



SKRIPSI

PENGARUH AMOBILISASI KATION Cs^+ DAN Cd^{2+} TERHADAP KUAT TEKAN DAN KETAHANAN ASAM PADA GEOPOLIMER ABU LAYANG

VIVI YULIANINGSIH
NRP 1411100006

Dosen Pembimbing I
Ir. Endang Purwanti.S.,MT

Dosen Pembimbing II
Hamzah Fansuri, M.Si, Ph.D

JURUSAN KIMIA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2015



SCRIPT

EFFECT OF IMMOBILIZATION CATION Cs^+ AND Cd^{2+} TO THE COMPRESIVE STRENGTH AND ACID RESISTANCE IN GEOPOLYMER BASED ON FLY ASH

VIVI YULIANINGSIH
NRP. 1411 100 006

Advisor Lecturer I
Ir. Endang Purwanti S.,MT

Advisor Lecturer II
Hamzah Fansuri, M.Si, Ph.D

CHEMISTRY DEPARTEMENT
FACULTY OF MATHEMATICS AND SCIENCES
SEPULUH NOPEMBER INSTITUTE OF TECHNOLOGY
SURABAYA
2015

LEMBAR PENGESAHAN

**SKRIPSI
PENGARUH AMOBILISASI KATION Cs^+ DAN Cd^{2+}
TERHADAP KUAT TEKAN DAN KETAHANAN
ASAM PADA GEOPOLIMER ABU LAYANG**

Disusun Oleh:

VIVI YULIANINGSIH
NRP 1411 100 006

Surabaya, 18 September 2015
Menyetujui,

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II


Ir. Endang Purwanti S., MT
NIP. 19560110 198503 2 001


Hamzah Fansuri, M.Si, Ph.D
NIP. 19691017 199412 1 001

Mengetahui,
Ketua Jurusan Kimia FMIPA ITS


Hamzah Fansuri, M.Si, Ph.D
NIP. 19691017 199412 1 001

PENGARUH AMOBILISASI KATION Cs^+ DAN Cd^{2+} TERHADAP KUAT TEKAN DAN KETAHANAN ASAM PADA GEOPOLIMER ABU LAYANG

Nama : Vivi Yulianingsih
NRP : 1411100006
Jurusan : Kimia
Pembimbing I : Ir. Endang Purwanti S.,MT
Pembimbing II : Hamzah Fansuri, M.Si,Ph.D

ABSTRAK

Pada penelitian ini dilakukan amobilisasi kation Cd^{2+} dan Cs^+ pada geopolimer berbahan dasar abu layang PT IPMOMI. Sintesis geopolimer dilakukan dengan mencampurkan abu layang PT IPMOMI dengan larutan pengaktif. Penambahan kation Cd^{2+} dan Cs^+ bertujuan untuk mengetahui pengaruh amobilisasi terhadap sifat mekanik dan ketahanan pada lingkungan asam. Kuat tekan tertinggi dihasilkan geopolimer Cs dengan kadar Cs^+ sebesar 0,278 % dan geopolimer Cd dengan kadar Cd^{2+} sebesar 0,278 % yaitu 25,31 MPa dan 24,44 Mpa. Hasil leaching menunjukkan bahwa geopolimer mampu mengamobilisasi kation Cd^{2+} dengan baik dibandingkan dengan kation Cs^+ . Hasil difraktogram XRD menunjukkan terdapat fasa kristal pada $2\theta = 25,56^\circ$ dan fasa amorf pada $2\theta = 29,98^\circ, 31,5^\circ$.

**Kata Kunci : Geopolimer, Abu layang, Kuat tekan, Uji leaching,
Amobilisasi kation Cd^{2+} dan Cs^+**

EFFECT OF IMMOBILIZATION CATION OF Cs⁺ AND Cd²⁺ TO THE COMPRESIVE STRENGTH AND ACID RESISTANCE IN GEOPOLYMER BASED ON FLY ASH

Nama : Vivi Yulianingsih
NRP : 1411100006
Departement : Chemistry
Advisor I : Ir. Endang Purwanti S.,MT
Advisor II : Hamzah Fansuri, M.Si,Ph.D

ABSTRACT

In this research, immobilization cation of Cd²⁺ and Cs⁺ in the fly ash-based geopolymer PT. IPMOMI. Geopolymer synthesis done by mixing fly ash PT. IPMOMI with an alkaline solution. The addition of cation Cd²⁺ and Cs⁺ aims to determine the effect of immobilization to the compresive strength and acid resitance. The highest compressive strength generated by the addition of Cs 0,278 % is 25,31 MPa and Cd 0,278 % additions is 24,44 Mpa. Results showed that the geopolymer capable of leaching immobilized cation Cd²⁺ better than Cs⁺. Difraktogram showed that crystal phase at $2\theta = 25,56^\circ$ and amorphous phase at $2\theta = 29,98^\circ, 31,5^\circ$.

Key word : *Geopolymer, Fly Ash, Compresive Strength, Leaching Process, Immobilization Cation Cd²⁺ dan Cs⁺*

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Reaksi geopolimerisasi.....	7
Gambar 2. 2 Prinsip kerja XRD	13
Gambar 2. 3 Alat uji kuat tekan.....	15
Gambar 2. 4 Skema kerja ICP-OES.....	16
Gambar 4. 1 Difraktogram abu layang PT. IPMOMI.....	22
Gambar 4. 2 Pellet Geopolimer.....	24
Gambar 4. 3 XRD pada geopolimer abu layang.....	24
Gambar 4. 4 Ikatan antara geopolimer dengan kation Pb^{2+} ..	27
Gambar 4. 5 Ikatan antara geopolimer dengan kation Cd^{2+} ..	27
Gambar 4. 6 Ikatan antara geopolimer dengan kation Cs^{+}	28
Gambar 4. 7 Grafik kadar Cd dan Cs terhadap waktu leaching.....	30

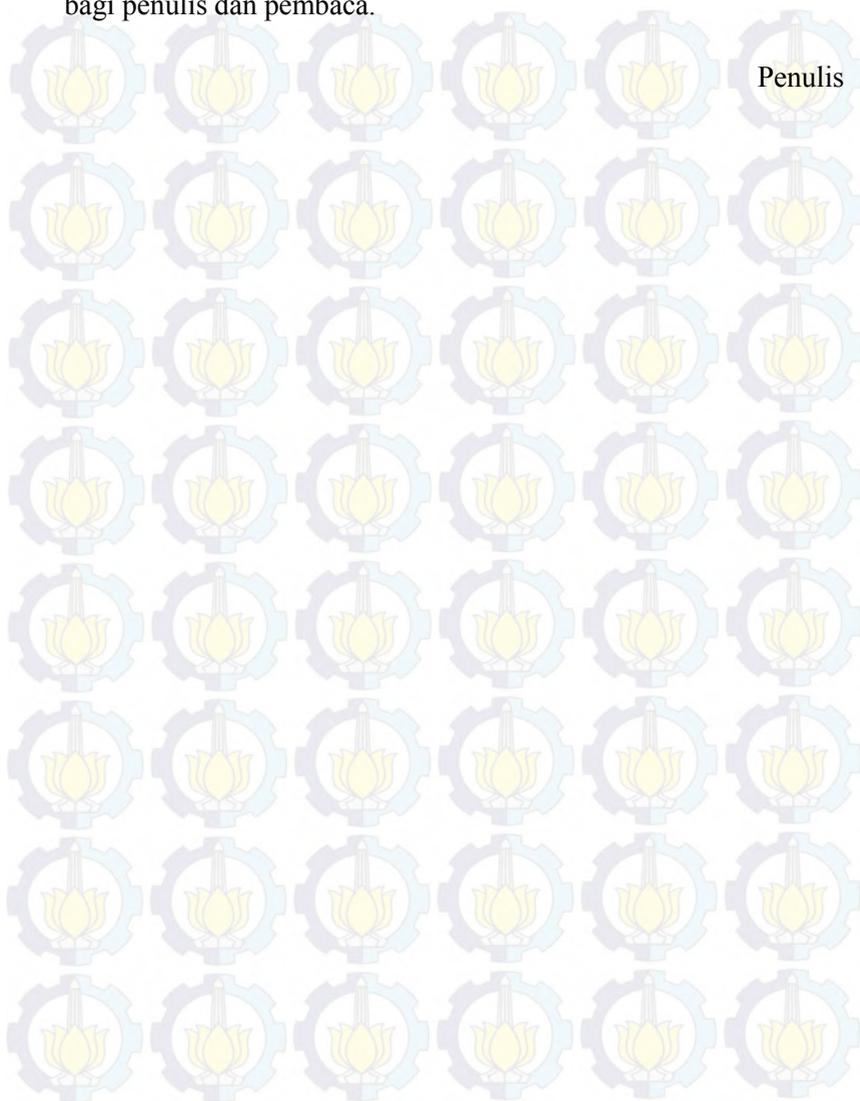
KATA PENGANTAR

Alhamdulillahirobbil'alamin. Puji syukur kehadiran Allah SWT yang selalu melimpahkan rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan naskah Skripsi yang berjudul **“Pengaruh Amobilisasi Kation Cs⁺ dan Cd²⁺ Terhadap Kuat Tekan dan Ketahanan Asam Pada Geopolimer Abu Layang”**. Tulisan ini tidak akan terwujud tanpa bantuan, dukungan, doa serta dorongan semangat dari semua pihak. Untuk itu penulis sangat berterima kasih kepada:

1. Drs. Djoko Hartanto, M.Si selaku dosen wali yang telah mengizinkan saya untuk mengambil mata kuliah skripsi
2. Lukman Atmaja, Ph.D selaku kepala Laboratorium Kimia Material dan Energi Jurusan Kimia FMIPA ITS
3. Ir. Endang Purwanti S., MT. selaku dosen pembimbing I, Hamzah Fansuri M.Si Ph.D selaku dosen pembimbing II dan sebagai ketua jurusan kimia atas pengarahan dan bimbingannya serta fasilitas yang telah diberikan hingga naskah skripsi ini dapat terselesaikan.
4. Kedua orang tua dan adikku yang selalu memberi dukungan, do'a, serta semangat yang tiada henti.
5. Pak Warih yang bersedia menjadi tempat sharing ilmu tentang penelitian geopolimernya.
6. Semua pihak yang membantu dalam penyusunan skripsi ini

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa penulisan naskah rancangan tugas akhir ini tidak lepas dari kekurangan, Oleh karena itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun untuk dapat meningkatkan kualitas dan perbaikan

pada tulisan ini. Semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi penulis dan pembaca.



DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	iv
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vi
KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR ISI	x
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	2
1.3 Tujuan	2
1.4 Manfaat	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Geopolimer	5
2.2 Abu Layang	7
2.3 Leaching Logam Berat	9
2.4 Amobilisasi Logam	11
2.5 XRD	12
2.7 Uji Kuat Tekan	13
2.8 ICP-OES	15
BAB III METODOLOGI	17
3.1 Alat dan Bahan	17
3.1.1 Alat	17
3.1.2 Bahan	17
3.2 Metode Penelitian	17
3.2.1 Preparasi Bahan	17
3.2.2 Pembuatan Larutan Pengaktif	17
3.2.3 Pembuatan Geopolimer	18
3.2.4 Amobilisasi Kation Cs^+ dan Cd^{2+} Geopolimer	18

3.2.5 Uji Leaching Geopolimer.....	19
3.2.6 Sifat Mekanik.....	19
3.3 Karakterisasi	20
3.3.1 Uji XRD	20
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	21
4.1 Preparasi Abu Layang.....	21
4.2 Pembuatan Sample Geopolimer.....	23
4.3 Analisa Fasa Mineral Geopolimer	24
4.4 Analisa Sifat Mekanik Geopolimer.....	25
4.5 Leaching Geopolimer.....	28
BAB V KESIMPULAN.....	31
5.1 Kesimpulan	31
5.2 Saran	31
DAFTAR PUSTAKA	33
LAMPIRAN.....	37
BIODATA DIRI	49

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Susunan kimia dan sifat fisik abu layang.....	9
Tabel 3. 1 Berat logam yang dimasukkan.....	19
Tabel 4. 1 Komposisi Abu Layang PT. IPMOMI.....	21
Tabel 4. 2 Pengaruh kadar kation terhadap kuat tekan geopolimer.....	25
Tabel 4. 3 Pengaruh waktu perendaman terhadap kadar Cd^{2+} yang tertahan dalam geopolimer Cd-0,278%.....	28
Tabel 4. 4 Pengaruh waktu perendaman terhadap kadar Cs^{+} yang tertahan dalam geopolimer Cs-0,278%.....	29

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sejauh ini kita kenal beton sebagai material bangunan paling populer, tersusun dari komposisi utama batuan (agregat), air, dan semen portland atau yang biasa kita sebut dengan beton konvensional. Hal pertama yang sering dijadikan sasaran perhatian adalah emisi gas karbon dioksida yang dihasilkan pada proses produksi semen. Untuk mengatasi efek buruk yang merusak lingkungan dan memperbaiki problem durabilitas pada material beton yang menggunakan semen portland, maka diperlukan material lainnya sebagai pengganti semen portland untuk digunakan pada pembuatan beton (Manuaha, 2014).

