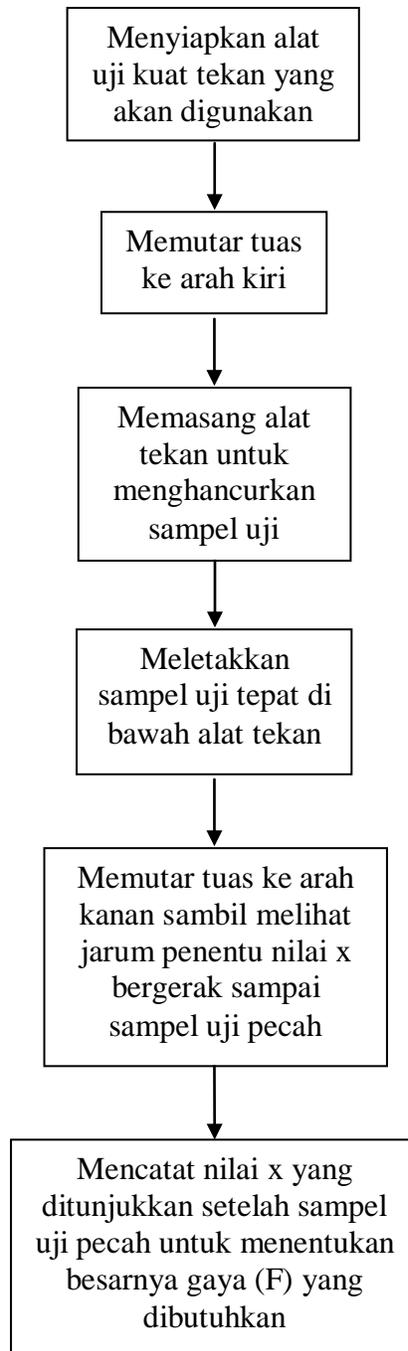


c. Uji Karakteristik Batako

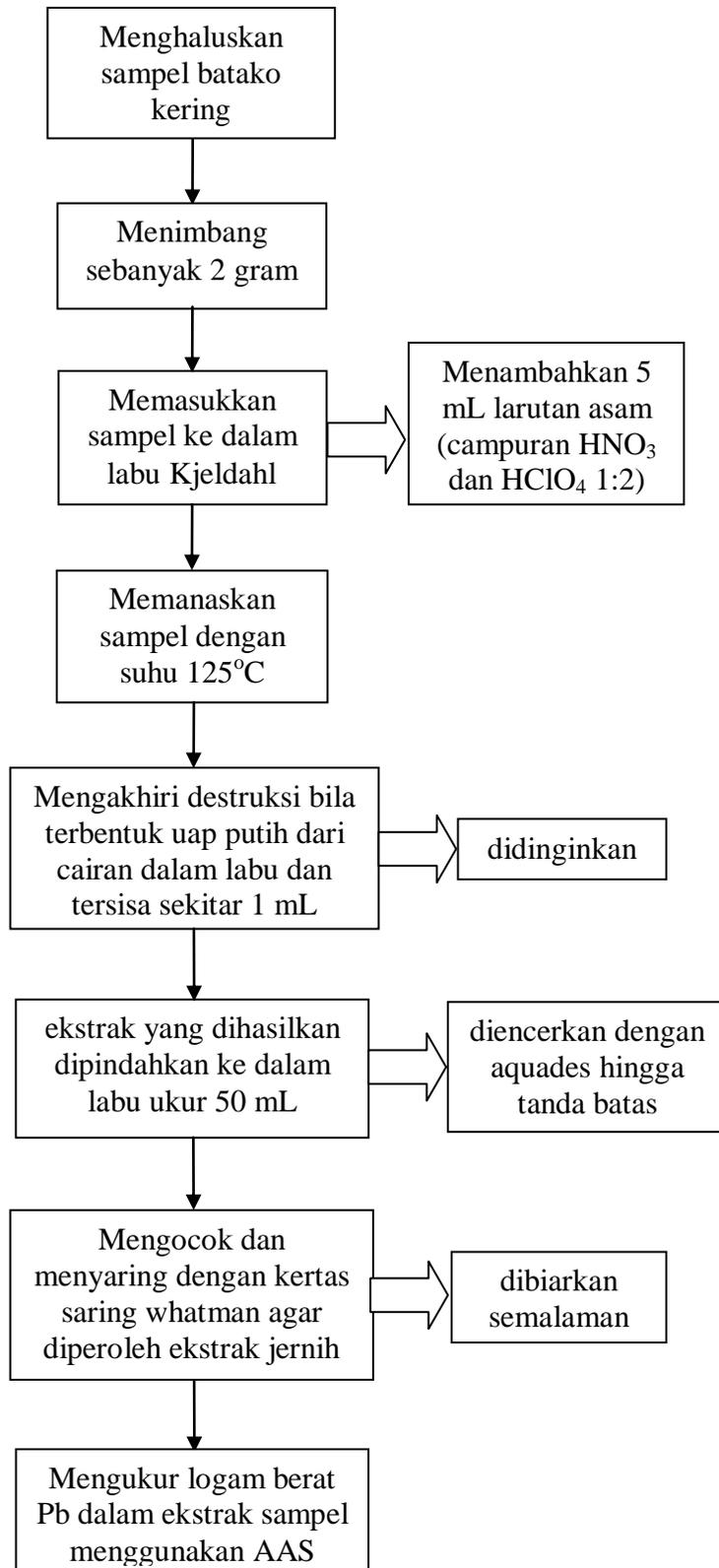
1) Uji Penyerapan Air



2) Uji Kuat Tekan



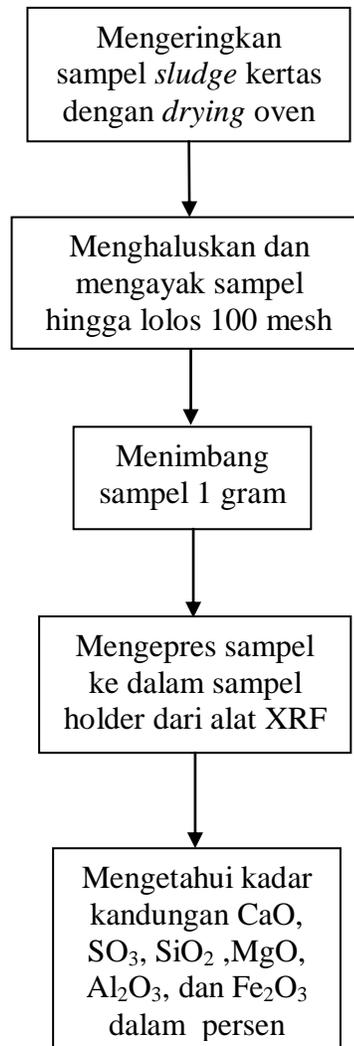
d. Analisis Logam Berat Timbal (Pb) dalam Batako



