

TA/TL/2006/0054

PERPUSTAKAAN FTSP UIN	
HADIAH/BEKI	
TGL. TERIMA :	2 Juli 2006
NO. JUDUL :	00 2014
NO. INV. :	512 00002014 001
NO. INDIK. :	

TUGAS AKHIR

**PEMANFAATAN *SPENT* KATALIS SEBAGAI
BAHAN CAMPURAN BETON**

**Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia Untuk Memenuhi Persyaratan
Guna Memperoleh Derajat Sarjana Strata – 1 Teknik Lingkungan**



Disusun oleh :

Nama : Evariyani Sulastri

NIM : 01513092

DIBACA DI TEMPAT
TIDAK DIBAWA PULANG

**JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA
2006**

TA/TL/2006/0054

TUGAS AKHIR

**PEMANFAATAN *SPENT* KATALIS SEBAGAI
BAHAN CAMPURAN BETON**

Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia Untuk Memenuhi Persyaratan
Guna Memperoleh Derajat Sarjana Strata – I Teknik Lingkungan



Disusun oleh :

Nama : Evariyani Sulastri

NIM : 01513092

**JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA
2006**

LEMBAR PENGESAHAN

**PEMANFAATAN SPENT KATALIS SEBAGAI
BAHAN CAMPURAN BETON**



Nama : Evariyani Sulastri

NIM : 01513092

Program Studi : Teknik Lingkungan

Telah diperiksa & disetujui oleh:

Ir. H. KASAM, MT
Pembimbing I

HUDORI, ST
Pembimbing II

Tanggal:

18/2 '06

Tanggal:

18/2 '06

Pemanfaatan *Spent* Katalis sebagai Bahan Campuran Beton

E. Sulastri, Kasam, dan Hudori
Jurusan Teknik Lingkungan UII Jogjakarta

ABSTRAK

Spent katalis merupakan hasil samping dari proses penyulingan minyak bumi. Berdasarkan pada UU No.85 tahun 1999 mengenai Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun., Spent katalis termasuk kedalam limbah B3. Selama ini limbah Spent katalis yang dihasilkan oleh Exor 1 UP VI Balongan Indramayu, hanya dikelola dengan dikirim ke PPLI. Didalam tugas akhir ini limbah Spent katalis di -immobilisasi dengan metode solidifikasi sebagai bahan tambahan penyusun beton. Metode yang digunakan adalah dengan memvariasikan komposisi pasir dan Spent katalis dengan perbandingan 0; 0,2; 0,4; 0,6; 0,8 dan 1. Serta memvariasikan semen dan spent katalis dengan perbandingan 0; 0,1; 0,2; 0,3; dan 0,4. Beton dengan dua variasi komposisi tersebut diuji dengan uji kuat desak dan uji perindian dengan metode TCLP. Dari percobaan didapatkan hasil, tidak ada perbedaan yang signifikan pada kuat desak beton pada variasi I , sedangkan pada variasi II diperoleh penurunan nilai kuat desak pada variasi semen dan Spent katali mulai pada penambahan 0,3 spent katalis. Hasil uji TCLP untuk variasi I dan II menunjukkan dengan solidifikasi dapat menurunkan potensi lepasan sampai jauh dibawah baku mutu TCLP UU No.85 tahun 1999.

Kata kunci : spent katalis, solidifikasi, beton

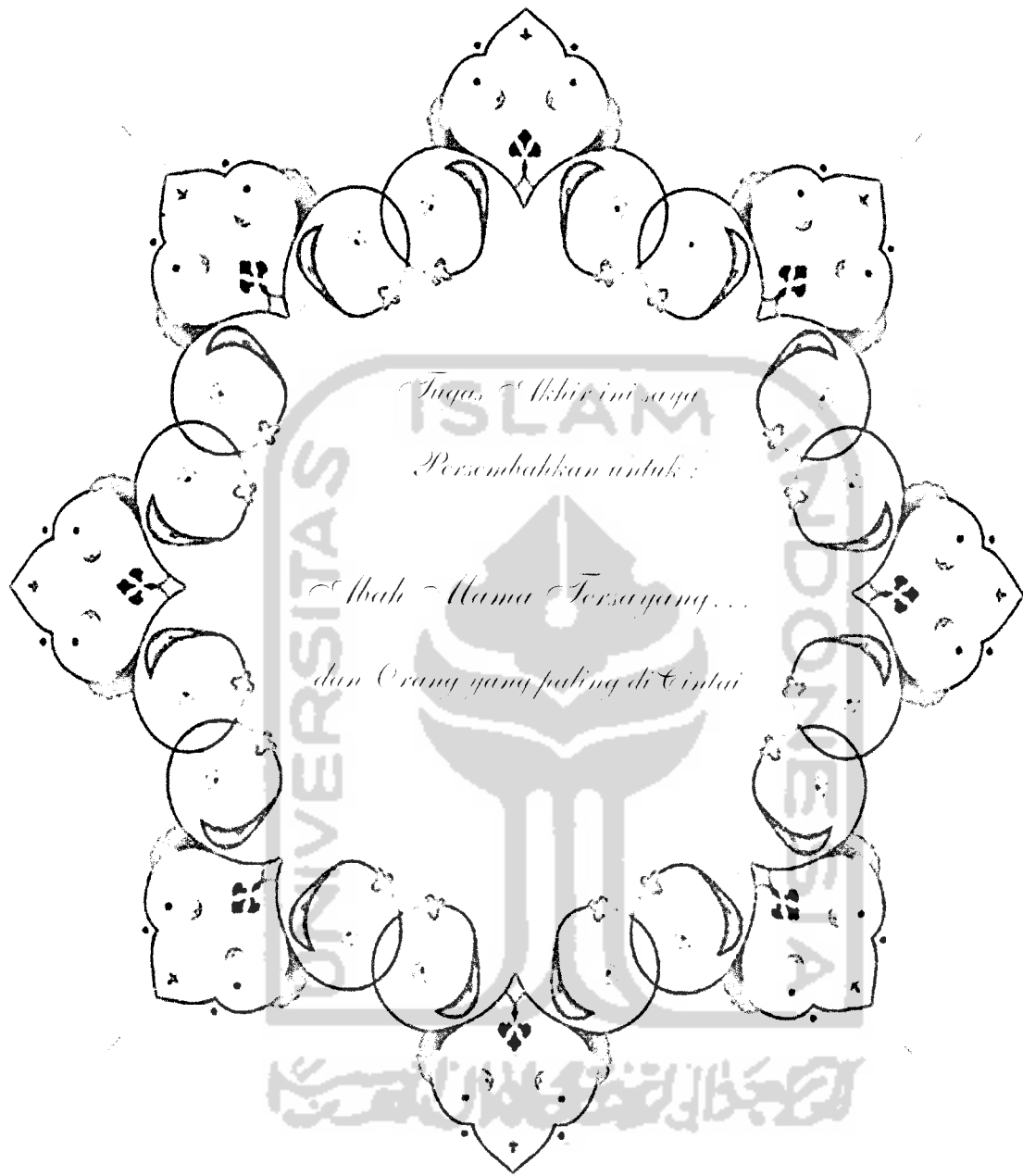
Pemanfaatan Spent Katalis sebagai Bahan Campuran Beton

The use of Spent Catalyst as Concrete Mixing Material

E. Sulastri, Kasam, dan Hudori
Jurusan Teknik Lingkungan UII Jogjakarta

Abstract : *Spent Catalyst is a waste from refinery proteleum process. From the Government Rule No.85 year 1999 about Management of Hazardous waste, spent catalyst is include as Hazardouse waste. In General spent catalyst which produced by Exor I UP VI Balongan Indramayu, managing by carry it to the PPLI. In this final report, spent catalyst was demobilizated by solidification method as the concrete mixing material. The experiment conducted first by variated spent catalyst with grit with composition are (basic weight) 0; 0,2; 0,4; 0,6; 0,8; and 1 seconds, variation proportion of catalyst with cement (basic weight) are 0; 0,1; 0,2; 0,3 and 0,4. The result from concrete material mixing will testing, by Compressive Strength test and for the leachete tested by Toxicity Leaching Procedure (TCLP). From the use of spent catalyst, the results show that nothing different of the compressive strength test results for variation I (variation proportion catalyst with grit) and the other side for variation II the results show decline value for the compressive strength test results (variation catalyst with cement). And the leaching test results, show by solidification method can be decrease a leached potention until under standard of Government rule for TCLP No.85 year 1999.*

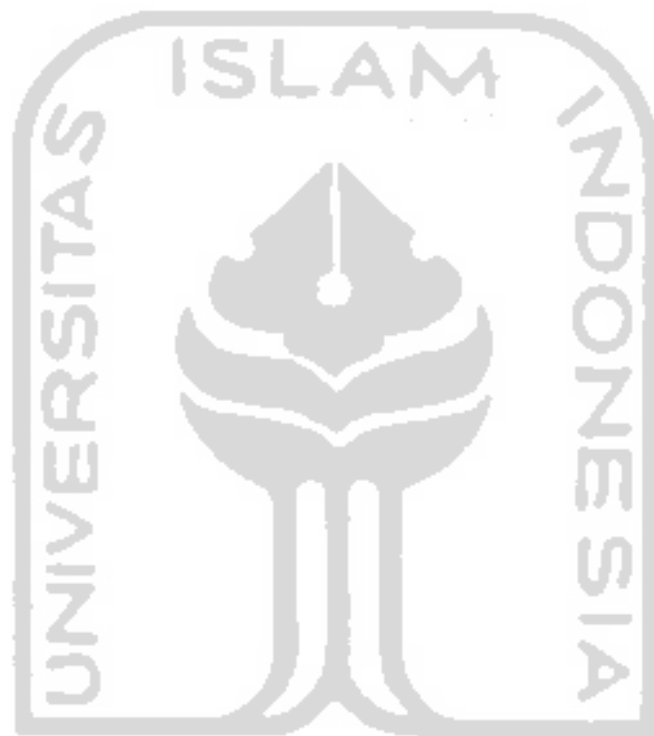
Keywords : *Spent Catalyst, Solidification, concrete*



*Tugas Akhir ini saya
Persembahkan untuk :*

*Ayah - Mama Tersayang...
dan Orang yang paling di Cintai*

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



جامعة الإسلام في إندونيسيا

{D. II - Hasyr : 18}

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur dipanjatkan kehadirat Allah SWT, atas Rahmat dan Karunia - Nya laporan Tugas Akhir ini dapat terselesaikan, sebagai salah satu syarat kelulusan dari jurusan Teknik Lingkungan.

Laporan Tugas Akhir ini mengambil tema mengenai Solidifikasi, dimana limbah Spent katalis yang dihasilkan oleh Exor I UP VI Balongan Indramayu dimanfaatkan sebagai alternatif bahan campuran untuk Concrete / Beton sebagai substitusi dari semen dan pasir, dan judul Tugas Akhir ini adalah :

PEMANFAATAN *SPENT CATALYST* RCC/FCC SEBAGAI BAHAN PEMBUATAN BETON

Dalam Laporan Tugas Akhir ini, penyusun menyadari pasti banyak terdapat kekurangan, akhirnya penyusun berharap semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat.

Jogjakarta, Januari 2006

Evaryani Sulastri

UCAPAN TERIMA KASIH

Tugas Akhir ini tidak dapat terselesaikan dengan baik tanpa adanya bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu penyusun ingin mengucapkan rasa Terima kasih yang sebesar - besarnya atas segala bantuan baik secara langsung maupun tidak langsung yang telah diberikan, terutama kepada :

1. Bapak. Ir Kasam, MT selaku Dosen Pembimbing I dalam Tugas Akhir
2. Bapak Hudori, ST selaku dosen Pembimbing II Tugas Akhir
3. Bapak Eko Siswoyo, ST selaku Koordinator Tugas Akhir
4. Bapak Agus Adi Prananto, atas segala bantuan administrasinya
5. Abah dan mama yang telah memberikan dukungan dan Do'a yang tiada putus - putusnya,
6. Abi *Aina* yang sudah banyak memberikan dukungan, kritik dan Do'a yang tulus sehingga laporan TA ini dapat terselesaikan juga,
7. Adik - adik dan seluruh keluarga atas segala Do'anya
8. Arum, Aan, mba Dian, Mas Iman, ka' Emzita dan Retno atas bantuannya ketika penelitian di laborataorium
9. Dian Anjarwani yang telah memberikan dukungan dan teman seperjuangan selama menjalani perkuliahan di TL [Thank's Di]
10. Rekan - rekan TL angkatan 2001
11. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan, tetapi begitu memberikan kontribusi yang berarti atas terselesaikannya Tugas Akhir ini.

DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
KATA PENGANTAR	ii
UCAPAN TERIMA KASIH	iii
DAFTAR ISI	iv
DAFTAR TABEL	v
DAFTAR GAMBAR	vi
DAFTAR LAMPIRAN	vii
BAB I PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Batasan Masalah	2
1.4. Tujuan	3
1.5. Manfaat	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1. Pengertian Limbah	4
2.2. Limbah Industri Minyak dan Gas (Migas)	4
2.2.2.Pemanfaatan <i>Spent Catalyst</i> dengan <i>Solidifikasi</i>	7
2.2.2. Peraturan mengenai B3	7
2.2.2.1. Umum	7
2.3. Spent Catalyst FCC / RCC	11

2.3.1. Karakteristik <i>Spent Catalyst</i>	13
2.3.2. Logam Berat <i>Spent</i> katalis	14
2.3.3. Potensi Bahaya	16
2.5. Pemakaian Beton Sebagai Matrik Solidifikasi	19
2.5.1. Studi yang telah dilakukan	19
2.5.2. Studi lain	
Pemanfaatan Admixture Conplast untuk bahan konstruksi	21
2.6. Solidifikasi - Stabilisasi	22
2.6.1. Solidifikasi	22
2.6.1.1. Prinsip Pengolahan Solidifikasi	22
2.6.2. Tata Cara Kerja Stabilisasi /Solidifikasi :	26
2.6.3. Stabilisasi	27
2.7. Beton	28
2.8. Semen (<i>Portland Cement</i>)	28
2.9. Agregat	33
2.10. Air	34
2.11. Lindi (<i>Leachate</i>)	35
2.12. Spektrofotometri Serapan Atom (SSA)	36
2.12.1. Prinsip - prinsip <i>Spektrofotometri Serapan Atom</i> (SSA)	36
2.12.2. Nyala Sebagai Sumber Uap Atom	38
2.12.3. Jenis Nyala	38
2.12.4. Proses Atomisasi	39
2.12.5. Flame Spektrofotometri Serapan Atom (F _ AAS)	41

2.12.6. Cara Analisis	41
2.13. Hipotesa	46
BAB III METODOLOGI	
3.1. Lokasi Penelitian	49
3.2. Jenis Penelitian	49
3.3. Waktu penelitian	49
3.4. Alat dan Bahan Penelitian	49
3.5. Tahapan Penelitian	50
3.5.1. Analisa Karakteristik Bahan	51
3.5.1.1. Variabel yang diteliti	51
3.5.2. Penentuan Komposisi Sampel	51
3.6. Pelaksanaan Penelitian	53
3.6.1. Berat Jenis Agregat Halus	53
3.6.2. Cara Mencari Modulus HalusButir / Agregat Halus	53
3.6.3. Pemeriksaan Berat Isi Padat (Volume Agragat)	54
3.6.4. Pembuatan dan Perawatan Benda Uji	55
3.6.5. Perawatan Silinder Beton (Benda Uji)	56
3.6.6. Pelaksanaan Pengujian Silinder Beton	56
3.6.6.1. Metode Uji Kuat Tekan	56
3.6.6.2. Pengujian Kuat Desak / Tekan	57
3.7. Analisis Toksisitas	57
3.7.1. Prosedur Pengujian	
Perlindian dangan Metode TCLP untuk limbah Non Volatil	57

3.7.2. Uji TCLP	58
-----------------	----

BAB IV ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

4.1 Data Hasil Percobaan	65
4.1.1 Hasil Uji Fisik (Kuat Desak)	65
4.1.1.1 Hasil Uji Fisik (Kuat Desak) Untuk Variasi I	65
4.1.1.2 Hasil Uji Fisik (Kuat Desak) Untuk Variasi II	66
4.1.2 Hasil Uji Kimia (TCLP)	66
4.2 Analisa Data Hasil Percobaan	67
4.2.1 Hasil Uji Kuat Desak	67
4.2.1.2 Hasil Uji Kuat Desak Variasi I	67
4.2.1.2 Hasil Uji Kuat Desak Variasi II	68
4.2.2 Uji TCLP	70
4.2.1 Variasi I	71
4.2.2 Variasi II	72
4.3 Pembahasan	74
4.3.1 Kondisi Kuat Desak	74
4.3.2 Hasil Uji TCLP	75

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan	78
5.2. Saran	78

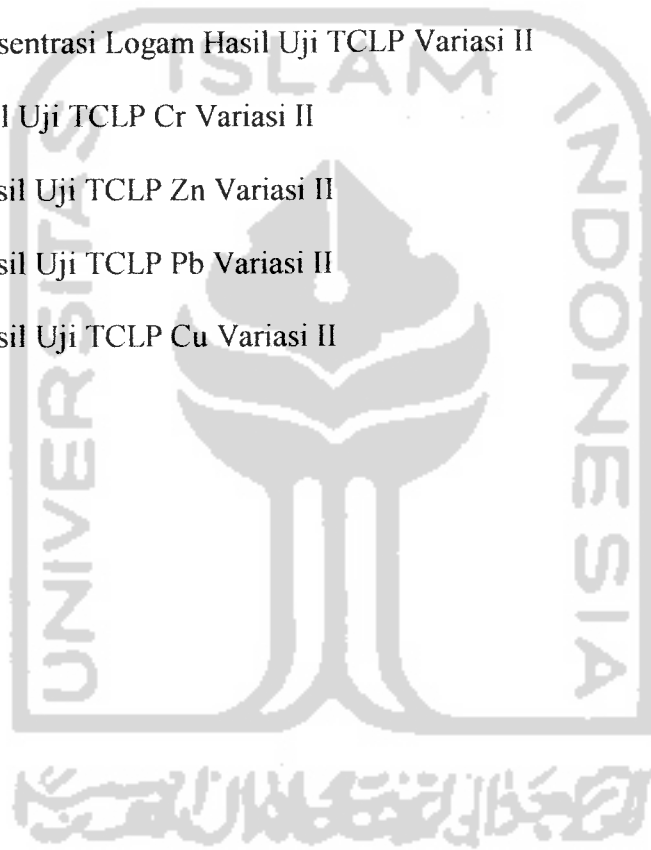
DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Hasil Pengukuran Komposisi Kimia <i>Spent</i> dan <i>Fresh Catalyst</i>	16
Tabel 3.2 Unsur – unsur penyusun semen	31
Tabel 3.1. Komposisi I Bahan pembuat Concrete / Beton, Variasi Semen dan Katalis	52
Tabel 3.2. Komposisi II Bahan pembuat Concrete / Beton, Variasi Katalis dan pasir	52
Tabel 4.1 Hasil Uji Kuat Desak Variasi I	65
Tabel 4.2 Hasil Uji Kuat Desak untuk Variasi II	66
Tabel 4.3 Hasil Uji TCLP Variasi I	67
Tabel 4.4. Hasil Uji TCLP Variasi II	67

DAFTAR GAMBAR

Gambar .2.1.Limbah Katalis RCC exor I UP. VI PERTAMINA Balongan Indramayu,	12
Gambar 2.3. Kurva Kalibrasi (kiri) dan Curva adisi standar (kanan) dalam analisis secara spektrometri	43
Gambar 2.2. Diagram skematik langkah dan proses atomisasi	40
Gambar 2.3. Hipotesa Hubungan Penambahan Proporsi Katalis terhadap Pasir dengan Uji Kuat Tekan	46
Gambar 2.4. Hipotesa Hubungan Penambahan Proporsi Katalis terhadap Pasir dengan Uji TCLP	47
Gambar 2.5 Hipotesa Hubungan Penambahan Proporsi Katalis terhadap Semen dengan Uji Kuat Tekan	47
Gambar 2.6 Hipotesa Hubungan Penambahan Proporsi Katalis terhadap Semen dengan Uji TCLP	48
Gambar 3.1. Model sampel Silinder Beton Katalis	55
Gambar 3.8.1. Tahapan penelitian dan analisa data	60
Gambar 3.8.2.Diagram Alir Pembuatan Benda Uji	61
Gambar 3.8.3. Diagram alir tahapan analisa data dan penyusunan laporan	62
Gambar 3.8.4. Tahapan pengujian TCLP	63
Gambar 3.8.5. Tahapan penelitian pengujian TCLP	64
Gambar 4.1 Hubungan kuat desak Variasi I dan proporsi katalis	68
Gambar 4.2 Hubungan kuat desak Variasi II dan proporsi katalis	69

Gambar 4.3 Konsentrasi Logam Hasil Uji TCLP Variasi I	70
Gambar 4.4 Hasil Uji TCLP Cr Variasi I	71
Gambar 4.5 Hasil Uji TCLP Pb Variasi I	71
Gambar 4.6 Hasil Uji TCLP Cu Variasi I	71
Gambar 4.7 Hasil Uji TCLP Zn Variasi I	72
Gambar 4.8 Konsentrasi Logam Hasil Uji TCLP Variasi II	72
Gambar 4.8 Konsentrasi Logam Hasil Uji TCLP Variasi II	72
Gambar 4.9 Hasil Uji TCLP Cr Variasi II	73
Gambar 4.10 Hasil Uji TCLP Zn Variasi II	73
Gambar 4.11 Hasil Uji TCLP Pb Variasi II	74
Gambar 4.12 Hasil Uji TCLP Cu Variasi II	74



DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1 Perhitungan uji kuat Desak Beton
- Lampiran II Uji ANOVA Pasir Katalis
- Lampiran III Uji ANOVA Semen Katalis
- Lampiran IV Dokumentasi Tugas Akhir
- Lampiran V PP 85 tahun 1999 Mengenai Pengelolaan Limbah B3
- Lampiran VI Hasil Pengujian Kuat Tekan
- Lampiran VII Hasil Pengujian Kandungan Logam awal Spent katalis & TCLP



BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Spent katalis merupakan hasil samping dari proses *refinery* dari pengilangan minyak bumi dimana proses ini mengubah struktur molekular hidrokarbon dari produk. Salah satu cara yang dilakukan untuk mencapainya dikenal dengan istilah *cracking* yaitu proses perengkahan yang mengubah *cracks* yang lebih berat, dan mempunyai tingkat pemanasan yang tinggi kepada produk bahan bakar yang lebih bernilai seperti *gasoline*, *fuel oil*, dan *gas oils*. Penambahan katalis secara umum dipakai untuk mempercepat reaksi pada saat proses perengkahan (*cracking*). Pada akhir proses, katalis ini akan dikeluarkan berupa limbah, yang setiap harinya mencapai ± 17 ton/hari. Limbah tersebut berpotensi untuk dimanfaatkan sebagai produk bahan bangunan. Namun pemanfaatan daur ulang tersebut harus diperhatikan karena didalamnya mengandung kadar logam berat yang cukup tinggi dimana apabila terhisap atau dikonsumsi oleh makhluk hidup dapat membahayakan dan dikategorikan sebagai limbah B3. Menurut Peraturan Pemerintah No.85 tahun 1999 tentang Pengelolaan Limbah Berbahaya dan Beracun limbah katalis ini termasuk ke dalam limbah Bahan Berbahaya dan Beracun.



Limbah dari *Spent katalis* sendiri belum terkelola secara baik oleh Pertamina Unit Pengolahan VI Balongan, sementara ini Pertamina mengadakan kerjasama dengan PT. PPLI, namun limbah B3 ini juga hanya ditumpuk begitu saja dan menunggu untuk dimusnahkan. Hasil dari penelitian sebelumnya yang dilakukan terhadap *Spent Catalyst RCC Exor – 1 UPVI Balongan Indramayu* mengindikasikan dapat dipergunakan sebagai bahan Filler untuk Beton Campuran panas. Pemanfaatan ini akan menghasilkan keuntungan ganda, yaitu sebagai salah satu alternatif penanganan limbah dan dapat memberikan nilai ekonomis dari limbah tersebut.

Dalam tujuannya untuk men - demobilisasi kemanfaatan dari limbah *RCC / Spent katalis*, metode / prinsip Solidifikasi diterapkan dan diharapkan mampu men - demobilisasi limbah B3 ke dalam bentuk bahan campuran beton / *concrete*. Dan menjadi salah satu treatment untuk pengolahan limbah B3 ini.

1. 2. Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian di atas maka dapat dirumuskan permasalahan sebagai berikut :

1. Apakah katalis dapat mengganti semen sebagai bahan penyusun beton dilihat dari uji kuat tekan dan uji perlindian (TCLP) ?
2. Apakah katalis dapat mengganti pasir sebagai bahan penyusun beton dilihat dari uji kuat tekan dan uji perlindian (TCLP) ?



1.3. Tujuan dan Manfaat

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Mengetahui kuat tekan *concrete* hasil dari proses solidifikasi limbah *Spent Catalyst*
2. Mengetahui tingkat perlindungan terhadap kandungan logam berat hasil proses solidifikasi limbah *Spent catalyst*

Sedangkan manfaat yang diharapkan adalah:

1. Memberikan alternatif pengolahan limbah *Spent Catalyst* industri pengilangan minyak yang termasuk dalam kategori limbah B3.
2. Memberikan alternatif bahan bangunan yang berasal dari limbah katalis.

1.4. Batasan Masalah

1. Pemanfaatan *Spent Catalyst* sebagai salah satu alternatif pengolahan limbah B3
2. Hasil dari pengolahan dengan prinsip Solidifikasi dan uji TCLP berupa campuran bahan *Concrete* / Beton akan disesuaikan dengan standar untuk bahan bangunan
3. Sludge yang digunakan dalam bahan penelitian tugas akhir ini berasal dari buangan limbah *Spent Catalyst Residue Catalytic Cracking (RCC)* Pertamina Unit Pengolahan VI Balongan
4. Parameter yang diuji adalah uji kuat tekan dan TCLP, dan perlindungan untuk kandungan logam berat seperti tembaga (Cu), seng (Zn), kromium (Cr), Timbal (Pb), dan Ni (Nikel)
5. Benda Uji *Concrete* Beton berbentuk silinder.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Pengertian Limbah

Limbah merupakan sisa dari usaha atau kegiatan. Limbah juga merupakan sesuatu benda yang mengandung zat yang bersifat membahayakan atau tidak membahayakan bagi kehidupan manusia, hewan serta lingkungan, dan umumnya muncul karena hasil perbuatan manusia, termasuk industrialisasi. (UU RI. No.23/97, 1997 pasal 1)

Secara umum limbah dibagi dua, yaitu :

1. Limbah ekonomis, yaitu limbah yang dapat dijadikan produk sekunder untuk produk yang lain dan atau dapat mengurangi pembelian bahan baku
2. Limbah non ekonomis, yaitu limbah yang dapat merugikan dan membahayakan serta menimbulkan pencemaran lingkungan.

2.2. Limbah Industri Minyak dan Gas (Migas)

Limbah industri adalah sisa hasil buangan yang berasal dari industri sebagai akibat proses produksi. Limbah industri merupakan materi atau energi yang tidak berguna lagi dalam proses atau teknologi yang dipilih, seperti pada umumnya maka limbah industri dapat berwujud (SK Gubernur Jawa Barat no. 660.31/SK/624/BKPD/82):



- a. Limbah padat
- b. Limbah Cair
- c. Limbah Gas

2.2.1. Limbah Padat

Limbah padat adalah semua limbah yang dihasilkan dari aktifitas manusia dan binatang yang berbentuk padat, tidak berguna dan tidak dimanfaatkan atau tidak diinginkan atau dapat didefinisikan sebagai suatu massa heterogen yang dibuang dari aktifitas penduduk, komersil dan industri.

Limbah ini dapat berupa bangunan padat seperti lumpur, sisa - sisa logam, bekas - bekas kemasan, kerak, sisa katalis dan lain - lain. Limbah padat umumnya dapat dimanfaatkan oleh masyarakat atau industri lain tetapi banyak pula yang tidak mungkin dimanfaatkan sehingga perlu dilakukan pengolahan lebih lanjut oleh masyarakat atau industri lain tetapi banyak pula yang tidak mungkin dimanfaatkan sehingga perlu dilakukan pengolahan lebih lanjut.

a. Karakteristik Limbah Padat

Karakteristik limbah padat adalah berbentuk padat, tidak berguna dan tidak diinginkan dan konsep pengolahannya yaitu dengan usaha meminimalkan efek kerugian pada lingkungan yang disebabkan oleh pembuatan limbah padat terutama limbah yang berbahaya.

b. Sifat Fisik limbah Padat

Sifat fisik limbah padat yaitu jenis komponennya dan prosentase masing - masing ukuran partikel, kandungan campurannya serta berat tiap komponen dari campuran.



c. Sifat Fisik Limbah Padat

Sifat Fisik Limbah Padat yaitu analisa rata - rata mengenai campuran, kemudian menguap setelah pembakaran, sisa setelah pembakaran dan sisa karbon yang ada penggabungan abu jumlah prosentase Karbon, Oksigen, Nitrogen, sulfur, dan abu serta nilai kalor.