Terminologi geopolimer ini pertama kali dikemukakan oleh ilmuwan asal Prancis yang bernama Davidovits pada tahun 1978. Geopolimer dapat didefinisikan suatu polimer anorganik yang mulai dikembangkan pada dekade 80-an sebagai alternatif pengganti maupun pelengkap semen portland dalam konstruksi sipil (Samandhi, 2013).

Penggunaan teknologi geopolimer ini dapat mengurangi sekitar 80 % emisi gas karbon dioksida di atmosfer (Davidovits, 1994). Beton geopolimer ini merupakan suatu material yang relatif baru dikembangkan tetapi menawarkan beton yang memiliki kelebihan dibanding beton konvensional pada umumnya menggunakan semen Portland. Salah satu kelebihan yang ditawarkan material ini adalah dapat mengurangi produksi emisi gas karbon dioksida dimana gas karbon dioksida merupakan salah satu gas rumah kaca. Hal ini merupakan potensi yang dimiliki geopolimer sehingga para pakar teknologi dan peneliti terus mengkaji keunggulan-keunggulan lain yang nantinya dapat digunakan sebagai beton yang ramah lingkungan. Selain mampu mengurangi jumlah emisi gas CO₂, geopolimer memiliki keunggulan lain yaitu memiliki kuat tekan yang tinggi, resistansi

asam yang baik dan shrink yang lemah (Hardjito dan Rangan, 2005).

Geopolimer juga memiliki keunggulan lain yaitu sebagai alternatif dalam pengendalian limbah logam berat. Abu layang diolah melalui proses geopolimerisasi melibatkan proses aktifasi abu layang yang sedemikian rupa sehingga menjadi lebih reaktif dan dapat mengikuti tahap-tahap dalam proses polimerisasi. Logam-logam berat akan tertahan didalam matriks geopolimer. Dalam aplikasi penanggulangan limbah logam berat seperti Pb, Cr, Cd, Cs dan lain-lain memiliki peran dalam amobilisasi yaitu peningkatan dalam kuat tekan (Hadi, 2010).

Penelitian tentang amobilisasi kation pada geopolimer abu layang telah banyak dilakukan termasuk di Jurusan kimia ITS. Salah satu kation yang diteliti adalah Cr^{3+} , dimana geopolimer abu layang memiliki kemampuan amobilisasi yang baik, hal ini dibuktikan dengan tidak adanya kation Cr^{3+} yang *leaching* selama 6,5 jam (Fatmawati, 2014).

Van Jaarsveld dan Van Deventer (1999) menyatakan bahwa amobilisasi ion logam dalam geopolimer dipengaruhi oleh dua faktor, yaitu valensi ion logam dan ukurannya. Logam dengan ukuran yang lebih besar memiliki kecenderungan diamobilisasi dengan baik dalam geopolimer dan karenanya lebih sulit untuk dilepaskan dari geopolimer (memiliki *leaching rate* rendah).

1.2 Perumusan Masalah

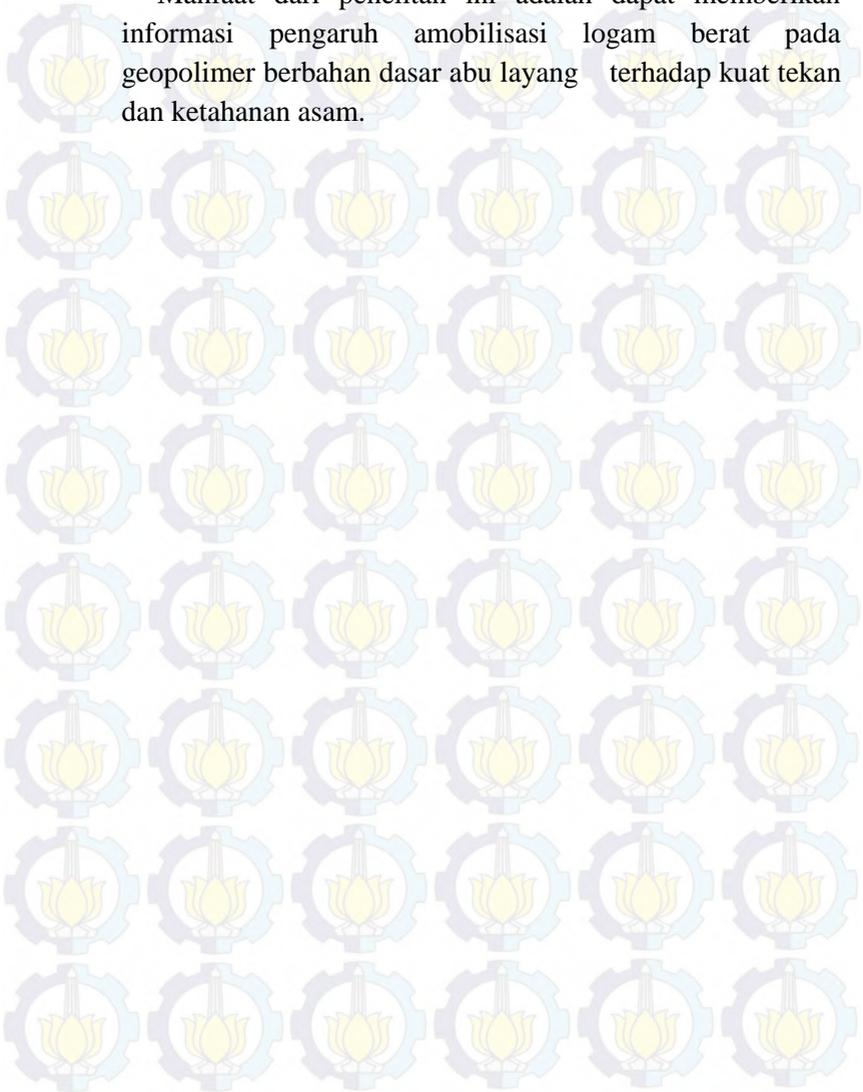
Bagaimana pengaruh keberadaan kation terhadap sifat mekanik geopolimer abu layang dan ketahanan geopolimer abu layang pada lingkungan asam.

1.3 Tujuan

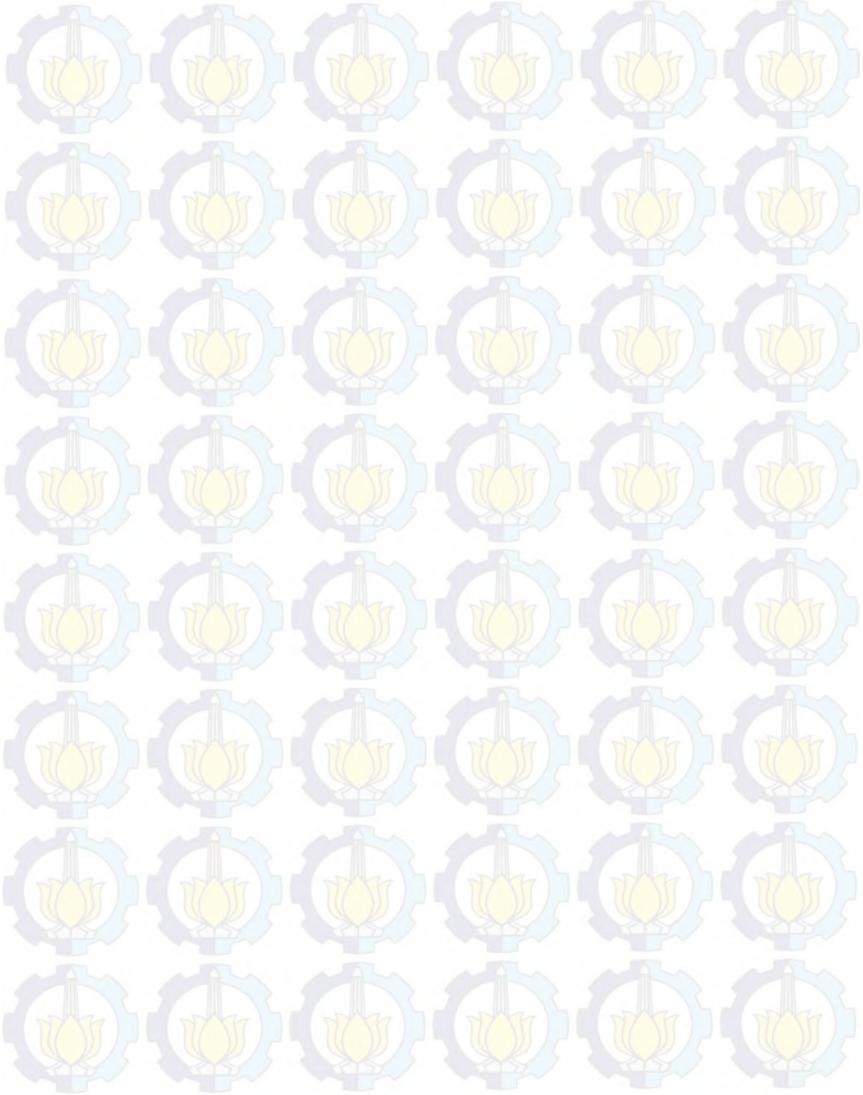
Untuk mengamobilisasi kation Cd^{2+} dan Cs^+ menggunakan geopolimer dan mengetahui pengaruh logam berat terhadap sifat mekanik geopolimer abu layang dan ketahanan geopolimer abu layang pada lingkungan asam.

1.4 Manfaat

Manfaat dari penelitian ini adalah dapat memberikan informasi pengaruh amobilisasi logam berat pada geopolimer berbahan dasar abu layang terhadap kuat tekan dan ketahanan asam.



Halaman ini sengaja dikosongkan



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Geopolimer

Geopolimer merupakan sintesis bahan-bahan produk sampingan seperti abu layang (fly ash), abu kulit padi (rice husk ash) dan lain-lain yang banyak mengandung silika dan alumina (prekursor) membentuk sebuah senyawa silikat alumina anorganik (Lloyd dan Ranga, 2010). Beton geopolimer merupakan beton yang material utamanya mengandung banyak silika dan alumina tinggi yang direaksikan dengan alkali aktifator. Proses pembentukan beton geopolimer terbentuk melalui proses polimerisasi bahan yang mengandung silikat dan alumina tinggi yang direaksikan dengan menggunakan alkali aktifator (polysilicate) menghasilkan ikatan polimer Si-O-Al. Dengan ikatan polimer ini maka akan terbentuk padatan berupa amorf sampai semi Kristal (Pujiyanto, 2013).

Davidovits memberi nama material temuannya Geopolimer, karena merupakan sintesa bahan-bahan alam nonorganik lewat proses polimerisasi. Bahan dasar utama yang diperlukan untuk pembuatan material geopolimer ini adalah bahan-bahan yang banyak mengandung unsur-unsur silikon dan aluminium. Unsur-unsur ini banyak didapati, di antaranya pada material buangan hasil sampingan industri, seperti misalnya abu layang dari sisa pembakaran batu bara. Selama ini, abu layang disebut demikian karena kecilnya ukuran partikel dan karenanya mudah beterbangan di udara-lebih banyak tidak dimanfaatkan dengan semestinya ataupun dipakai hanya sebagai bahan timbunan. Penimbunan yang sembarangan bahkan berpotensi mengancam kelestarian lingkungan, selain mudah beterbangan dan mengotori udara, partikel-partikel logam berat yang dikandungnya dengan mudah larut dan mencemari sumber-sumber air. Untuk melarutkan unsur-unsur silikon dan aluminium, serta

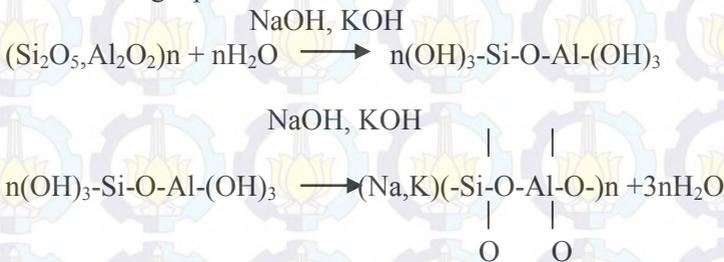
memungkinkan terjadinya reaksi kimiawi, digunakan larutan yang bersifat alkalis. Material geopolimer ini digabungkan dengan agregat batuan kemudian menghasilkan beton geopolimer, tanpa menggunakan semen lagi (Djiwantoro, 2002).