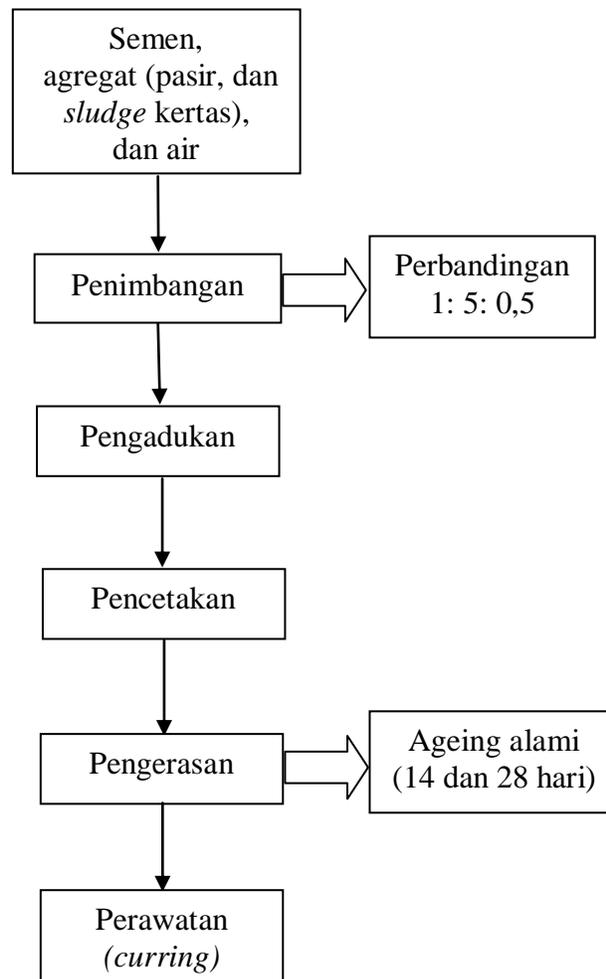
LAMPIRAN

Lampiran 1. Diagram Alir Cara Kerja penelitian

a. Analisis Kandungan Kimia *Sludge* Kertas

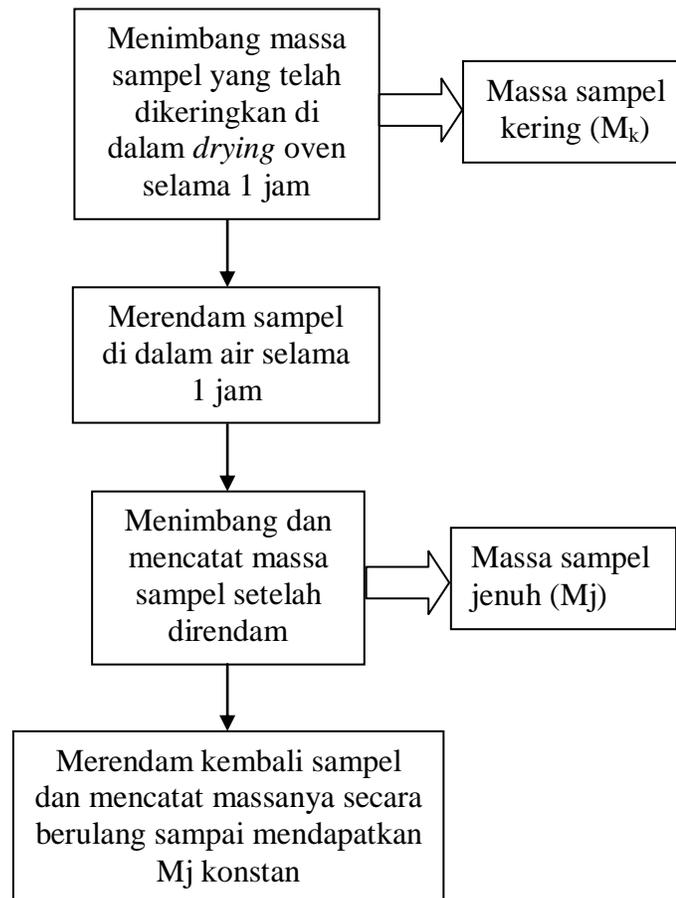


b. Preparasi Sampel Batako

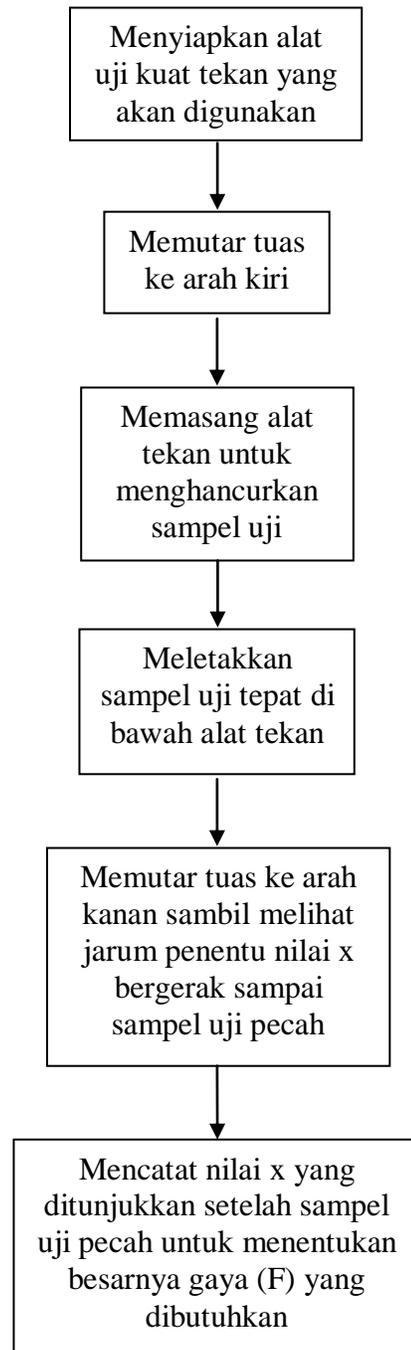


c. Uji Karakteristik Batako

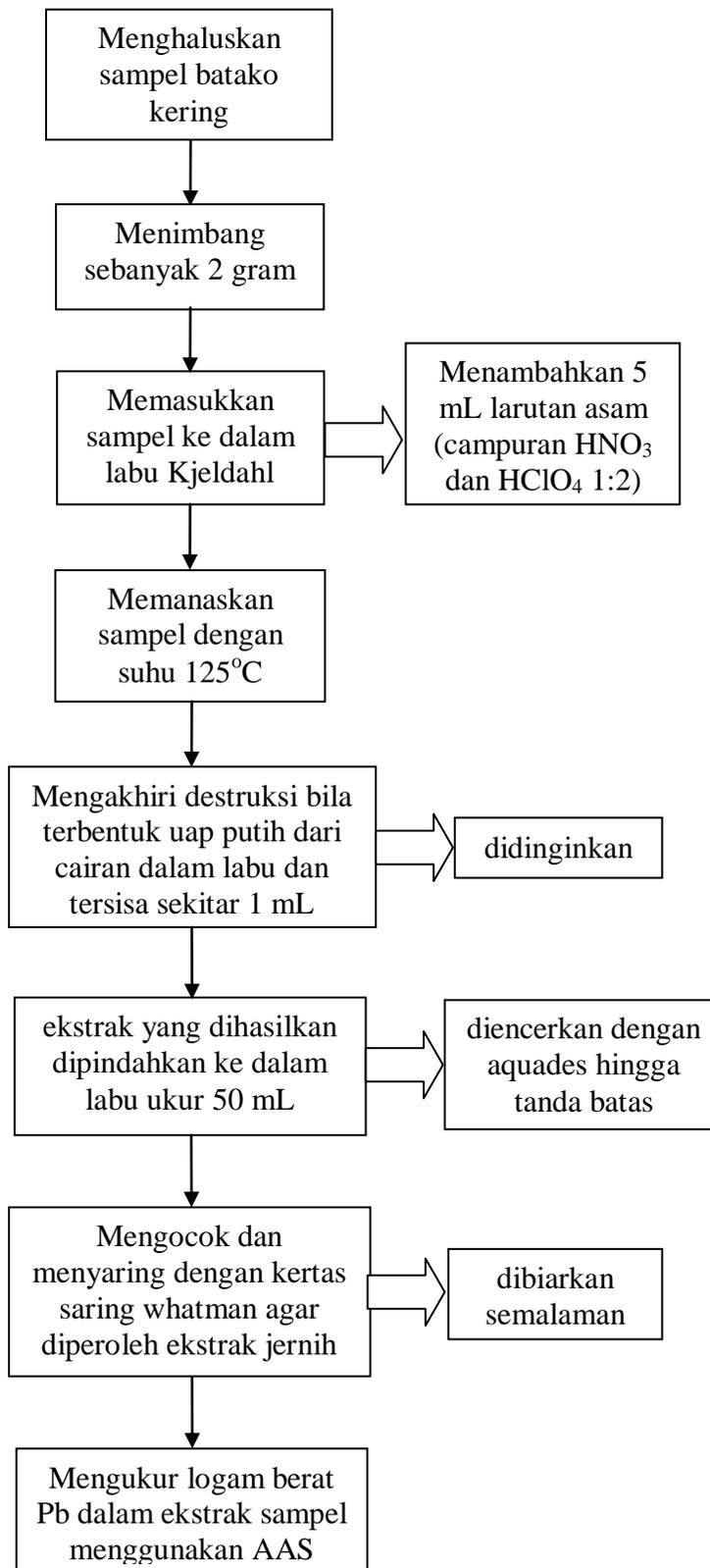
1) Uji Penyerapan Air



2) Uji Kuat Tekan



d. Analisis Logam Berat Timbal (Pb) dalam Batako



Lampiran 2. Hasil uji XRF sampel sludge kertas



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

Nama konsumen : Himnil-UNNES
 Jenis analisis : XRF
 Jenis sampel : Serbuk
 Kode sampel : sludge kertas-Himnil
 Nama operator : Candra P.
 Hari/Tanggal analisis : Rabu, 20 Juni 2012

Formula	Z	Concentration	Status
CaO	20	59.72%	Fit spectrum
Na2O	11	14.99%	Fit spectrum
SO3	16	8.28%	Fit spectrum
SiO2	14	4.34%	Fit spectrum
MgO	12	2.99%	Fit spectrum
Al2O3	13	2.75%	Fit spectrum
P2O5	15	2.47%	Fit spectrum
K2O	19	1.73%	Fit spectrum
Fe2O3	26	0.73%	Fit spectrum
Cl	17	0.62%	Fit spectrum
TiO2	22	0.38%	Fit spectrum
MnO	25	0.23%	Fit spectrum
La2O3	57	0.19%	Fit spectrum
ZnO	30	0.09%	Fit spectrum
CeO2	58	0.08%	Fit spectrum
ZrO2	40	0.07%	Fit spectrum
SrO	38	0.06%	Fit spectrum