Limbah industri ini dapat dihasilkan dari sumber berbeda, seperti :

1. Material bekas (*Spent Material*) limbah yang dihasilkan tanpa melalui proses
2. Produk sampingan (*By product*) material yang dihasilkan dari proses yang spesifik dan menghasilkan produk yang tidak dilakukan proses lebih lanjut.
3. *Treatment Sludge* hasil dari pengolahan air limbah, kontrol emisi udara atau dari pengolahan atau dari limbah bahan berbahaya beracun (B3).
4. *Comersil chemical Product*, produk yang kemudian menjadi limbah setelah mengalami hal berikut :
 - a. Kecelakaan pada tumpahan atau bocornya bahan baku sehingga mencemari lingkungan khususnya tanah
 - b. Residu dari bekas alat penyimpanan bahan yang berbahaya.
 - c. Pembersihan peralatan, misalnya penggunaan bahan kimia pembersih seperti alkalis, yang merupakan bahan berbahaya
 - d. Produk yang *Off Spec* karena kegagalan proses



2.2.2. Peraturan mengenai B3

Kegiatan pembangunan bertujuan meningkatkan kesejahteraan hidup rakyat yang dilaksanakan melalui rencana pembangunan jangka panjang yang bertumpu pada pembangunan di bidang industri. Pembangunan di bidang industri tersebut di satu pihak akan menghasilkan barang yang bermanfaat bagi kesejahteraan hidup rakyat dan di lain pihak industri itu juga akan menghasilkan limbah. Diantara limbah yang dihasilkan oleh kegiatan industri tersebut terdapat limbah bahan berbahaya beracun (B3).

Limbah B3 yang dibuang langsung ke dalam lingkungan dapat menimbulkan bahaya terhadap lingkungan dan kesehatan manusia serta makhluk hidup lainnya. Mengingat resiko tersebut, perlu diupayakan agar setiap kegiatan industri dapat menghasilkan limbah B3 seminimal mungkin dan mencegah masuknya limbah B3 dari luar wilayah Indonesia. Peran Pemerintah Indonesia dalam pengawasan perpindahan lintas batas limbah B3 tersebut telah diratifikasi Konvensi Basel pada tanggal 12 Juli 1993 dengan Keputusan Presiden Nomor 61 Tahun 1993.

Heirarki Pengelolaan limbah B3 dimaksudkan agar limbah B3 yang dihasilkan masing-masing unit produksi sesedikit mungkin dan bahkan diusahakan sampai nol, dengan mengupayakan reduksi pada sumber dengan pengolahan bahan, substitusi bahan, pengaturan operasi kegiatan, dan digunakannya teknologi bersih. Bilamana masih dihasilkan limbah B3 maka diupayakan pemanfaatan limbah B3.



Pemanfaatan limbah B3, yang mencakup kegiatan daur-ulang (*recycling*) perolehan kembali (*recovery*) dan penggunaan kembali (*reuse*) merupakan satu mata rantai penting dalam pengelolaan limbah B3. Dengan teknologi pemanfaatan limbah B3 di satu pihak dapat dikurangi jumlah limbah B3 sehingga biaya pengolahan limbah B3 juga dapat ditekan dan di lain pihak akan dapat meningkatkan kemanfaatan bahan baku. Hal ini pada gilirannya akan mengurangi kecepatan pengurasan sumber daya alam. Untuk menghilangkan atau mengurangi resiko yang dapat ditimbulkan dari limbah B3 yang dihasilkan maka limbah B3 yang telah dihasilkan perlu dikelola secara khusus.

Pengelolaan limbah B3 merupakan suatu rangkaian kegiatan yang mencakup penyimpanan, pengumpulan, pemanfaatan, pengangkutan, dan pengolahan limbah B3 termasuk penimbunan hasil pengolahan tersebut. Dalam rangkaian kegiatan tersebut terkait beberapa pihak yang masing-masing merupakan mata rantai dalam pengelolaan limbah B3, yaitu :

- a. Penghasil Limbah B3;
- b. Pengumpul Limbah B3;
- c. Pengangkut Limbah B3;
- d. Pemanfaat Limbah B3;
- e. Pengolah Limbah B3;
- f. Penimbun Limbah B3.

Dengan pengolahan limbah sebagaimana tersebut di atas, maka mata rantai siklus perjalanan limbah B3 sejak dihasilkan oleh penghasil limbah B3 sampai penimbunan akhir oleh pengolah limbah B3 dapat diawasi. Setiap mata rantai



perlu diatur, sedangkan perjalanan limbah B3 dikendalikan dengan sistem manifest berupa dokumen limbah B3. Dengan sistem *manifest* dapat diketahui berapa jumlah B3 yang dihasilkan dan berapa yang telah dimasukkan ke dalam proses pengolahan dan penimbunan tahap akhir yang telah memiliki persyaratan lingkungan.

Limbah yang ditimbulkan oleh industri dapat berupa bahan organik maupun anorganik. Sebagian dari limbah industri tersebut ke dalam kategori limbah B3, selain dari kegiatan industri, limbah B3 dapat ditimbulkan juga dari kegiatan – kegiatan kesehatan (seperti limbah infeksius), kegiatan pertanian (dalam penggunaan pestisida), atau dalam kegiatan pendayagunaan energi Nuklir. Penanganan limbah B3 yang kurang baik dapat membahayakan kesehatan manusia dan lingkungan, seperti penyakit akut, keracunan dan terakumulasinya unsur beracun.

Berdasarkan Peraturan Pemerintah (PP) RI No.74 tahun 2001 yang mengatur tentang pengelolaan bahan beracun dan berbahaya (B3) menyebutkan bahwa pengertian B3 (pasal 1) sebagai berikut :

“Bahan beracun dan Berbahaya yang selanjutnya disingkat dengan B3 adalah bahan yang karena sifat dan konsentrasinya dan atau jumlahnya, baik secara langsung maupun tidak langsung, dapat mencemarkan lingkungan hidup, dan atau dapat membahayakan lingkungan hidup, kesehatan, kelangsungan hidup manusia serta mahluk hidup lainnya “

Di samping itu disebutkan pula bahwa yang termasuk B3 adalah limbah yang memenuhi salah satu atau lebih klasifikasi (pasal 4) di bawah ini :



- a. Mudah meledak (*explosive*)
- b. Pengoksidasi (*oxidizing*)
- c. Sangat mudah sekali menyala (*highly flammable*)
- d. Mudah menyala (*flammable*)
- e. Amat sangat beracun (*extremely toxic*)
- f. Sangat Beracun (*highly toxic*)
- g. Beracun (*moderately toxic*)
- h. Berbahaya (*Harmful*)
- i. Korosif (*Corrosive*)
- j. Bersifat iritasi (*irritant*)
- k. Berbahaya bagi lingkungan (*dangerous to the Environment*)
- l. Karsinogenik (*carcinogenic*)
- m. Teratogenik (*teratogenic*)
- n. Mutagenik (*Mutagenic*)

Salah satu contoh dari bahan beracun dan berbahaya yaitu logam berat, misalnya Hg, Pb, Cu, Cr, dan Ni. Logam berat sebenarnya masih termasuk golongan logam dengan kriteria yang sama dengan logam lainnya. Perbedaannya terletak pada pengaruh yang dihasilkan apabila logam ini berkaitan dan atau masuk ke dalam tubuh organisme hidup, akan timbul pengaruh khusus. Kelompok logam berat memiliki ciri – ciri :

1. *Specific Gravity* yang sangat besar (> 4)
2. Mempunyai nomor atom 22 -23 dan 40 – 50 serta unsur lantanida dan aktinida



3. Mempunyai respon biokimia spesifik pada organisme hidup

Dapat dikatakan bahwa semua logam berat yang bila masuk secara berlebihan ke dalam tubuh, akan berubah fungsi menjadi zat beracun bagi tubuh yang merusak tubuh organisme hidup.

2.3. Spent Catalyst FCC / RCC

Bahan *Spent katalis* RCC diperoleh dari hasil samping dari exor I UP. VI PERTAMINA Balongan Indramayu, dimana dari informasi yang diperoleh *fresh catalyst* nya berasal dari USA dengan merk *grase davisson*, dimana kuantitas *spent katalis (RCC)* per akhir tahun 2000 ± 4000 ton. Di dalam proses pengilangan minyak diketahui ada proses yang dinamakan *cracking / perengkahan*, dalam proses ini terjadi pemecahan ikatan rantai hidrokarbon (C) yang kompleks menjadi ikatan yang lebih sederhana lagi, sebagai hasil maka dari pengilangan minyak bumi keluarannya tidak hanya satu jenis bahan bakar saja (bahan bakar motor) dengan penambahan katalis beragam jenis bahan bakar bisa dihasilkan diantaranya bahan bakar untuk jet, diesel, bahan bakar untuk kapal Bunker, dan sebagainya. Kualitas bahan bakar yang dihasilkan dengan penambahan katalis ini juga memberikan jenis bahan bakar yang nilai angka oktannya lebih tinggi. Secara umum dalam *refinery proses* juga dikenal istilah *Thermal cracking* dimana dalam proses ini diketahui bahwa selain mempunyai efisiensi yang lebih tinggi dalam *thermal cracking* pula menghasilkan angka oktan dari *gasoline* yang lebih tinggi disamping fraksi gas yang dihasilkan juga lebih ringan. Namun diantara dua proses ini (*catalytic cracking dan thermal cracking*) jika dibandingkan proses *Thermal cracking* keluaran gas yang

dihasilkan prosentasenya lebih besar daripada *Catalytic Cracking* juga terhadap *Residual oil-nya*.



Gambar 2.1 Limbah Katalis RCC exor I UP. VI PERTAMINA
Balongan Indramayu,

Dengan penambahan limbah katalis ini akan mengakibatkan bertambahnya jumlah kandungan alumina dalam semen, menurut *Murdock* dan *Brook* dalam buku bahan praktek dan beton apabila di dalam ~~semen~~ terdapat senyawa alumina berkadar tinggi dan *silica* pada kadar rendah maka semen akan mengikat dengan cepat dan berkekuatan tinggi. Sedangkan sifat – sifat pada limbah katalis jenis *monolit kristalin* adalah mempunyai daya *adsorpsi* yang tinggi.



Di bawah ini adalah kandungan dari *Spent katalis* dan beberapa logam berat yang dikategorikan *toxic* yang terkandung di dalam limbah padat.

2.3.1. Karakteristik *Spent Catalyst*

Limbah katalis *RCC/FCC* merupakan bahan kimia yang dipakai dalam rumus penyusunnya adalah $NaAlSiO.H_2O$ dengan struktur reguler yang merupakan hasil dari proses *RCC (residue Catalitic Cracking)*. Limbah katalis yang digunakan pada *RCC* ini adalah yang mengandung unsur-unsur oksida silika dan alumina. selain itu, di dalamnya mengandung unsur-unsur lain, seperti *Sodium, Calcium, Magnesium*. Sedangkan logam berat (sifat fisik dan kimia berbahaya) adalah *Ni, As* seta logam berat lainnya yang mudah larut. Sebagian besar unsur-unsur penyusun dari *zeolit kristalin* merupakan sebagai bahan dasar bangunan seperti *alumina, silica, dan calcium*.

Dengan penambahan limbah katalis ini akan mengakibatkan bertambahnya jumlah kandungan alumina dalam semen, menurut *Murdock dan Brook* dalam buku "*Bahan dan Praktek Beton*" bilamana di dalam semen terdapat senyawa *alumina* berkadar tinggi dan *silica* pada kadar rendah maka semen akan mengikat dengan cepat dan kekuatan tinggi. Sedangkan sifat-sifat pada limbah katalis jenis *Zeolit kristalin* adalah mempunyai kapasitas adsorpsi yang tinggi. Adapun unsur kimia yang terdapat dalam *Spent katalis*, ditunjukkan pada tabel 2.1.

2.3.2. Logam Berat *Spent katalis*

- a. Tembaga (Cu)



Tembaga (Cu) mempunyai nomor atom (NA) 29 dan massa atom 63.546 termasuk dalam golongan IB. Cu sebetulnya diperlukan bagi perkembangan tubuh

Tabel 2.1. Hasil pengujian susunan mineral *Spent Catalyst RCC*

No.	Parameter Mineral	Kadar (%)
1.	SiO ₂	47,13
2.	Al ₂ O ₃	45,34
3.	Fe ₂ O ₂	0,61
4.	CaO	0,61
5.	MgO	0,26
6.	Na ₂ O	0,45
7.	K ₂ O	0,15
8.	TiO ₂	0,70
9.	MnO	0,02
10.	H ₂ O	0,56
11.	LOI / HD	4,29

Sumber : Anonim, 2000

manusia. Tetapi dalam dosis tinggi dapat menyebabkan gejala GI. SSP, GINJAL, HATI : muntaber, pusing kepala, lemah, anemia, kram, *konvulsi*, *shock*, koma dan dapat meninggal. Dalam dosis rendah menimbulkan rasa kesat, warna, dan korosi pada pipa sambungan, dan peralatan dapur.

b. Khromium (Cr)

Khromium (Cr) adalah metal kelabu yang keras, dengan NA 24 dan massa atom 51, 996. Khrom banyak ditemukan pada limbah-limbah industri besar seperti terdapat pada industri gelas, metal, fotografi, *electroplating* dan juga terdapat pada *Spent catalyst RCC* proses penyulingan minyak bumi. Logam Cr dapat



masuk ke dalam semua strata lingkungan, baik strata perairan, tanah maupun udara (lapisan atmosfer). Logam Cr yang masuk ke dalam strata lingkungan datang dari berbagai sumber, tetapi senyawanya sangat iritant dan *korosif*, menimbulkan *ulcus* yang dalam pada kulit dan selaput lendir. Inhalasi Cr dapat menimbulkan kerusakan pada tulang hidung, dalam paru-paru Cr dapat menyebabkan kanker.

c. Timbal (Pb)

Timbal atau *plumbum* (Pb) adalah metal kehitaman, dengan NA 82 dan massa atom 207,2 termasuk golongan IVA. Dahulu digunakan sebagai konstituen di dalam cat, baterai, dan saat ini banyak digunakan dalam bensin. Pb organik (*TEL = tetra ethyl lead*) sengaja ditambahkan ke dalam bensin untuk meningkatkan nilai oktan. Pb adalah racun sistemik. Keracunan Pb akan menimbulkan gejala rasa logam di mulut garis hitam pada gusi, gangguan GI, anorexia, muntah - muntah, kolik, *encephalitis*, *wrist drop*, *irritabel*, perubahan keribadian, kelumpuhan, kebutaan, dan lain - lain.

d. Seng (Zn)

Seng (Zn) adalah metal yang didapat antara lain pada industri alloy, keramik, pigmen, karet dan lain - lain. Seng NA dan massa atom 65,38. Toksisitas Zn pada hakekatnya rendah. Tubuh memerlukan Zn untuk proses metabolisme, tetapi dalam kadar tinggi dapat berifat racun. Di dalam air minum dapat menimbulkan rasa kesat, dan dapat menimbulkan gejala muntaber. Seng menyebabkan warna air menjadi *opalescent*, dan apabila dimasak akan menimbulkan endapan seperti pasir.



e. Nikel (Ni)

Adalah logam berat yang banyak terdapat pada *Spent catalyst*, Ni mempunyai NA 28, massa atom 58,70 dan termasuk dalam golongan VIII. Dengan kegunaan utama nikel adalah *unsure alloy* besi maupun non besi. Senyawa Nikel terdapat pada limbah katalis proses perengkahan minyak bumi dari UP.VI Balongan Indramayu Jawa Barat, termasuk kategori limbah B3, dengan kadar logam nikel antara 14720 - 14800 mg/kg (Rochaeti & Subagja, 2004).

Di bawah ini adalah kandungan dari *Spent Catalyst* dan beberapa logam berat yang dikategorikan *toxic* yang terkandung di dalam limbah padat.

Tabel 2.2. Hasil Pengukuran Komposisi Kimia *Spent* dan *Fresh Catalyst*

Parameter	Satuan	Limit Deteksi	1997		2000	
			Fresh Catalyst	Spent Catalyst	Fresh Catalyst	Spent Catalyst
SiO ₂	%	N/A	59.11	67,09	37,31	47,13
Al ₂ O ₃	%	N/A	24.42	29.38	40.49	45.34
Fe ₂ O ₃	%	0.03	0.24	0.84	0.70	0.61
TiO ₂	%	N/A	0.17	0.51	0.70	0.7
Cr	mg/ kg	0.05	68.42	68,42	17.1	165,5
Cu	mg/ kg	0.02	100	200	4	21
Pb	mg/ kg	0.1	800	900	53	67,5
Zn	mg/ kg	0.005	200	500	76	105
Ni	mg/ kg	0.04	400	11.00	48	14.760

Keterangan : N/A : Data tidak tersedia
(Sumber : PERTAMINA - Lembaga Penelitian, UNPAD)



2.3.3. Potensi Bahaya

Untuk mengetahui apakah *spent catalyst* termasuk kedalam kategori limbah B3, US EPA dalam proposalnya menguraikan secara detail sehingga limbah tersebut memenuhi ketentuan identifikasi limbah melalui uji karakteristik yang tertulis dalam 40 C.F.R.261.11. US EPA juga melakukan evaluasi terhadap potensial toksisitas, zat yang dikandung, rute pemaparan yang paling mungkin, dan pengelolaan limbah tersebut pada saat ini. US EPA melakukan kuantitatif *risk assessment* terhadap limbah bila data yang tersedia mencukupi untuk keperluan tersebut. Pada tanggal 8 Agustus 1998, melalui 63 FR 42109, US EPA mengeluarkan daftar baru limbah berbahaya dari proses pengilangan dan mulai berlaku Februari 1999. US EPA menambahkan empat limbah pengilangan ke dalam daftar (*listing*) limbah B3 dari sumber spesifik : - **K169** – *Crude oil tank sediment*, **K170** – *Clarified slurry oil storage tank sediment and or in-line filter/separation solids from protelemrefine operation*, **K171** – *spent hydrotreating catalyst from protelem refining operation, this listing does not include ceramic support media*, **K172** – *spent hydrotreating catalyst from protelem operation this listing does not include ceramic support media* sedangkan limbah yang tidak termasuk ke dalam daftar limbah berbahaya setelah penelitian yang dilakukan US EPA, berjumlah 10 (sepuluh).

- a. *Unleaded gasoline storage tank sediment*
- b. *Off-specification product and fines thermal processes*
- c. *Catalyst from reforming ;*
- d. *Catalyst from sulfuric acid alkylation;*
- e. *Sludge from sulfuric acid alkylation;*



- f. *HF alkylation sludge*
- g. *Spent caustic from liquid treating*
- h. *Catalyst and fines from catalytic cracking ;*
- i. *Catalyst from sulfur complex and removal facilities ;*
- j. *Sludge from sulfur complex and removal facilities*

Pada awalnya (dalam proposal), US EPA tidak mengajukan *Cride Oil tank Sediment* untuk diatur di bawah RCRA, namun dalam penelitian lebih lanjut mengenai studi pemodelan air tanah. US EPA menemukan bahwa resiko yang ditimbulkan oleh limbah ini melampaui kriteria yang digunakan sehingga keputusan yang diambil adalah memasukan limbah ini sebagai limbah B3. Untuk ketiga limbah lainnya, US EPA telah memprediksikan bahwa limbah tersebut adalah limbah – limbah B3 yang harus ditangani dan diawasi di bawah RCRA.

Adapun alasan tidak didaftarkannya *Spent catalyst* perengkahan (*catalyst from catalytic cracking*) karena US EPA telah mengkarakterisasi dan membuat model (*risk assessment*) yang berhubungan dengan resiko pengelolaan *spent catalyst* perengkahan pada sebuah *on – sitemonoofil*. Dari hasil penelitian tidak ditemukan adanya resiko (*risk*) yang berarti baik melalui pemaparan (*exposure*) langsung maupun tidak langsung. EPA juga tidak menemukan adanya resiko berarti dari hasil analisis *high – end* untuk air tanah dalam. Dari 124.000 ton *spent catalyst* perengkahan yang dihasilkan tahun 1992, 70% digunakan kembali dan didaur ulang untuk keperluan unit proses perengkahan *katalitik* di kilang lain dan industri semen. EPA tidak melakukan pengembangan model resiko (*risk assessment*) berhubungan dengan pemanfaatan *spent catalyst* pada industri semen. Namun



EPA yakin senyawa – senyawa berbahaya berkadar rendah dalam katalis tidak akan memberikan resiko yang berarti. Penggunaan *spent catalyst* perengkahan dalam industri semen akan menyebabkan *imobilisasi* logam sebagai akibat reaksi dengan CaO pada suhu tinggi. Detail proses pengambilan keputusan yang dilakukan oleh US EPA untuk *spent catalyst*.

Penggunaan limbah berbahaya dalam produksi semen diatur dalam 56 FR (*Federal Register*) 7185, 21 Februari 1991. Selanjutnya, jika semen hasil proses yang menunjukkan karakteristik berbahaya akan diatur dalam *waste-derived product (40 CFR 266.20)*. Dalam pengaturan RCRA sendiri, produk hasil turunan limbah berbahaya seperti semen dapat dipasarkan untuk keperluan masyarakat umum dan tanpa pengaturan lebih lanjut jika memenuhi standar LDR (*Land Disposal Restriction*) dan jika senyawa berbahaya melalui proses produksi mengalami perubahan kimia sehingga tidak dapat dipisahkan secara fisika.

2.5. Pemakaian Beton Sebagai Matrik Solidifikasi

2.5.1. Studi yang telah dilakukan

Dari hasil penelitian sebelumnya diketahui bahwa *Spent Catalyst RCC* dari Exor I UP VI PERTAMINA Balongan Indramayu, terutama terdiri dari oksida silika, alumina, ferro dan lain-lain, bersifat *Pozzolanik*, dan dapat bersifat seperti semen Portland, sehingga dapat digunakan sebagai *Mineral Admixture* beton, untuk mengurangi (substitusi) jumlah pemakaian semen *portland*.

Untuk lebih meningkatkan nilai guna dan nilai tambah serta mengurangi dampak negatif dari bahan tersebut maka perlu dilakukan penelitian secara intensif untuk mendapatkan nilai guna dari bahan tersebut secara nyata sekaligus



pemecah masalah lingkungannya, dalam bentuk Implementasi dan Sertifikasi pemanfaatan *Spent catalyst RCC* sebagai *mineral Admixture* beton, dengan tujuan untuk mengurangi (substitusi) jumlah pemakaian semen portland, dan mengaplikasikannya dalam pembuatan produk elemen/komponen beton struktur dan beton non struktur.

Secara garis besar, penelitian dibagi dalam dua kajian yaitu kajian teknis dan kajian keamanan lingkungan. Dalam kajian teknis yang meliputi:

1. Penelitian laboratorium untuk mencari proporsi optimal pemanfaatan *spent Catalyst RCC* sebagai *mineral admixture* beton untuk mengurangi (*substitusi*) penggunaan semen portland untuk berbagai variasi perbandingan berat air dan berat semen portland (*fas*), dan sebagai pelaksana adalah Laboratorium Bahan Bangunan Puslitbang Pemukiman DEPKIMPRASWIL
2. Kajian aplikasi hasil penelitian dalam pembuatan elemen Beton struktur dan non struktur, dan sebagai pelaksana adalah Laboratorium Uji Bahan Jurusan Teknik Lingkungan Teknik Sipil Politeknik Negeri Bandung dan Industri Beton Pracetak PT Beton Elemenindo Perkasa Bandung.

Untuk kajian keamanan lingkungan meliputi kajian tingkat pelindian logam berat (TCLP) dan uji Hayati (LC50), yang terkonsentrasi dalam *spent catalyst RCC* baik sebelum maupun setelah dimanfaatkan sebagai *mineral admixture* beton.

2.5.2. Studi lain Pemanfaatan *Admixture Conplast* untuk bahan konstruksi

Perancangan campuran beton dengan bahan tambah admixture conplast X-421M. Beton sebagai bahan konstruksi tertentu seperti: *basement, swimming pools,*



sea walls, dan *tunnels*, selain harus mempunyai persyaratan kekuatan, juga harus bersifat lebih kedap air. Berbagai upaya dilakukan untuk memenuhi tuntutan tersebut, salah satunya adalah dengan menggunakan bahan tambahan kimia. Dalam penelitian dilakukan uji coba perancangan campuran beton dengan mutu K-225 yang menggunakan bahan tambah jenis Conplast X-421M, dengan dosis penambahan masing-masing sebesar: 0, 2, 4 dan 6 L/m³ beton. Penambahan admixture conplast X-421 M untuk nilai slump konstan (5 cm), memberikan dampak terhadap bertambahnya kekuatan tekan beton pada umur 7 hari maupun 28 hari, bila dibandingkan beton sejenis tanpa penambahan admixture conplast X-421 M (0 L/m³), dengan kekuatan tekan tertinggi dicapai 38,64 MPa pada penambahan admixture conplast X-421 M sebesar 4 L/m³ beton. Selain itu penambahan admixture conplast X-421 M juga meningkatkan beton terhadap sifat kedap airnya, dengan nilai penyerapan air terendah 2,07%, yang juga dicapai pada penambahan admixture conplast X-421 M sebesar 4 L/m³ beton. (Rochaeti & Subagja, 2004)

2.6. Solidifikasi - Stabilisasi

2.6.1. Solidifikasi

2.6.2. Prinsip Pengolahan Solidifikasi

Di dalam pengolahan limbah padat dikenal istilah *Solidifikasi*, dimana pengertian dari Solidifikasi merupakan suatu metode untuk mengubah limbah yang berbentuk padatan halus (*binder*). Tujuannya adalah untuk mengubah limbah yang bersifat berbahaya menjadi tidak berbahaya karena permeabilitasnya berkurang dan kekuatan fisiknya meningkat, sehingga mudah diangkut dan



disimpan/ditimbun. Metode ini dilatarbelakangi dari suatu kenyataan bahwa bahan berbahaya dan beracun, tingkat bahaya yang paling tinggi bila berbentuk gas dan paling rendah bila berbentuk padat

Teknik *solidifikasi* yang sekarang banyak digunakan diantaranya fiksasi dan kapsulasi (pengkapsulan). Pada teknik *fiksasi*, partikel-partikel limbah diikat secara fisik dan kimia oleh bahan pengikat (*binder*) yang mengeras. Sedangkan teknik kapsulasi, limbah diselimuti oleh bahan pengikat yang mengeras dibagian luar. Bahan pengikat yang sering digunakan adalah semen/bahan pengikat hidrolis lainnya, misalnya kapur, senyawa silikat (tanah liat, pozolan, dll).

Proses solidifikasi pada prinsipnya adalah proses kombinasi antara limbah (B3 atau tidak) dengan bahan-bahan *aditif* yang mempunyai sifat saling mengikat/melekat dan secara fisik dapat mengeraskan limbah tersebut lebih tahan terhadap proses pencucian (*leaching*) ataupun bila terjadi proses leaching senyawa B3 lebih lambat dan rendah konsentrasinya, sehingga tidak membahayakan lingkungan dibandingkan dengan tanpa pengelolaan.

Bahan yang digunakan dalam proses solidifikasi adalah bahan non radioaktif untuk mengikat limbah menjadi satu kesatuan (monolit). Bahan yang digunakan disesuaikan dengan :

1. Kemampuan unsur pencemar dari limbah yang meliputi : Jenis, sifat, dan tingkat bahaya dari bahan pencemar
2. Sifat fisik dan kimia limbah : cairan, lumpur, resin penukar ion dan zat padat
3. Sifat pengepakan dalam kaitannya dengan sistem pembuangan.

Tujuan dari proses *Solidifikasi* antara lain:



1. Meningkatkan karakteristik fisik dan penanganan limbah
2. Mengurangi luas permukaan sehingga kontaminan yang lolos menjadi lebih sedikit
3. Membatasi kelarutan pencemar
4. Mereduksi *toksisitas*

Komponen utama dalam proses solidifikasi itu sendiri, yaitu:

- ◆ Binder (pengikat): Bahan yang akan menyebabkan produk solidifikasi menjadi lebih kuat seperti semen pada adukan beton
- ◆ Sorben: Bahan yang berfungsi untuk menahan komponen pencemar dalam matrik yang stabil
- ◆ Bahan lain, seperti agregat (pasir, kerikil) atau aditif lainnya.