Geopolimer dikatakan ramah lingkungan, karena selain dapat menggunakan bahan-bahan buangan industri, proses pembuatan beton geopolimer tidak terlalu memerlukan energi, seperti halnya proses pembuatan semen yang setidaknya memerlukan suhu hingga 800°C . Dengan pemanasan lebih kurang 60°C selama satu hari penuh sudah dapat dihasilkan beton yang berkekuatan tinggi. Karenanya, pembuatan beton geopolimer mampu menurunkan emisi gas rumah kaca yang diakibatkan oleh proses produksi semen hingga tinggal 20 % saja. Hasil-hasil riset selama ini telah menunjukkan bahwa beton geopolimer memiliki sifat-sifat teknik yang amat mengesankan, di antaranya kekuatan dan keawetan yang tinggi (Djiwantoro, 2002).

Di dunia material konstruksi, hingga saat ini fokus penelitian-penelitian yang dilakukan terhadap beton geopolimer ini lebih ditekankan pada aplikasinya sebagai beton pracetak, mengingat ketelitian yang lebih tinggi masih diperlukan dalam proses pembuatannya. Di bidang lain, geopolimer juga sedang diteliti untuk keperluan pembuatan keramik dan bahan pemasang logam-logam berbahaya. Sebuah kelompok riset di jurusan Teknik Sipil, Curtin University of Technology, Perth, Australia di bawah pimpinan Professor BV Rangan saat ini tengah giat mengeksplorasi berbagai karakter beton geopolimer ini untuk kemungkinan aplikasinya di dunia konstruksi bangunan. Karakteristik yang sedang dipelajari antara lain proses pembuatannya, sifat-sifat teknisnya khususnya kekuatan dan keawetannya di lingkungan yang berbahaya, serta perilaku elemen struktural yang menggunakan beton geopolimer ini (Djiwantoro, 2002).

Menurut Panias (2006) geopolimerisasi, meliputi tahap sebagai berikut :

Pelarutan Si dan Al dari padatan bahan aluminosilikat didalam larutan yang bersifat basa, pembentukan jenis oligomer-oligomer (geopolimer pendahuluan) terdiri dari ikatan-ikatan polimerik dari tipe Si-O-Si dan/atau Si-O-Al, polikondensasi oligomer-oligomer itu untuk membentuk suatu kerangka tiga dimensi aluminosilikat (kerangka geopolimerik), dan pengikatan partikel-partikel padat kedalam kerangka polimerik dan pemadatan keseluruhan sistem membentuk geopolimer.



Gambar 2. 1 Reaksi Geopolimerisasi (Davidovits, 1991)

2.2 Abu Layang

Istilah “Abu layang” sering digambarkan sebagai setiap material partikulat halus presipitasi dari tumpukan gas hasil pembakaran bahan bakar tungku industri pembakaran bahan bakar. Jumlah abu layang yang dikumpulkan dari tungku pada satu situs dapat bervariasi mulai kurang dari satu ton per hari sampai beberapa ton per menit. Karakteristik dan sifat abu layang yang berbeda tergantung pada sifat bahan bakar dan ukuran yang digunakan. Penumbukan bahan bakar padat pada tungku besar yang digunakan dalam pembangkit listrik secara langsung dan masalah mendesak, abu layang kering dikumpulkan dari tumpukan gas dan dibuang secara cepat dan aman. Kesamaan beberapa abu layang pozzolan

vulkanik alami telah mendorong penggunaan abu layang dalam hubungannya dengan semen portland dalam pembuatan beton. Tidak semua abu layang cocok untuk aplikasi ini namun reaksi kimia yang tidak stabil dapat memiliki efek buruk pada proses hidrasi dan stabilitas akhir produk. (Wesche, 1991).

Abu layang sebagai produk limbah dari pembakaran batu bara pada pembangkit listrik yang jumlah tergantung dari jenis batu bara yang dibakar serta sistem pembakarannya. Tetapi rata-rata kandungan abu dari batu bara sekitar 4% (w) - 10% (w). Abu layang dari pembakaran tersebut terbagi dalam dua kelompok yaitu abu layang yang ditangkap dari gas pembuangan furnace dengan peralatan pengendap elektrostatik yakni sekitar 75-80 % dari total abunya dan sisanya adalah abu yang jatuh di bagian bawah furnace. Abu layang adalah salah satu macam material pozzolanic dimana defisiensinya menurut ASTM C-618 adalah suatu material yang mengandung silika atau alumina silika yang tidak memiliki sifat sebagai perekat (sementara) pada dirinya sendiri tetapi butirannya yang halus dapat bereaksi dengan kapur dan air membentuk perekat pada temperatur normal. Sifat-sifat abu layang yang menguntungkan pada campuran beton adalah

- Menurunkan hidrasi panas pada beton
- Memperlambat waktu *setting* pada beton
- Meningkatkan kuat tekan pada beton.

Komposisi kimia yang berbeda pada setiap batu bara akan memberikan komposisi kimia yang berbeda pada abunya. Secara umum, mayoritas abu layang terdiri dari SiO_2 dan Al_2O_3 yang total keduanya mencapai 80% (w), sedangkan Fe_2O_3 dan unsur-unsur lainnya tidak lebih dari 20 % (w) (Silvira, 2003).

Bedasarkan jenis batubara yang digunakan bahan bakar, abu layang dibagi menjadi 2 kelas yaitu:

1. Kelas F yaitu abu layang yang dihasilkan dari pembakaran batu bara jenis anthrasit atau bituminous.
2. Kelas C yaitu abu layang yang dihasilkan dari pembakaran batu bara jenis lignit atau sub bituminous.

Persyaratan mutu abu layang sesuai dengan ASTM 618 (Husin, 1998) ditunjukkan pada Tabel 2.1

Tabel 2. 1 Susunan kimia dan sifat fisik abu layang

Uraian	Kelas F	Kelas C
A. Susunan Kimia		
1. Silikon dioksida	54,90 %	39,90 %
2. Silikon dioksida + Aluminium dioksida + Besi Oksida min	70,00 %	50,00 %
3. Sulfur Trioksida, maks	5,0 %	5,0 %
4. Kadar Air, maks	3,0 %	3,0 %
5. Hilang Pijar, maks	6,0 %	6,0 %
6. Na ₂ O, maks	1,5 %	1,5 %
B. Sifat Fisika		
1. Kehalusan sisa diatas ayakan 45 um, maks	34,0 %	34,0 %
2. Indeks kereaktifan pozolon dengan PC I, pada umur 28 hari, min	75,0 %	75,0 %
3. Air, maks	105,0 %	105,0 %
4. Pengembangan dengan autoclave, maks	0,8 %	0,8 %

2.3 Leaching Logam Berat

Logam berat merupakan unsur logam dengan berat molekul tinggi. Dalam kadar rendah logam berat pada umumnya sudah beracun bagi tumbuhan dan hewan, termasuk

manusia. Termasuk logam berat yang sering mencemari habitat ialah Hg, Cr, Cd, As, dan Pb. Logam berat dapat masuk ke dalam lingkungan hidup karena: (1) longgokan alami di dalam bumi tersingkap, sehingga berada di permukaan bumi; (2) pelapukan batuan yang mengandung logam berat yang melonggokkan logam berat secara residual di dalam saprolit dan selanjutnya berada di dalam tanah; (3) penggunaan bahan alami untuk pupuk atau pembenah tanah (soil conditioner), dan atau (4) pembuangan sisa dan limbah pabrik serta sampah (Notohadiprawiro, 2006).

Leaching adalah salah satu tahapan pada proses hydrometalurgi, dimana tahapan ini menggunakan larutan tertentu untuk melarutkan dan mengcover logam-logam berharga. Beberapa leaching, antara lain :

1. In Place (In Situ)
2. Heap Leaching
3. Sand Leaching
4. Agitative Leaching
5. Pressure Leaching

Proses leaching dibagi menjadi 3 proses, yaitu

1. Diffusion Controlled Process

Laju reaksi kimia pada permukaan konsentrat lebih cepat daripada kecepatan difusi reaktan ke permukaan konsentrat. Pada tipe leaching ini, pengaruh temperatur sangat kecil karena laju difusi tidak dipengaruhi oleh temperatur

2. Chemically Controlled Process

Proses ini merupakan kebalikan dari diffusion controlled process kecepatan reaksi kimia lebih lambat dibandingkan dengan laju difusi, proses ini dipengaruhi dengan temperatur karena laju reaksi akan naik seiring dengan kenaikan temperatur.

3. Mixed Kinetic Process

Proses ini merupakan gabungan dari dua proses diatas, dengan kecepatan reaksi kimia hampir sama dengan kecepatan difusi (Erwin, 2012).

2.4 Amobilisasi Logam

Dengan meningkatnya polusi lingkungan dan memberikan ketertarikan pada perkembangan dalam permasalahan amobilisasi logam berat secara signifikan. Oksidasi dan logam berat terlarut adalah komponen yang dihasilkan banyak limbah dalam bentuk partikel dari industri pertambangan dan metalurgi. Beberapa wilayah di bumi telah terkontaminasi tanahnya dengan logam berat pada dekade sebelumnya dan pemeliharaan pada tanah terkontaminasi mengalami krisis atau kesulitan (Kontopoulos, 1996). Banyak pendekatan yang menggunakan prinsip solidifikasi semen berdasarkan teknologi (Glasser, 1997) , termasuk didalamnya alkali-aktivasi *slag* dan sistem pengikat (Malviya, 2007). material geopolimer telah di teliti sebagai material dengan potensi aplikasi treatment (Shi,2006) dan stabilisasi berbagai macam toksik dan radioaktif selama lebih dari setahun (Duxson, 2007).

Efisiensi amobilisasi logam berat dalam material seperti semen memiliki ikatan kuat antara mikrostruktur dengan mengabaikan distribusi ukuran pori, bentuk pori dan total porositas. Déjà (2002) meneliti amobilisasi Cr, Cd, Pb dan Zn dalam *alkali-aktivated slag binder* menunjukkan mikrostruktur dan komposisi fasa dari hidrasi slag terperangkap pada amobilisasi logam berat. penambahan dari logam itu sendiri mempengaruhi sifat fisik produk tersebut seperti kuat tekan (Jaarsveld, 1999).

Logam Cd merupakan logam yang dikategorikan sebagai logam *big three heavy* metal bersama timbal dan merkuri dimana logam cadmium ini memiliki tingkat bahaya yang tinggi bagi manusia. Sedangkan logam cesium dalam

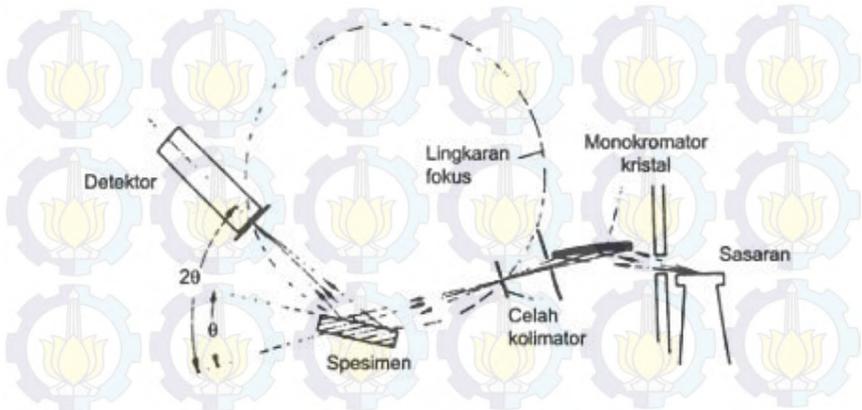
bentuk cesium-137 merupakan logam radionuklida yang memiliki dampak radiasi bagi manusia. Masuknya radionuklida Cs-137 ke lingkungan, kemungkinan dapat mencemari lingkungan tanah dan air dalam jumlah cukup tinggi (Biyantoro dkk, 2003).

2.5 XRD

Pemanfaatan metode difraksi memegang peranan penting untuk analisis padatan kristalin. Sinar-X adalah suatu radiasi gelombang elektromagnetik dengan panjang gelombang ($\lambda = 0,1 \text{ nm}$) yang lebih pendek dibanding gelombang cahaya ($\lambda = 400\text{-}800 \text{ nm}$) (Smallman, 2000).

Berkas sinar X dapat dideteksi secara langsung menggunakan tabung pencacah beserta rangkaian listriknya. Berkas radiasi setelah filtrasi atau monokromatik jatuh datar di permukaan datar spesimen sebek. Spesimen ini diputar dengan kecepatan sudut celah penerima sehingga besar sudut antara berkas yang jatuh dan berkas yang dipantulkan tetap. Celah penerima dipasang didepan pencacah dan bidang tabung cacah. dibelakang biasanya dipasang celah pengurai untuk memastikan bahwa pencacah hanya menerima radiasi dari bagian spesimen yang terkena berkas primer. Intensitas terdifraksi pada berbagai sudut dicatat secara otomatis pada lembaran dengan bentuk rekaman (Smallman, 2000).