CuO	29	0.04%	Fit spectrum
Cr2O3	24	0.03%	Fit spectrum
SnO2	50	0.03%	Fit spectrum
Br	35	0.02%	Fit spectrum
Nd2O3	60	0.02%	Fit spectrum
CdO	48	0.02%	Fit spectrum
TeO2	52	0.02%	Fit spectrum
Sb2O3	51	0.01%	Fit spectrum
Bi2O3	83	0.01%	Fit spectrum
Pr6O11	59	0.01%	Fit spectrum
Ga2O3	31	0.01%	Fit spectrum
SeO2	34	0.01%	Fit spectrum

Surakarta, 20 Juni 2012

Mengetahui,
 Kepala Lab.Terpadu MIPA UNS

Operator/Analisis

Dr. Sayekti Wahyuningsih, M.Si.
 NIP. 19711211 199702 2001

Candra Purnawan
 NIP. 19781228 200501 1001

Lampiran 3. Data Uji Penyerapan Air pada Batako (Umur 14 Hari)

Kode Sampel	Komposisi Agregat (Pasir: <i>Sludge</i>) (Bagian)	Massa Kering (g)	Massa Basah Konstan (g)	Penyerapan Air (%)
A	5:0	235	270	14,89
B	4:1	205	240	17,07
C	3:2	180	215	19,44
D	2:3	155	190	22,58
E	1:4	105	140	33,33
F	0:5	70	105	50,00

Lampiran 4. Data Uji Penyerapan Air pada Batako (Umur 28 Hari)

Kode Sampel	Komposisi Agregat (Pasir: <i>Sludge</i>) (Bagian)	Massa Kering (g)	Massa Basah Konstan (g)	Penyerapan Air (%)
A	5:0	220	250	13,64
B	4:1	200	230	15,00
C	3:2	170	200	17,65
D	2:3	140	170	21,43
E	1:4	95	125	31,58
F	0:5	60	85	41,67

Lampiran 5. Data Perhitungan Kuat Tekan pada Batako



KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG
FAKULTAS TEKNIK
LABORATORIUM BAHAN DAN STRUKTUR
Gedung E1 Kampus Sekaran Gunungpati Telp.fax (024)8508101-8508009
Email: civil_unnes@yahoo.com

Jenis analisis : Uji Kuat Tekan Batako
Jenis Alat : CBR Test Mechine
Jenis sampel : Batako berbentuk kubus
Hari/Tanggal Uji : Senin/30 Juli 2012
Selasa/14 Agustus 2012

No.	Kode Sampel	Nilai X		Nilai F (Kg)		Nilai Kuat Tekan (Kg/cm ²)	
		14 Hari	28 Hari	14 Hari	28 Hari	14 Hari	28 Hari
1.	A1	5	7	80,470	112,318	3,494	4,875
2.	A2	6	7,5	96,406	120,266	4,184	5,331
3.	A3	8,5	7	136,148	112,318	5,909	4,775
4.	B1	6,5	7,5	104,365	120,266	4,437	5,222
5.	B2	7	8,5	112,318	136,148	4,584	6,035
6.	B3	6,5	5	104,365	80,470	4,437	3,493
7.	C1	7	9	112,318	144,083	4,680	6,664
8.	C2	7	9	112,318	144,083	4,584	6,523
9.	C3	9	9,5	144,083	152,013	6,126	7,184
10.	D1	8	11	128,209	175,783	5,683	7,474
11.	D2	8,5	6,5	136,148	104,365	6,297	4,532
12.	D3	8	9	128,209	144,083	5,567	6,387
13.	E1	8	8	128,209	128,209	5,930	6,331
14.	E2	7	8,5	112,318	136,148	5,085	6,163
15.	E3	10	8,5	159,940	136,148	7,727	6,035
16.	F1	6,5	7	104,365	112,318	5,391	5,547
17.	F2	6	7	96,406	112,318	4,869	5,801
18.	F3	6	8	96,406	128,209	4,761	6,475