Adapun beberapa proses dari solidifikasi antara lain :

1. Proses yang berbasis pada semen (sementasi)
Yaitu proses pemadatan limbah dengan menggunakan matrik semen, sehingga akan menjadi padatan (*monolit blok*)
2. Proses dengan *Pozzolan*
Yaitu Proses pemadatan limbah menggunakan tanah Pozzolan (Silikat dan aluminat) dimana akan mengeras bila bercampur dengan kapur atau semen dan air.
3. Proses Termoplastis
Yaitu proses pamadatan limbah dengan menggunakan binder seperti aspal atau *Polyethylene* yang dipanaskan terlebih dahulu sebelum dicampur dengan limbah



4. Proses *Polimerisasi organik*

Yaitu pencampuran limbah dengan matrik polimer yang berupa *thermosetting* maupun *thermoplastik*. Temperatur pada proses ini berkisar 60°C . Proses ini tergolong baru, belum digunakan secara luas karena bahan polimer tidak tahan terhadap radiasi tinggi.

5. Proses *Vitrifikasi (glasifikasi)*

Yaitu pemadatan limbah dengan bahan pembentuk gelas yang direaksikan pada suhu tinggi sehingga terbentuk gelas keramik atau keramik. Temperatur yang digunakan pada proses ini adalah 1000°C - 1500°C .

Secara umum proses pengolahan limbah industri dengan metode atau teknologi yang ada pada saat ini tidak terlepas dari hukum Termodinamika yang menyatakan bahwa suatu zat tidak dapat dihilangkan atau dimusnahkan, melainkan hanya berupa sifat/jenis dari suatu bentuk menjadi bentuk menjadi bentuk lainnya.

Istilah solidifikasi dikenal pada pengolahan padat, yaitu suatu metode untuk mengubah limbah yang berbentuk padatan halus menjadi padat dengan menambahkan bahan pengikat. Tujuannya adalah untuk mengubah limbah yang bersifat berbahaya menjadi tidak berbahaya karena permeabilitasnya berkurang dan kekuatan fisiknya meningkat, sehingga mudah diangkut dan disimpan/ditimbun. Metode ini dilatarbelakangi dari suatu kenyataan bahwa bahan berbahaya dan beracun tingkat bahaya yang paling tinggi bila berbentuk gas dan paling rendah bila berbentuk padat (Connor, RJ.1990).



Teknik Solidifikasi yang sekarang banyak digunakan diantaranya fiksasi dan kapsulasi (pengkapsulan). Pada teknik fiksasi, partikel-partikel limbah diikat secara fisik dan kimia oleh bahan pengikat yang mengeras. Sedangkan teknik kapsulasi, limbah diselimuti oleh bahan pengikat yang mengeras dibagian luar. Bahan pengikat yang sering digunakan adalah semen/bahan pengikat hidrolik lainnya, kapur, senyawa silikat (tanah liat, pozolan, dan lain -lain).

Proses solidifikasi pada prinsipnya adalah proses kombinasi antara limbah (B3 atau tidak) dengan bahan-bahan aditif yang mempunyai sifat saling melekat/mengikat dan secara fisik dapat mengeraskan limbah tersebut. Dengan demikian limbah tersebut lebih tahan terhadap proses pencucian (*leaching*) atau pun bila terjadi proses leaching senyawa B3 lebih lambat dan rendah konsentrasinya, sehingga tidak membahayakan lingkungan dibandingkan dengan tanpa pengelolaan.

Proses pengolahan secara stabilisasi/solidifikasi bertujuan untuk mengubah watak fisik dan kimiawi limbah B3 dengan cara penambahan senyawa pengikat B3 agar pergerakan senyawa B3 ini terhambat atau terbatas dan membentuk massa Monolit dengan struktur yang kekar. Sedangkan proses pengolahan secara *insenerasi* bertujuan untuk menghancurkan senyawa B3 yang terkandung di dalamnya menjadi senyawa tidak mengandung B3 (Persyaratan limbah B3).



2.6.3. Tata Cara Kerja Stabilisasi/Solidifikasi

Tata cara kerja proses stabilisasi/solidifikasi:

1. Limbah B3 sebelum distabilisasi/solidifikasi harus dianalisa karakteristiknya guna menentukan resep stabilisasi/solidifikasi yang diperlukan terhadap limbah B3 tersebut.
2. Setelah dilakukan stabilisasi/solidifikasi, selanjutnya terhadap hasil olahan tersebut dilakukan uji TCLP untuk mengukur kadar/konsentrasi parameter dalam lindi (*extract/eluate*). Hasil uji TCLP sebagaimana dimaksud, kadarnya tidak boleh melewati ambang batas sebagaimana yang telah ditetapkan.
3. Terhadap hasil olahan tersebut selanjutnya dilakukan uji kuat tekan (*Compressive Strength*) dengan "*Soil Penetrometer Test*" dengan harus mempunyai nilai tekanan minimum 10 ton/m^2 dan lolos uji "*Paint Filter test*"
4. Limbah B3 olahan yang memenuhi persyaratan kadar TCLP, nilai uji kuat tekan dan lolos tes point Filter Test, selanjutnya harus ditimbun di tempat penimbunan (Landfill) yang ditetapkan Pemerintah atau yang memenuhi persyaratan yang ditetapkan (persyaratan Limbah B3).

2.6.4. Stabilisasi

Stabilisasi adalah penanganan limbah berbahaya yaitu mencampur limbah dengan bahan atau aditif atau reagen kimia untuk mengurangi sifat bahaya limbah, sehingga dapat:

- a. Meningkatkan karakteristik fisik dan penanganan limbah



- b. Mengurangi luas permukaan sehingga kontaminan yang lolos menjadi lebih sedikit
- c. Membatasi kelarutan pencemar
- d. Mereduksi Toksisitas

Jadi stabilisasi pada prinsipnya adalah mengurangi mobilitas bahan pencemar dalam limbah. Proses stabilisasi secara umum dilakukan dengan mengubah *sludge* menjadi bentuk yang kompak, tidak berbau dan tidak mengandung mikroorganisme yang mengganggu kesehatan serta bahan - bahan pencemar yang berada di dalamnya tidak mudah mengalami perliindian (*Leached*). Proses stabilisasi ini dapat dilakukan dengan berbagai cara antara lain dengan mencampur dengan tanah liat yang dilanjutkan dengan pembakaran seperti pernah dilakukan di Afrika Selatan, dicampur dengan semen dan bahan lainnya sehingga bahan di dalamnya menjadi lebih stabil (JA Slim and Wakefiled, 1991).

2.7. Beton

Beton merupakan campuran antara semen portaland atau semen hidraulik yang lain, agregat halus, agregat kasar, dan air, dengan atau tanpa bahan tambahan membentuk masa padat, kuat tekan beton disyaratkan $^{\circ}f_c$ adalah kuat tekan beton yang ditetapkan oleh perencanaan struktur (benda uji berbentuk silinder diameter (150 mm dan tinggi 300 mm) dipakai dalam perencanaan struktur beton, dinyatakan dalam mega paskal (MPa),



2.8. Semen (*Portland Cement*)

Semen Portland adalah semen *hidrolis* yang dihasilkan dengan cara menghaluskan klinker yang terutama terdiri dari silikat–silikat kalsium yang bersifat hidrolis dengan gips sebagai bahan tambahan (PUBI – 1982).

Menurut SII 0031–81 (dalam Tjokrodimuljo,1995) semen Portland dibagi menjadi 5 jenis sebagai berikut :

Jenis I : Semen untuk penggunaan umum tidak memerlukan persyaratan khusus

Jenis II : Semen untuk beton tahan sulfat dan mempunyai hidrasi sedang

Jenis III : Semen untuk beton dengan kekuatan awal tinggi (cepat mengeras)

Jenis IV : Semen untuk beton yang memerlukan panas hidrasi rendah

Jenis V : Semen untuk beton yang tahan terhadap sulfat

Jenis–jenis semen tersebut mempunyai laju kenaikan kekuatan yang berbeda. Fungsi semen adalah untuk merekatkan butiran–butiran agregat agar terjadi suatu massa yang kompak/padat, walaupun semen hanya kira–kira mengisi 10–30 % dari volume beton (Tjokrodimuljo,1995).

Kandungan silikat dan aluminat pada semen merupakan unsur utama pembentuk semen yang mana apabila bereaksi dengan air akan menjadi media perekat. Media perekat ini kemudian akan memadat dan membentuk massa yang keras. Proses hidrasi ini terjadi bila semen bersentuhan dengan air. Proses ini berlangsung 2 arah yakni keluar dan kedalam, maksudnya hasil hidrasi mengendap di bagian luar dan inti semen yang belum terhidrasi di bagian dalam secara bertahap terhidrasi (Tjokrodimuljo,1995).



Jumlah kandungan semen berpengaruh terhadap kuat tekan beton. Jika terjadi faktor air semen sama (nilai *slam* berubah) beton dengan jumlah kandungan semen tertentu mempunyai kuat tekan tertinggi. Pada jumlah semen terlalu sedikit berarti jumlah air juga sedikit sehingga adukan beton sulit dipadatkan sehingga kuat tekan beton rendah. Namun jika jumlah semen berlebihan berarti jumlah air juga berlebihan sehingga beton mengandung banyak pori dan akibatnya kuat tekan beton rendah.

Jika nilai *slam* sama (nilai faktor air semen berubah) beton dengan kandungan semen lebih banyak mempunyai kuat tekan lebih tinggi. Hal ini karena pada nilai *slam* sama jumlah air sama sehingga penambahan semen berarti pengurangan nilai faktor air semen yang berakibat penambahan kuat tekan beton.

Semen merupakan unsur terpenting dalam pembuatan beton karena semen berfungsi sebagai bahan pengikat untuk mempersatukan bahan agregat halus dan kasar menjadi satu massa yang kompak dalam artian menjadi satu dan padat. Semen akan berfungsi sebagai pengikat apabila diberi air, sehingga semen tergolong bahan pengikat hidrolis.

Reaksi kimia antara semen *portland* dengan air menghasilkan senyawa – senyawa yang disertai pelepasan panas. Kondisi ini mengandung resiko besar terhadap penyusutan kering beton dan kecenderungan retak pada beton. Reaksi semen dengan air dibedakan menjadi dua yaitu periode pengikatan dan periode pengerasan. Pengikatan merupakan peralihan dari keadaan plastis ke keadaan keras, sedangkan pengerasan adalah penambahan kekuatan setelah pengikatan selesai. Dikehendaki pengikatan semen berlangsung lambat, jika tidak adukan



sulit dikerjakan karena spesifikasi semen portland mensyaratkan tidak boleh terjadi kurang satu jam (Tjokrodinuljo, 1995).

Semen Portland sebagai penyusun beton mempunyai sifat sebagai berikut:

a. Susunan Kimia

Ketika semen dicampur dengan air timbul reaksi kimia unsur-unsur penyusunan semen dengan air. Reaksi ini menghasilkan bermacam-macam senyawa kimia yang menyebabkan ikatan dan pengerasan. Unsur penyusun semen tersebut seperti pada tabel 3.2 berikut berikut ini.

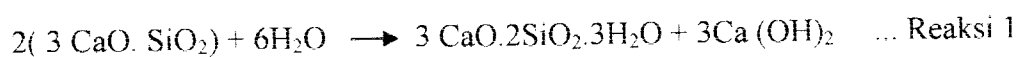
Tabel 3.2 Unsur – unsur penyusun semen

Nama Unsur	Simbol	Komposisi Kimia	(%)
Trikalsium Silikat	C ₃ S	3CaO.SiO ₂	50
Dikalsium Silikat	C ₂ S	2CaO.SiO ₂	25
Trikalsium Aluminat	C ₃ A	3CaO.Al ₂ O ₃	12
Tetrakalsium aluminoferrite	C ₄ AF	4CaO.Al ₂ O ₃ Fe ₂ O ₃	8

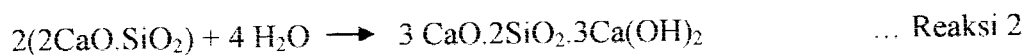
Sumber: Tjokrodinuljo, 1995

Reaksi – reaksi yang terjadi dalam beton adalah sebagai berikut :

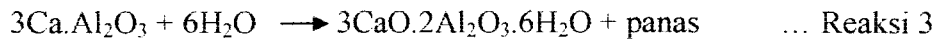
- ◆ Reaksi Trikalsium silikat dengan air :



- ◆ Reaksi Dikalsium silikat dengan air :



- ◆ Reaksi semen Portland dalam beton dengan membentuk ikatan awal adalah :



Unsur-unsur $3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$ dan $2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$ adalah bagian yang terpenting dalam semen hidrasi karena kedua unsur ini dengan adanya air merupakan pengikat pada proses hidrasi dan membentuk kalsium silikat hidrat atau C-S-H. Dari persamaan reaksi di atas terlihat adanya $\text{Ca}(\text{OH})_2$ bebas. Dengan adanya Spent katalis dalam beton dengan campuran semen Portland, $\text{Ca}(\text{OH})_2$ bebas akan diikat oleh senyawa silikat yang terkandung di dalamnya, dengan reaksi sebagai berikut:



reaksi Pozzolan

Dengan reaksi tersebut campuran beton akan menjadi lebih padat (*impermeable*) dan lebih kuat serta tahan sulfat.

b. Hidrasi semen

Apabila semen bersentuhan dengan air maka proses hidrasi berlangsung, dalam arah keluar dan kedalam, maksudnya hidrasi mengendap di bagian dalam secara bertahap terhidrasi sehingga volumenya mengecil. Reaksi tersebut berlangsung lambat, antara 2-5 jam sebelum mengalami percepatan setelah kulit permukaan pecah. Pada tahap hidrasi berikutnya, pasta semen terdiri dari gel dan sisa-sisa semen yang tak bereaksi, Kalsium Hidroksida $\text{Ca}(\text{OH})_2$, air dan beberapa senyawa lain.

c. Kekuatan Pasta semen dalam faktor air semen

Kekuatan semen yang telah mengeras tergantung pada jumlah air yang dipakai waktu proses hidrasi berlangsung. Pada dasarnya jumlah air yang



diperlukan untuk proses Hidrasi hanya kira-kira 25% dari berat semen, penambahan jumlah air akan mengurangi kekuatan setelah mengeras. Air yang berlebihan memang akan memudahkan pencampuran beton secara baik, memudahkan pengadukan dan dapat dicetak tanpa rongga yang besar (tidak keropos). Akan tetapi hendaknya selalu diusahakan jumlah air sedikit mungkin agar kekuatan beton tidak terlalu rendah.

d. Sifat Fisik Semen

Sifat fisik semen antara lain kehalusan butiran, waktu ikat dan berat jenis semen. Kehalusan butiran semen akan meningkatkan daya kohesi pada beton segar dan mengurangi *bleeding*, tetapi akan mempunyai sifat susut yang lebih besar dan retak mudah terjadi waktu ikat semen dan air dipengaruhi oleh jumlah air, kehalusan semen, temperatur dan penambahan zat kimia tertentu.

2.9. Agregat

Agregat adalah butiran mineral alami yang berfungsi sebagai bahan pengisi dalam campuran beton. agregat ini kira-kira menempati sebanyak 70% volume beton, sehingga pemilihan agregat merupakan suatu bagian penting dalam pembuatan beton karena sangat berpengaruh terhadap sifat dan mutu beton.

Agregat halus berupa pasir alam, terbentuk dari pecahan batu yang diperoleh dari sumber endapan yang bermacam-macam kondisinya, agregat halus pasir sedangkan agregat dengan ukuran maksimum 4,75 mm, sedangkan agregat kasar adalah agregat dengan ukuran butiran lebih besar dari 4,75 mm. Agregat halus berupa pasir sedangkan ageagat kasar dapat berupa kerikil atau batu pecah.



Untuk mendapatkan mutu beton yang baik agregat yang akan digunakan harus memenuhi persyaratan yaitu :

1. Agregat harus bersih dan tidak mengandung zat yang berbahaya terhadap beton, seperti :
 - a. Partikel lebih kecil dari 200 mass
 - b. Zat organik
 - c. Garam - garam Khlorida
 - d. Sulfat
2. Agregat harus keras
3. Agregat harus kekal (tidak mudah berubah bentuk)
4. Agregat tidak boleh bersifat reaktif terhadap alkali

2.10. Air

Air merupakan bahan dasar penyusun beton yang diperlukan untuk bereaksi dengan semen dan untuk bahan antara agregat, agar dapat dengan mudah dikerjakan dan dipadatkan. Untuk bereaksi dengan semen, air yang dibutuhkan hanya 30% dari berat semen, tapi pada kenyataannya nilai faktor air semen yang dipakai sulit kurang dari 0,35. Kelebihan air dapat dipakai sebagai pelumas. Secara umum air akan dapat digunakan untuk pencampuran beton adalah air yang bila dipakai akan dapat menghasilkan beton dengan kekuatan lebih dari 90%.

Menurut PUBLI 1982, dalam pemakaian untuk adukan beton sebaiknya air memenuhi syarat sebagai berikut.



- a. Tidak mengandung lumpur (benda-benda melayang lainnya) lebih dari 2 gram/liter)
- b. Tidak mengandung garam-garam yang dapat merusak beton (asam, zat organik dan lainnya)
- c. Tidak mengandung Klorida (Cl) lebih dari 0,5 gram/liter.
- d. Tidak mengandung senyawa sulfat lebih sulfat dari 1 gram/liter.

2.11. Lindi (*Leachate*)

Lindi/*Leachate* adalah cairan yang keluar dari suatu cairan yang terkontaminasi oleh zat-zat pencemar yang ditimbulkan dari limbah yang mengalami proses pembusukan. Menurut EPA *Leachate* adalah suatu cairan yang mencakup semua komponen di dalamnya yang terkandung di dalam cairan tersebut sehingga cairan tersebut tersaring dari limbah yang berbahaya.

Leachate telah dihasilkan sejak manusia pertama kali melakukan penggalian timbunan limbah untuk menyelesaikan persampahan. Tentu saja pada tahap ini jumlah *leachate* yang dihasilkan sangat kecil dan bercampur dalam suatu tanah liat. Resiko yang didapat jika tidak adanya suatu drainase yang baik dan pengolahan limbah cair dapat menyebabkan suatu dampak yaitu penyakit bagi manusia akibat timbulnya *leachate* tersebut.

Pelindian merupakan parameter yang sangat menentukan terhadap kualitas hasil solodifikasi yang berkaitan dengan pencemaran lingkungan. Oleh karena itu untuk menentukan kualitas lindi adalah dengan *Toxicity Characteristic Leaching Procedure (TCLP)* adalah salah satu *evaluasi toksisitas* limbah untuk bahan-bahan yang dianggap berbahaya dan beracun dengan penekanan pada nilai



leachate. Pada umumnya uji ini ditujukan terutama untuk melihat potensi *toksistas leaching* dari logam-logam berat pada penelitian ini yaitu logam-logam berat dari limbah *Spent Catalyst* RCC UP VI Pertamina Balongan.

2.12. Spektrofotometri Serapan Atom (SSA)

2.12.1. Prinsip - prinsip Spektrofotometri Serapan Atom (SSA)

Larutan sampel diaspirasikan ke suatu nyala dan unsur-unsur di dalam sampel diubah menjadi uap atom sehingga nyala memendung atom unsur-unsur yang di analisis. Beberapa diantara atom akan tereksitasi secara *thermal* oleh nyala, tetapi kebanyakan atom tetap sebagai atom netral dalam keadaan dasar. Atom tersebut kemudian menyerap radiasi yang diberikan oleh sumber radiasi yang diberikan oleh sumber radiasi yang terbuat dari unsur-unsur yang bersangkutan.

Panjang gelombang yang akan dihasilkan oleh sumber radiasi adalah sama dengan panjang gelombang yang disorpsi oleh atom dalam nyala. Absorpsi ini mengikuti hukum *Lambert-Beer*, yakni absorbansi berbanding lurus dengan panjang gelombang nyala yang dilalui sinar dan konsentrasi uap atom dalam nyala. Kedua variabel ini sulit untuk ditentukan tetapi panjang nyala dapat dibuat konstan sehingga absorbansi hanya berbanding langsung dengan konsentrasi dengan konsentrasi analit dalam larutan sampel.

Spektrofotometri serapan atom merupakan metode analisis unsur yang berdasarkan pada proses penyerapan tenaga radiasi oleh atom - atom yang berada pada tenaga dasar (*ground state*). Penyerapan tenaga ini menyebabkan tereksitasinya elektron-elektron dalam kulit atom ke tingkat tenaga dasar yang



menyerap tenaga radiasi tersebut. Dengan mengukur intensitas radiasi yang diteruskan (*transmitansi*) atau mengukur intensitas radiasi yang diserap (*absorbansi*), maka konsentrasi unsur dalam cuplikan dapat ditentukan.

Metode analisis ini sangat selektif, karena frekuensi radiasi yang diserap adalah karakteristik untuk setiap unsur. Radiasi yang diserap ini adalah radiasi resonansi, yaitu radiasi yang berasal dari de-eksitasi atom dari tingkat tenaga tereksitasi (*excited state*) ke tingkat tenaga dasar (*ground state*). Sebagai sumber radiasi resonansi yang digunakan adalah lampu katoda rongga (*hollow cathode lamp*) dan lampu yang digunakan harus sesuai dengan unsur yang akan dianalisis. Radiasi resonansi ini mempunyai panjang gelombang atau frekuensi yang karakteristik untuk setiap unsur (Samin, 2005).

Teknik ini adalah teknik yang paling umum dipakai untuk analisa unsur. Teknik-teknik ini didasarkan pada emisi dan absorbansi dari uap atom. Komponen kunci pada metode spektrofotometri atom adalah sistem (alat) yang dipakai untuk menghasilkan uap atom, diantaranya nyala dan *atomisasi elektrothermal*.

Secara ideal fungsi dari sistem atomisasi adalah :

1. Mengubah sembarang jenis sampel menjadi uap atom fase-gas dengan sedikit perlakuan atau tanpa perlakuan atau tanpa perlakuan awal.
2. Melakukan seperti pada point 1 untuk semua elemen (unsur) dalam sampel pada semua level konsentrasi .Agar diperoleh kondisi operasi yang identik untuk setiap elemen dan sampel.



3. Mendapatkan sinyal analitik sebagai fungsi sederhana dari konsentrasi tiap-tiap elemen yakni agar gangguan (interferensi) dan pengaruh matriks (media) sampel menjadi minimal.
4. Memberikan analisis yang teliti (*orecise*) dan tepat (*accurate*).
5. Mendapatkan harga beli, perawatan dan pengoperasian yang murah.
6. Memudahkan operasi.

2.12.2. Nyala Sebagai Sumber Uap Atom

Setiap alat spektrofotometri atom akan mencakup dua komponen utama sistem introduksi sampel dan sumber (*source*) atomisasi. Untuk kebanyakan instrument sumber atomisasi ini adalah nyala dan sampel di introduksikan dalam bentuk larutan, sampel yang masuk ke nyala dalam bentuk aerosol. Aerosol biasanya dihasilkan oleh Nebilizer (pengabut) yang dihubungkan ke nyala oleh ruang penyemprot (*Chamber spray*).

2.12.3. Jenis Nyala

Ada banyak variasi nyala yang dipakai bertahun-tahun untuk *spektrofotometri* atom. Saat ini yang menonjol dan dipakai secara luas untuk pengukuran analisis *Udara - asetilen dan Nitrous - Asitelin*.

1. Nyala udara - asetilen

Biasanya menjadi pilihan untuk analisis menggunakan AAS temperatur nyalanya lebih rendah mendorong terbentuknya atom netral dan dengan nyala yang kaya bahan bakar pembentukan oksida dari banyak unsur dapat diminimalkan.

2. Nitous Oksida-Asitelin

Dianjurkan dipakai untuk penentuan unsur-unsur yang mudah membentuk oksida dan sulit terurai. Hal ini disebabkan temperatur nyala yang dihasilkan relatif tinggi.

2.12.4. Proses Atomisasi

Proses atomisasi adalah proses perubahan sampel dalam bentuk larutan menjadi speises atom dalam nyala. Proses atomisasi akan berpengaruh terhadap hubungan antara konsentrasi atom analit dalam larutan dan sinyal yang akan diperoleh pada *detector* dan dengan demikian sangat berpengaruh terhadap sensitivitas analisis. Langkah-langkah proses atomisasi melibatkan pengkabutan, desolvasi, pencairan, volatilisasi, atomisasi, eksitasi dan ionisasi.

2.12.5. Flame Spektrofotometri Serapan Atom (F _ AAS)

Penggunaan dalam industri biasanya berasal dari bahan baku cairan/padatan yang dilarutkan dalam media cair dan diukur sesuai panjang gelombang dari lampu keluar dalam bentuk absorbansinya dibandingkan dengan standard yang dibuat. Aplikasi pada lingkungan adalah limbah yang keluar dari proses yang berbentuk cair/padatan yang dilarutkan dalam media cair. Untuk kemampuan analisis Anion sulit terukur, kation logam - logam berat berat (Cu, Ca, Al, dan lain - lain) (Basuki, 2005).



2.12.7. Cara Analisis

Ada tiga teknik yang biasa dipakai dalam analisis secara spektrofotometri adalah :

1. Metoda Standar Tunggal

Metoda sangat praktis karena hanya menggunakan satu larutan standar yang telah diketahui konsentrasinya (C_{std}). selanjutnya absorpsi standar (A_{std}) dan absorpsi larutan sampel (A_{smp}) diukur dengan spektrofotometri dari hukum Beer diperoleh :

$$A_{std} = \epsilon \cdot b \cdot C_{std} \qquad A_{smp} = \epsilon \cdot b \cdot C_{smp}$$

$$\epsilon \cdot b = \frac{A_{std}}{C_{std}} \qquad \epsilon \cdot b = \frac{A_{smp}}{C_{smp}}$$

sehingga $\frac{A_{std}}{C_{std}} = \frac{C_{smp}}{A_{smp}} \longrightarrow C_{smp} = \left(\frac{A_{smp}}{A_{std}} \right) \times C_{std} \quad \dots \text{Pers 2.1}$

Dengan mengukur absorpsi larutan sampel dan standar, konsentrasi larutan sampel dapat dihitung :

2. Metode Kurva Kalibrasi

Dalam metode ini dibuat suatu larutan standar dengan berbagai konsentrasi dan absorpsi dari larutan tersebut diukur dengan AAS. langkah selanjutnya adalah membuat grafik antara konsentrasi (C) dengan absorpsi (A) yang merupakan garis lurus melewati titik nol dengan slope = $\epsilon \cdot b$ atau slope = $a \cdot b$ konsentrasi larutan sampel dapat dicari setelah absorpsi larutan sampel diukur dan diinterpolasi ke dalam kurva kalibrasi atau dimasukkan ke dalam

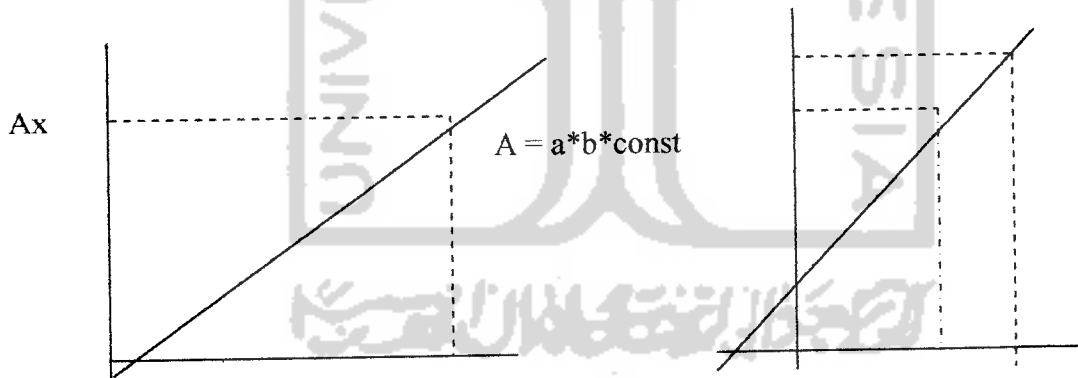


persamaan garis lurus yang diperoleh dengan menggunakan program regresi linier pada kurva kalibrasi.

3. Metoda adisi Standar

Metoda ini dipakai secara luas karena mampu meminimalkan kesalahan yang disebabkan oleh perbedaan kondisi lingkungan (matriks) sampel dan standar. dalam metoda ini dua atau lebih sejumlah volume tertentu dari sampel dipindahkan ke dalam labu takar. Satu larutan diencerkan sampai volume tertentu kemudian diukur absorbansinya tanpa ditambah dengan zat standar, sedangkan larutan yang lain sebelum diukur absorbansinya ditambah terlebih dahulu dengan sejumlah tertentu larutan standar dan diencerkan seperti pada larutan yang pertama, menurut hukum Beer akan berlaku hal - hal berikut :

$$C_x = C_s \times \left\{ \frac{a_x}{(A_t - A_x)} \right\} \quad \dots \text{Pers 2.2}$$



Gambar 2.3. Kurva Kalibrasi (kiri) dan Kurva adisi standar (kanan) dalam analisis secara spektrometri

2.13. Kuat Tekan Beton

Kuat tekan beton merupakan besarnya beban persatuan luas, yang menyebabkan benda uji beton hancur bila dibebani gaya tekan tertentu. Kekuatan



tekan beton terutama dipengaruhi oleh perbandingan air dan semennya. Semakin rendah perbandingan air dan semennya semakin tinggi kuat tekan beton.