Teknik ini diterapkan diterapkan secara luas untuk analisa kimia rutin , karena dengan pengukuran intesitas yang teliti secara kuantitatif dapat ditetapkan kadar berbagai elemen dalam specimen. Dalam penelitian teknik ini diterapkan untuk permasalahan mencakup derajat tatanan pada paduan, kerapatan salah-susun pada paduan terdeformasi, penentuan konstanta elastisitas, pengkajian cacat, dan orientasi yang diutamakan (Smallman, 2000). Prinsip kerja XRD ditunjukkan pada Gambar 2.2.



Gambar 2. 2 Prinsip kerja XRD (Smallman, 2000)

2.7 Uji Kuat Tekan

Kuat tekan merupakan tingkat atau derajat kekuatan suatu material terhadap gaya tekan dari luar yang membebaninya. Kuat tekan dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$F = P/A$$

Dengan :

F = Kuat tekan mortar (MPa)

P = Beban tekan maksimum (N)

A = Luas permukaan uji tekan (m^2)

Laju kenaikan kuat tekan geopolimer mortar kemungkinan akan bertambah dengan umur geopolimer mortar yang semakin bertambah. Kuat tekan beton dengan menggunakan abu layang memiliki pengikatan yang lambat dan mencapai kuat tekan optimal pada 90 hari.

Faktor-faktor yang mempengaruhi besarnya kuat tekan, antara lain :

1. Proporsi bahan penyusunnya

Proporsi bahan penyusunnya ditentukan melalui *mix design*. Hal ini dimaksudkan agar proporsi campuran tersebut dapat memenuhi syarat kuat tekan dan harganya ekonomis.

2. *Mix Design*

Metode perancangan ini digunakan untuk menentukan komposisi bahan-bahan penyusun mortar agar sesuai dengan kinerja yang diharapkan. Beberapa standar yang digunakan sebagai acuan untuk menentukan *mix design* antara lain :

- a. *American Concrete Institute Method*
- b. *Portland Cement Association*
- c. *British Standard (Department of Civil Engineering)*
- d. Departemen Pekerjaan Umum (SNI)

3. Perawatan (*Curing*)

Perawatan berfungsi untuk menghindari panas hidrasi yang tidak diinginkan, terutama yang disebabkan oleh suhu. Sifat mortar yang dihasilkan terutama dari segi kekuatannya, ditentukan oleh alat dan bahan yang digunakan dalam proses curing. Selain itu, metode yang digunakan dan lamanya proses curing juga berpengaruh. Oleh karena itu, waktu-waktu untuk curing harus terjadwal dengan baik (Fitriani, 2010).

Masing-masing benda uji menghasilkan kuat tekan yang berbeda demikian pula untuk ukuran benda uji yang berbeda, akan menghasilkan kuat tekan yang berbeda pula. Hasil pengujian kuat tekan, menunjukkan hubungan antara makin besar pemberian gaya, maka akan semakin besar pula gaya atau tekanan yang diterima oleh benda uji. Nilai-nilai kekuatan tekan yang dihasilkan oleh sebuah mesin tekan merupakan angka-angka nyata, jadi nilai-nilai kekuatan tekan tersebut hanya memberikan petunjuk mengenai mutu pasta semen keras. Kuat tekan pada umumnya dipengaruhi oleh umur pasta semen, bahan yang digunakan dalam perbandingan campuran, cara mencampur serta suhu pengerasan. Pada umumnya persyaratan kuat tekan dapat

ditentukan setelah berumur 28 hari (Andiska, 2011). Alat uji kuat tekan ditunjukkan pada Gambar 2.3.



Gambar 2. 3 Alat uji kuat tekan (Birru, 2006)

2.8 ICP-OES

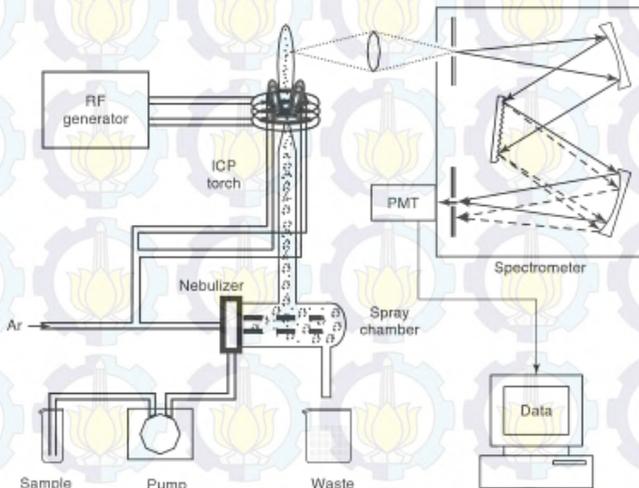
ICP - OES adalah alat yang ampuh untuk penentuan logam dalam berbagai matriks sampel yang berbeda. Dengan teknik ini, sampel cairan yang disuntikkan ke dalam frekuensi radio (RF) yang diinduksi plasma argon dengan menggunakan salah satu nebulizers atau teknik pengenalan sampel.

Sampel yang mencapai plasma cepat menguap dan energi menumbuk eksitasi suhu tinggi. Emisi atom memancar dari plasma dilihat dari salah satu konfigurasi radial atau konfigurasi axial, dikumpulkan dengan lensa atau cermin dan dimunculkan kedalam celah masuk alat detektor.

Pengukuran elemen single dapat ditampilkan dengan monokromator atau gabungan tabung photomultiplier (PMT) dan multielemen simultan pengukuran ditampilkan hingga 70

elemen dengan gabungan polikromator dan detektor pemancar. Kinerja analisis dari sistem tersebut adalah kompetitif dengan teknik analisis anorganik terutama berkaitan dengan sampel dan sensitivitas.

Instrumen ICP /OES relatif sederhana. sebagian dari emisi foton ICP dikumpulkan dengan lensa dan cermin cekung. Fokus optik membentuk gambar dari ICP pada celah masuk lubang perangkat seleksi panjang gelombang seperti monokromator (Hou, 2000)



Gambar 2. 4 Skema kerja ICP-OES (Scott,2007)

BAB III METODOLOGI

1.1 Alat dan Bahan

3.1.1 Alat

Peralatan yang digunakan pada penelitian ini adalah peralatan dari plastik, labu ukur 1000 mL, pipet ukur, pro-pipet, gelas ukur plastik 100 mL, beaker gelas 250 mL, pipet plastik, pengaduk, ayakan 120 mesh, *mixer*, *hot plate*, neraca analitik, oven, magnetic stirrer dan cetakan berbentuk silinder. Instrumentasi analisis yang digunakan untuk karakterisasi adalah mesin penguji kuat tekan (*universal testing machine*) di Laboratorium Uji Beton D3 Teknik Sipil ITS Surabaya, XRD (Pan Analytical) di Teknik Material dan Metalurgi ITS Surabaya, *Inductively Coupled Plasma-Optic Emission Spectrophotometer* (ICP – OES) di Universitas Surabaya .

3.1.2 Bahan

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain abu layang PT. IPMOMI, aqua terdemineralisasi (aqua DM), Natrium Hidroksida (NaOH) p.a, Waterglass teknis, Aluminium Hidroksida (Al(OH)₃) SIGMA-ALDRICH, Cd(NO₃)₂.4H₂O , Cs (NO₃), Asam Asetat 0,1 M .

3.2 Metode Penelitian

3.2.1 Preparasi Bahan

Abu layang diayak menggunakan ayakan 120 mesh, abu layang yang lolos dari ayakan dikeringkan menggunakan oven bersuhu 105 °C selama 24 jam.

1.2.2 Pembuatan Larutan Pengaktif

Larutan pengaktif dibuat dengan cara mencampurkan larutan NaOH dan water glass. Larutan NaOH dibuat dengan cara melarutkan 28 g pelet NaOH dalam 60 ml aqua DM. Selanjutnya, larutan NaOH didiamkan pada suhu ruang selama 24 jam. Setelah 24 jam, larutan NaOH ditambahkan dengan 80 g waterglass dan

diaduk hingga homogen. Kemudian didiamkan selama 6 jam pada suhu ruang.

1.2.3 Pembuatan Geopolimer

Pembuatan geopolimer diawali dengan menambahkan larutan pengaktif (campuran *waterglass* dan larutan NaOH) ke dalam wadah yang berisi 260 gram abu layang. Campuran tersebut diaduk sampai homogen menggunakan *mixer* selama 30 detik. Setelah itu, larutan $\text{Al}(\text{OH})_3$ ditambahkan ke dalam campuran abu layang-larutan pengaktif dan pengadukan dilanjutkan selama 2,5 menit. $\text{Al}(\text{OH})_3$ tersebut dibuat dengan melarutkan serbuk 3,4 gram $\text{Al}(\text{OH})_3$ dengan 40 ml aqua DM.

Hasil pengadukan berupa pasta dituangkan ke dalam cetakan berbentuk silinder berdiameter 2,7 cm dan tinggi 5,4 cm. Setelah didiamkan selama 24 jam, geopolimer dikeluarkan dari cetakan dan dimasukkan kedalam plastik klip, kemudian dipanaskan di dalam oven dengan suhu 55°C selama 24 jam. Geopolimer yang dihasilkan didiamkan selama 7 hari dalam suhu ruangan dan kemudian siap untuk diuji kuat tekan.

1.2.4 Amobilisasi Kation Cs^+ dan Cd^{2+} Geopolimer

Kation logam Cs^+ dan Cd^{2+} yang akan digunakan pada amobilisasi logam geopolimer adalah $\text{Cd}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$, CsNO_3 . Komposisi bahan yang digunakan yaitu abu layang 260 gram, *waterglass* 80 gram, NaOH 28 gram, Aqua DM untuk melarutkan NaOH 60 gram, serbuk $\text{Al}(\text{OH})_3$ 3,4 gram, dan aqua DM untuk melarutkan $\text{Al}(\text{OH})_3$ 10 ml. Proses sintesis geopolimer untuk amobilisasi kation Cs^+ dan Cd^{2+} sama seperti pembuatan geopolimer. Namun, dilakukan penambahan larutan $\text{Cd}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$, $\text{Cs}(\text{NO}_3)$ selama 10 detik setelah larutan $\text{Al}(\text{OH})_3$ dicampurkan kedalam campuran abu layang dan larutan pengaktif. Berat $\text{Cd}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$, $\text{Cs}(\text{NO}_3)$ yang dilarutkan ditunjukkan pada Tabel 3.1. Lama waktu pengadukan disesuaikan dengan fasa geopolimer yang terbentuk setelah penambahan

logam berat. Pasta geopolimer akhir diusahakan tidak terlalu kental karena akan sulit untuk dicetak.

Tabel 3. 1 Berat logam yang dimasukkan

Berat $\text{Cd}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ yang dimasukkan (gram)	Berat $\text{Cs}(\text{NO}_3)$ yang dimasukkan (gram)
0,7133	0,3812
1,4267	0,7624
2,8535	1,5248
5,7070	3,0496
11,4140	6,0992

1.2.5 Uji Leaching Geopolimer

Proses leaching dilakukan dengan merendam sampel geopolimer yang telah diuji kuat tekan ke dalam larutan asam asetat 0,1 M sebanyak 1000 mL dengan pH 3 kemudian diaduk dengan *magnetic stirer* berkecepatan 300 rpm selama 1 jam, 2 jam, 4 jam, 8 jam, 16 jam dan 32 jam. Sampel *leachant* (larutan hasil *leaching* geopolimer) dianalisa kadar kation Cs^+ dan Cd^{2+} di dalamnya dengan ICP-OES.