Mengetahui,

Kepala Laboratorium Teknik Sipil FT. UNNES



Ageng Purnomo, S.T., M.T.
NUNNES7306182005011001

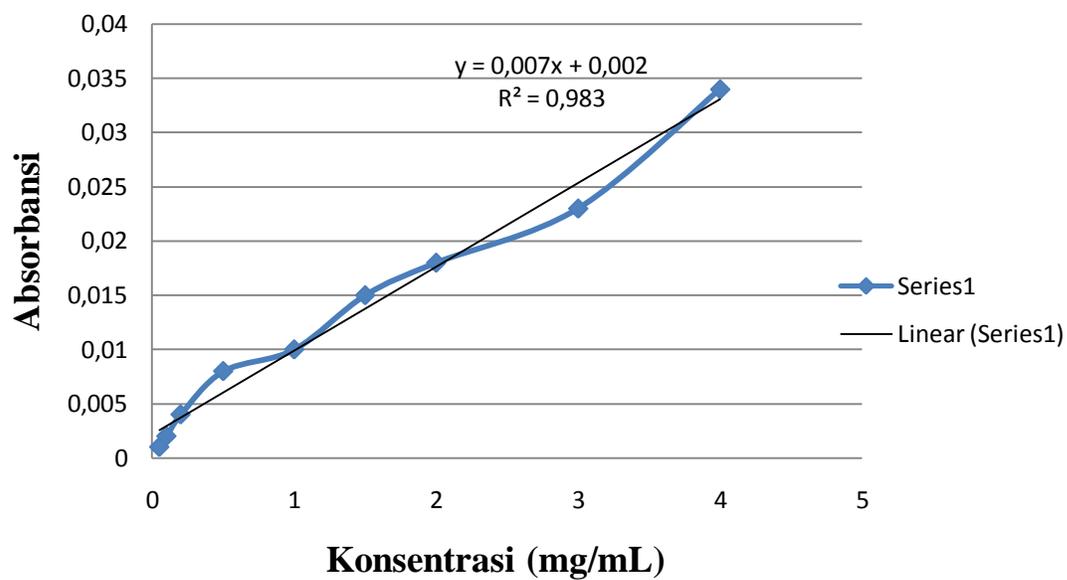
Operator

M. Fahd Diyar Husni
NIM. 5101408033

Lampiran 6. Data pengujian AAS sampel batako optimum

Konsentrasi Larutan Standar (mg/mL)	Absorbansi (A)
0,05	0,001
0,1	0,002
0,2	0,004
0,5	0,008
1	0,01
1,5	0,015
2	0,018
3	0,023
4	0,034
Sampel Uji	0,003

Lampiran 7. Grafik Hubungan Absorbansi (A) dengan Konsentrasi (C)
Larutan Standar



Lampiran 8. Perhitungan nilai konsentrasi dan kadar logam berat Pb pada sampel batako optimum

Dari kurva larutan standar diperoleh persamaan regresi linier $y = 0,007x + 0,002$. Nilai absorbansi pada sampel batako optimum kemudian diinterpolasikan, diperoleh nilai konsentrasi logam Pb pada sampel uji batako sebagai berikut.

$$y = 0,007x + 0,002$$

$$0,003 = 0,007x + 0,002$$

$$0,001 = 0,007x$$

$x = 0,1428$ mg/L (konsentrasi timbal setelah pengenceran 10x), maka diperoleh hasil konsentrasi Pb dalam sampel uji batako optimum sebesar $0,1428 \times 10 = 1,428$ mg/L.

Sedangkan pengukuran kadar Pb dalam massa sampel batako uji seberat 150 gram dapat dihitung sebagai berikut.

$$\text{Kadar Pb} = \frac{X \cdot V}{\text{massa sampel}} \times 10^6 \text{ mg/kg}$$

dimana, X = konsentrasi Pb dalam sampel (mg/L)

$$V = \text{volume larutan sampel (L)}$$

diketahui, X = 1,428 mg/L

$$V = 50 \text{ mL} = 0,05 \text{ L}$$

$$\text{Massa sampel} = 150 \text{ g} = 1,5 \cdot 10^5 \text{ mg}$$

$$\begin{aligned} \text{maka, kadar Pb} &= \frac{1,428 \text{ mg/L} \times 0,05 \text{ L}}{1,5 \cdot 10^5 \text{ mg}} \times 10^6 \text{ mg/kg} \\ &= 0,476 \text{ mg/kg} \end{aligned}$$

Jadi kadar Pb dalam massa sampel batako adalah 0,476 mg/kg.