Disamping itu kuat tekan beton pada umumnya dipengaruhi oleh hal-hal sebagai berikut :

1. Sifat - sifat dari bahan pembentuknya
2. Perbandingan bahan - bahannya
3. Cara pengadukan dan penuaan
4. Cara pemadatan
5. Perawatan selama proses pengerasan, dan
6. Umur beton

Pengujian kuat tekan/desak beton dilakukan terhadap benda uji beton dengan ukuran 7,5 x 15 cm. Pengujian beton/*concrete* berdasarkan atas benda uji berumur 28 hari.

Untuk menghitung kekuatan tekan/desak masing-masing beton dihitung dengan menggunakan rumus :

$$\sigma = \frac{P}{A} \quad \dots \text{Pers 2.3}$$

dengan: P = Beban maksimum (kg)

A = Luas penampang benda uji (cm²)

Hasil pengujian pada beton perlu diperiksa perkiraan kuat tekan dari keseluruhan benda uji beton yang telah diuji.

Sedangkan pengujian nilai kuat tekan rata-rata (*mean*) dihitung berdasarkan perhitungan sebagai berikut:



$$\sigma_{rt} = \sum \frac{\sigma}{n} \quad \dots \text{Pers 2.4}$$

dengan: n = Jumlah seluruh nilai hasil pengujian

σ = Kuat tekan beton yang didapat dari masing-masing uji (Kg/cm^2)

σ_{rt} = kuat tekan concrete/ beton rata - rata (Kg/cm^2)

Faktor-faktor yang sangat mempengaruhi kuat tekan beton adalah (Tjokrodimulyo,1995):

1. Faktor Air semen

Faktor air semen adalah perbandingan antara berat air dan berat semen dalam campuran beton.

2. Jenis Semen

Tiap jenis semen akan memberikan kuat tekan yang berbeda-beda jika digunakan dalam campuran adukan beton.

3. Jumlah Semen

Pada beton dengan fas sama, kandungan semen lebih banyak belum tentu mempunyai kekuatan lebih tinggi. Hal ini disebabkan karena jumlah air yang banyak, demikian pula pastinya, menyebabkan kandungan pori lebih banyak daripada beton dengan kandungan semen yang lebih sedikit. Jumlah semen dalam beton mempunyai nilai optimum tertentu yang memberikan kuat tekan tinggi.

4. Umur Beton

Kekuatan beton akan meningkat sejalan dengan bertambahnya umur yang dihitung sejak beton dibuat. Laju kenaikan beton mula-mula cepat, kemudian lajunya semakin lambat sebagai standar kekuatan beton adalah 28 hari.



5. Sifat Agregat

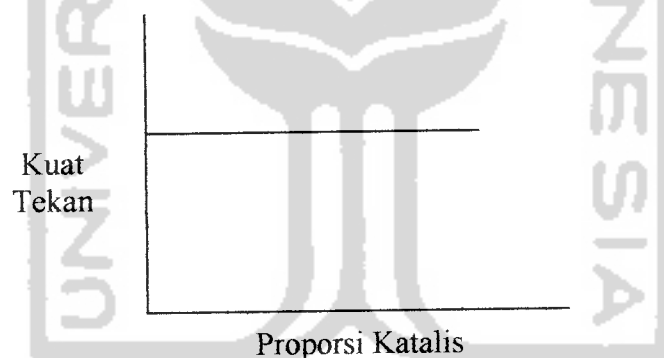
Sifat agregat yang paling berpengaruh terhadap kekuatan beton adalah kekasaran permukaan dan ukuran maksimum butir agregat.

2.14. Hipotesis

Dari tinjauan pustaka di atas maka dapat ditarik hipotesa pada penelitian kali ini. Hipotesa ini dibagi dua menurut variasi yang akan dilakukan.

a. Variasi I

Oleh karena sifat-sifat katalis yang hampir sama dengan pasir, maka diduga penggantian pasir dengan katalis tidak akan mempengaruhi kuat tekan beton.



Gambar 2.4. Hipotesa Hubungan Penambahan Proporsi Katalis terhadap Pasir dengan Uji Kuat Tekan

H₀ : Tidak terjadi perubahan kuat tekan pada penambahan katalis

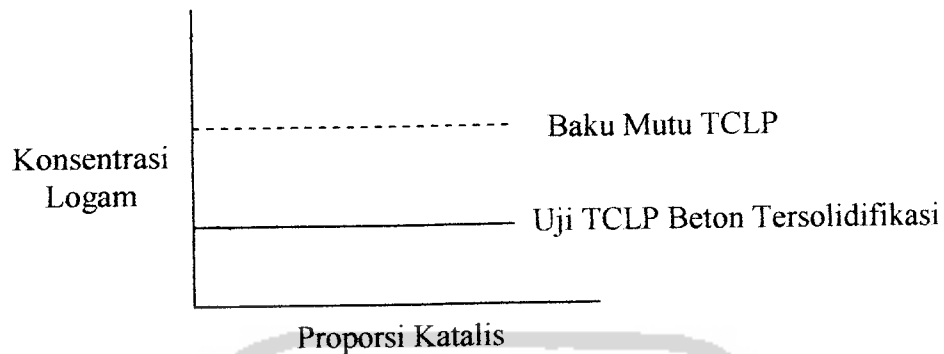
H₁ : Terjadi perubahan kuat tekan pada penambahan katalis

Dengan proses solidifikasi, maka logam akan terimobilisasi. Oleh karena itu diduga hasil Uji TCLP masih memenuhi baku mutu.

H₀ : Uji TCLP beton tersolidifikasi di bawah Baku mutu Uji TCLP



H1 : Uji TCLP beton tersolidifikasi sama atau di atas Baku Mutu Uji TCLP

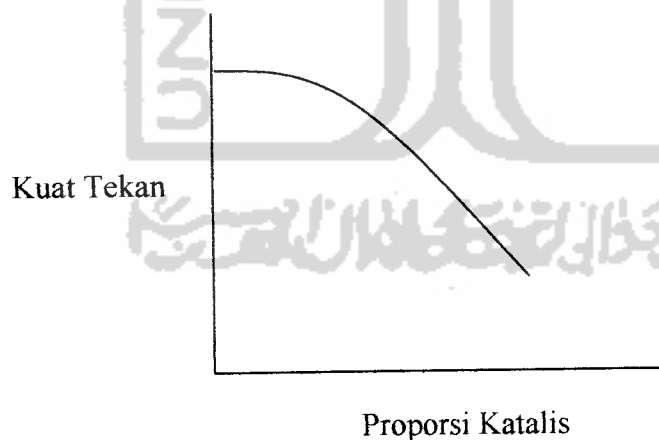


Gambar 2.5. Hipotesa Hubungan Penambahan Proporsi Katalis terhadap Pasir dengan Uji TCLP

b. Variasi II

Untuk variasi ke II komposisi katalis divariasikan terhadap semen.

Karena fungsi pengikatan oleh semen tidak dapat digantikan oleh katalis, maka diduga kuat tekan beton akan menurun seiring dengan penambahan proporsi katalis terhadap semen.



Gambar 2.6 Hipotesa Hubungan Penambahan Proporsi Katalis terhadap Semen dengan Uji Kuat Tekan

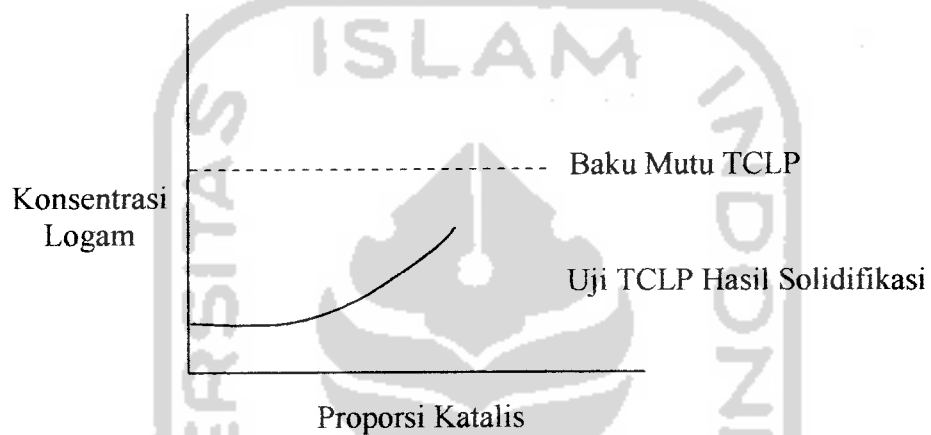
H0 : Tidak terjadi perubahan kuat tekan pada penambahan katalis



H1 : Terjadi perubahan kuat tekan pada penambahan katalis

Penurunan proporsi semen pada akhirnya akan mempengaruhi pengikatan unsur-unsur logam dalam katalis, sehingga diduga dengan penurunan jumlah semen akan mempengaruhi pula imobilisasi logam.

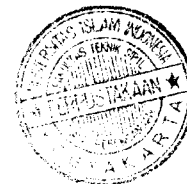
Walaupun demikian diperkirakan jumlah logam yang terlindikan masih di bawah baku mutu TCLP.



Gambar 2.7 Hipotesa Hubungan Penambahan Proporsi Katalis terhadap Semen dengan Uji TCLP

H0 : Uji TCLP beton tersolidifikasi di bawah Baku mutu Uji TCLP

H1 : Uji TCLP beton tersolidifikasi sama atau di atas Baku Mutu Uji TCLP



BAB III

METODOLOGI

3.1. Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian dilakukan di Laboratorium lingkungan -- Jurusan Teknik Lingkungan dan Laboratorium Konstruksi Teknik Sipil Universitas Islam Indonesia Jogjakarta.

3.2. Jenis Penelitian

Penelitian ini termasuk ke dalam penelitian eksperimen yang dilaksanakan dalam skala laboratorium dan skala lapangan, pada tahap akhir pelaksanaan.

3.3. Waktu penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Juli sampai dengan bulan September 2005.

3.4. Alat dan Bahan Penelitian

3.4.1. Bahan

Bahan - bahan penelitian terdiri dari :

1. Limbah yang digunakan merupakan sebagai bahan baku dalam campuran komposisi pembuatan *concrete* / Beton diambil dari sludge Exor 1 UP VI PERTAMINA Balongan Indramayu,



2. Bahan campuran Beton / concrete dengan menggunakan semen Portland

sebagai pengikat spesifikasi meliputi :

- a. Semen Portland [PC] merk Semen Serbaguna
- b. Air Bersih
- c. Agregat halus berupa pasir
- d. Agregat kasar berupa kerikil *Split* $\emptyset \pm 1$ Cm

3.4.2. Alat

Adapun alat - alat yang digunakan dalam penelitian ini, antara lain:

- a. Saringan / ayakan
- b. Timbangan
- c. Cetakan untuk Concrete ukuran tinggi 15 cm, diameter 7,5 cm
- d. Gelas Ukur
- e. Alat penumbuk
- f. Gelas Ukur
- g. Erlenmeyer
- h. Pengaduk Mekanik (*Magnetik stirrer*)
- i. Alat Uji Kuat Tekan (*Compression test*) merk Controls
- j. Alat putar (Uji TCLP)
- k. Bahan kimia untuk analisa Toksisitas (Uji TCLP)

3.5. Tahapan Penelitian

3.5.1. Analisa Karakteristik Bahan



Dalam menganalisa limbah *Spent* katalis dilakukan pemeriksaan fisik dan kimia meliputi :

1. Pengujian konsentrasi Cu, Zn, Cr, Ni, dan Pb di dalam *Spent* katalis
2. Uji fisik (berat jenis)

3.5.2. Variabel yang diteliti

1. Variabel terikat , yaitu analisis terhadap kuat tekan untuk beton dan Modulus halus, Volume, berat jenis (untuk katalis) kemudian uji TCLP untuk perlindungan.
2. Variabel bebas yaitu analisa logam berat berupa Cu, Zn, Cr, Ni, dan Pb total

3.5.3. Penentuan Komposisi Sampel

Pada penelitian ini, masing-masing variasi percobaan dibuat lima sampel beton berbentuk silinder dengan komposisi limbah katalis dan bahan-bahan pembuat beton berbeda. Variasi komposisi antara semen dan katalis divariasikan dari 0; 0,1; 0,2; 0,3; dan 0,4, dan untuk variasi antara pasir dan katalis nilai variasinya dari 0; 0,2; 0,4; 0,6; 0,8 dan 1,0. Secara lengkap komposisi bahan pembuat beton dengan penambahan limbah *Spent* katalis dapat dilihat pada tabel berikut.



Tabel 3.1. Komposisi 1 Bahan pembuat beton Variasi Semen-Katalis

No	Sampel	Komposisi Bahan Pembuat Beton (dalam satuan berat)					
		Semen	Pasir	Kerikil	Katalis	Air	Jumlah
1	F	1	2	3	0	0,5	20
2	G	0,9	2	3	0,1	0,5	13
3	H	0,8	2	3	0,2	0,5	13
4	I	0,7	2	3	0,3	0,5	13
5	J	0,6	2	3	0,4	0,5	13

Tabel 3.2. Komposisi II Bahan pembuat beton Variasi Katalis-pasir

No	Sampel	Komposisi Bahan Pembuat Beton (dalam satuan berat)					
		Semen	Pasir	Kerikil	Katalis	Air	Jumlah
1	A	1	1,8	3	0,2	0,5	13
2	B	1	1,6	3	0,4	0,5	13
3	C	1	1,4	3	0,6	0,5	13
4	D	1	1,2	3	0,8	0,5	13
5	E	1	1,0	3	1,0	0,5	13

3.6. Pelaksanaan Penelitian

3.6.1. Berat Jenis Agregat Halus

Berat jenis agregat adalah rasio antara massa padat agregat dengan massa air pada volume yang sama dan bersuhu sama.

Pada pelaksanaan uji berat jenis pasir dilaksanakan dengan urutan langkah sebagai berikut :

1. Menyiapkan agregat halus dan timbangan dengan ketelitian 0,1 gr.



2. Timbang agregat dengan berat = A gram
3. Gelas ukur didisi sebesar = B ml
4. Gelas ukur diisi air dan agregat sebesar = C ml
5. Dihitung volume agregat = $C - B = D$ ml
6. Dihitung berat jenis agregat = A/B

3.6.2. Cara Mencari Modulus HalusButir / Agregat Halus

Untuk mencari modulus halus (pasir) dilaksanakan pengukuran sebagai berikut :

1. Ambil contoh dalam kondisi kering dengan cara di oven selama 24 jam suhu $\pm 100-150^\circ$
2. Timbang contoh secukupnya untuk mengetahui berat total dan dicatat
3. Siapkan saringan yang sudah dibersihkan dan disusun dari atas ke bawah dari saringan yang terbesar sampai terkecil, ukuran saringan 10, 4.75, 2.36, 1.18, 0.60, 0.30, 0.15, pan.
4. Masukkan contoh ke dalam saringan yang tersusun dan ditutup serta di set ke mesin penggetar.
5. Hidupkan selama ± 15 menit
6. Timbang contoh di masing-masing saringan dan catat
7. Hitung berat tinggal atau yang lolos dalam prosen dan komulatifnya.

3.6.3. Pemeriksaan Berat Isi Padat (Volume Agregat)

Pemeriksaan ini bertujuan untuk menentukan hubungan antara kadar air dan kepadatan tanah dengan memadatkan di dalam cetakan silinder berukuran

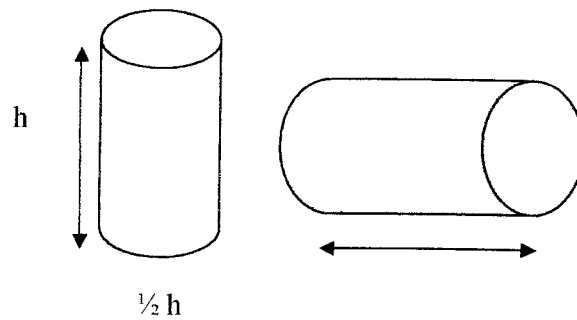


tertentu dengan menggunakan alat penumbuk 2,5 kg, berat isi padat (volume agregat) dilaksanakan pengukuran sebagai berikut:

1. Ambil contoh dalam keadaan kering
2. Timbang tabung silinder dan beri simbol W^1 (gram)
3. Masukkan agregat ke dalam tabung dan ditumbuk dengan menggunakan tongkat tumbuk $\varnothing 16$ mm dan panjang 60 cm setiap sepertiga bagian tabung sampai penuh.
4. Timbang tabung yang berisi agregat tersebut dan dicatat W^1 (gram)
5. Hitung berat isi padat dengan cara membagi berat agregat bersih dengan volume tabung.

3.6.4. Pembuatan dan Perawatan Benda Uji

1. Limbah *Spent* katalis dan bahan-bahan pembuat beton ditimbang beratnya sesuai dengan variasi komposisinya
2. Mencampurkan bahan-bahan pembuat beton ke dalam talam baja, aduk dalam kondisi kering dengan cetok sampai adukan homogen
3. Kemudian ditambahkan air dan diaduk kembali sampai rata
4. Kemudian masukkan adukan sedikit demi sedikit ke dalam cetakan beton yang berbentuk silinder sampai cetakan penuh.
5. Adukan yang telah dicetak didiamkan selama $\pm 4-8$ jam dan diletakkan pada tempat yang agak terlindungi dari sinar matahari.
6. Benda uji dilepas dari cetakan
7. Kemudian dilakukan perawatan



Gambar 3.1. Model sampel Silinder Beton Katalis

3.6.5. Perawatan Silinder Beton (Benda Uji)

Setelah adukan beton berbentuk silinder dilepaskan dari cetakan, kemudian dilakukan perawatan. Perawatan silinder beton merupakan suatu upaya untuk menjaga agar benda uji berupa beton permukaannya selalu lembab (sampai usia 28 hari).

Pada penelitian ini dilakukan perawatan Beton dengan cara sebagai berikut :

1. Setelah pencetakan beton, dan adukannya sudah menyatu (keras) beton dikeluarkan dari cetakan silinder dan diletakkan ditempat yang terlindung dari matahari
2. Setelah berumur 3 hari, beton silinder direndam ke dalam bak perendaman
3. Beton direndam selama 28 hari di dalam air

3.6.6. Pelaksanaan Pengujian Silinder Beton

Nilai kuat desak beton diperoleh melalui pangujian yang menggunakan mesin uji dengan cara memberi beban tingakat dengan kecepatan peningkatan



pada beban tertentu di atas benda uji sampai hancur. Sebagai standar kekuatan beton dipakai kuat desak beton pada umur 28 hari.

3.6.6.1. Metode Uji Kuat Tekan

Tahapan pengujian kuat desak Beton adalah sebagai berikut :

1. Benda uji yang telah memenuhi umur pengujian, kemudian diambil dan diletakkan pada mesin tekan secara otomatis
2. Mesin dihidupkan dengan penambahan beban yang konstan sebesar 2–4 Kg/cm³, dan
3. Pembebanan dilakukan sampai benda uji hancur dan dilakukan pencatatan beban maksimum yang terjadi.

3.6.6.2. Pengujian Kuat Desak / Tekan

1. Siapkan benda uji yang telah berumur 3, 14 dan 28 hari
2. Dibersihkan dan dioven dengan suhu 60°C selama 2 x 24 jam
3. Didinginkan
4. Diletakkan pada mesin uji kuat desak / tekan dengan jarak tumpuan 26 cm
5. Kuat tekan dihitung berdasarkan beban yang bekerja

3.7. Analisis Toksisitas

Dilakukan uji TCLP dan dilihat dari masing–masing perbandingan samapai seberapa besar penurunan kadar logam beratnya. Logam berat yang akan dianalisa adalah : Cr, Cu, Ni, Zn, dan Pb.



3.7.1. Prosedur Pengujian Perlindian untuk limbah Non Volatil

Pengujian perlindian untuk limbah non volatil dilakukan dengan metode TCLP. Langkah pengujian adalah sebagai berikut:

1. Menimbang sampel 100 gram, kemudian sampel dihaluskan apabila diameternya lebih dari 9,5 mm (tidak lolos standar 9,5mm).
2. Pengujian pH (Preliminary evaluation)
 - a) - Menimbang sub sampel 5 gram
 - Masukkan ke dalam *beaker glass*
 - Menambahkan 96,5 ml air destilasi
 - Menutup dengan kaca arloji dan diaduk dengan *magnetic stirer* (pengaduk mekanik) selama 5 menit
 - Mengukur pH (pH awal)
 - b) - Apabila pH langkah (a) lebih dari 5,0 maka ditambahkan 3,5 ml Hcl 1,0 N
 - Menutup dengan kaca arloji dan dipanaskan sampai 50° C selama 10 menit
 - Membiarkan sampai larutan dingin
 - Mengukur pH (pH akhir)

3.7.2. Uji TCLP

Uji TCLP dilakukan pada pecahan benda uji yang telah dan dilihat dari masing–masing perbandingan sampai seberapa besar penurunan kadar logam beratnya. Langkah–langkahnya:

1. Timbang sampel 100 gram, haluskan sampel apabila mempunyai diameter lebih dari 9,5 mm (tidak lolos saringan standar 9,5 mm)
2. Lakukan pengujian pH



- a) – Timbang sub sampel 5 gram (berasal dari sampel 100 gram)
 - Tambahkan 96,5 ml air destilasi
 - Tutup dengan kaca arloji dan aduk dengan magnetic stirer (pengaduk mekanik) selama 5 menit
 - Ukur pH
 - b) – Bila angka pH lebih dari 5,0 (pada langkah a) tambahkan 3,5 ml HCl 1,0 N
 - Tutup dengan kaca arloji dan panaskan sampai 50°C selama 50 menit
 - Biarkan larutan dingin
 - Ukur pH
3. Bila hasil 2 (a) dan 2 (b) pH-nya < 5 gunakan larutan ekstraksi 1 , dan bila hasil 2 (b) memiliki pH > 5 gunakan larutan ekstraksi 2
- a) Larutan Ekstraksi 1:

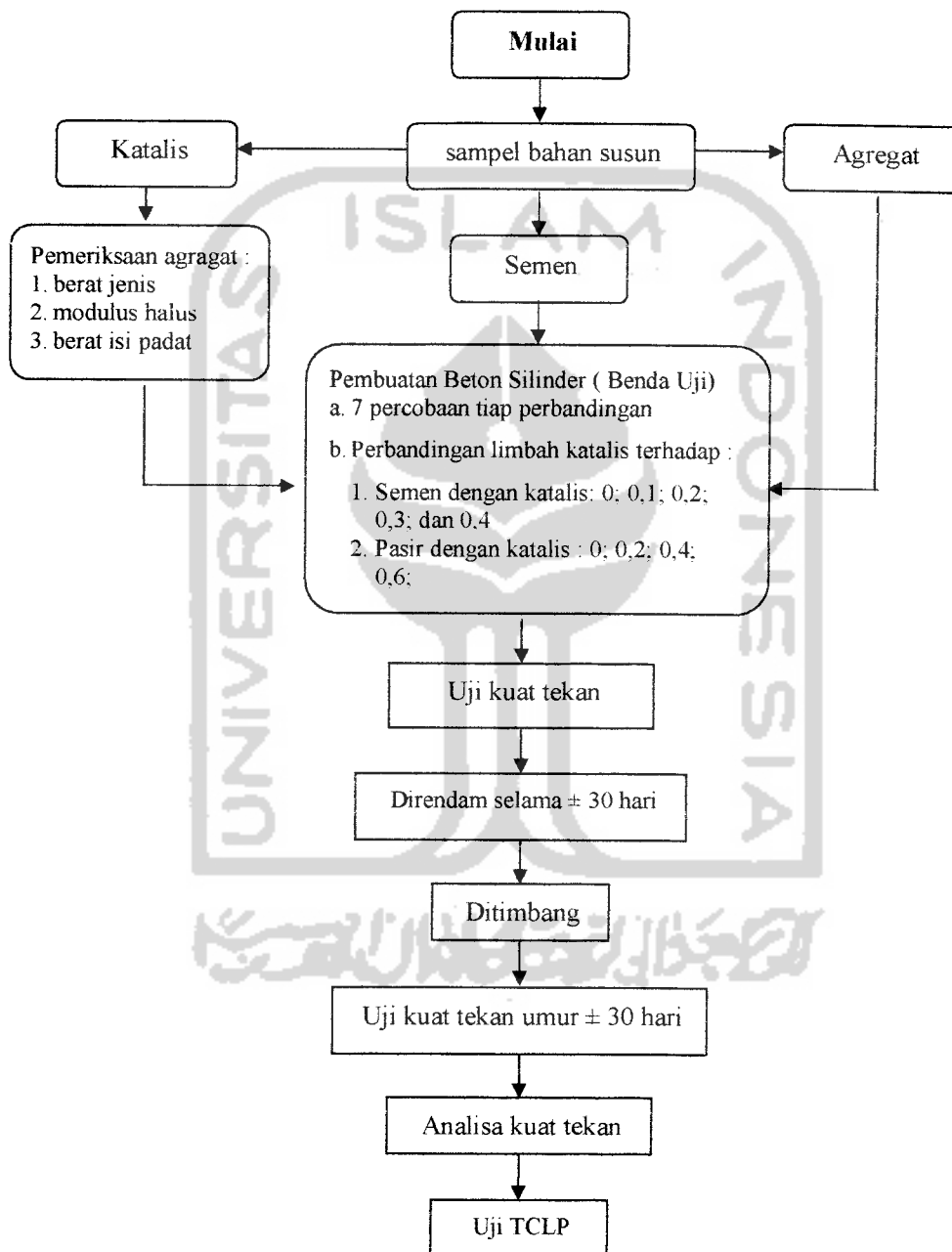
Larutan HoAc (asam Asetat) sebanyak 5,7 ml dimasukkan ke dalam 500 ml H₂O tipe 1 (aquadest) ditambahkan 64,3 ml NaOH 1,0 N. Kemudian diencerkan sampai volume 1 liter sehingga pH $4,93 \pm 0,05$
 - b) Larutan Ekstraksi 2 :

Larutan sebanyak 5,7 ml HoAc dilarutkan ke dalam H₂O tipe 2 (Bidest) sampai volume 1 liter (pH $2,88 \pm 0,05$)
4. Ekstraksi sampel dalam larutan ekstraksi yang sesuai selama 18 jam pada suhu (19 – 25)°C dengan kecepatan putaran 30 ± 2 rpm
5. Lakukan pencucian filter / kertas dengan asam lalu kemudian saring hasil ekstraksi (di atas)
6. Analisa larutan Ekstraksi