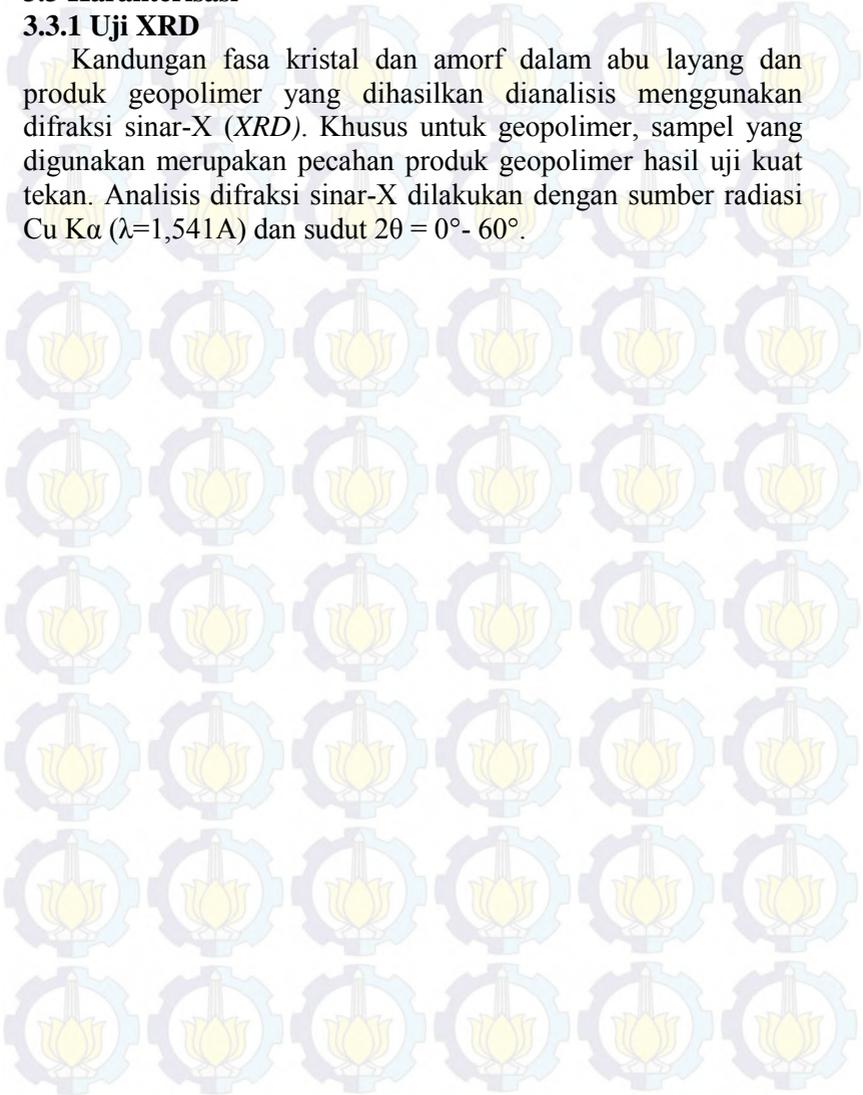
3.2.6 Sifat Mekanik

Kuat tekan geopolimer diuji menggunakan mesin pengujian kuat tekan *Universal testing machine* di Jurusan D3 Teknik Sipil ITS. Pengujian kuat tekan dilakukan terhadap geopolimer yang berumur 7 hari untuk geopolimer yang mengandung ion Cs^+ dan Cd^{2+} . Hasil uji kuat tekan pada alat tersebut ditunjukkan dengan massa beban maksimum dalam satuan ton yang bisa ditahan oleh benda uji.

3.3 Karakterisasi

3.3.1 Uji XRD

Kandungan fasa kristal dan amorf dalam abu layang dan produk geopolimer yang dihasilkan dianalisis menggunakan difraksi sinar-X (*XRD*). Khusus untuk geopolimer, sampel yang digunakan merupakan pecahan produk geopolimer hasil uji kuat tekan. Analisis difraksi sinar-X dilakukan dengan sumber radiasi $\text{Cu K}\alpha$ ($\lambda=1,541\text{\AA}$) dan sudut $2\theta = 0^\circ - 60^\circ$.



BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada penelitian dilakukan amobilisasi Cd dan Cs pada geopolimer, Tujuan dilakukan amobilisasi untuk mengetahui kemampuan dari geopolimer dalam menahan logam berat. Uji penentuan ini dilakukan kuat tekan dengan diambil kuat tekan yang paling tinggi, kemudian dilakukan leaching dan dikarakterisasi untuk mengetahui fasa geopolimer.

4.1 Preparasi Abu Layang

Penelitian ini menggunakan bahan dasar abu layang dari PT. IPMOMI. Komposisi abu layang dari PT. IPMOMI yang telah diteliti sebelumnya oleh Wiyanti (2009) ditunjukkan pada Tabel 4.1.

Tabel 4. 1 Komposisi Abu Layang PT. IPMOMI

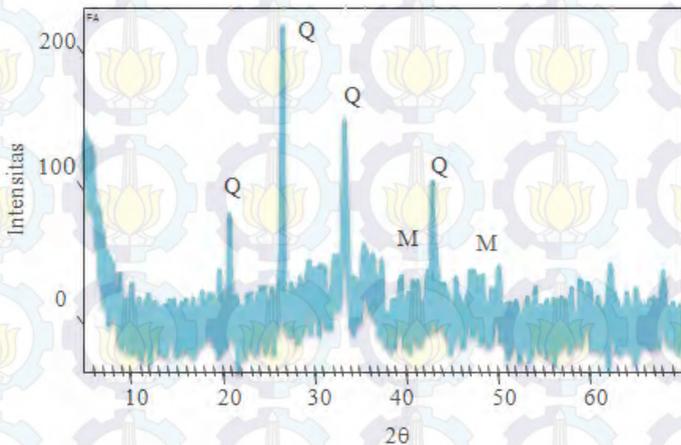
Komposisi	SiO ₂	CaO	K ₂ O	Al ₂ O ₃	TiO ₂	Fe ₂ O ₃	SO ₃
Komposisi (% berat)	33,3	22,1	1,3	14	1,18	26,2	0,5

(Wiyanti, 2009)

Berdasarkan ASTM C 618-96 abu layang PT IPMOMI merupakan abu layang jenis tipe C karena pada abu layang PT IPMOMI memiliki kandungan CaO sebesar 22,1 % dan kadar (SiO₂+Al₂O₃+Fe₂O₃) sebesar 64,49 %. Abu layang tipe C menghasilkan kuat tekan lebih tinggi dibanding dengan kuat tekan yang dihasilkan abu layang tipe kelas F baik menggunakan curing atau suhu ruang (Veliyati, 2010).

Tipe abu layang ini merupakan tipe abu layang yang mengalami pengerasan setelah ditambahkan air. Sebelum digunakan abu layang diayak dengan ayakan 120 mesh hal ini bertujuan untuk menghilangkan pengotor seperti pasir dan kerikil selain itu pengayakan ini juga berfungsi untuk

keseragaman ukuran partikel karena semakin kecil ukuran partikel semakin mudah larut dengan larutan pengaktif. Setelah itu abu layang di oven pada suhu 105°C selama 24 jam pengovenan bertujuan untuk menghilangkan air yang terdapat pada abu layang sehingga asal air yang terdapat pada pasta geopolimer berasal dari larutan alkalin dan air yang hilang dapat diabaikan dalam penentuan kandungan air pada pembuatan pasta geopolimer. Hasil XRD abu layang PT. IPMOMI ditunjukkan pada Gambar 4.1.



Gambar 4. 1 Difraktogram abu layang PT. IPMOMI

Difraktogram tersebut menunjukkan beberapa puncak yang tajam yang dimiliki oleh abu layang. Puncak tajam dengan intensitas tertinggi muncul pada $2\theta = 26,67^{\circ}$. Selain kristal *quartz*, pada abu layang juga terdapat *mullite* (M) yang ditandai dengan munculnya puncak pada $2\theta = 42,55^{\circ}$ dan $47,8^{\circ}$. Adanya kandungan mineral dalam dalam abu layang diperkirakan hasil dari pembakaran batu bara atau dihasilkan

pembakaran abu layang selama melewati conveyor sampai ke pembuangan.

4.2 Pembuatan Sample Geopolimer

Pembuatan larutan pengaktif diawali dengan melarutkan pellet NaOH kedalam aqua DM dan didiamkan selama 24 jam. Larutan NaOH yang telah dibuat ditutup rapat agar uap daripada larutan yang dihasilkan pada reaksi eksotermis turun sehingga volume larutan NaOH tidak berkurang sebelum dicampurkan dengan waterglass, kemudian didiamkan minimal 24 jam agar suhu larutan kembali pada suhu kamar atau suhu saat reaksi eksotermis mengalami penurunan. Setelah didiamkan minimal 24 jam ditambahkan waterglass kemudian diaduk hingga homogen. Waterglass atau Na-silikat digunakan sebagai penambah silika dalam proses geopolimerisasi.

Abu layang setelah diayak dan dioven ditambahkan dengan larutan pengaktif dan dimixer selama 1 menit kemudian ditambahkan larutan $\text{Al}(\text{OH})_3$ hingga homogen. Penambahan $\text{Al}(\text{OH})_3$ dimaksudkan untuk menambah jumlah ion Al^{3+} dalam pembuatan pasta geopolimer. Penambahan air pada proses ini dilakukan untuk meningkatkan *work ability* pada pasta geopolimer. Pasta dicetak kedalam cetakan silinder yang berukuran diameter 2,5 cm tinggi 5 cm yang telah dilumasi vaseline. Pelumasan vaseline berfungsi agar mudah melepaskan pellet geopolimer dan meminimalisir keretakan saat pelepasan pellet dari cetakan. Setelah pasta dicetak, didiamkan sampai mengering selama 24 jam. Pellet yang telah kering dilepas dan dioven 55°C selama 24 jam. Pelepasan geopolimer dari cetakan dilakukan dengan hati-hati karena jika dengan pelepasan secara paksa akan menyebabkan cracking pada pellet geopolimer. Saat dioven pellet dimasukkan ke dalam plastik, penggunaan wadah tertutup juga dapat menghindari CO_2 di udara bebas yang dapat mengganggu reaksi solidifikasi geopolimerisasi. Kemudian

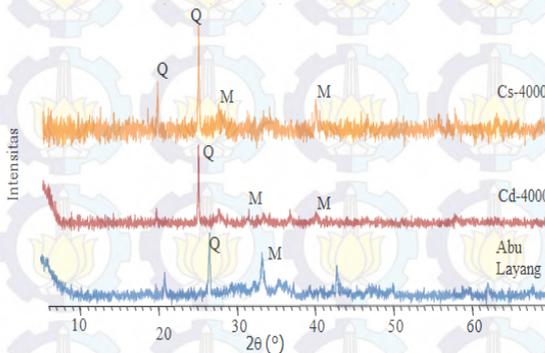
didiamkan kembali selama 7 hari untuk pematangan geopolimerisasi untuk selanjutnya di uji kuat tekan. Penambahan air pada proses ini dilakukan untuk meningkatkan work ability pada pasta geopolimer. Gambar geopolimer abu layang ditunjukkan pada Gambar 4.2.



Gambar 4. 2 Pellet Geopolimer

4.3 Analisa Fasa Mineral Geopolimer

Hasil XRD pada geopolimer abu layang ditunjukkan pada Gambar 4.3.



Gambar 4. 3 XRD pada geopolimer abu layang

Difraktogram menunjukkan beberapa puncak tajam tertinggi yang diidentifikasi sebagai kuarsa. Puncak tajam tertinggi pada $2\theta = 25,56^\circ$ dan mullit berada pada 2θ antara $30 - 42^\circ$. Selain kuarsa dan mullit terdapat gundukan yang merupakan fasa amorf pada $2\theta = 29,98^\circ, 31,5^\circ$. Hump atau gundukan mengindikasikan adanya campuran $\text{SiO}_2, \text{Al}_2\text{O}_3$ dengan komponen lain yang berada pada fasa amorf (Wiyanti, 2009).

4.4 Analisa Sifat Mekanik Geopolimer

Pengujian kuat tekan dilakukan pada pellet geopolimer berbentuk silinder yang telah didiamkan selama 7 hari. Berikut hasil uji kuat tekan geopolimer Cd^{2+} dan Cs^+ ditunjukkan pada Tabel 4.2.