Lampiran 9. Perhitungan nilai daya serap air serta kuat tekan batako umur 14 dan 28 hari

A. Menghitung Nilai Daya Serap Air Batako

Penyerapan air dalam batako bertujuan untuk mengetahui sampai dimana batas air pada sampel batako dapat diserap, secara matematis dirumuskan sebagai berikut :

$$WA = \frac{M_j - M_k}{M_k} \times 100\%$$

Melalui persamaan tersebut, maka dapat dihitung nilai penyerapan air batako dari masing-masing variasi komposisi bahan sebagai berikut :

1) Batako Umur 14 Hari

- a. Pasir : sludge kertas = 5 : 0 (Kode Sampel A)

Massa kering batako = 235 gram

Massa basah konstan batako = 270 gram

$$WA = \frac{270 - 235}{235} \times 100\% = 14,89\%$$

- b. Pasir : sludge kertas = 4 : 1 (Kode Sampel B)

Massa kering batako = 205 gram

Massa basah konstan batako = 240 gram

$$WA = \frac{240 - 205}{205} \times 100\% = 17,07\%$$

- c. Pasir : sludge kertas = 3 : 2 (Kode Sampel C)

Massa kering batako = 180 gram

Massa basah konstan batako = 215 gram

$$WA = \frac{215 - 180}{180} \times 100\% = 19,44\%$$

d. Pasir : sludge kertas = 2 : 3 (Kode Sampel D)

Massa kering batako = 155 gram

Massa basah konstan batako = 190 gram

$$WA = \frac{190 - 155}{155} \times 100\% = 22,58\%$$

e. Pasir : sludge kertas = 1 : 4 (Kode Sampel E)

Massa kering batako = 105 gram

Massa basah konstan batako = 140 gram

$$WA = \frac{140 - 105}{105} \times 100\% = 33,33\%$$

f. Pasir : sludge kertas = 0 : 5 (Kode Sampel F)

Massa kering batako = 70 gram

Massa basah konstan batako = 105 gram

$$WA = \frac{105 - 70}{780} \times 100\% = 50,00\%$$

2) Batako Umur 28 Hari

a. Pasir : sludge kertas = 5 : 0 (Kode Sampel A)

Massa kering batako = 220 gram

Massa basah konstan batako = 250 gram

$$WA = \frac{50 - 220}{220} \times 100\% = 13,64\%$$

b. Pasir : sludge kertas = 4 : 1 (Kode Sampel B)

Massa kering batako = 200 gram

Massa basah konstan batako = 230 gram

$$WA = \frac{230 - 200}{200} \times 100\% = 15,00\%$$

c. Pasir : sludge kertas = 3 : 2 (Kode Sampel C)

Massa kering batako = 170 gram

Massa basah konstan batako = 200 gram

$$WA = \frac{200 - 170}{170} \times 100\% = 17,65\%$$

d. Pasir : sludge kertas = 2 : 3 (Kode Sampel D)

Massa kering batako = 140 gram

Massa basah konstan batako = 170 gram

$$WA = \frac{170 - 140}{140} \times 100\% = 21,43\%$$

e. Pasir : sludge kertas = 1 : 4 (Kode Sampel E)

Massa kering batako = 95 gram

Massa basah konstan batako = 125 gram

$$WA = \frac{125 - 95}{95} \times 100\% = 31,58\%$$

f. Pasir : sludge kertas = 0 : 5 (Kode Sampel F)

Massa kering batako = 60 gram

Massa basah konstan batako = 85 gram

$$WA = \frac{85 - 60}{60} \times 100\% = 41,67\%$$

B. Menghitung Nilai Kuat Tekan Batako

Kuat tekan batako adalah persatuan luas yang menyebabkan benda uji batako hancur bila dibebani dengan gaya tekan tertentu. Pengukuran kuat tekan dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut.

$$\sigma = \frac{F}{A}$$

Sebelum menghitung nilai kuat tekan batako, terlebih dahulu harus diketahui luas permukaan batako yang diuji. Dalam penelitian ini, benda uji yang digunakan berbentuk kubus dan masing-masing sampel memiliki luas permukaan berbeda-beda yang dikarenakan adanya penyusutan pada waktu proses pengeringan. Luas permukaan rata-rata masing-masing variasi komposisi bahan diketahui sebagai berikut.

1) Batako Umur 14 Hari

- a. Pasir : sludge kertas = 5 : 0 (Kode Sampel A)

$$P_{\text{rata-rata}} = 4,85 \text{ cm}$$

$$\ell_{\text{rata-rata}} = 4,75 \text{ cm}$$

$$L_{\text{rata-rata}} = 23,04 \text{ cm}$$

$$F_{\text{rata-rata}} = 88,438 \text{ kg, sehingga kuat tekan batako:}$$

$$\sigma_{\text{rata-rata}} = \frac{88,438}{23,04} = 3,838 \text{ kg/cm}^2$$

dikonversi dalam satuan MPa menjadi:

$$3,838 \text{ kg/cm}^2 \times 0,09806 \text{ N/mm}^2 = 0,38 \text{ MPa}$$

- b. Pasir : sludge kertas = 4 : 1 (Kode Sampel B)

$$P_{\text{rata-rata}} = 4,85 \text{ cm}$$

$$\ell_{\text{rata-rata}} = 4,85 \text{ cm}$$

$$L_{\text{rata-rata}} = 23,52 \text{ cm}$$

$F_{\text{rata-rata}} = 104,365 \text{ kg}$, sehingga kuat tekan batako:

$$\sigma_{\text{rata-rata}} = \frac{104,365}{23,52} = 4,437 \text{ kg/cm}^2$$

dikonversi dalam satuan MPa menjadi:

$$4,437 \text{ kg/cm}^2 \times 0,09806 \text{ N/mm}^2 = 0,43 \text{ MPa}$$

c. Pasir : sludge kertas = 3 : 2 (Kode Sampel C)