3.8. Tahapan Kerja

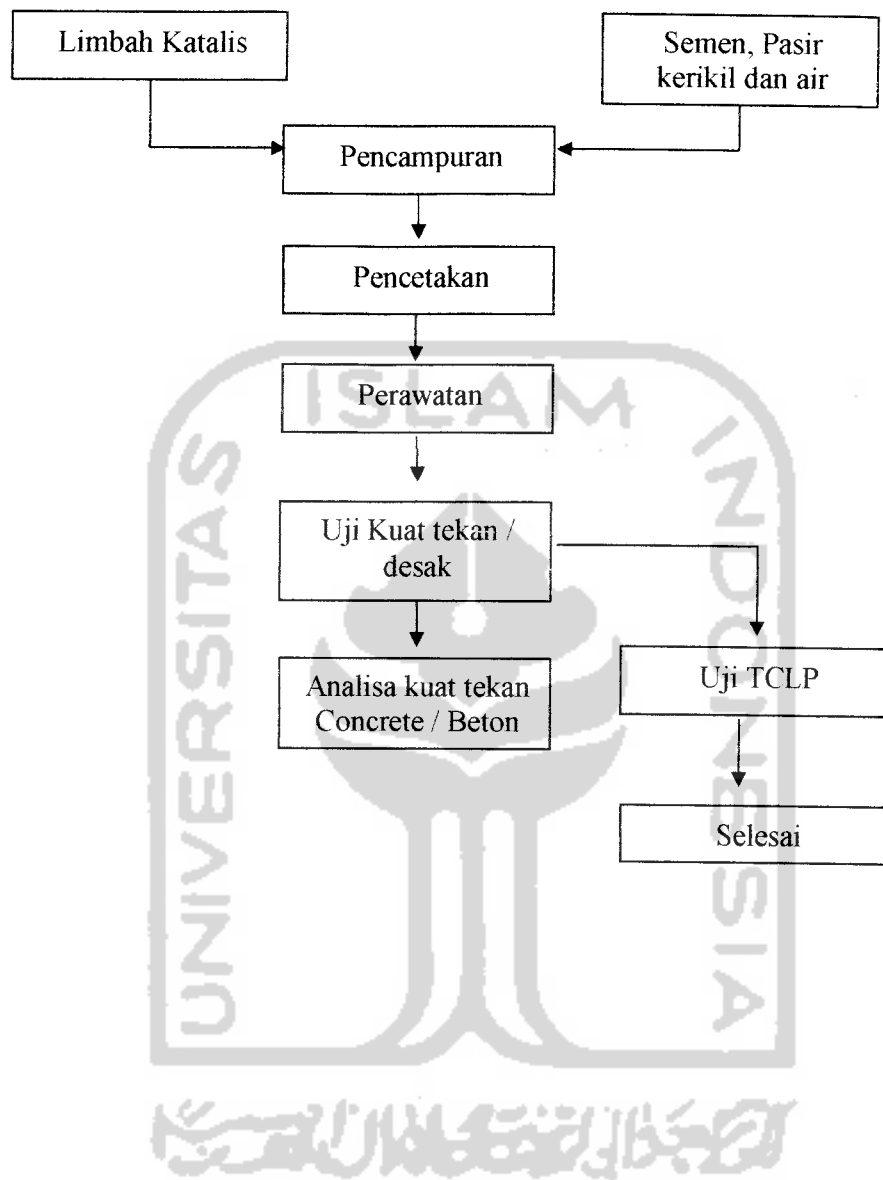
Untuk sistematika tahapan penelitian untuk pembuatan benda uji, pengujian sampel berupa beton dengan uji kuat desak dan perлиндian dengan uji TCLP sampai analisa data, disajikan pada diagram alir berikut ini :



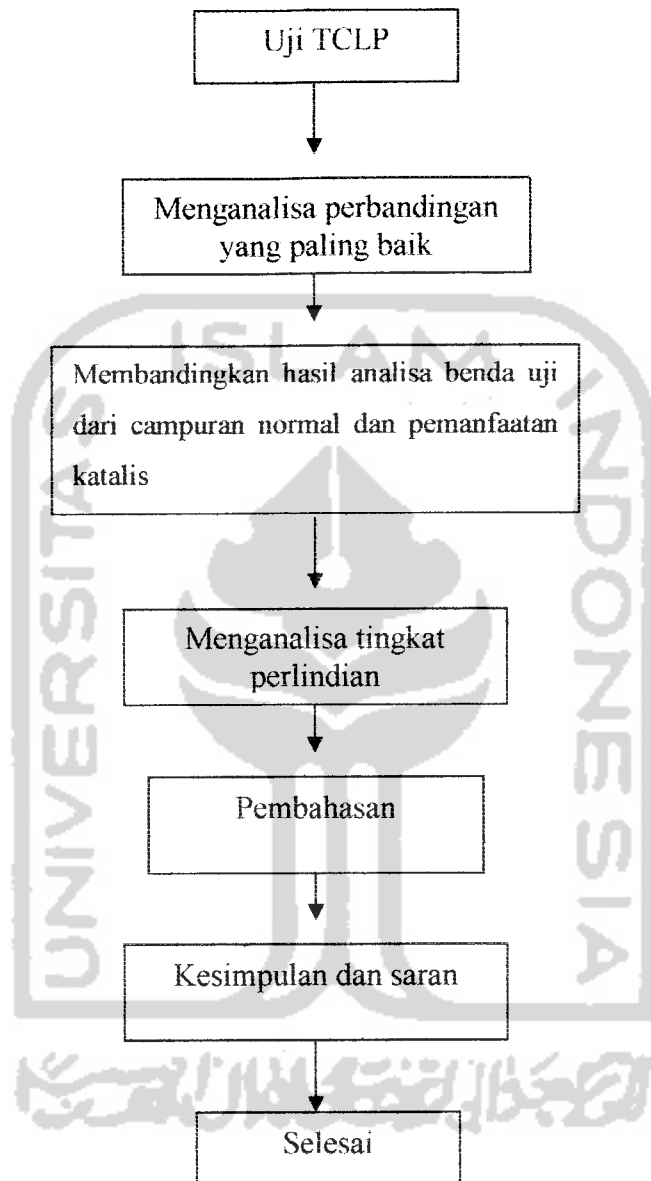
Gambar 3.2. Tahapan penelitian dan analisa data



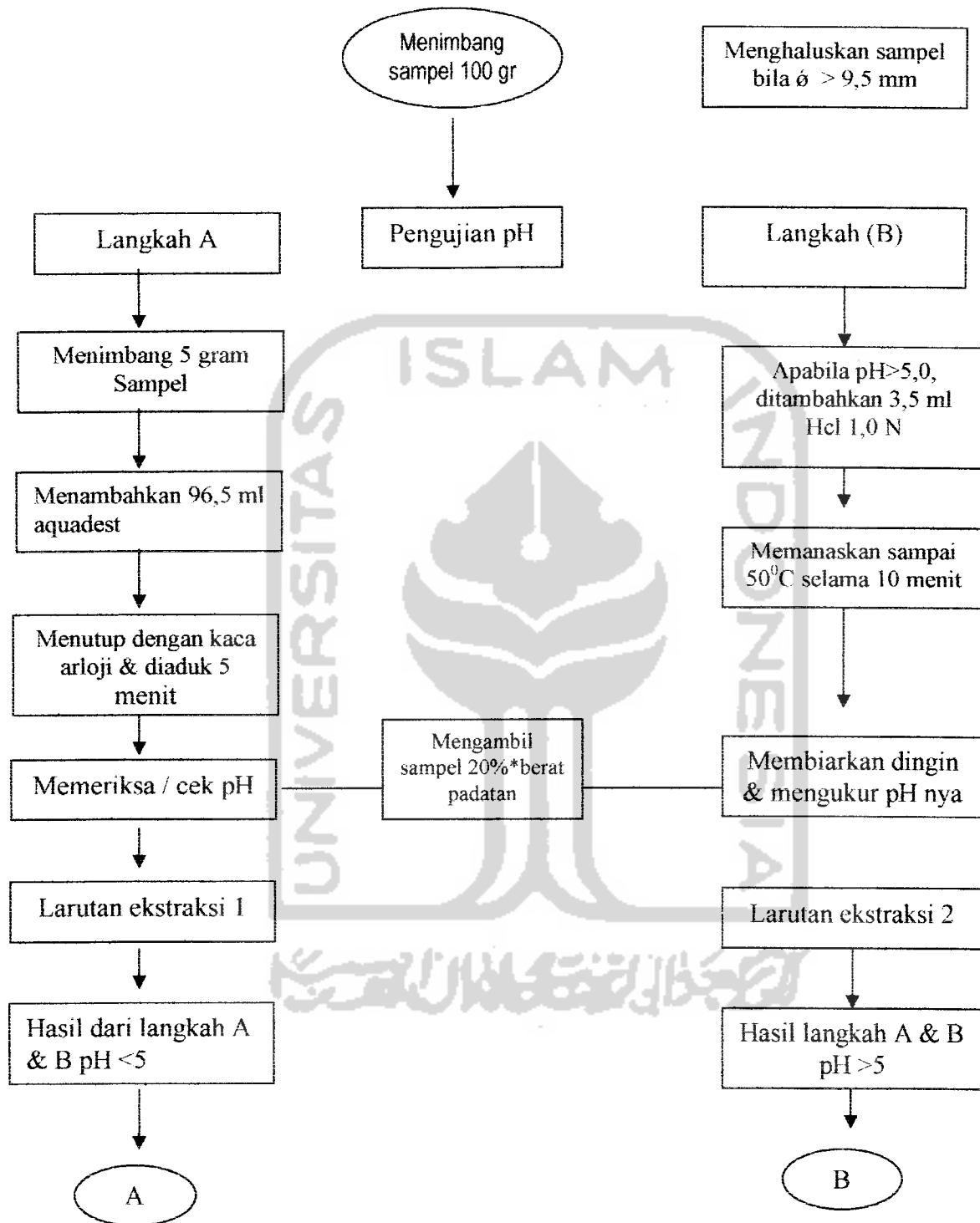
Diagram Alir Pembuatan Benda Uji



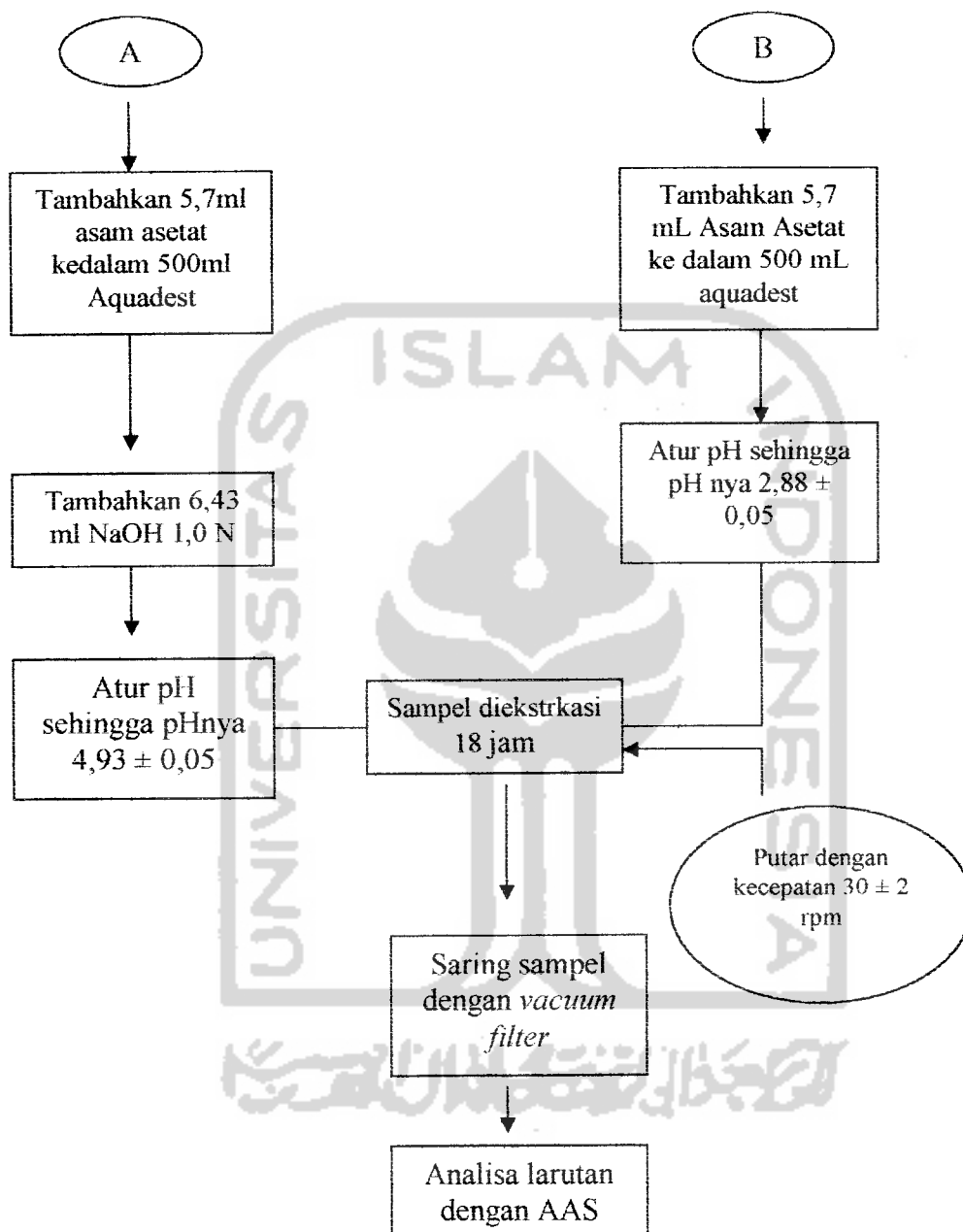
Gambar 3.3. Diagram Alir Pembuatan Benda Uji



Gambar 3.4. Diagram alir tahapan analisa data dan penyusunan laporan



Gambar 3.5. Tahapan pengujian TCLP



Gambar 3.5. Tahapan pengujian TCLP (lanjutan)

BAB IV

ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

4.1 Data Hasil Percobaan

4.1.1 Hasil Uji Fisik (Kuat Tekan)

4.1.1.1 Hasil Uji Fisik (Kuat Tekan) Untuk Variasi I

Sesuai dengan yang telah dijelaskan pada Bab III, Metode Penelitian, Variasi I lebih ditujukan untuk mengetahui beberapa sifat dari *spent catalyst* apabila digunakan sebagai material pengganti (substitusi) untuk pasir. Oleh karena itu pada Variasi I, perbandingan yang divariasikan adalah antara pasir dan katalis. Sedangkan untuk pengujian dilakukan dua tipe pengujian, yang pertama uji fisik yang dilakukan dengan uji kuat tekan, dan uji perlindungan (TCLP).

Hasil rata-rata uji kuat tekan untuk Variasi I disajikan pada Tabel 4.1, sedangkan hasil lengkap uji kuat tekan dapat dilihat pada Lampiran VI.

4.1.1.2 Hasil Uji Fisik (Kuat Tekan) Untuk Variasi II

Variasi II digunakan untuk menguji penggunaan *spent catalyst* sebagai material pengganti dari semen. Oleh karena itu variasi dilakukan dengan mengubah proporsi katalis terhadap semen. Sama halnya dengan Variasi I, pengujian dilakukan terhadap dua parameter, fisik dan kimia. Parameter fisik berupa uji kuat desak, sedangkan uji kimia berupa uji perlindungan (TCLP).



Hasil rata-rata uji kuat Tekan untuk Variasi I disajikan pada Tabel 4.2, sedangkan hasil lengkap uji kuat tekan dapat dilihat pada Lampiran VI.

Tabel 4.1 Hasil Uji Kuat Tekan Variasi I

No.	Kode Sampel	Komposisi Beton (berdasarkan berat)					Kuat Tekan (kg/cm ²)
		Semen	Pasir	Kerikil	Katalis	Air	
1	NK	1	2	3	0	0,5	216,006
2	PK=1	1	1,8	3	0,2	0,5	216,006
3	PK=2	1	1,6	3	0,4	0,5	196,604
4	PK=3	1	1,4	3	0,6	0,5	211,802
5	PK=4	1	1,2	3	0,8	0,5	222,473
6	PK=5	1	1	3	1	0,5	228,617

Sumber: Hasil uji laboratorium

Tabel 4.2 Hasil Uji Kuat Tekan untuk Variasi II

No.	Kode Sampel	Komposisi (% Berat)					Kuat Desak (kg/cm ²)
		Semen	Pasir	Kerikil	Katalis	Air	
1	NK	1	2	3	0	0,5	216,006
2	K=0.1	0,9	2	3	0,1	0,5	184,640
3	K=0.2	0,8	2	3	0,2	0,5	214,713
4	K=0.3	0,7	2	3	0,3	0,5	142,279
5	K=0.4	0,6	2	3	0,4	0,5	124,495

Sumber: Hasil uji laboratorium



4.1.2 Hasil Uji Kimia (TCLP)

Uji perlindungan dilakukan dua tahap, tahap pertama dilakukan pada katalis dan tahap kedua dilakukan untuk katalis yang telah disolidifikasi. Uji perlindungan dilakukan dengan Metode TCLP mengacu pada Uji TCLP US EPA.

Hasil uji TCLP untuk Variasi I dapat dilihat pada Tabel 4.3, dan untuk Variasi II dapat dilihat pada Tabel 4.4.

Tabel 4.3 Hasil Uji TCLP Variasi I

No.	Logam Berat	Spent Katalis	Variasi I				
			PK=1	PK=2	PK=3	PK=4	PK=5
1	Cr	18,627	0,036	0,089	0,053	0,044	0,262
2	Cu	16,734	0,049	0,056	0,060	0,045	0,060
3	Ni	12750	0,051	0,426	0,024	0,156	0,456
4	Pb	35,250	0,095	0,102	0,156	0,102	0,210
5	Zn	19,380	0,094	0,056	0,027	0,090	0,025

Sumber: Hasil pengujian laboratorium

Tabel 4.4 Hasil Uji TCLP Variasi II

No.	Logam Berat	Spent Katalis	Variasi II			
			K=0.1	K=0.2	K=0.3	K=0.4
1	Cr	18,627	0,085	0,044	0,024	0,012
2	Cu	16,734	0,079	0,041	0,052	0,049
3	Ni	12750	0,246	0,171	0,069	0,156
4	Pb	35,250	0,264	0,020	0,000	0,102
5	Zn	19,380	0,117	0,144	0,062	0,094

Sumber: Hasil pengujian laboratorium

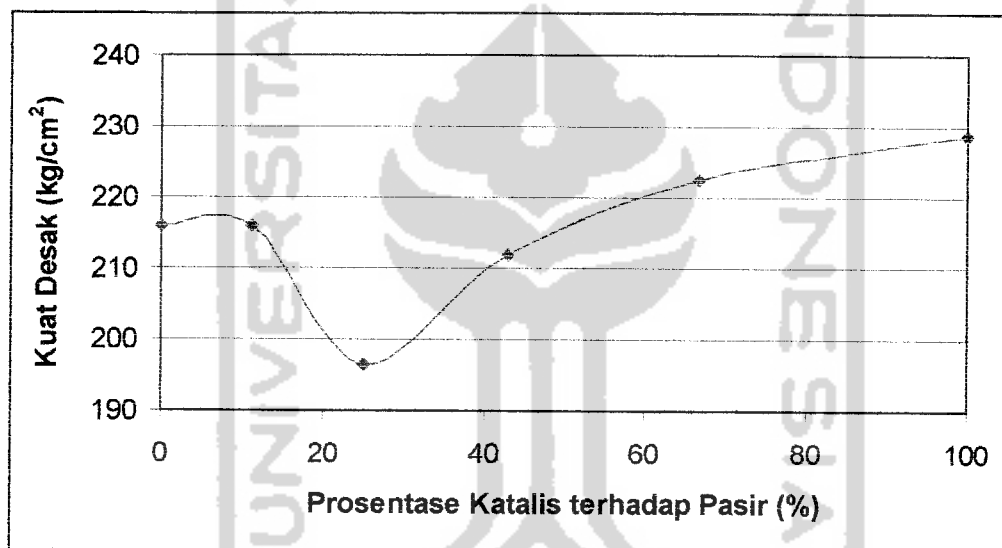


4.2 Analisa Data Hasil Percobaan

4.2.1 Hasil Uji Kuat Tekan

4.2.1.2 Hasil Uji Kuat Tekan Variasi I

Dari data hasil kuat tekan percobaan pada Tabel 4.1, apabila dilihat kecenderungannya menunjukkan tren garis menurun dan naik, dimana terjadi titik minimum (gambar 4.1). Kemudian kuat desak naik sampai dengan batas dilakukannya proporsi campuran 1:1 terhadap pasir.



Gambar 4.1 Hubungan kuat tekan Variasi I dan proporsi katalis

Untuk lebih meyakinkan apakah perbedaan rata-rata kuat tekan tersebut cukup bermakna, maka perlu dilakukan uji statistik ANOVA satu arah (Lampiran II).

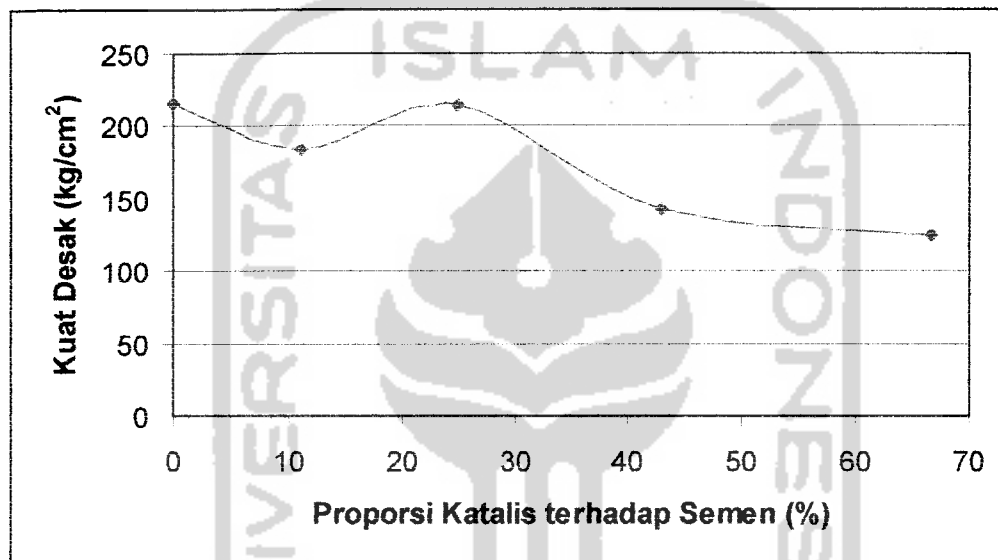
Dari Uji ANOVA didapatkan tidak ada perbedaan yang cukup bermakna pada level kepercayaan 95% untuk semua kondisi. Artinya antara kondisi tanpa



penambahan katalis dengan penambahan katalis sampai dengan perbandingan 1:1 dengan pasir, kuat tekan yang dihasilkan, secara statistik, masih sama.

4.2.1.2 Hasil Uji Kuat Tekan Variasi II

Dari data rata-rata kuat tekan percobaan pada Tabel 4.2, apabila dilihat kecenderungannya menunjukkan tren yang semakin menurun (gambar 4.2)



Gambar 4.2 Hubungan kuat tekan Variasi II dan proporsi katalis

Untuk lebih meyakinkan apakah perbedaan rata-rata kuat desak tersebut cukup bermakna, maka perlu dilakukan uji statistik ANOVA satu arah (Lampiran III).

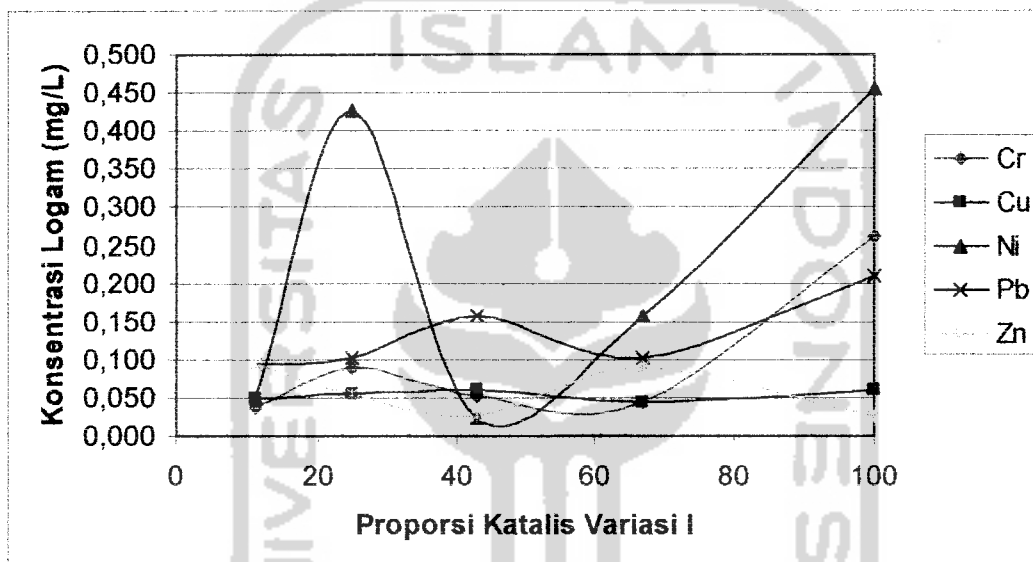
Dari Uji ANOVA didapatkan bahwa walaupun secara grafis terlihat tren yang menurun, tetapi tidak ada perbedaan yang cukup bermakna pada level kepercayaan 95% untuk, kondisi rata-rata kuat tekan untuk sub variasi 1-3. Perbedaan yang bermakna pada level 95% baru terjadi pada kondisi sub variasi 3 ke sub variasi 4.



Hal ini menunjukkan perbedaan kuattekan dengan kondisi beton tanpa katalis, mulai terjadi pada saat proporsi katalis yang digunakan untuk mengganti semen antara 0,2-0,3.

4.2.2 Uji TCLP

4.2.1 Variasi I



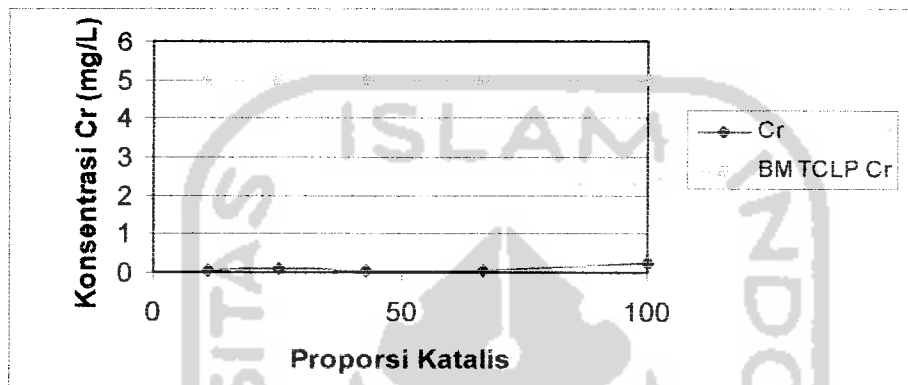
Gambar 4.3 Konsentrasi Logam Hasil Uji TCLP Variasi I

Apabila digrafikkan, maka hasil uji TCLP untuk Percobaan Variasi I, memberikan hasil yang fluktuatif dan proporsi terakhir memberikan hasil yang terbesar, kecuali untuk parameter Pb (Gambar 4.3).

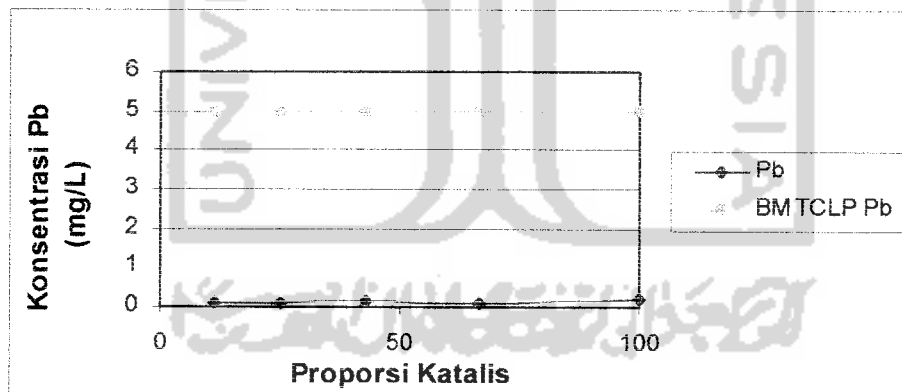
Hal ini tidaklah menjadi masalah karena hasil dari uji TCLP tersebut, dapat dilihat bila semua konsentrasi logam masih di bawah baku mutu TCLP yang disyaratkan dalam Peraturan Pemerintah No. 85/ 1999 (Gambar 4.4, 4.5, 4.6 dan 4.7).



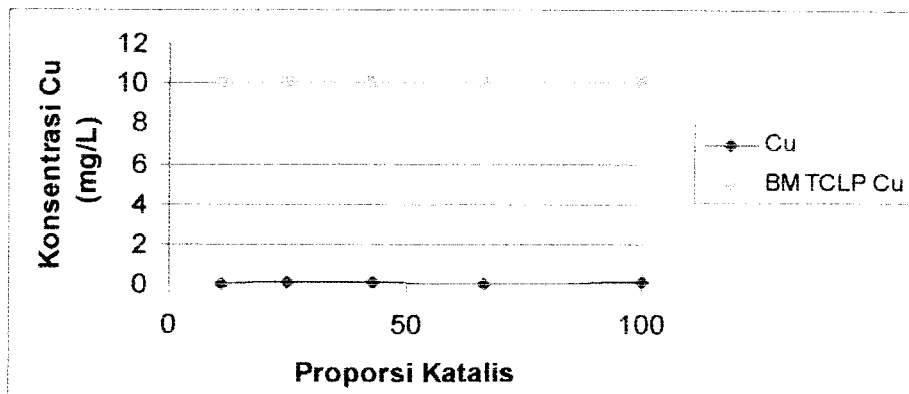
Hanya saja untuk parameter Ni tidak terdapat di baku mutu TCLP PP 85/1999, sehingga tidak dapat dibandingkan. tetapi melihat prosentasenya, maka Ni yang lepas sangat sedikit apabila dibandingkan dengan yang yang terikat dalam matriks solidifikasi.