Tabel 4. 2 Pengaruh kadar kation terhadap kuat tekan geopolimer

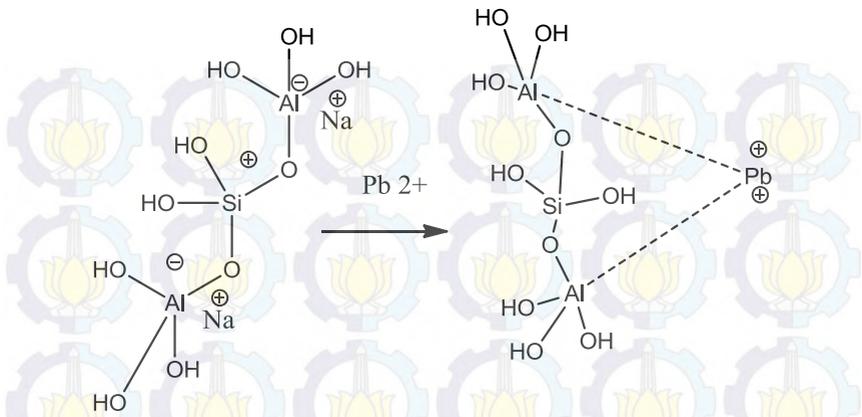
% kadar kation dalam geopolimer	Kuat Tekan (MPa)	
Cd^{2+}	0,069	22,26
	0,139	23,13
	0,278	24,44
	0,553	17,45
	1,094	3,05
Cs^+	0,069	22,70
	0,139	24,01
	0,278	25,31
	0,555	17,90
	1,101	4,80

Kuat tekan pada penambahan logam dipengaruhi oleh beberapa faktor diantaranya volume pori geopolimer, enkapsulasi logam, reaksi kimia kation Cd^{2+} dan Cs^+ dalam geopolimer (Fatmawati, 2014). Enkapsulasi dalam aplikasinya untuk logam berat dan radioaktif telah banyak diteliti. Menurut Deng dkk (2014), enkapsulasi pada limbah radioaktif telah ada beberapa tahun sebelumnya karena harga

yang murah dan material yang tersedia. Selain itu geopolimer yang memiliki sifat kimia dan fisika yang superior digunakan sebagai salah satu alternatif dalam amobilisasi radionuklida.

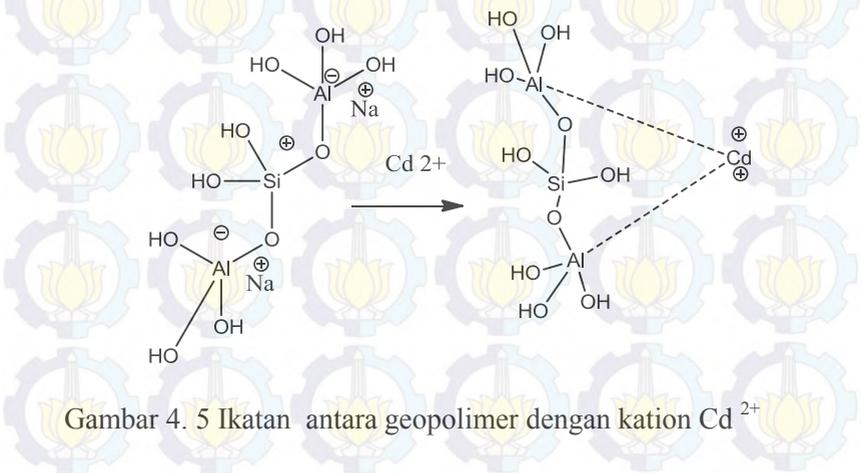
Pada penelitian ini kation Cd^{2+} diperoleh dari $\text{Cd}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ sedangkan kation Cs^+ di peroleh dari $\text{Cs}(\text{NO}_3)$. Data sebelum ditambahkan logam menjadi data standar dalam pengaruh penambahan logam berat. Data kuat tekan standar diperoleh sebesar 21,39 Mpa. Berdasarkan Tabel 4.2 kuat tekan yang diperoleh mengalami kenaikan setelah penambahan logam. Kuat tekan sebesar 22,26 MPa pada geopolime Cd kadar Cd^{2+} 0,069 % dan 22,70 MPa pada geopolimer Cs dengan kadar Cs^+ 0,069 %, Kuat tekan didapat sebesar 23,13 MPa pada geopolimer Cd dengan kadar Cd^{2+} 0,139 % dan 24,01 MPa pada geopolimer Cs dengan kadar Cs^+ 0,139 %. Kuat tekan tertinggi keduanya didapat pada kadar 0,278 % untuk Cd^{2+} dan Cs^+ yaitu sebesar 24,44 MPa dan 25,31 MPa. Sedangkan kuat tekan pada kadar 0,552 % dan 1,088 % untuk geopolimer Cd mengalami penurunan. Sedangkan untuk geopolimer Cs penurunan kuat tekan terjadi pada kadar Cs sebesar 0,555% dan 1,101 %. Penurunan kuat tekan ini dipengaruhi dikarenakan banyaknya abu layang yang tidak bereaksi dengan alkalin (Hadi, 2010).

Geopolimer berbahan dasar abu layang memiliki rantai Si-O-Al dengan SiO_4 dan AlO_4 terikat secara tetrahedral. Atom Al berikatan dengan 4 atom O, membuat ketidakseimbangan muatan negatif dalam geopolimer. Sebagai contoh pada amobilisasi kation Pb^{2+} pada geopolimer. Menurut Anggoro (2010) adanya kation Pb^{2+} dapat menggantikan ion Na^+ sebagai penyeimbang muatan, ilustrasi ikatan yang terjadi pada amobilisasi kation Pb^{2+} geopolimer ditunjukkan pada Gambar 4.4.

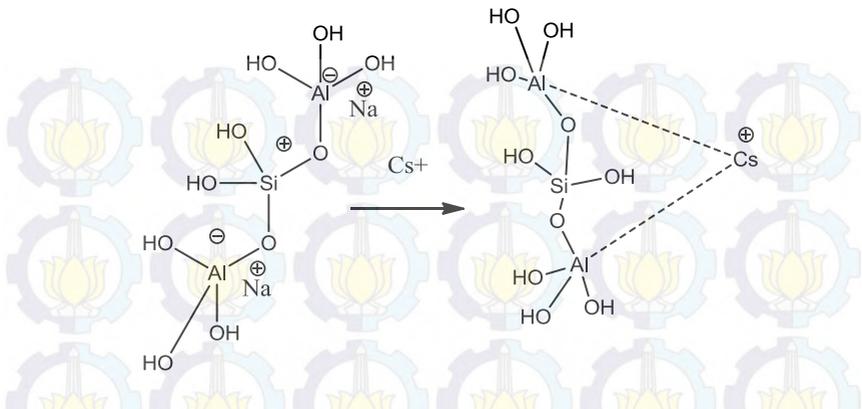


Gambar 4. 4 Ikatan antara geopolimer dengan kation Pb^{2+}
(Anggoro, 2010)

Penambahan kation Cd^{2+} dan Cs^+ diperkirakan memiliki fungsi yang serupa dengan kation Pb^{2+} yaitu dapat menggantikan ion Na^+ . Ilustrasi ikatan yang terjadi ditunjukkan pada Gambar 4.5 dan Gambar 4.6.



Gambar 4. 5 Ikatan antara geopolimer dengan kation Cd^{2+}



Gambar 4. 6 Ikatan antara geopolimer dengan kation Cs^+

4.5 Leaching Geopolimer

Uji leaching ini bertujuan untuk mengetahui kekuatan geopolimer dalam menahan logam berat. Pada uji ini digunakan geopolimer Cd^{2+} dengan kadar Cd^{2+} 0,278 %. Sample direndam kedalam 1000 ml dengan pH 3 larutan asam asetat 0,1 M dan dilakukan stirer selama 1 jam, 2 jam, 4 jam, 8 jam , 16 jam dan 32 jam kemudian diambil 10 ml larutan leaching untuk analisa dengan ICP-OES. Hasil leaching Cd ditunjukkan pada Tabel 4.3.

Tabel 4. 3 Pengaruh waktu perendaman terhadap kadar Cd^{2+} yang tertahan dalam geopolimer Cd-0,278%

Waktu Leaching	Kadar Cd^{2+} tertahan dalam geopolimer
1 jam	100
2 jam	100
4 jam	100
8 jam	93,7
16 jam	92,4
32 jam	90,04

Tabel 4.3 menunjukkan bahwa geopolimer mampu mengamobilisasi logam pada waktu 1 jam sampai 4 jam sedangkan pada pengambilan 8 jam, 16 jam dan 32 jam mengalami penurunan kadar Cd^{2+} yang tertahan. Semakin lama waktu leaching maka kadar Cd^{2+} yang tertahan semakin berkurang.

Pada uji ini juga digunakan geopolimer Cs^+ dengan kadar Cs^+ sebesar 0,278 %. Sample direndam kedalam 1000 ml larutan asam asetat 0,1 M dengan pH 3 dan dilakukan stirer selama 1 jam, 2 jam, 4 jam, 8 jam , 16 jam dan 32 jam kemudian diambil 10 ml larutan leaching untuk analisa dengan ICP-OES. Hasil leaching kation Cs^+ dtunjukkan pada Tabel 4.4

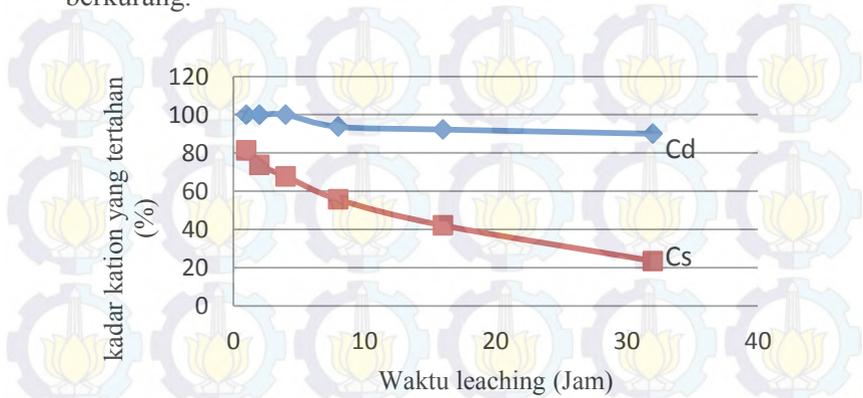
Tabel 4. 4 Pengaruh waktu perendaman terhadap kadar Cs^+ yang tertahan dalam geopolimer Cs-0,278%

Waktu Leaching	Kadar Cs^+ yang tertahan
1 jam	81,25
2 jam	73,72
4 jam	67,77
8 jam	55,70
16 jam	42,12
32 jam	23,54

Bedasarkan Tabel 4.4 kation Cs^+ menunjukkan penurunan kadar Cs^+ yang tertahan pada geopolimer Cs-0,278% . Semakin lama waktu leaching, kadar Cs^+ yang tertahan semakin berkurang. Grafik leaching kation Cs^+ dan Cd^{2+} ditunjukkan pada Gambar 4.7.

Bedasarkan Tabel 4.3 dan Tabel 4.4 menunjukkan bahwa geopolimer diamobilisasi dengan baik untuk kation Cd^{2+} sedangkan geopolimer untuk kation Cs^+ belum mampu diamobilisasi dengan baik, hal ini ditunjukkan kadar Cs yang tertahan lebih sedikit dibandingkan dengan kadar Cd. Namun keduanya memiliki kesamaan pada waktu leaching, semakin

lama waktu leaching kadar kation dalam geopolimer semakin berkurang.



Gambar 4. 7 Grafik kadar Cd dan Cs terhadap waktu leaching

BAB V

KESIMPULAN

1.1 Kesimpulan

Sintesis geopolimer dilakukan dengan mencampurkan abu layang PT. IPMOMI dengan larutan pengaktif. Penambahan logam Cd dan Cs bertujuan untuk mengetahui pengaruh amobilisasi terhadap sifat mekanik dan ketahanan pada lingkungan asam. Kuat tekan tertinggi dihasilkan pada geopolimer dengan kadar Cs^+ sebesar 0,278 % dan geopolimer Cd dengan kadar Cd^{2+} sebesar 0,278 % yaitu 25,31 MPa dan 24,44 Mpa. Hasil leaching menunjukkan bahwa geopolimer mampu mengamobilisasi dengan baik kation Cd^{2+} dibandingkan dengan kation Cs^+ . Hasil XRD geopolimer menunjukkan terdapat fasa kristal pada $2\theta = 25,56^\circ$ dan fasa amorf pada $2\theta = 29,98^\circ, 31,5^\circ$.

1.2 Saran

Diharapkan untuk penelitian selanjutnya perlu dilakukan uji SEM untuk mengetahui mikrostruktur dan uji FTIR untuk mengetahui ikatan struktur yang terjadi.