$$P_{\text{rata-rata}} = 4,9 \text{ cm}$$

$$\ell_{\text{rata-rata}} = 4,95 \text{ cm}$$

$$L_{\text{rata-rata}} = 24,25 \text{ cm}$$

$F_{\text{rata-rata}} = 112,318 \text{ kg}$, sehingga kuat tekan batako:

$$\sigma_{\text{rata-rata}} = \frac{112,318}{24,25} = 4,632 \text{ kg/cm}^2$$

dikonversi dalam satuan MPa menjadi:

$$4,632 \text{ kg/cm}^2 \times 0,09806 \text{ N/mm}^2 = 0,45 \text{ MPa}$$

d. Pasir : sludge kertas = 2: 3 (Kode Sampel D)

$$P_{\text{rata-rata}} = 4,8 \text{ cm}$$

$$\ell_{\text{rata-rata}} = 4,75 \text{ cm}$$

$$L_{\text{rata-rata}} = 22,8 \text{ cm}$$

$F_{\text{rata-rata}} = 128,209 \text{ kg}$, sehingga kuat tekan batako:

$$\sigma_{\text{rata-rata}} = \frac{128,209}{22,8} = 5,623 \text{ kg/cm}^2$$

dikonversi dalam satuan MPa menjadi:

$$5,623 \text{ kg/cm}^2 \times 0,09806 \text{ N/mm}^2 = 0,55 \text{ MPa}$$

e. Pasir : sludge kertas = 1 : 4 (Kode Sampel E)

$$P_{\text{rata-rata}} = 4,65 \text{ cm}$$

$$\ell_{\text{rata-rata}} = 4,7 \text{ cm}$$

$$L_{\text{rata-rata}} = 21,86 \text{ cm}$$

$F_{\text{rata-rata}} = 120,264 \text{ kg}$, sehingga kuat tekan batako:

$$\sigma_{\text{rata-rata}} = \frac{120,264}{21,86} = 5,502 \text{ kg/cm}^2$$

dikonversi dalam satuan MPa menjadi:

$$5,502 \text{ kg/cm}^2 \times 0,09806 \text{ N/mm}^2 = 0,54 \text{ MPa}$$

f. Pasir : sludge kertas = 0 : 5 (Kode Sampel F)

$$P_{\text{rata-rata}} = 4,45 \text{ cm}$$

$$\ell_{\text{rata-rata}} = 4,5 \text{ cm}$$

$$L_{\text{rata-rata}} = 20,03 \text{ cm}$$

$F_{\text{rata-rata}} = 96,406 \text{ kg}$, sehingga kuat tekan batako:

$$\sigma_{\text{rata-rata}} = \frac{96,406}{20,03} = 4,813 \text{ kg/cm}^2$$

dikonversi dalam satuan MPa menjadi:

$$4,813 \text{ kg/cm}^2 \times 0,09806 \text{ N/mm}^2 = 0,47 \text{ MPa}$$

2) Batako Umur 28 Hari

a. Pasir : sludge kertas = 5 : 0 (Kode Sampel A)

$$P_{\text{rata-rata}} = 4,8 \text{ cm}$$

$$\ell_{\text{rata-rata}} = 4,85 \text{ cm}$$

$$L_{\text{rata-rata}} = 23,28 \text{ cm}$$

$F_{\text{rata-rata}} = 112,318 \text{ kg}$, sehingga kuat tekan batako:

$$\sigma_{\text{rata-rata}} = \frac{112,318}{23,28} = 4,825 \text{ kg/cm}^2$$

dikonversi dalam satuan MPa menjadi:

$$4,825 \text{ kg/cm}^2 \times 0,09806 \text{ N/mm}^2 = 0,47 \text{ MPa}$$

b. Pasir : sludge kertas = 4 : 1 (Kode Sampel B)

$$P_{\text{rata-rata}} = 4,75 \text{ cm}$$

$$\ell_{\text{rata-rata}} = 4,8 \text{ cm}$$

$$L_{\text{rata-rata}} = 22,8 \text{ cm}$$

$F_{\text{rata-rata}} = 128,207 \text{ kg}$, sehingga kuat tekan batako:

$$\sigma_{\text{rata-rata}} = \frac{128,207}{22,8} = 5,623 \text{ kg/cm}^2$$

dikonversi dalam satuan MPa menjadi:

$$5,623 \text{ kg/cm}^2 \times 0,09806 \text{ N/mm}^2 = 0,55 \text{ MPa}$$

c. Pasir : sludge kertas = 3 : 2 (Kode Sampel C)

$$P_{\text{rata-rata}} = 4,7 \text{ cm}$$

$$\ell_{\text{rata-rata}} = 4,65 \text{ cm}$$

$$L_{\text{rata-rata}} = 21,86 \text{ cm}$$

$F_{\text{rata-rata}} = 144,083 \text{ kg}$, sehingga kuat tekan batako:

$$\sigma_{\text{rata-rata}} = \frac{144,083}{21,86} = 6,591 \text{ kg/cm}^2$$

dikonversi dalam satuan MPa menjadi:

$$6,591 \text{ kg/cm}^2 \times 0,09806 \text{ N/mm}^2 = 0,65 \text{ MPa}$$

d. Pasir : sludge kertas = 2: 3 (Kode Sampel D)