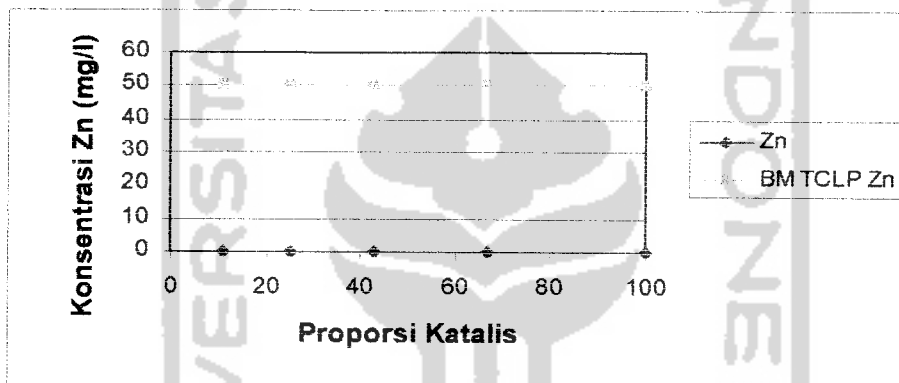
Gambar 4.4 Hasil Uji TCLP Cr Variasi I



Gambar 4.5 Hasil Uji TCLP Pb Variasi I



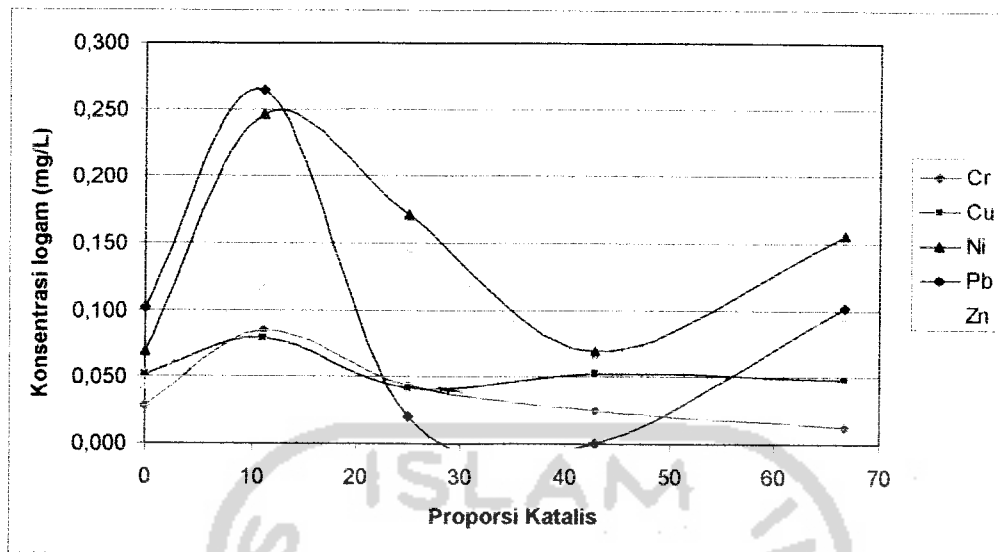
Gambar 4.6 Hasil Uji TCLP Cu Variasi I



Gambar 4.7 Hasil Uji TCLP Zn Variasi I

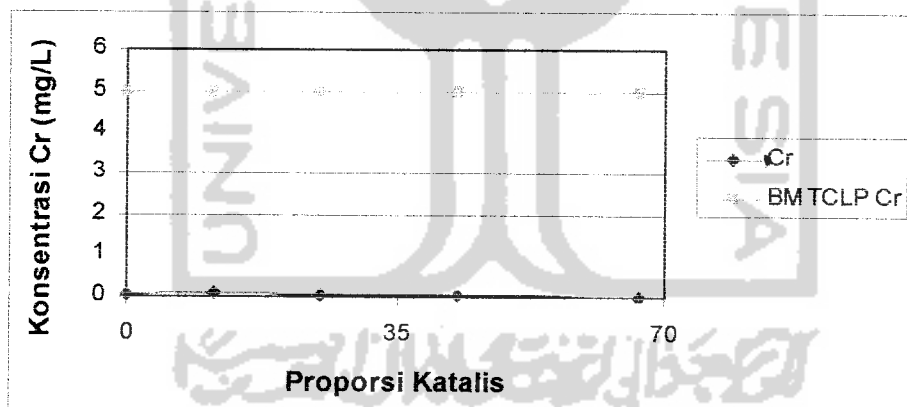
4.2.2 Variasi II

Sebagaimana hasil uji TCLP untuk Variasi I, maka hasil uji TCLP II apabila digrafikkan maka akan menghasilkan grafik yang berfluktuatif seperti yang ditunjukkan pada gambar 4.8.

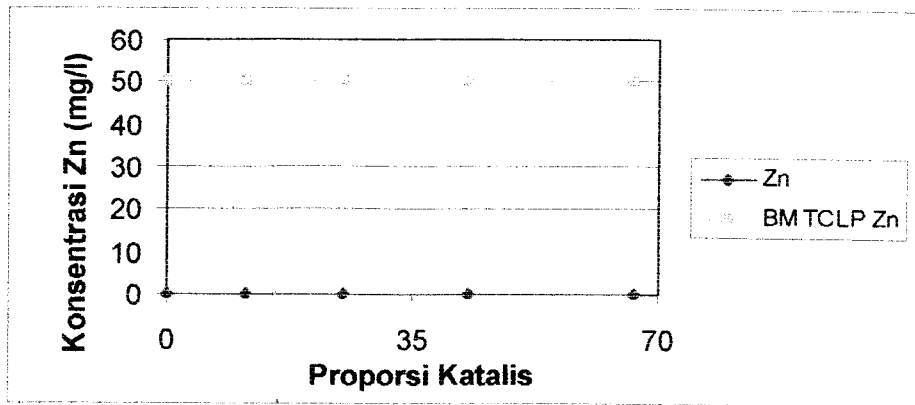


Gambar 4.8 Konsentrasi Logam Hasil Uji TCLP Variasi II

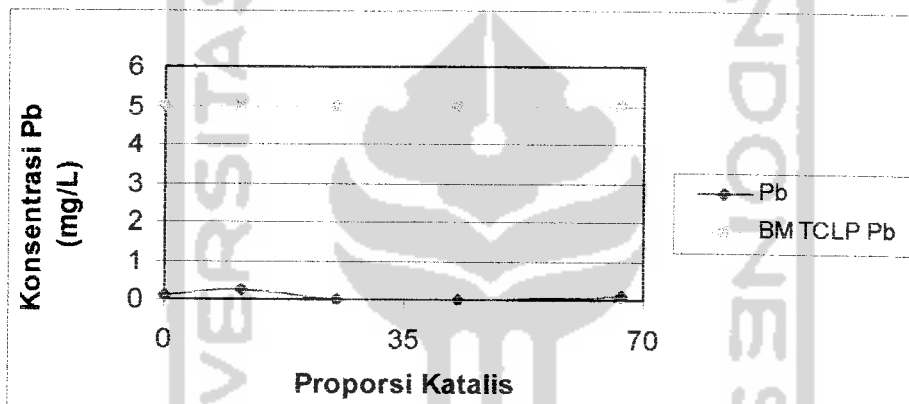
Sedangkan hasil uji TCLP untuk semua parameter logam hasil solidifikasi spent katalis menunjukkan masih di bawah baku mutu TCLP PP 85/1999.



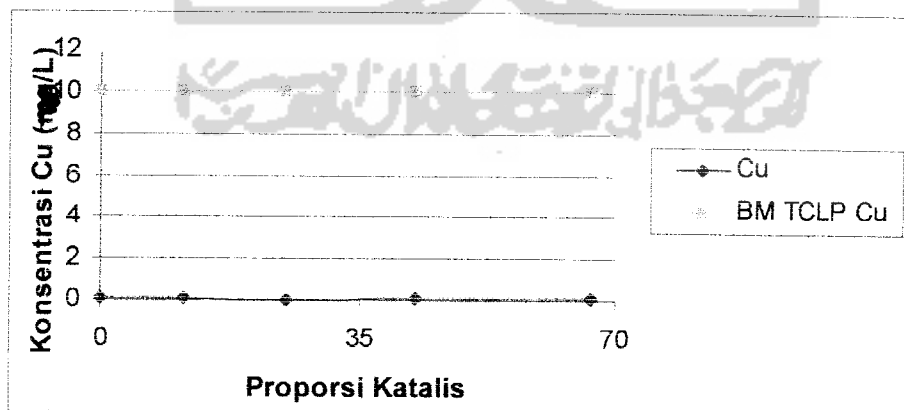
Gambar 4.9 Hasil Uji TCLP Cr Variasi II



Gambar 4.10 Hasil Uji TCLP Zn Variasi II



Gambar 4.11 Hasil Uji TCLP Pb Variasi II



Gambar 4.12 Hasil Uji TCLP Cu Variasi II



4.3 Pembahasan

4.3.1 Kondisi Kuat Tekan

Penggantian pasir, yang merupakan agregat halus pada beton, dengan spent katalis ternyata memberikan hasil kuat tekan yang tidak berbeda pada berbagai komposisi penggantian (Variasi I). Hal ini berbeda dengan Variasi II, dimana pada perbandingan tertentu antara semen dan *spent* katalis, kuat tekan beton akan menurun.

Secara teori, ini berarti spent katalis dapat menggantikan pasir sebagai agregat halus. Penggantian ini dapat terjadi karena spent katalis mempunyai persyaratan sebagai agregat halus, yaitu:

1. Bersih dan tidak mengandung zat berbahaya terhadap beton
2. Keras
3. Tidak mudah berubah bentuk
4. Tidak reaktif terhadap alkali

Sedangkan dari hasil variasi II menunjukkan fungsi spent katalis tidak dapat menggantikan fungsi semen, oleh karena *spent* katalis tidak mempunyai sifat hidrat (mengeras pada saat dicampur dengan air) seperti halnya sifat semen, sehingga penambahan spent katalis dengan mengurangi komposisi semen, justru akan mengurangi kuat tekan beton.

4.3.2 Hasil Uji TCLP

Hasil uji TCLP pada kedua variasi menunjukkan metode solidifikasi memberikan hasil yang sangat memuaskan untuk mendemobilisasi logam berat yang ada di dalam spent katalis. Hal itu ditunjukkan dengan perbandingan antara



potensi lepasan maksimal logam berat dari spent katalis dengan hasil uji TCLP untuk spent katalis yang telah disolidifikasi pada berbagai variasi (Tabel 4.3 dan 4.4). Hasil tes TCLP juga menunjukkan untuk semua variasi masih di bawah baku mutu TCLP PP 85/1999.

Variasi yang terjadi pada hasil uji TCLP dimungkinkan oleh karena beberapa hal, antara lain:

1. Percampuran yang tidak homogen antara berbagai unsur pembentuk beton dengan spent katalis. Hal ini menghasilkan pula bentuk matriks kapsulasi yang tidak seragam dalam benda uji.
2. Daya ikat yang berbeda-beda antara logam berat pada *spent* katalis dengan semen, menghasilkan pula lepasan yang berbeda-beda antar tiap jenis logam pada uji TCLP.

Hasil uji TCLP juga menunjukkan, pada Variasi II, ternyata lepasan logam tidak menurun seiring dengan penurunan jumlah semen yang digunakan. Hal ini berbeda dengan hasil uji TCLP pada variasi I, yang walaupun relatif sama berfluktuatif, tetapi seiring dengan peningkatan katalis maka logam yang terlepas juga cenderung naik.

Variasi lepasan logam oleh uji TCLP dari hasil solidifikasi spent catalyst kemungkinan dapat terjadi oleh karena mekanisme kimia dan mekanisme fisik (Lee & Lin, 1999). Mekanisme kimia antara lain termasuk pada absorpsi oleh semen hidrat, atau substitusi dan adanya solid dalam struktur hidrat.

Sedangkan fiksasi ion logam dalam semen portland kemungkinan dapat terjadi melalui 4 mekanisme (Lee & lin, 1999), yaitu:



Alasan lain yang dapat dikemukakan adalah kemungkinan terbentuknya ikatan baru antara kapur bebas dengan material silikat dalam katalis. Ikatan kimia ini menyebabkan terbentuknya senyawa baru yang dinamakan mono silikat ($\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$). Senyawa ini juga menyebabkan beton menjadi lebih padat (*impermeable*) dan lebih kuat serta tahan sulfat (Anonim,2000).



BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari hasil percobaan pemanfaatan spent katalis yang telah dilakukan, dapat ditarik beberapa kesimpulan yaitu:

1. Penggantian pasir dengan spent katalis memberikan hasil yang kuat desak yang sama sampai pada proporsi pasir dibanding spent katalis 1:1. Hal ini disebabkan oleh sifat-sifat spent katalis yang mirip dengan agregat halus.
2. Penggantian semen dengan spent katalis memberikan hasil kuat desak yang semakin menurun mulai perbandingan semen dibanding spent katalis 0,7:0,3 berdasarkan berat. Hal ini disebabkan walaupun *spent* katalis memiliki bentuk yang hampir sama dengan semen, tetapi *spent* katalis tidak mempunyai sifat pengikatan sebagaimana semen.
3. Hasil uji TCLP baik pemanfaatan *spent* katalis sebagai pengganti pasir ataupun sebagai pengganti semen masih di bawah Baku Mutu TCLP PP No. 85/1999 mengenai Pengelolaan limbah B3.

5.2 Saran

Beberapa hal yang dapat disarankan untuk penelitian selanjutnya adalah:

1. Perlu dicoba variasi yang lebih banyak terutama untuk penggantian pasir dengan *spent* katalis.



1. Perlu dicoba variasi yang lebih banyak terutama untuk penggantian pasir dengan *spent* katalis.
2. Perlu dicoba variasi penggantian *spent* katalis pada semen dan pasir secara bersamaan
3. Perlu dikaji dengan uji B3 yang lain, misalnya uji toksisitas, pada *spent* katalis.
4. Analisa ekonomi dilakukan dengan perbandingan dengan pemanfaatan *spent* katalis yang lain



DAFTAR PUSTAKA

- Anonim, 2004, *Oil and Gas Processing ChE 5234*, *www. Google. Com*, diakses 12 oktober 2005
- Anonim, 1999, Peraturan Pemerintah Nomor 18 Tahun 1999 tentang *Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun*, Sekretariat Bapedal, Jakarta
- Anonim, 1991, Sk – SNI – T – 15 – 1991 – 03 *Tata cara Perhitungan struktur Beton Untuk Bangunan Gedung*, Yayasan Lembaga Penyelidikan Masalah Bangunan Gedung, Departemen Pekerjaan Umum, Bandung
- Anonim, 1982, *Peryaratan Umum di Indonesia (PUBI – 1982)*, Departemen Pekerjaan Umum, Direktorat Jendral Cipta Karya, Direktorat Penyelidikan Masalah Bangunan, Bandung, Indonesia
- Lee & Lin, 1999, *Handbook Of Environmental Engineering Calculation*, McGraw - Hill, New York
- Lembaga Penelitian UNPAD, 2000, *Implementasi dan Sertifikasi Pemanfaatan Katalis Bekas sebagai Filler Beton Aspal dan Mineral Admixture Beton Struktur dan Non Struktur*, Laporan Perkembangan, UNPAD, Bandung
- Takdir, R., 2003, *Hukum Pengelolaan Bahan Berbahaya dan Beracun*, Airlangga University Press, Surabaya
- Tjokrodimulyo, K., 1992, *Bahan Bangunan*, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta

Tjokrodimulyo, K., 1995, *Teknologi Beton*, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta

Rochaeti & A.Subagja, 2004, Perancangan Campuran Beton dengan Bahan Tambah Admixture Conplast X – 421 M, Laporan Akhir Penelitian, Politeknik Manufaktur, Bandung



LAMPIRAN I

1. Perhitungan uji kuat desak Beton

1.1. Perhitungan uji kuat tekan Beton untuk variasi Semen terhadap katalis

Rumus Umum : $\sigma = \frac{P}{A}$

dimana : P = Beban maksimum (kg)

A = Luas penampang uji (cm²)

1.1.1. Tanpa penambahan katalis [1,0 : 0]

a) $\frac{70 \times 100}{44,17865} = 158,45$

b) $\frac{88 \times 100}{44,17865} = 199,19$

c) $\frac{94 \times 100}{44,17865} = 212,77$

d) $\frac{118 \times 100}{44,17865} = 267,10$

e) $\frac{102 \times 100}{44,17865} = 230,88$

f) $\frac{93 \times 100}{44,17865} = 210,51$

g) $\frac{103 \times 100}{44,17865} = 233,14$

1.1.2. Variasi semen terhadap katalis [0,9 : 0,1]

h) $\frac{82 \times 100}{44,17865} = 185,61$

i) $\frac{74 \times 100}{44,17865} = 167,50$

j) $\frac{85 \times 100}{44,17865} = 192,40$

k) $\frac{81 \times 100}{44,17865} = 183,35$

l) $\frac{84 \times 100}{44,17865} = 190,14$

m) $\frac{80 \times 100}{44,17865} = 181,08$

n) $\frac{85 \times 100}{44,17865} = 192,40$

1.1.4. Variasi semen terhadap katalis [0,8 : 0,2]

o) $\frac{104 \times 100}{44,17865} = 235,41$

p) $\frac{121 \times 100}{44,17865} = 273,89$

q) $\frac{120 \times 100}{44,17865} = 271,62$

r) $\frac{89 \times 100}{44,17865} = 201,45$



$$s) \frac{90 \times 100}{44,17865} = 203,72$$

$$t) \frac{64 \times 100}{44,17865} = 144,87$$

$$u) \frac{76 \times 100}{44,17865} = 172,03$$

1.1.5. Variasi semen terhadap katalis [0,7 : 0,3]

$$v) \frac{70 \times 100}{44,17865} = 158,45$$

$$w) \frac{59 \times 100}{44,17865} = 133,55$$

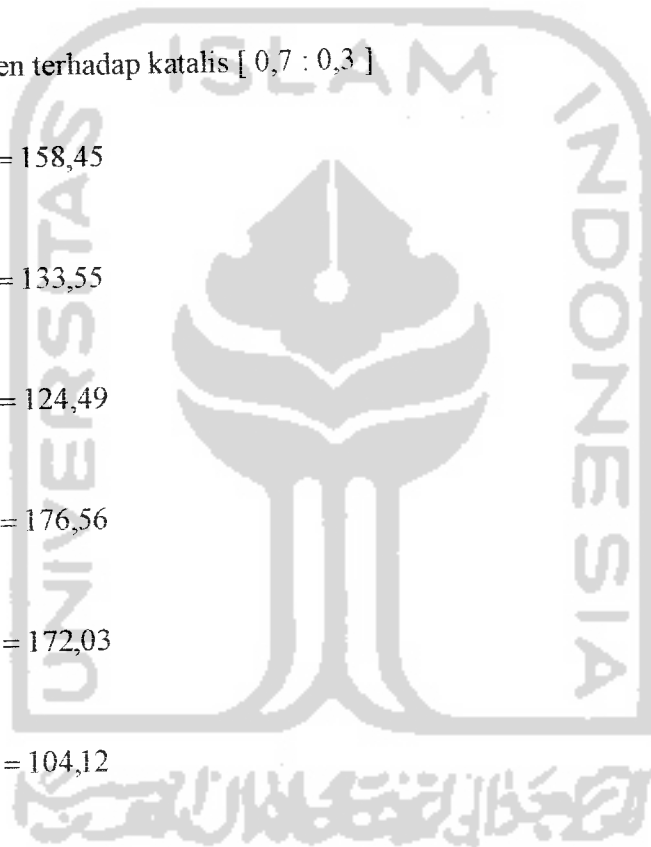
$$x) \frac{55 \times 100}{44,17865} = 124,49$$

$$y) \frac{78 \times 100}{44,17865} = 176,56$$

$$z) \frac{76 \times 100}{44,17865} = 172,03$$

$$aa) \frac{46 \times 100}{44,17865} = 104,12$$

$$ä) \frac{56 \times 100}{44,17865} = 126,76$$



1.1.6. Variasi semen terhadap katalis [0,6 : 0,4]

$$\text{cc) } \frac{62 \times 100}{44,17865} = 140,34$$

$$\text{dd) } \frac{70 \times 100}{44,17865} = 158,45$$

$$\text{ee) } \frac{54 \times 100}{44,17865} = 122,23$$

$$\text{ff) } \frac{46 \times 100}{44,17865} = 104,12$$

$$\text{gg) } \frac{53 \times 100}{44,17865} = 119,97$$

$$\text{hh) } \frac{45 \times 100}{44,17865} = 101,86$$

$$\text{ff) } \frac{70 \times 100}{44,17865} = 158,45$$

1.2.1. Perhitungan uji kuat tekan Beton Variasi pasir terhadap katalis [1,8 : 0,2]

$$\text{a) } \frac{85 \times 100}{44,17865} = 192,40$$

$$\text{b) } \frac{94 \times 100}{44,17865} = 212,77$$

$$\text{c) } \frac{83 \times 100}{44,17865} = 187,87$$

$$\text{d) } \frac{112 \times 100}{44,17865} = 253,516$$

$$e) \frac{102 \times 100}{44,17865} = 230,88$$

$$f) \frac{90 \times 100}{44,17865} = 203,718$$

$$g) \frac{102 \times 100}{44,17865} = 230,88$$

1.2.2. Perhitungan uji kuat tekan Beton Variasi pasir terhadap katalis [1,6 : 0,4]

$$h) \frac{100 \times 100}{44,17865} = 226,35$$

$$i) \frac{77 \times 100}{44,17865} = 174,29$$

$$j) \frac{100 \times 100}{44,17865} = 226,35$$

$$k) \frac{71 \times 100}{44,17865} = 160,711$$

$$l) \frac{75 \times 100}{44,17865} = 169,76$$

$$m) \frac{90 \times 100}{44,17865} = 203,72$$

$$n) \frac{95 \times 100}{44,17865} = 215,035$$

1.2.3. Perhitungan uji kuat tekan Beton Variasi pasir terhadap katalis [1,4 : 0,6]

$$o) \frac{105 \times 100}{44,17865} = 237,67$$

$$p) \frac{98 \times 100}{44,17865} = 221,83$$

$$q) \frac{75 \times 100}{44,17865} = 169,76$$

$$r) \frac{80 \times 100}{44,17865} = 181,08$$

$$s) \frac{90 \times 100}{44,17865} = 203,71$$

$$t) \frac{107 \times 100}{44,17865} = 242,198$$

$$u) \frac{100 \times 100}{44,17865} = 226,35$$

1.2.4. Perhitungan uji kuat tekan Beton Variasi pasir terhadap katalis [1,2 : 0,8]

disajikan pada tabel berikut

PK=0.8	70	158.4475759
	105	237.6713639
	83	187.8735543
	110	248.9890479
	92	208.2453855
	122	276.1514895
	106	239.9349007

1.2.5. Perhitungan uji kuat tekan Beton Variasi pasir terhadap katalis [1,0 : 1,0]

disajikan pada tabel berikut

PK=1.0	95	215.0359959
	94	212.7724591
	108	244.4619743
	120	271.6244159
	112	253.5161215
	113	255.7796583
	65	147.1298919

Uji ANOVA Variasi I Pasir Katalis

0 katalis	0.4 katalis
158,448	226,354
199,191	174,292
212,772	226,354
267,097	160,711
230,881	169,765
210,509	203,718
233,144	215,036

H0 : tidak ada perbedaan
 H1 : ada perbedaan

Anova: Single Factor

SUMMARY

Groups	Count	Sum	Average	Variance
Column 1	7	1512,043	216,0061	1126,948
Column 2	7	1376,23	196,6043	777,8111

ANOVA

Source of Variation	SS	df	MS	F	P-value	F crit
Between Groups	1317,496845	1	1317,497	1,383374	0,262334	4,747225
Within Groups	11428,55318	12	952,3794			
Total	12746,05003	13				

Uji ANOVA Variasi I Pasir Katalis

0.4 katalis	1 katalis
226,354	215,036
174,292	212,772
226,354	244,462
160,711	271,624
169,765	253,516
203,718	255,780
215,036	147,130

H0 : tidak ada perbedaan
 H1 : ada perbedaan

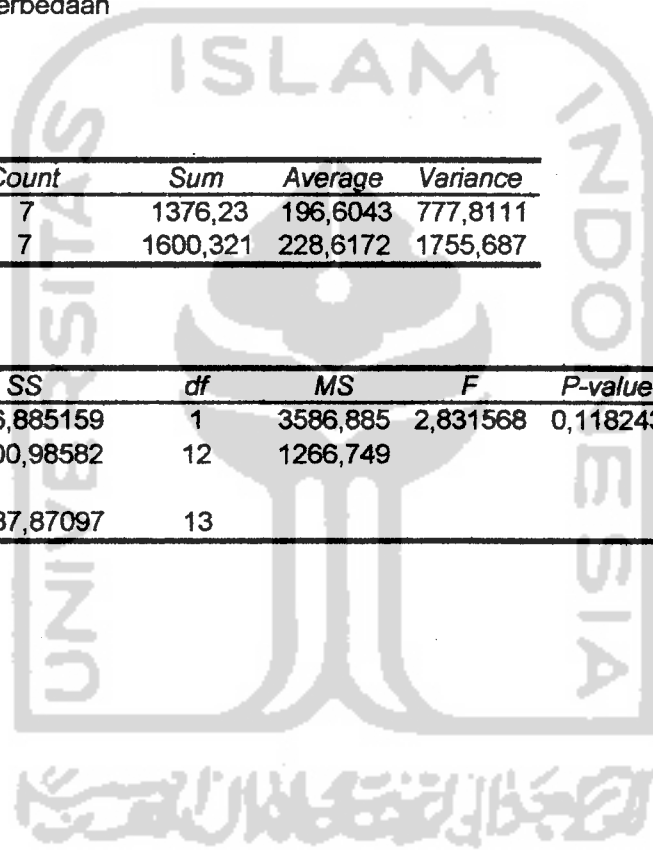
Anova: Single Factor

SUMMARY

Groups	Count	Sum	Average	Variance
Column 1	7	1376,23	196,6043	777,8111
Column 2	7	1600,321	228,6172	1755,687

ANOVA

Source of Variation	SS	df	MS	F	P-value	F crit
Between Groups	3586,885159	1	3586,885	2,831568	0,118243	4,747225
Within Groups	15200,98582	12	1266,749			
Total	18787,87097	13				



Variasi II Semen Katalis

0 katalis	0,1 katalis
158,45	185,610
199,19	167,502
212,77	192,401
230,88	183,346
210,51	190,137
233,14	181,083
	192,401

H0 : tidak ada perbedaan
 H1 : ada perbedaan

Anova: Single Factor

SUMMARY

Groups	Count	Sum	Average	Variance
Column 1	6	1244,945	207,4909	743,2634
Column 2	7	1292,48	184,6399	76,61

ANOVA

Source of Variation	SS	df	MS	F	P-value	F crit
Between Groups	1686,996529	1	1686,997	4,443741	0,058778	4,844336
Within Groups	4175,977035	11	379,6343			
Total	5862,973565	12				

Variasi II Semen Katalis

katalis
8,448
3,549
4,495
6,556
2,029
4,123
5,758

0 katalis	0,2 katalis
158,448	235,408
199,191	273,888
212,772	271,624
267,097	201,455
230,881	203,718
210,509	144,866
233,144	172,029

ada perbe
bedaan

H0 : tidak ada perbedaan
H1 : ada perbedaan

Anova: Single Factor

SUMMARY

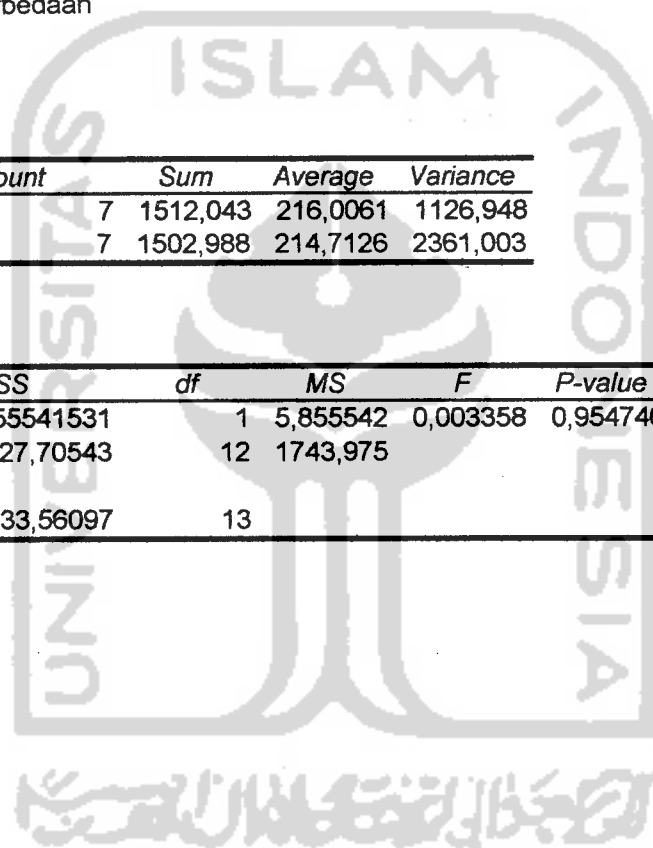
ount

Groups	Count	Sum	Average	Variance
Column 1	7	1512,043	216,0061	1126,948
Column 2	7	1502,988	214,7126	2361,003