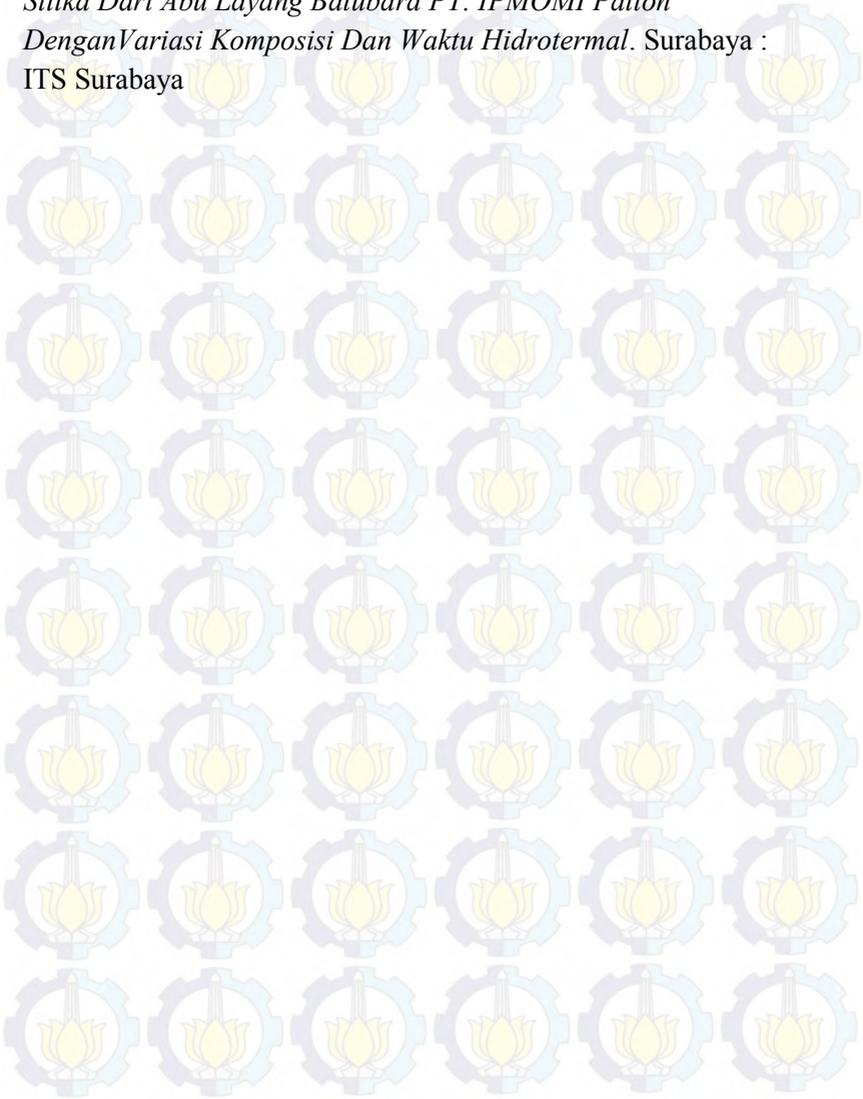
DAFTAR PUSTAKA

- Andiska, Bayu. 2011 . *Kuat Tekan, Absorpsi, Density dan Modulus Elastisitas Mortar Campuran Semen, Abu Sekam Padi dan Precious Slagg Ball dengan Perbandingan 0% PCC-15% ASP-55%*. Depok : Universitas Indonesia
- Anggoro,Wahyu.2010. *Amobilisasi Logam Berat Pb pada Sintesis Geopolimer dari Abu Layang Semen Gresik*. Surabaya : ITS Surabaya
- Bankowski, P., L. Zou, dan Hodges R.. 2004. *Reduction of Metal Leaching in Brown Coal Fly Ash Using Geopolymers*. Journal of Hazardous Materials. 114 hal. 59-67.
- Birru, D.C., Windya, V. 2009 . *Kinerja Kuat Tekan Mortar dan Beton dengan Bahan Tambah Larutan Tebu Pada Umur 28, 56, 84*. Solo : Unika Soegiprajana
- Budi, Esmar. 2011. *Kaidah Difraksi Sinar X Dalam Analisis Struktur Kiristal KBr*. Jakarta : Universitas Negeri Jakarta
- Chen, Q.Y., Tyrer, M., Hills, C.D., Yang, X. M., dan Carey, P., 2009. *Immobilisation of Heavy Metal in Cement-Based Solidification/Stabilization: A Review, Waste Management* Vol 29, hal. 390-403.
- Shi,C., Krivenko P.V., Roy D.M. 2006. *Alkali-Activated Cements and Concretes*. UK : Taylor & Francis, Abingdon, hal. 376
- Davidovits, J. 1994. *Global Warming Impact on the Cement and Aggregates Industries, World Resource Review*, 6(2), hal. 263-278.
- Deng, Ning., An, Hao., Cui, Hao. 2014. *Effect of Gamma-ray Irradiation on Leaching of Simulated $^{137}\text{Cs}^+$ radionuclides from Geopolymers Wasteform..* China : Nanjing University
- Djiwantoro, Hardjito. 2002. *Geopolimer Beton Tanpa Semen yang Ramah Lingkungan*. Kupang : Unika Widya Mandira

- Duxson, P., Mallicoat, S.W., Lukey, G.C., Kriven, W.M Deventer, J.S.J. van. 2007. *The Effect of Alkali and Si/Al Ratio on the Development of Mechanical Properties of Metakaolin-based Geopolymers*, Colloids Surf. A—Physicochem. Eng. Asp. 292 (1) hal. 8–20.
- Erwin. 2012. *Analisis Pengaruh Konsentrasi larutan $FeCl_3$ dan Waktu Leaching Terhadap Reduksi Logam Tembaga dari Bijih Chalcopyrite dengan Metode Hydrometalurgi*. Depok : Universitas Indonesia
- Fatmawati, Anif. 2014. *Amobilisasi Kation Logam Berat Cr^{3+} pada Geopolimer Berbahan Dasar Abu Layang PT IPOMOMI*. Surabaya: ITS Surabaya
- Glasser, F.P. 1997. *Fundamental aspects of cement solidification and stabilisation*, J. Hazard. Mater. 52 (2–3) hal. 151–170
- Hadi, Lukman. 2010. *Amobilisasi Logam Berat Cd pada Sintesis Geopolimer dengan Variasi mol SiO_2/Al_2O_3 dari Abu Layang Paiton*. Surabaya : ITS Surabaya
- Hardjito H dan Rangan RV. 2005 . *Development and Properties of Low-Calcium Fly Ash based Geopolymer Concrete*. Faculty of Engineering. Perth : Curtin University of Technology
- Husin, Andriarti A. 1998. *Semen Abu Terbang untuk Genteng Beton*, Jurnal Litbang Vol. 14 No. 1 1998. Bandung
- Hou, Xiandeng., Jones, Bradley T. 2000. *Inductively Coupled Plasma / Optical Emission Spectroscopy*. USA : Wake Forest University
- Jaarsveld, van., J.G.S., Deventer, J.S.J. van. 1999. *The Effect of Metal Contaminants on The Formation and Properties of Waste-based Geopolymers*, Cement Concrete Res. 29 (8) hal. 1189–1200.
- Kontopoulos ,A. Komnitsas, K. dan Xenidis, A. (1996). *Environmental characterization of the lead smelter slags in Lavrion*, in: *Proceedings of the IMM Minerals Metals and the Environment II Conference, Prague PSB*.

- Lloyd, N.A dan Rangan, B. V. 2010, *Geopolymer Concrete with Fly Ash*. Western Australia : Curtin University of Technology.
- Malviya, R. R. Chaudhary, 2006. *Factors Affecting Hazardous Waste Solidification / Stabilization: a Review*, *J. Hazard. Mater. B137* hal 267–276.
- Manuaha, Riger. 2014. *Kuat Tekan Beton Geopolimer Berbahan Dasar Abu Terbang*. Manado : Universitas Sam Ratulangi
- Notohadiprawiro, Tejoyuwono. 2006. *Logam Berat dalam Pertanian*. Yogyakarta : Universitas Gajah Mada
- Panias, D. IP Giannopoulou. and Th Perraki. 2006. *Effect of Synthesis Parameters on Mechanical Properties of Fly Ash-Based Geopolymers* . *Colloids and Surfaces A: Physicochem. Eng. Aspects*. Accepted Manuscript
- Pudjianto, As'at dkk. 2013. *Kuat Tekan Beton Geopolimer Dengan Bahan Utama Bubuk Lumpur Lapindo dan Kapur*. Yogyakarta : Universitas Muhammadiyah Yogyakarta
- Samandhi, Tjokorde., Walmiki dan Pajar, Pambudi Pratama. 2011. *Pembuatan Geopolimer dari Metakaolin dan Abu layang*. Bandung : ITB
- Scott, Robert A. 2007. *Application of Physical Methods to Inorganic and Bioinorganic Chemistry*. Willey : USA
- Silvira, Hewynda .2003. *Penentuan Waktu Perendaman Minimum dalam Lingkungan Sulfat Terhadap Kekuatan Beton Semen Kelas G Abu Layang*. Semaarang : Univertsia Diponegoro
- Smallman, R.E. 2000. *Metalurgi Fisik Modern dan Rekayasa Material*. Jakarta: Erlangga
- Velijati. 2010. *Pengaruh Air Binder Terhadap Kuat Tekan dan Workability Fly Ash Based Geopolymer Mortar*. Solo : Universitas Negeri Sebelas Maret
- Wesche, K. 1991. *Fly Ash in Concrete Properties and Performance*. United Kingdom : Rilem

Wiyanti, Delia N.2009. *Sintesis MCM-41 Menggunakan Sumber Silika Dari Abu Layang Batubara PT. IPMOMI Paiton Dengan Variasi Komposisi Dan Waktu Hidrotermal*. Surabaya : ITS Surabaya



LAMPIRAN

1. Skema Kerja



*: Cs(NO₃)

2. Analisa dan Perhitungan Kuat Tekan pada Geopolimer Cd^{2+} dan Cs^+

Tabel 2.1 Kuat Tekan pada Geopolimer Cs^+

Logam	P(ton)	Kadar Cs^+ (%)	P(Mpa)	Rata-rata
Cs	1,4	0,069	24,44	22,69
Cs	0,8	0,069	13,96	
Cs	1,7	0,069	29,67	
Cs	1,3	0,069	22,69	
Cs	1,3	0,139	22,69	24,01
Cs	1,5	0,139	26,18	
Cs	1,4	0,139	24,44	
Cs	1,3	0,139	22,69	
Cs	1,8	0,278	31,42	25,31
Cs	1,3	0,278	22,69	
Cs	1,4	0,278	24,44	
Cs	1,3	0,278	22,69	
Cs	1,5	0,555	26,18	17,89
Cs	0,5	0,555	8,72	
Cs	1,1	0,555	19,20	
Cs	1,0	0,555	17,45	
Cs	0,3	1,101	5,23	4,80
Cs	0,2	1,101	3,49	
Cs	0,3	1,101	5,23	
Cs	0,3	1,101	5,23	

Tabel 2.2 Kuat Tekan Pada Geopolimer Cd²⁺

Logam	P (ton)	Kadar Cd ²⁺ (%)	P (Mpa)	Rata-rata
Cd	1,4	0,069	24,44	22,25
Cd	1,5	0,069	26,18	
Cd	1,4	0,069	24,44	
Cd	0,8	0,069	13,97	
Cd	1,5	0,139	26,19	23,13
Cd	1,3	0,139	22,69	
Cd	1,2	0,139	20,95	
Cd	1,3	0,139	22,69	
Cd	1,7	0,278	29,67	24,44
Cd	1,1	0,278	19,20	
Cd	1,3	0,278	22,69	
Cd	1,5	0,278	26,18	
Cd	1,5	0,553	20,95	17,45
Cd	1,0	0,553	17,45	
Cd	1,0	0,553	17,45	
Cd	0,8	0,553	13,96	
Cd	0,1	1,094	1,74	3,05
Cd	0,3	1,094	5,23	
Cd	0,1	1,094	1,74	
Cd	0,2	1,094	3,49	

Data yang diperoleh adalah massa beban yang dapat ditanggung oleh geopolimer dalam satuan ton. Satuan MPa didapat dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$P = F/A = m \times g / \pi r^2$$

Dimana $g = 3,14$

r = jari-jari

Sehingga kuat tekan yang diperoleh pada geopolimer dengan kadar Cd²⁺ 0,069 % adalah sebagai berikut :

Diketahui : massa beban pada geopolimer Cd-0,069 adalah 1,4 ton, jari-jari 1,35 cm

$$P \text{ (Pa)} = \frac{1400 \text{ kg} \times 10 \text{ m/s}^2}{3,14 \times 1,35^2 \times 10^{-4} \text{ m}^2}$$

$$= 24441951 \text{ Pa} = 24,44 \text{ Mpa}$$

Sedangkan untuk kuat tekan pada geopolimer dengan kadar Cs^+ 0,139 % adalah sebagai berikut :