$$P_{\text{rata-rata}} = 4,85 \text{ cm}$$

$$\ell_{\text{rata-rata}} = 4,75 \text{ cm}$$

$$L_{\text{rata-rata}} = 23,04 \text{ cm}$$

$F_{\text{rata-rata}} = 159,933 \text{ kg}$, sehingga kuat tekan batako:

$$\sigma_{\text{rata-rata}} = \frac{159,933}{23,04} = 6,941 \text{ kg/cm}^2$$

dikonversi dalam satuan MPa menjadi:

$$6,941 \text{ kg/cm}^2 \times 0,09806 \text{ N/mm}^2 = 0,68 \text{ MPa}$$

e. Pasir : sludge kertas = 1 : 4 (Kode Sampel E)

$$P_{\text{rata-rata}} = 4,75 \text{ cm}$$

$$\ell_{\text{rata-rata}} = 4,7 \text{ cm}$$

$$L_{\text{rata-rata}} = 22,33 \text{ cm}$$

$F_{\text{rata-rata}} = 136,148 \text{ kg}$, sehingga kuat tekan batako:

$$\sigma_{\text{rata-rata}} = \frac{136,148}{22,33} = 6,097 \text{ kg/cm}^2$$

dikonversi dalam satuan MPa menjadi:

$$6,097 \text{ kg/cm}^2 \times 0,09806 \text{ N/mm}^2 = 0,60 \text{ MPa}$$

f. Pasir : sludge kertas = 0 : 5 (Kode Sampel F)

$$P_{\text{rata-rata}} = 4,45 \text{ cm}$$

$$\ell_{\text{rata-rata}} = 4,45 \text{ cm}$$

$$L_{\text{rata-rata}} = 19,8 \text{ cm}$$

$F_{\text{rata-rata}} = 112,318 \text{ kg}$, sehingga kuat tekan batako:

$$\sigma_{\text{rata-rata}} = \frac{112,318}{19,8} = 5,673 \text{ kg/cm}^2$$

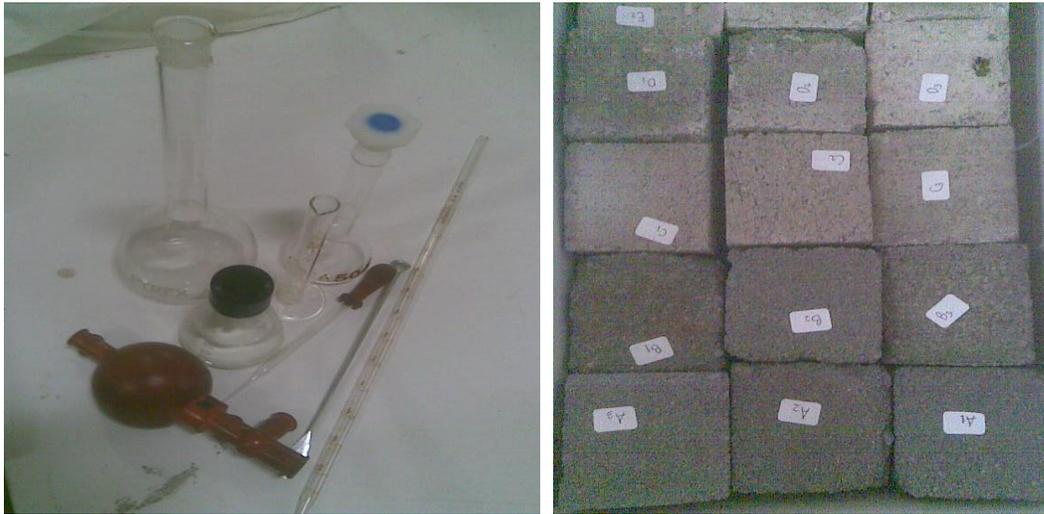
dikonversi dalam satuan MPa menjadi:

$$5,673 \text{ kg/cm}^2 \times 0,09806 \text{ N/mm}^2 = 0,56 \text{ MPa}$$

Keterangan:

$$1 \text{ MPa} = 1 \text{ N/mm}^2$$

Lampiran 10. Dokumentasi Kegiatan



Gambar 1. Alat dan sampel uji



Gambar 2. Alat uji XRF



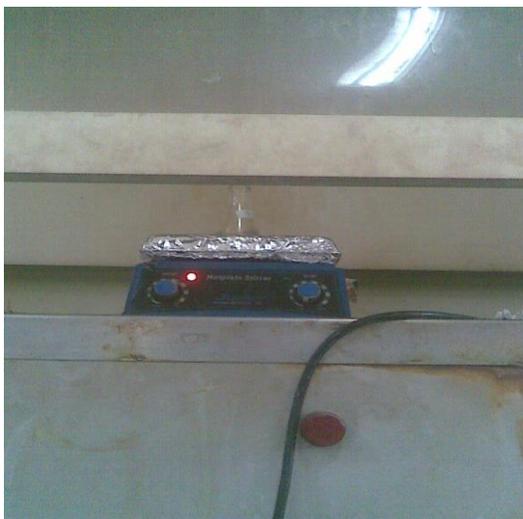
Gambar 3. Menimbang batako



Gambar 4. Merendam batako sampai jenuh konstan



Gambar 5. Alat uji kuat tekan batako



Gambar 6. Destruksi sampel batako optimum



Gambar 7. Hasil destruksi sampel batako optimum



Gambar 8. Pengujian logam Pb pada sampel dengan AAS