ANOVA

SS
62,9782
76,7055
39,6837

Source of Variation	SS	df	MS	F	P-value	F crit
Between Groups	5,855541531	1	5,855542	0,003358	0,954746	4,747225
Within Groups	20927,70543	12	1743,975			
Total	20933,56097	13				





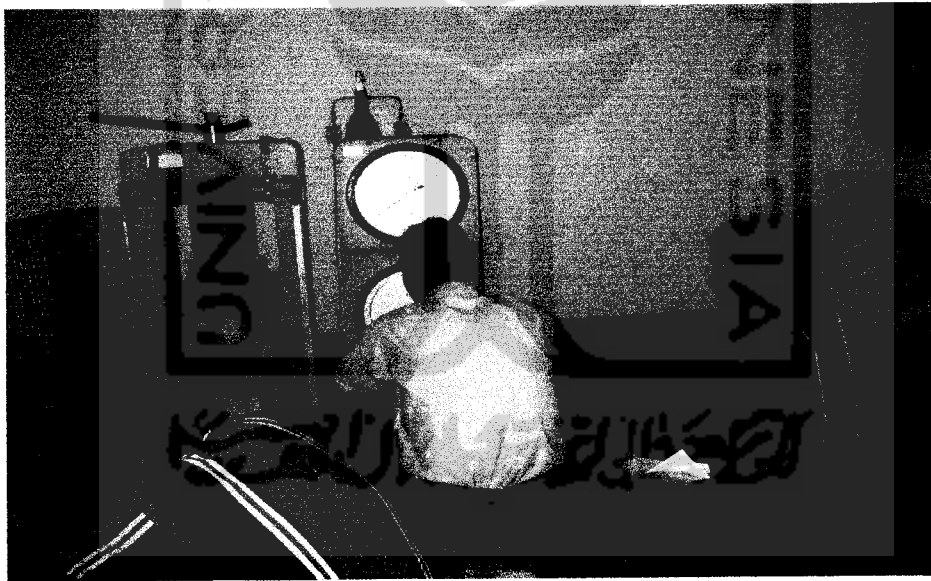
Gambar 4.3. Sampel Beton Silinder dalam Cetakan



Gambar 4.4. Sampel Beton Silinder setelah dikeluarkan dari cetakan



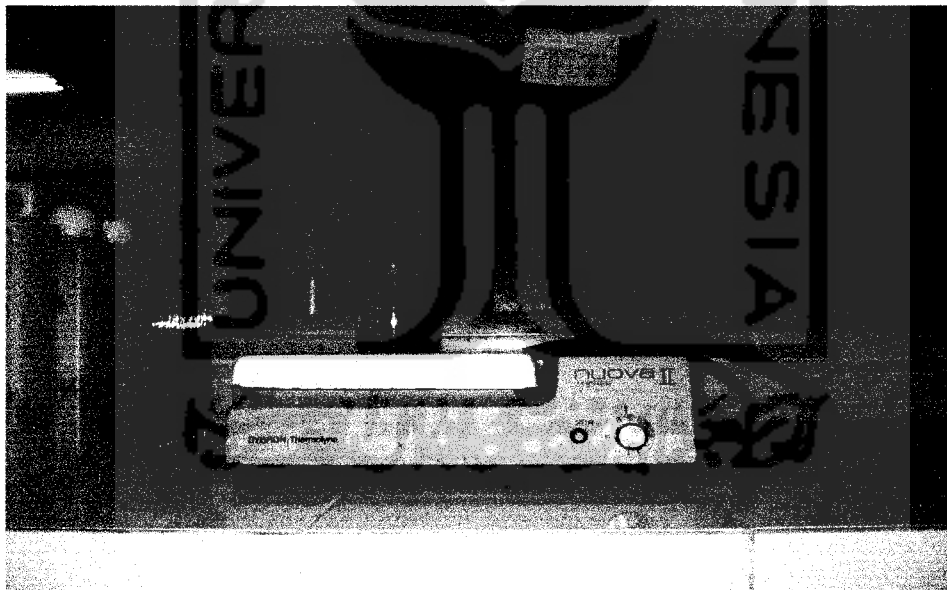
Gambar 4.5. Alat pengujian kuat tekan



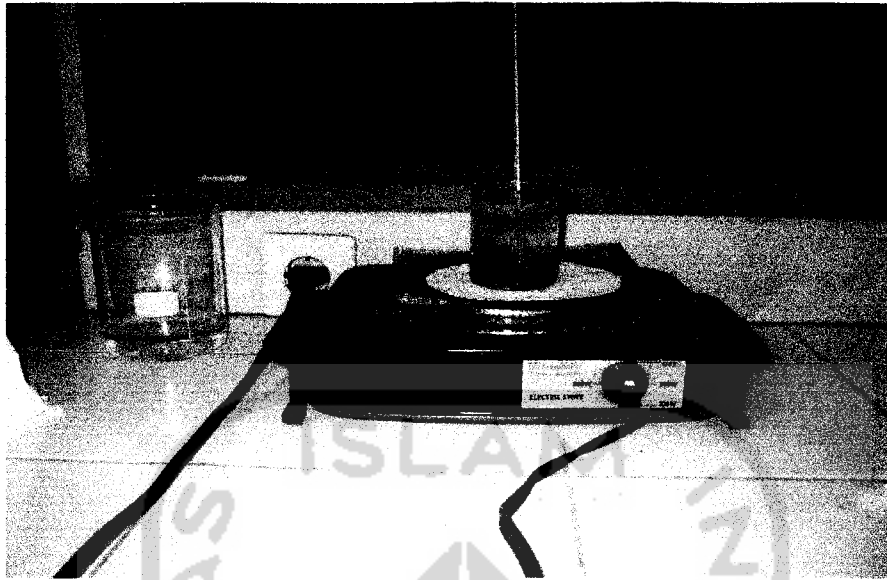
Gambar 4.7. Pencatatan angka bacaan alat dari uji kuat tekan



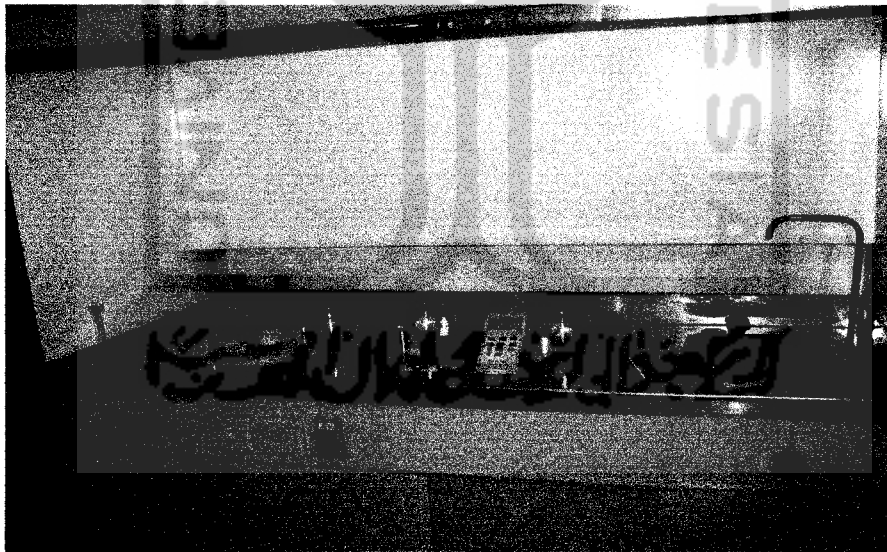
Gambar 4.8. Persiapan Alat dan bahan untuk Ekstraksi



Gambar 4.9. Pengadukan sampel dengan *Magnetic stirrer*



Gambar 4.10. Pemanasan sampel



Gambar 4.11. Pengukuran pH dan penambahan HNO_3



Gambar 4.12. Sampel Disaring untuk Ekstraksi



Gambar 2.13. Sampel diekstraksi selama 18 jam

LAMPIRAN V: PP NO. 85 TAHUN 1999 Mengenai Pengelolaan Limbah B3

KODE LIMBAH	PARAMETER	KONSENTRASI DALAM EKSTRAKSI LIMBAH (mg/l)
04001	Aldrin + Dieldrin	0,07
04002	Arsen	5,0
04003	Batu bara	100,0
04004	Benzene	0,5
04005	Borax	500,0
04006	Cadmium	1,0
04007	Campuran Tetrachlor de	0,5
04008	Chlordane	0,03
04009	Chlorobenzene	100,0
04010	Chloroform	6,0
04011	Chromium	5,0
04012	Copper	17,0
04013	o-Cresol	200,0
04014	m-Cresol	200,0
04015	p-Cresol	200,0
04016	Total Cresol	200,0
04017	Cyanida (free)	200,0
04018	2,4-D	10,0
04019	1,4-Dichlorobenzene	7,5
04020	1,2-Dichloroethane	0,5
04021	1,1-Dichloroethylene	0,7
04022	2,4-Dinitrochlorobenzene	0,13
04023	Endrin	0,02
04024	Fluorides	150,0
04025	Heptachlor + Heptachlor Epoxide	0,300
04026	Hexachlorbenzene	0,13
04027	Hexachlormethane	0,5
04028	Hexachloroethane	3,0
04029	Lead	5,0
04030	Lindane	0,4
04031	Mercury	0,2
04032	Methoxychlor	10,0
04033	Methyl Ethyl Ketone	200,0
04034	Methyl Parathion	0,7
04035	Nitrate + Nitrite	1000,0
04036	Nitrite	100,0
04037	Nitrobenzene	2,0
04038	Nitrobenzene	2,0
04039	Nitrotrichloroacetic acid	5,0
04040	Perchloroethylene	100,0
04041	Pyridine	5,0
04042	Partho	3,5
04043	PCEs	0,3
04044	Selenium	1,0
04045	Sivar	5,0
04046	Tetrachloroethane (PCE)	0,7
04047	Toxolene	0,5
04048	Trichloroethylene (TCE)	0,5
04049	Trichloroethylene	25,0
04050	2,4,5-Trichlorophenol	100,0
04051	2,4,6-Trichlorophenol	2,0
04052	2,4,5-TP (Silvex)	1,0
04053	Vinyl Chloride	0,2
04054	Zinc	50,0



LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Jl. Kalurang Km. 14,4 ☎ (0274) 895707, 895042 Fax. (0274) 895330 Yogyakarta

DATA PENGUJIAN DESAK SILINDER BETON

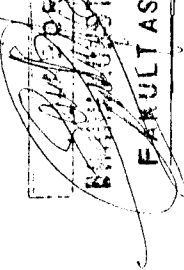
Nama Benda Uji : Silinder Beton Katalis
Keperluan : Tugas Akhir
Diperiksa Oleh : Evariyani Sulastri
Tanggal : 5 September 2005

Catatan

Yogyakarta, 7 September 2005

Mengetahui

Laboratorium BKT FTSP UH


LABORATORIUM
BKT FTSP UH
FAKULTAS TEKNIK UH



LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Jl. Kaliurang Km. 14,4 ☎ (0274) 895707, 895042 Fax. (0274) 895330 Yogyakarta

No.	Nama Sampel	Ukuran (cm)		Luas cm ²	Berat kg	Beban Maks KN
		Diameter	Tinggi			
	Non Katalis			441.5625		
1.	F1	7,5	15		2	70
2.	F2	7,5	15		2	88
3.	F3	7,5	15		2	94
4.	F4	7,5	15		2	118
5.	F5	7,5	15		2	102
6.	F6	7,5	15		2	93
7.	F7	7,5	15		2	103
	Katalis 0,1			441.5625		
1.	G1	7,5	15		2	82
2.	G2	7,5	15		2	74
3.	G3	7,5	15		2	85
4.	G4	7,5	15		2	81
5.	G5	7,5	15		2	84
6.	G6	7,5	15		2	80
7.	G7	7,5	15		2	85


LABORATORIUM
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA



LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Jl. Kaliurang Km. 14,4 ☎ (0274) 895707, 895042 Fax. (0274) 895330 Yogyakarta

No.	Nama Sampel	Ukuran (cm)		Luas cm ²	Berat kg	Beban Maks KN
		Diameter	Tinggi			
Katalis 0,2						
1.	H1	7,5	15	441.5625	2	104
2.	H2	7,5	15		2	121
3.	H3	7,5	15		2	120
4.	H4	7,5	15		2	89
5.	H5	7,5	15		2	90
6.	H6	7,5	15		2	64
7.	H7	7,5	15		2	76
Katalis 0,3						
441.5625						
1.	I ₁	7,5	15	441.5625	2	70
2.	I ₂	7,5	15		2	59
3.	I ₃	7,5	15		2	55
4.	I ₄	7,5	15		2	78
5.	I ₅	7,5	15		2	76
6.	I ₆	7,5	15		2	46
7.	I ₇	7,5	15		2	56


LABORATORIUM
FAKULTAS TEKNIK UHI



**LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**

Jl. Kaliurang Km. 14,4 ☎ (0274) 895707 , 895042 Fax. (0274) 895330 Yogyakarta

No.	Nama Sampel	Ukuran (cm)		Luas cm ²	Berat kg	Beban Maks KN
		Diameter	Tinggi			
	Katalis 0,4			441.5625		
1.	J1	7,5	15		2	62
2.	J2	7,5	15		2	70
3.	J3	7,5	15		2	54
4.	J4	7,5	15		2	46
5.	J5	7,5	15		2	53
6.	J6	7,5	15		2	45
7.	J7	7,5	15		2	70
	Pasir Katalis 0,2			441.5625		
1.	A1	7,5	15		1,8	85
2.	A2	7,5	15		1,8	94
3.	A3	7,5	15		1,8	83
4.	A4	7,5	15		1,8	112
5.	A5	7,5	15		1,8	102
6.	A6	7,5	15		1,8	90
7.	A7	7,5	15		1,8	102

LABORATORIUM
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA



LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Jl. Kaliurang Km. 14,4 ☎ (0274) 895707, 895042 Fax. (0274) 895330 Yogyakarta

No.	Nama Sampel	Ukuran (cm)		Luas cm ²	Berat kg	Beban Maks KN
		Diameter	Tinggi			
	Pasir Katalis 0,4			441.5625		
1.	B1	7,5	15		1,8	100
2.	B2	7,5	15		1,8	77
3.	B3	7,5	15		1,9	100
4.	B4	7,5	15		1,8	71
5.	B5	7,5	15		1,9	105
6.	B6	7,5	15		1,8	90
7.	B7	7,5	15		1,8	95
	Pasir Katalis 0,6			441.5625		
1.	C1	7,5	15		1,8	105
2.	C2	7,5	15		1,8	98
3.	C3	7,5	15		1,8	75
4.	C4	7,5	15		1,8	80
5.	C5	7,5	15		1,8	90
6.	C6	7,5	15		1,8	107
7.	C7	7,5	15		1,8	100

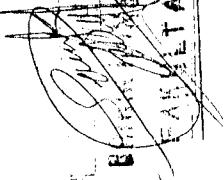
LABORATORIUM
KONSTRUKSI TEKNIK
FAKULTAS TEKNIK UIN



LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Jl. Kaliurang Km. 14,4 ☎ (0274) 895707 ; 895042 Fax. (0274) 895330 Yogyakarta

No.	Nama Sampel	Ukuran (cm)		Luas cm ²	Berat kg	Beban Maks KN
		Diameter	Tinggi			
	Pasir Katalis 0,8			441.5625		
1.	D1	7,5	15		1,8	70
2.	D2	7,5	15		1,8	105
3.	D3	7,5	15		1,8	83
4.	D4	7,5	15		1,9	110
5.	D5	7,5	15		1,8	92
6.	D6	7,5	15		1,9	122
7.	D7	7,5	15		1,8	106
	Pasir Katalis 1,0			441.5625		
1.	E1	7,5	15		1,8	95
2.	E2	7,5	15		1,8	94
3.	E3	7,5	15		1,8	108
4.	E4	7,5	15		1,8	120
5.	E5	7,5	15		1,8	112
6.	E6	7,5	15		1,8	113
7.	E7	7,5	15		1,8	65


LABORATORIUM
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA



No. : 976/HA-KA/10/05
 Pengirim : Mohd. Jazuli Iman Setia, Pogung Lor 4B Yogyakarta
 Jumlah sampel : 23
 Penentuan : Kadar Cr, Cu, Ni, Pb dan Zn.
 Tgl. Analisis : 04 Oktober 2005

NO	KODE SAMPEL	PARA METER	HASIL PENGUKURAN (ppm)			METODE
			I	II	III	
1.	Co	Cr	0,127	0,146	0,117	Atomic Absorption Spect
2.		Cu	0,155	0,155	0,143	"
3.		Ni	0,621	0,800	0,441	"
4.		Pb	0,102	0,020	0,102	"
5.		Zn	0,744	0,710	0,729	"
6.	C2	Cr	0,146	0,088	0,156	"
7.		Cu	0,132	0,132	0,166	"
8.		Ni	1,025	0,800	0,755	"
9.		Pb	0,183	0,102	0,102	"
10.		Zn	0,493	0,507	0,512	"
11.	C3	Cr	0,098	0,040	0,040	"
12.		Cu	0,086	0,086	0,086	"
13.		Ni	1,250	1,160	1,025	"
14.		Pb	0,020	0,102	ttd	"
15.		Zn	0,152	0,147	0,150	"
16.	C4	Cr	0,098	0,069	0,117	"
17.		Cu	0,098	0,098	0,086	"
18.		Ni	1,295	1,340	1,205	"
19.		Pb	0,183	0,264	0,264	"
20.		Zn	0,379	0,386	0,357	"
21.	Keramik	Cr	ttd	0,002	ttd	"
22.		Cu	0,109	0,075	0,041	"
23.		Ni	ttd	ttd	0,036	"
24.		Pb	0,110	0,102	0,020	"
25.		Zn	0,058	0,049	0,046	"
26.	Gypsum	Cr	0,021	0,040	0,050	"
27.		Cu	0,064	0,075	0,109	"
28.		Ni	0,531	0,665	0,890	"
29.		Pb	0,264	0,264	0,346	"
30.		Zn	0,075	0,063	0,075	"
31.	Genteng	Cr	0,156	0,165	0,185	"
32.		Cu	0,109	0,132	0,120	"
33.		Ni	1,115	1,115	1,070	"
34.		Pb	0,020	0,508	0,264	"
35.		Zn	0,164	0,174	0,191	"
36.	RCC 25%	Cr	0,021	0,012	0,012	"
37.		Cu	0,064	0,064	0,064	"
38.		Ni	0,531	0,396	0,486	"
39.		Pb	0,102	0,102	0,183	"
40.		Zn	0,036	0,049	0,056	"



HASIL UJI BERAT VOLUME

Nama Benda Uji : Katalis
Asal : Pertamina
Keperluan : Tugas Akhir
Diperiksa Oleh : 1. Febrian Abdullah
: 2. Dian Susanti
Tanggal : 3 Agustus 2005

Diameter Tabung (Cm)	Tinggi Tabung (cm)	Volume Tabung (m ³)	Brt. Sampel Awal (gr)	Brt. Sampel Akhir (gr)
8.5	16,3	924,475	890	1110
			812	1137
			813	1115
Rata-rata		924,475	838.33	1134

Berat Volume = (Brt. Sampel Awal – Brt. Sampel Akhir) / V
= (1134 - 838.33) / (924,475)
= 0.32 gr/cm³

Catatan :

Yogyakarta, 3 Agustus 2005

Mengetahui

Laboratorium BKT FTSP UII

LABORATORIUM
BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
FAKULTAS TEKNIK UII



LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
 UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Jln. Kallurang Km. 14,4 tulp. (0274) 895707, 895042 Fax. (0274) 895330 Yogyakarta.

**DATA PEMERIKSAAN
 BERAT JENIS AGREGAT HALUS**

Nama benda uji : KATALIS Di periksa Oleh :
 Asal : PERTAMINA 1. Emzita Hudaya
 Keperluan : Tugas Akhir 2. M.J Iman Setia
 Tanggal : 29 Juni 2005

- Alat – alat
 1. Gelas ukur kap 1000 ml
 2. Timbangan ketelitian
 3. Piring, sendok, Lap, Dll

	Benda Uji 1		Benda Uji 2	
Berat agregat (W)	400	Gram	400	Gram
Volume Air (V1)	600	Cc	600	Cc
Volume Air + Agregat (V2)	795		740	
Berat Jenis (Bj)	400		400	
$\frac{W}{V2 - V1}$	$\frac{400}{795 - 600}$		$\frac{400}{740 - 600}$	
	= 2.05 gr / ml		= 2.86 gr / ml	
Berat Jenis rata-rata	2.445 gr/ml			

Catatan :

Yogyakarta,.....

Mengetahui
 Laboratorium BKT FTSP UII

LABORATORIUM
 BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
 FAKULTAS TEKNIK UII

Parameter	Konsentrasi Maksimum	
	Nilai	Satuan
Fisika		
Suhu	38 °C	°C
Zat Padat terlarut	2000	mg/l
Zat padat tersuspensi	200	mg/l
Kimia		
pH	6 - 9	mg/l
Besi, terlarut (Fe)	5	mg/l
Mangan, terlarut (Mn)	2	mg/l
Barium, (Ba)	2	mg/l
Tembaga, (Cu)	2	mg/l
Seng, (Zn)	5	mg/l
Krom valensienam (Cr6+)	0,1	mg/l
Krom total, (Cr)	0,5	mg/l
Kadmium, (Cd)	0,05	mg/l
Merkuri, (Hg)	0,002	mg/l
Timbal, (Pb)	0,1	mg/l
Stanum, (Sn)	2	mg/l
Arsen, (As)	0,1	mg/l
Selenium, (Se)	0,05	mg/l
Nikel, (Ni)	0,2	mg/l
Kobal, (Co)	0,4	mg/l
Sianida, (CN)	0,05	mg/l
Sulfida, (S ²⁻)	0,05	mg/l
Flourida, (F)	2	mg/l
Klorin bebas, (Cl ₂)	1	mg/l
Amoniak bebas, (NH ₃ -N)	1	mg/l
Nitrat, (NO ₃ -N)	20	mg/l
Nitrit, (NO ₂ -N)	1	mg/l
BOD ₆	50	mg/l
COD	100	mg/l
Senyawa aktif biru metilen, (MBAS)	5	mg/l
Fenol	0,5	mg/l
Minyak dan lemak	10	mg/l
AOX	0,5	mg/l
PCBs	0,005	mg/l
PCDFs	10	ng/l
PCDDs	10	ng/l

Catatan:

- Parameter Debit limbah maksimum bagi kegiatan ini disesuaikan dengan kapasitas pengolahan dan karakteristik dari kegiatan.
- Selain Parameter tersebut diatas Bapedal dapat menetapkan parameter kunci lainnya bila dianggap perlu.

Penjelasan lebih rinci mengenai proses pengolahan secara insinerasi sebagaimana yang dimaksud akan diterbitkan dalam panduan pengolahan limbah B3, yang merupakan bagian yang tidak terpisahkan dari lampiran keputusan ini. (and)



LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Jln. Kallurang Km. 14,4 Iolp. (0274) 895707, 095042 Fax. (0274) 095330 Yogyakarta.

**DATA PEMERIKSAAN
MODULUS HALUS BUTIR PASIR**

Nama benda uji : KATALIS Di periksa Oleh :
Asal : PERTAMINA 1. Emzita-Hudaya
Keperluan : Tugas Akhir 2. M.J Iman setia

Tanggal : 29 Juni 2005

Saringan		Berat tertinggal gram		Berat tertinggal %		Berat kumulatif	
No	Ø lubang mm	I	II	I	II	I	II
1	40	----	----	----	----	----	----
2	20	----	----	----	----	----	----
3	10	----	----	----	----	----	----
4	4.75	0	0	0	0	0	0
5	2.36	0	0	0	0	0	0
6	1.18	0	0	0	0	0	0
7	0.600	0	0	0	0	0	0
8	0.300	5	0	1.25	0	1.25	0
9	0.150	140	370	35	91.13	36.25	91.13
10	Pan	255	36	63.75	8.87	----	----
		400	406	Jumlah		37.5	91.13

Jumlah rata-rata 64.5315

$$\text{MODULUS HALUS BUTIR} = \frac{64,315}{100} * 100\% = 0.643$$

Yogyakarta, _____

Mengetahui
Laboratorium BKT/TSP UII

LABORATORIUM
BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
FAKULTAS TEKNIK UII

No. : 920/HA-KA/08/05
 Pengirim : Mohd. Jazuli Iman Setia, Pogung Lor 4B Yogyakarta
 Jumlah sampel : 1
 Penentuan : Kadar Cr, Cu, Pb dan Zn dalam sampel katalis.
 Tgl. Analisis : 11 Agustus 2005

NO	KODE SAMPEL	PARA METER	HASIL PENGUKURAN (ppm)			METODE
			I	II	III.	
1.	Katalis	Cr	18,115	18,883	18,883	Atomic Absorption Spect
2.		Cu	16,878	16,878	16,446	"
3.		Pb	40,551	35,250	29,950	"
4.		Zn	19,139	19,620	19,380	"



LABORATORIUM KIMIA ANALITIK

PUSAT PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN TEKNOLOGI MAJU-BATAN

Terakreditasi sebagai Laboratorium Penguji (LP-119-IDN)

Jl. Babarsari Kotak Pos 1008, Yogyakarta, Indonesia. Telp. (0274) 488435 Fax. (0274) 487824

Form-29/Sert/Uji

Nomor
Number 074KA/IN/05
Halaman 1 dari 2
Page

Hasil Pengujian Test Result

Nama Contoh	Kode	Label	Parameter	Satuan	Hasil Uji	Metode Uji
Keramik	443/P/KA	I ₁	Ni	µg/g	0,040	F-AAS
		F ₂	Ni	µg/g	0,040	F-AAS
		F ₃	Ni	µg/g	0,040	F-AAS
		F ₄	Ni	µg/g	0,040	F-AAS
		F ₅	Ni	µg/g	0,120 ± 0,010	F-AAS
Gypsum	443/P/KA	I	Ni	µg/g	0,160 ± 0,010	F-AAS
		II	Ni	µg/g	0,290 ± 0,010	F-AAS
		III	Ni	µg/g	0,350 ± 0,010	F-AAS
		IV	Ni	µg/g	0,350 ± 0,010	F-AAS
		V	Ni	µg/g	0,490 ± 0,020	F-AAS
Katalis	443/P/KA	-	Ni	µg/g	12750,000 ± 250,000	F-AAS

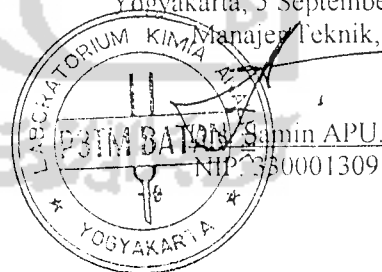
Keterangan :

Satuan : µg/g ppm

F-AAS : Flame Atomic Absorption Spectrophotometry

Yogyakarta, 5 September 2005

Manajer Teknik,

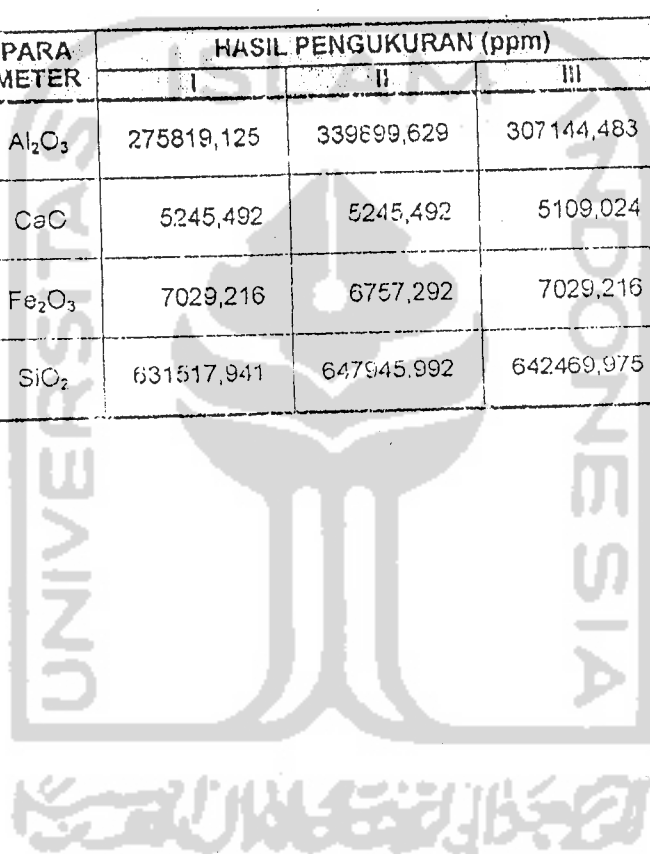


Catatan 1 Hasil pengujian ini hanya berlaku untuk contoh yang diuji
Note These test result are only valid for the tested samples