Diketahui : massa beban pada Cs-0,139 adalah 1,5 ton
jari-jari 1,35 cm

$$P \text{ (Pa)} = \frac{1500 \text{ kg} \times 10 \text{ m/s}^2}{3,14 \times 1,35^2 \times 10^{-4} \text{ m}^2}$$

$$= 26187805 \text{ Pa} = 26,19 \text{ Mpa}$$

2.2 Kadar Cd^{2+} pada Geopolimer

$$\text{Berat Cd(NO}_3)_2 = \frac{\text{Mr Cd(NO}_3)_2}{\text{Ar Cd}} \times \text{Berat Cd dalam Fly Ash}$$

$$\text{Berat Cd(NO}_3)_2 = \frac{236,4 \text{ g/mol}}{112,4 \text{ g/mol}} \times 0,26 \text{ gram}$$

$$\text{Berat Cd(NO}_3)_2 = 0,546 \text{ gram}$$

Berat Total = Fly Ash + Waterglass + NaOH + Al(OH)_3 + $\text{Cd(NO}_3)_2$

$$\text{Berat Total} = 260 \text{ gram} + 80 \text{ gram} + 28 \text{ gram} + 3,4 \text{ gram} + 0,546 \text{ gram}$$

$$\text{Berat Total} = 371,946 \text{ gram}$$

Sehingga % kadar Cd^{2+} dalam Geopolimer adalah

$$\text{Kadar Cd}^{2+} = \frac{\text{Berat Cd}}{\text{Berat Total Geopolimer}} \times 100\%$$

$$\text{Kadar Cd}^{2+} = \frac{0,26 \text{ gram}}{371,946 \text{ gram}} \times 100\%$$

$$\text{Kadar Cd}^{2+} \text{ dalam Geopolimer} = 0,069 \%$$

Tabel 2.3 Kadar Cd²⁺ dalam Geopolimer

Berat Cd ²⁺ dalam Fly Ash (gram)	Berat Cd(NO ₃) ₂ dalam Geopolimer (gram)	% kadar Cd ²⁺ dalam geopolimer
0,26	0,546	0,069
0,52	1,093	0,139
1,04	2,817	0,278
2,08	4,375	0,553
4,16	8,749	1,094

2.3 Kadar Cs⁺ pada Geopolimer

$$\text{Berat Cs(NO}_3)_2 = \frac{\text{Mr Cs(NO}_3)_2}{\text{Ar Cs}} \times \text{Berat Cs dalam Fly Ash}$$

$$\text{Berat Cs(NO}_3)_2 = \frac{195 \text{ g/mol}}{133 \text{ g/mol}} \times 0,26 \text{ gram}$$

$$\text{Berat Cd(NO}_3)_2 = 0,381 \text{ gram}$$

$$\text{Berat Total} = \text{Fly Ash} + \text{Waterglass} + \text{NaOH} + \text{Al(OH)}_3 + \text{Cs(NO}_3)_2$$

$$\text{Berat Total} = 260 \text{ gram} + 80 \text{ gram} + 28 \text{ gram} + 3,4 \text{ gram} + 0,381 \text{ gram}$$

$$\text{Berat Total} = 371,7812 \text{ gram}$$

Sehingga % kadar Cs⁺ dalam Geopolimer adalah

$$\text{Kadar Cs}^+ = \frac{\text{Berat Cs dalam Fly Ash}}{\text{Berat Total Geopolimer}} \times 100\%$$

$$\text{Kadar Cs}^+ = \frac{0,26 \text{ gram}}{371,7812 \text{ gram}} \times 100\%$$

$$\text{Kadar Cs}^+ \text{ dalam Geopolimer} = 0,069 \%$$

Tabel 2.4 Kadar Cs⁺ yang diperlukan

Berat Cs ⁺ yang diperlukan (gram)	Berat Cs(NO ₃) dalam geopolimer (gram)	% kadar Cs ⁺ dalam Geopolimer
0,26	0,381	0,069
0,52	0,762	0,139
1,04	1,524	0,278
2,08	3,050	0,555
4,16	6,099	1,101

1.4 Kadar Cd²⁺ yang tertahan dalam geopolimer Cd-0,278% setelah leaching

Waktu (Jam)	Kation leaching (ppm)	Kadar kation terleaching (%)	Kadar kation tertahan (%)
1	0	0	100
2	0	0	100
4	0	0	100
8	0,676	6,035	93,695
16	0,840	7,754	92,246
32	1,090	9,957	90,043

Diambil 10 mL larutan dari setiap jam pengambilan

Misal : Pada jam ke-1 kation yang terleaching sebanyak 0

ppm

$$\text{ppm} = \text{mg/L}$$

$$0 \text{ ppm} = \text{mg} / 0,001 \text{ L}$$

$$\text{mg} = 0 \text{ ppm} \times 0,001 \text{ L}$$

$$\text{mg} = 0$$

Pengambilan pertama diambil dari 1 L atau 1000 ml larutan

sehingga mg yang diperoleh adalah

(V dalam beker / V pengambilan) x mg dalam 10 ml

$$(1000 \text{ ml} / 10 \text{ ml}) \times 0 \text{ mg}$$

$$100 \times 0 \text{ mg} = 0 \text{ mg} = 0 \text{ gram}$$

Cd 0,278 % (1,04 gram dalam geopolimer)

$$(\text{mg dalam leachant} / \text{gram dalam geopolimer}) \times 100\%$$

$$(0 \text{ mg} / 1,04 \text{ gram}) \times 100\% = 0\%$$

Sehingga kadar Cd^{2+} yang tertahan adalah

$$100\% - 0\% = 100\%$$

**1.5 Kadar Cs^+ yang tertahan dalam geopolimer Cs -
0,278% setelah leaching**

Waktu (Jam)	Kation leaching (ppm)	Kadar kation terleaching (%)	Kadar kation tertahan (%)
1	1,95	18,750	81,250
2	2,76	26,273	73,727
4	3,42	32,227	67,773
8	4,75	44,303	55,697
16	6,27	57,877	42,123
32	8,37	76,457	23,543

Diambil 10 mL larutan dari setiap jam pengambilan

Misal : Pada jam ke-1 kation yang terleaching sebanyak 1,95 ppm

$$\text{ppm} = \text{mg/L}$$

$$1,95 \text{ ppm} = \text{mg} / 0,001 \text{ L}$$

$$\text{mg} = 1,95 \text{ ppm} \times 0,001 \text{ L}$$

$$\text{mg} = 0,00195$$

Pengambilan pertama diambil dari 1 L atau 1000 ml larutan sehingga mg yang diperoleh adalah

$$(\text{V dalam beker} / \text{V pengambilan}) \times \text{mg dalam 10 ml}$$

$$(1000 \text{ ml} / 10 \text{ ml}) \times 0,00195 \text{ mg}$$

$$100 \times 0,00195 \text{ mg} = 0,195 \text{ mg} = 0,000195 \text{ gram}$$

Cs 0,278 % (1,04 gram dalam geopolimer)

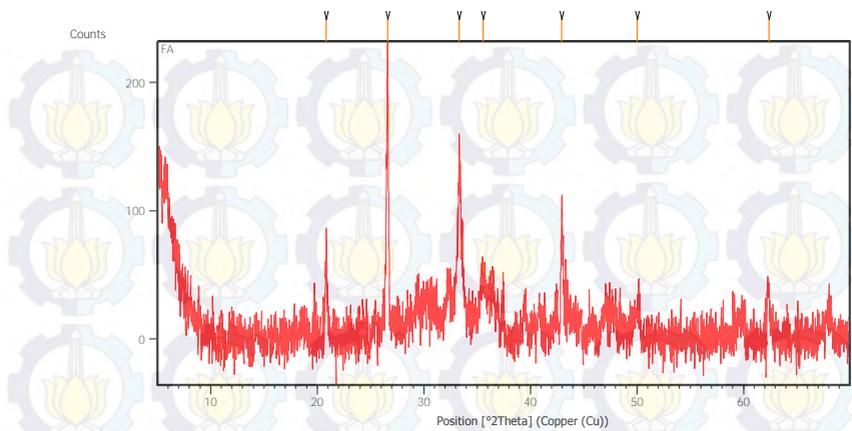
$$(\text{mg dalam leachant} / \text{gram dalam geopolimer}) \times 100\%$$

$$(0,195 \text{ mg} / 1,04 \text{ gram}) \times 100\% = 18,75 \%$$

Sehingga kadar Cs^+ yang tertahan adalah

$$100\% - 18,75 \% = 81,25\%$$

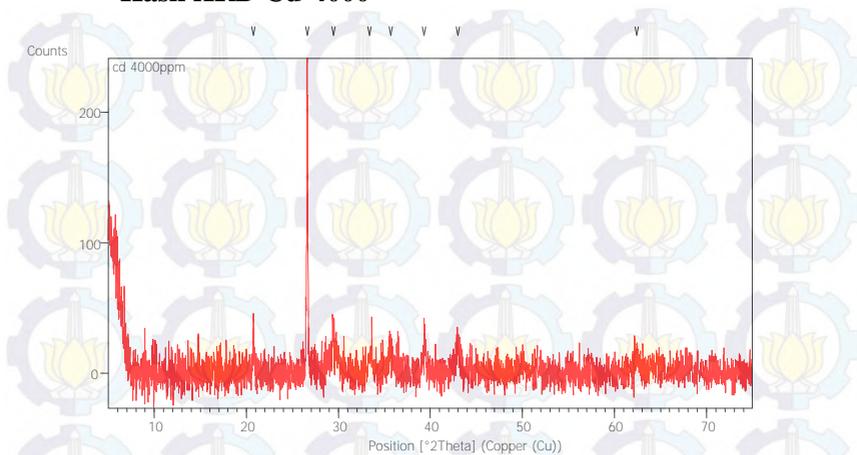
Hasil XRD Fly Ash



Peak List:

Pos. [°2Th.]	Height [cts]	FWHM Left [°2Th.]	d-spacing [Å]	Rel. Int. [%]
20,8538	64,26	0,2007	4,25976	29,96
26,6079	214,49	0,1840	3,35020	100,00
33,3358	129,23	0,2007	2,68784	60,25
35,5684	31,40	0,4015	2,52408	14,64
42,9558	104,04	0,1673	2,10557	48,51
50,0411	19,82	0,4015	1,82279	9,24
62,4097	33,17	0,4015	1,48801	15,46

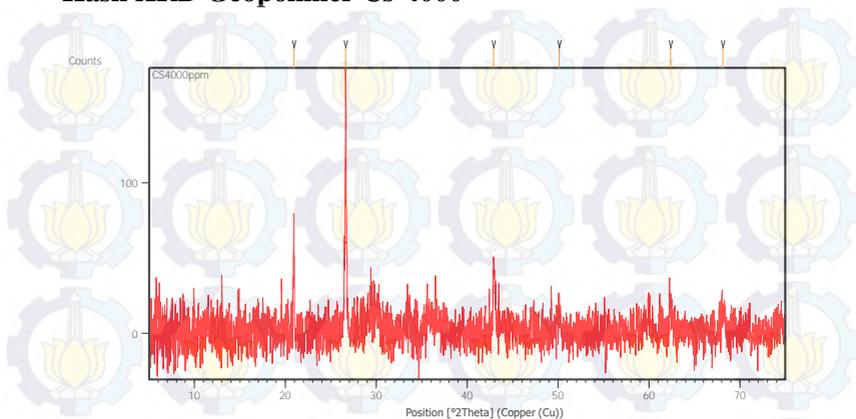
Hasil XRD Cd-4000



Peak List :

Pos. [°2Th.]	Height [cts]	FWHM Left [°2Th.]	d-spacing [Å]	Rel. Int. [%]
20,7796	25,36	0,2676	4,27481	10,60
26,6005	239,24	0,0836	3,35112	100,00
29,4827	25,79	0,5353	3,02975	10,78
33,3449	10,66	0,8029	2,68713	4,46
35,6829	17,62	0,4015	2,51624	7,36
39,3646	20,01	0,4015	2,28897	8,36
43,0246	16,44	0,4015	2,10236	6,87
62,4486	14,10	0,4015	1,48718	5,89

Hasil XRD Geopolimer Cs-4000



Peak List :

Pos. [°2Th.]	Height [cts]	FWHM Left [°2Th.]	d-spacing [Å]	Rel. Int. [%]
20,9257	79,91	0,0669	4,24530	45,69
26,6369	174,88	0,0669	3,34661	100,00
42,9163	44,59	0,1338	2,10741	25,50
50,0951	14,86	0,4015	1,82095	8,50
62,3567	22,54	0,2676	1,48915	12,89
68,1277	13,14	0,6691	1,37639	7,51

BIODATA DIRI



Penulis bernama VIVI Yulianingsih. Penulis dilahirkan di Bogor, 6 Juli 1993. Penulis menempuh SD di SDI Karya Mukti (1999-2005), SMP Puspanegara (2005-2008), SMAN 6 Bogor (2008-2011) dan ITS Surabaya (2011- sekarang). Penulis mengikuti SNMPTN Jalur Undangan dan diterima di Jurusan Kimia FMIPA ITS Penulis pernah menjadi Staff Kesma Himpunan Mahasiswa Kimia periode 2013/2014. Penulis mengambil minat bidang Kimia Material dan Energi di bawah bimbingan Ir. Endang Purwanti S., dan Hamzah Fansuri M.Si., Ph.D.