2 Sertifikat ini tidak boleh diperbanyak/digandakan tanpa izin dari Manajer Teknik Laboratorium
The certificate shall not be reproduced (copied) without the written permission of the laboratory Technical Manager

No. : 822/HA-KA/04/05
 Pengirim : Mohd. Jazuli Iman Setia, Universitas Islam Indonesia Yogyakarta.
 Jumlah sampel : 1
 Penentuan : Al_2O_3 , CaO, Fe_2O_3 dan SiO_2 dalam sampel zeolit.
 Tgl. Analisis : 08 April 2005

NO	KODE SAMPEL	PARA METER	HASIL PENGUKURAN (ppm)			METODE
			I	II	III	
1.	Zeolit	Al_2O_3	275819,125	339699,629	307144,483	Atomic Absorption Spect.
2.		CaO	5245,492	5245,492	5109,024	"
3.		Fe_2O_3	7029,216	6757,292	7029,216	"
4.		SiO_2	631517,941	647945,992	642469,975	"



NO	KODE SAMPEL	PARA METER	HASIL PENGUKURAN (ppm)			METODE
			I	II	III	
41.	RCC 30%	Cr	0,088	0,031	0,040	"
42.		Cu	0,064	0,052	0,083	"
43.		Ni	0,531	0,351	0,576	"
44.		Pb	0,264	0,102	0,102	"
45.		Zn	0,092	0,092	0,094	"
46.	RCC 40%	Cr	0,079	0,079	0,012	"
47.		Cu	0,098	0,086	0,098	"
48.		Ni	0,621	0,980	0,890	"
49.		Pb	0,183	0,264	0,183	"
50.		Zn	0,094	0,094	0,111	"
51.	Non Katalis 1	Cr	0,185	0,165	0,127	"
52.		Cu	0,132	0,132	0,132	"
53.		Ni	0,441	0,710	0,890	"
54.		Pb	0,508	0,589	0,589	"
55.		Zn	0,521	0,514	0,514	"
56.	Non Katalis 2	Cr	0,088	0,088	0,117	"
57.		Cu	0,052	0,052	0,052	"
58.		Ni	0,216	0,261	0,036	"
59.		Pb	0,102	0,020	0,102	"
60.		Zn	0,145	0,160	0,169	"
61.	Katalis	Cr	0,031	0,040	0,012	"
62.		Cu	0,052	0,052	0,052	"
63.		Ni	0,081	ttd	0,126	"
64.		Pb	0,102	0,102	0,102	"
65.		Zn	0,036	0,039	0,056	"
66.	Semen-Katalis 0,2	Cr	0,021	0,050	0,060	"
67.		Cu	0,041	0,041	0,041	"
68.		Ni	0,081	0,081	0,351	"
69.		Pb	0,020	0,020	0,020	"
70.		Zn	0,143	0,147	0,143	"
71.	Semen-Katalis 0,3	Cr	0,012	0,021	0,040	"
72.		Cu	0,041	0,052	0,064	"
73.		Ni	ttd	0,036	0,171	"
74.		Pb	ttd	ttd	ttd	"
75.		Zn	0,058	0,073	0,056	"
76.	Semen-Katalis 0,4	Cr	0,012	0,012	0,012	"
77.		Cu	0,064	0,041	0,041	"
78.		Ni	0,216	0,081	0,171	"
79.		Pb	0,020	0,183	0,102	"
80.		Zn	0,087	0,102	0,092	"
81.	Semen-Katalis 0,5	Cr	0,069	0,083	0,098	"
82.		Cu	0,064	0,075	0,098	"
83.		Ni	0,306	0,123	0,306	"
84.		Pb	0,183	0,346	0,264	"
85.		Zn	0,116	0,116	0,119	"
86.	Pasir-Katalis 0,2	Cr	ttd	0,040	0,069	"
87.		Cu	0,064	0,041	0,041	"
88.		Ni	0,036	0,081	0,036	"
89.		Pb	ttd	0,102	0,183	"
90.		Zn	0,104	0,102	0,075	"
91.	Pasir-Katalis 0,4	Cr	0,252	0,002	0,012	"
92.		Cu	0,064	0,052	0,052	"
93.		Ni	0,036	0,665	0,576	"
94.		Pb	0,020	0,183	0,102	"
95.		Zn	0,051	0,063	0,053	"
96.	Pasir-Katalis 0,6	Cr	0,060	0,098	0,002	"
97.		Cu	0,041	0,075	0,064	"
98.		Ni	ttd	0,036	0,036	"
99.		Pb	0,183	0,183	0,102	"

NO	KODE SAMPEL	PARA METER	HASIL PENGUKURAN (ppm)			METODE
			I	II	III	
100.	Pasir-Katalis 0,8	Zn	0,020	0,022	0,039	"
101.		Cr	0,060	0,050	0,021	"
102.		Cu	0,052	0,041	0,041	"
103.		Ni	0,441	0,261	0,171	"
104.		Pb	0,102	ttd	0,264	"
105.		Zn	0,041	0,029	0,044	"
106.	Pasir-Katalis 1,0	Cr	0,088	0,021	0,031	"
107.		Cu	0,041	0,041	0,041	"
108.		Ni	0,126	0,261	0,081	"
109.		Pb	0,102	0,102	0,102	"
110.		Zn	0,090	0,085	0,094	"
111.	E 32	Cr	0,281	0,262	0,242	"
112.		Cu	0,064	0,052	0,064	"
113.		Ni	0,441	0,351	0,576	"
114.		Pb	0,264	0,020	0,346	"
115.		Zn	0,027	0,015	0,034	"

Keterangan:

ttd = tidak terdeteksi di bawah limit deteksi alat



Method Name: Cu Flame
Method Description: Cu Flame

Element: Cu

Date: 04/13/2005

Technique: Flame

Wavelength: 324.8 nm

Lamp Current: 8

Sample Info File: EVA.SIF

Calibration Equation: Zero Intercept: Linear

Slit Width: 0.70 nm

Energy: 74

Results Data Set: Cu-Evariyan

No	Sample ID	Seq No.	El	Mean Sig (Absorbance)	SD Calib	Mean Samp Conc	Std Dev	Samp Units
1	Calib Blank	2	Cu	-0.000441	0.000161			mg/L
2	std 1	10	Cu	0.032676	0.000709			mg/L
3	std 2	4	Cu	0.088369	0.001812			mg/L
4	std 3	11	Cu	0.140882	0.000787			mg/L
5	std 4	6	Cu	0.183908	0.002046			mg/L
6	std 5	7	Cu	0.240779	0.000930			mg/L
7	Sampel 1	13	Cu	0.014758		0.313954	0.002951	mg/L



Seq. No.	AS Loc:	Date:		
1		4/13/05		
Sample ID: Calib Blank				
Elem	SampleConc	StndConc	Blank Corr Signal	Time
Cu			-0.0028	11:23:42
			-0.0027	11:23:45
			-0.0026	11:23:48
Auto-zero performed.				
Mean:			-0.0027	
SD:			0.00011	
%RSD:			3.85	

Seq. No.	AS Loc:	Date:		
2		4/13/05		
Sample ID: Calib Blank				
Elem	SampleConc	StndConc	Blank Corr Signal	Time
Cu			-0.0003	11:23:52
			-0.0006	11:23:55
			-0.0004	11:23:58
Auto-zero performed.				
Mean:			-0.0004	
SD:			0.00016	
%RSD:			36.40	

Seq. No.	AS Loc:	Date:		
3		4/13/05		
Sample ID: std 1				
Elem	SampleConc	StndConc	Blank Corr Signal	Time
Cu			0.0298	11:24:09
			0.0308	11:24:12
			0.0319	11:24:15
Standard number 1 applied. [1]				
Correlation Coefficient: 1.0000				
Slope: 0.0308				
Mean:			0.0308	
SD:			0.00104	
%RSD:			3.36	

Seq. No.	AS Loc:	Date:		
4		4/13/05		
Sample ID: std 2				
Elem	SampleConc	StndConc	Blank Corr Signal	Time
Cu			0.0903	11:24:26
			0.0881	11:24:29
			0.0867	11:24:32
Standard number 2 applied. [2]				
Correlation Coefficient: 0.9152				
Slope: 0.0422				
Mean:			0.0884	
SD:			0.00181	
%RSD:			2.05	

Seq. No.	AS Loc:	Date:		
5		4/13/05		
Sample ID: std 3				
Elem	SampleConc	StndConc	Blank Corr Signal	Time
Cu			0.1246	11:24:46
			0.1227	11:24:49
			0.1198	11:24:51
Standard number 3 applied. [3]				
Correlation Coefficient: 0.9786				
Slope: 0.0413				
Mean:			0.1224	
SD:			0.00242	
%RSD:			1.97	

Seq. No. 6 AS Loc: Date: 4/13/05

Sample ID: std 4

Elem	SampleConc	StdConc	Blank Corr Signal	Time
Cu			0.1836	11:25:07
			0.1864	11:25:10
			0.1876	11:25:13

Standard number 4 applied. [4]

Correlation Coefficient: 0.9811 Slope: 0.0442

Mean:	0.1859
SD:	0.00205
%RSD:	1.10

Seq. No. 7 AS Loc: Date: 4/13/05

Sample ID: std 5

Elem	SampleConc	StdConc	Blank Corr Signal	Time
Cu			0.2404	11:25:29
			0.2401	11:25:31
			0.2418	11:25:34

The calibration curve may not be linear.

Standard number 5 applied. [5]

Correlation Coefficient: 0.9856 Slope: 0.0461

Mean:	0.2408
SD:	0.00093
%RSD:	0.39

Seq. No. 8 AS Loc: Date: 4/13/05

Sample ID: std 1

Elem	SampleConc	StdConc	Blank Corr Signal	Time
Cu			0.0321	11:25:55
			0.0318	11:25:58
			0.0319	11:26:01

Standard number 1 applied. [1]

Correlation Coefficient: 0.9864 Slope: 0.0461

Mean:	0.0319
SD:	0.00013
%RSD:	0.41

Seq. No. 9 AS Loc: Date: 4/13/05

Sample ID: std 3

Elem	SampleConc	StdConc	Blank Corr Signal	Time
Cu			0.1233	11:26:18
			0.1208	11:26:20
			0.1210	11:26:23

Standard number 3 applied. [3]

Correlation Coefficient: 0.9858 Slope: 0.0461

Mean:	0.1217
SD:	0.00138
%RSD:	1.14

Seq. No. 10 AS Loc: Date: 4/13/05

Sample ID: std 1

Elem	SampleConc	StdConc	Blank Corr Signal	Time
Cu			0.0319	11:26:47
			0.0328	11:26:50
			0.0333	11:26:53

Standard number 1 applied. [1]

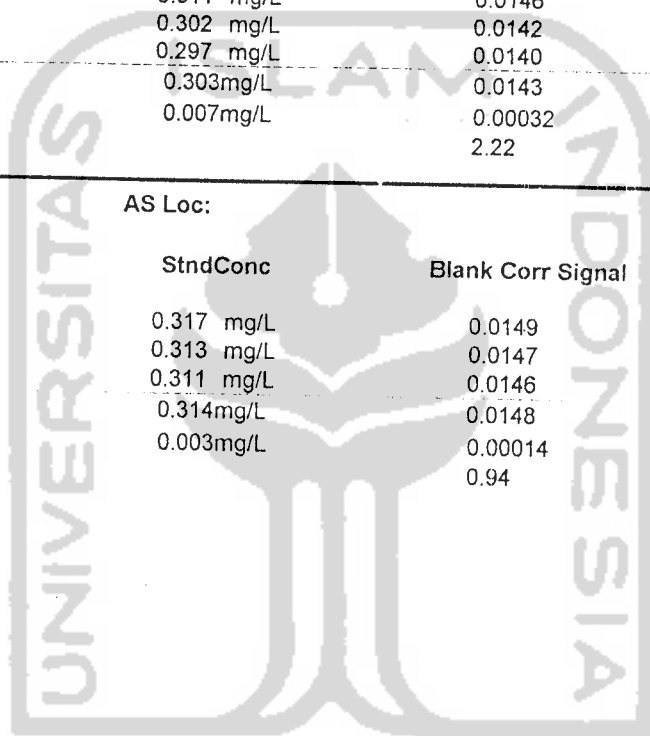
Correlation Coefficient: 0.9863 Slope: 0.0461

Mean:	0.0327
SD:	0.00071
%RSD:	2.17

Seq. No.	11	AS Loc:		Date:	4/13/05
Sample ID:	std 3				
Elem	SampleConc	StndConc	Blank Corr Signal	Time	
Cu			0.1417	11:27:10	
			0.1408	11:27:13	
			0.1402	11:27:16	
Standard number 3 applied. [3]					
Correlation Coefficient: 0.9938		Slope: 0.0470			
Mean:			0.1409		
SD:			0.00079		
%RSD:			0.56		

Seq. No.	12	AS Loc:		Date:	4/13/05
Sample ID:	Sampel 1				
Elem	SampleConc	StndConc	Blank Corr Signal	Time	
Cu	0.311 mg/L	0.311 mg/L	0.0146	11:27:35	
	0.302 mg/L	0.302 mg/L	0.0142	11:27:37	
	0.297 mg/L	0.297 mg/L	0.0140	11:27:40	
Mean:	0.303mg/L	0.303mg/L	0.0143		
SD:	0.007mg/L	0.007mg/L	0.00032		
%RSD:	2.22		2.22		

Seq. No.	13	AS Loc:		Date:	4/13/05
Sample ID:	Sampel 1				
Elem	SampleConc	StndConc	Blank Corr Signal	Time	
Cu	0.317 mg/L	0.317 mg/L	0.0149	11:28:28	
	0.313 mg/L	0.313 mg/L	0.0147	11:28:31	
	0.311 mg/L	0.311 mg/L	0.0146	11:28:33	
Mean:	0.314mg/L	0.314mg/L	0.0148		
SD:	0.003mg/L	0.003mg/L	0.00014		
%RSD:	0.94		0.94		



KEMAJUAN SAMA MELAKUKAN BERSAMA

Method Name: Cr Flame Element: Cr
Method Description: Analisa Cr

Date: 04/13/2005

Technique: Flame

Wavelength: 357.9 nm

Lamp Current: 10

Sample Info File: EVA.SIF

Calibration Equation: Zero Intercept: Linear

Slit Width: 0.70 nm

Energy: 71

Results Data Set: Cr-Evariyan

No	Sample ID	Seq No.	El	Mean Sig (Absorbance)	SD Calib	Mean Samp Conc	Std Dev	Samp Units
1	Calib Blank	1	Cr	-0.005908	0.000209			mg/L
2	std1	2	Cr	0.006227	0.000306			mg/L
3	std2	3	Cr	0.019041	0.000567			mg/L
4	std3	4	Cr	0.026728	0.000407			mg/L
5	std4	5	Cr	0.036978	0.000440			mg/L
6	std5	6	Cr	0.042574	0.000458			mg/L
8	Sampel 1	7	Cr	0.005388		0.601718	0.070894	mg/L



Seq. No.	AS Loc:	Date:		
1		4/13/05		
Sample ID: Calib Blank				
Elem	SampleConc	StndConc	Blank Corr Signal	Time
Cr			-0.0061	12:57:45
			-0.0058	12:57:48
			-0.0058	12:57:50
Auto-zero performed.				
Mean:			-0.0059	
SD:			0.00021	
%RSD:			3.55	

Seq. No.	AS Loc:	Date:		
2		4/13/05		
Sample ID: std1				
Elem	SampleConc	StndConc	Blank Corr Signal	Time
Cr			0.0065	12:57:59
			0.0059	12:58:02
			0.0063	12:58:05
Standard number 1 applied. [1]				
Correlation Coefficient: 1.0000				
Slope: 0.0062				
Mean:			0.0062	
SD:			0.00031	
%RSD:			4.92	

Seq. No.	AS Loc:	Date:		
3		4/13/05		
Sample ID: std2				
Elem	SampleConc	StndConc	Blank Corr Signal	Time
Cr			0.0197	12:58:12
			0.0189	12:58:14
			0.0185	12:58:17
Standard number 2 applied. [2]				
Correlation Coefficient: 0.8853				
Slope: 0.0091				
Mean:			0.0190	
SD:			0.00057	
%RSD:			2.98	

Seq. No.	AS Loc:	Date:		
4		4/13/05		
Sample ID: std3				
Elem	SampleConc	StndConc	Blank Corr Signal	Time
Cr			0.0266	12:58:25
			0.0264	12:58:28
			0.0272	12:58:30
Standard number 3 applied. [3]				
Correlation Coefficient: 0.9724				
Slope: 0.0090				
Mean:			0.0267	
SD:			0.00041	
%RSD:			1.52	

Seq. No.	AS Loc:	Date:		
5		4/13/05		
Sample ID: std4				
Elem	SampleConc	StndConc	Blank Corr Signal	Time
Cr			0.0367	12:58:39
			0.0367	12:58:41
			0.0375	12:58:44
Standard number 4 applied. [4]				
Correlation Coefficient: 0.9883				
Slope: 0.0091				
Mean:			0.0370	
SD:			0.00044	
%RSD:			1.19	

Seq. No. 6 AS Loc: Date: 4/13/05

Sample ID: std5

Elem	SampleConc	StndConc	Blank Corr Signal	Time
Cr			0.0431	12:58:53
			0.0424	12:58:56
			0.0422	12:58:59

The calibration curve may not be linear.

Standard number 5 applied. [5]

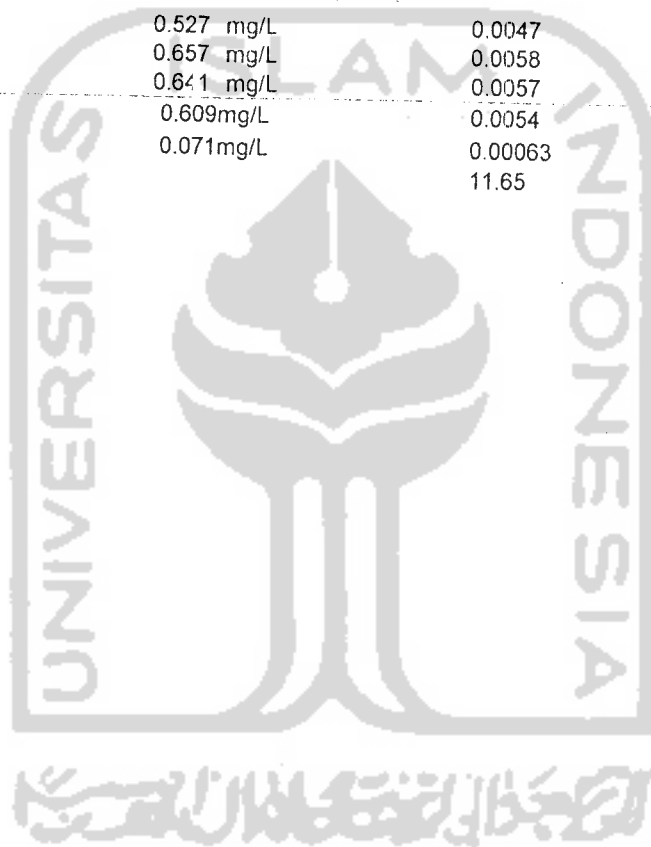
Correlation Coefficient: 0.9910 Slope: 0.0089

Mean:	0.0426
SD:	0.00046
%RSD:	1.08

Seq. No. 7 AS Loc: Date: 4/13/05

Sample ID: Sampel 1

Elem	SampleConc	StndConc	Blank Corr Signal	Time
Cr	0.527 mg/L	0.527 mg/L	0.0047	12:59:30
	0.657 mg/L	0.657 mg/L	0.0058	12:59:32
	0.641 mg/L	0.641 mg/L	0.0057	12:59:35
Mean:	0.609mg/L	0.609mg/L	0.0054	
SD:	0.071mg/L	0.071mg/L	0.00063	
%RSD:	11.65		11.65	



Method Name: Pb Flame
Method Description: Analisa Pb

Element: Pb

Date: 04/13/2005

Technique: Flame

Wavelength: 283.3 nm

Sample Current: 5

Sample Info File: EVA.SIF

Calibration Equation: Zero Intercept: Linear

Slit Width: 0.70 nm

Energy: 69

Results Data Set: Pb-Evariyani

No	Sample ID	Seq No.	El	Mean Sig (Absorbance)	SD Calib	Mean Samp Conc	Std Dev	Samp Units
1	Calib Blank	1	Pb	0.001458	0.000140			mg/L
2	std1	2	Pb	0.050304	0.000985			mg/L
3	std2	3	Pb	0.095171	0.000700			mg/L
4	std3	4	Pb	0.154885	0.001057			mg/L
5	std4	5	Pb	0.198301	0.000633			mg/L
6	std5	6	Pb	0.237661	0.000668			mg/L
7	Sampel 1	7	Pb	0.003634		0.296178	0.029138	mg/L



Seq. No.	AS Loc:	Date:		
1		4/13/05		
Sample ID: Calib Blank				
Elem	SampleConc	StndConc	Blank Corr Signal	Time
Pb			0.0014	14:12:31
			0.0014	14:12:34
			0.0016	14:12:36
Auto-zero performed.				
Mean:			0.0015	
SD:			0.00014	
%RSD:			9.58	
2		4/13/05		
Sample ID: std 1				
Elem	SampleConc	StndConc	Blank Corr Signal	Time
Pb			0.0590	14:12:51
			0.0587	14:12:54
			0.0572	14:12:56
Standard number 1 applied. [4]				
Correlation Coefficient: 1.0000				
Mean:			0.0583	
SD:			0.00098	
%RSD:			1.69	
3		4/13/05		
Sample ID: std 2				
Elem	SampleConc	StndConc	Blank Corr Signal	Time
Pb			0.0959	14:13:11
			0.0945	14:13:14
			0.0952	14:13:17
Standard number 2 applied. [8]				
Correlation Coefficient: 0.9624				
Mean:			0.0952	
SD:			0.00070	
%RSD:			0.73	
4		4/13/05		
Sample ID: std 3				
Elem	SampleConc	StndConc	Blank Corr Signal	Time
Pb			0.1544	14:13:28
			0.1542	14:13:31
			0.1561	14:13:34
Standard number 3 applied. [12]				
Correlation Coefficient: 0.9900				
Mean:			0.1549	
SD:			0.00106	
%RSD:			0.68	
5		4/13/05		
Sample ID: std 4				
Elem	SampleConc	StndConc	Blank Corr Signal	Time
Pb			0.1977	14:13:45
			0.1983	14:13:47
			0.1989	14:13:50
Standard number 4 applied. [16]				
Correlation Coefficient: 0.9953				
Mean:			0.1983	
SD:			0.00063	
%RSD:			0.32	

Seq. No. 6 AS Loc: Date: 4/13/05

Sample ID: std 5

Elem	SampleConc	StdConc	Blank Corr Signal	Time
Pb			0.2374	14:14:00
			0.2384	14:14:02
			0.2372	14:14:05

The calibration curve may not be linear.

Standard number 5 applied. [20]

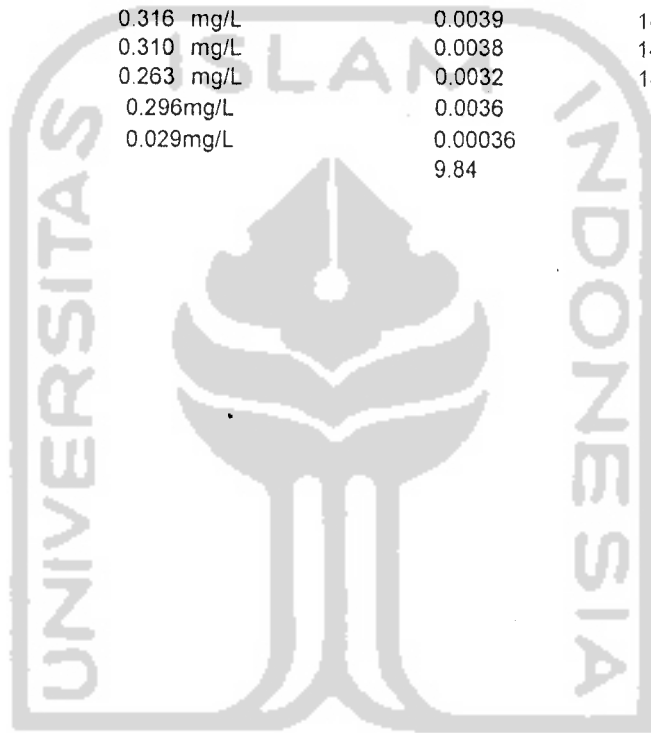
Correlation Coefficient: 0.9955 Slope: 0.0123

Mean:	0.2377
SD:	0.00067
%RSD:	0.28

Seq. No. 7 AS Loc: Date: 4/13/05

Sample ID: Sampel 1

Elem	SampleConc	StdConc	Blank Corr Signal	Time
Pb	0.316 mg/L	0.316 mg/L	0.0039	14:14:23
	0.310 mg/L	0.310 mg/L	0.0038	14:14:25
	0.263 mg/L	0.263 mg/L	0.0032	14:14:28
Mean:	0.296mg/L	0.296mg/L	0.0036	
SD:	0.029mg/L	0.029mg/L	0.00036	
%RSD:	9.84		9.84	



UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Method Name: Zn Flame
Method Description: Analisa Zn

Element: Zn

Date: 04/13/2005

Technique: Flame

Wavelength: 213.9 nm

Sample Current: 10

Sample Info File: EVA.SIF

Calibration Equation: Zero Intercept: Linear

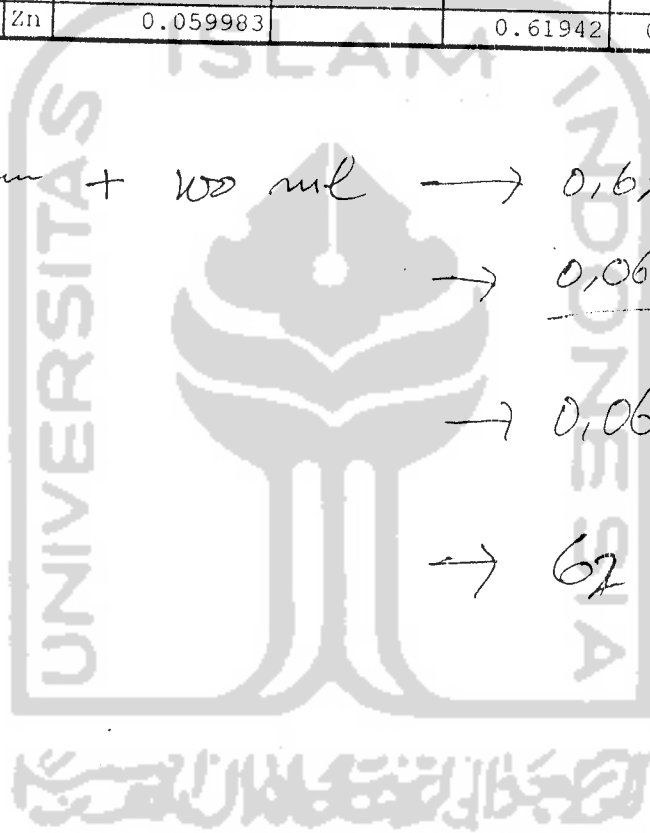
Slit Width: 0.70 nm

Energy: 72

Results Data Set: Zn-Evariyan

No	Sample ID	Seq No.	El	Mean Sig (Absorbance)	SD Calib	Mean Samp Conc	Std Dev	Samp Units
1	Calib Blank	5	Zn	-0.004695	0.000499			mg/L
2	std 1	6	Zn	0.017650	0.001048			mg/L
3	std 2	7	Zn	0.038936	0.000133			mg/L
4	std 3	8	Zn	0.059410	0.001405			mg/L
5	std 4	9	Zn	0.076922	0.000126			mg/L
6	std 5	10	Zn	0.096703	0.001375			mg/L
7	sampel 1 (2X)	12	Zn	0.059983		0.61942	0.006579	mg/L

Sample 1 gram + 100 mL \rightarrow 0.62 mg/L
 \rightarrow 0.062 mg/100 mL
 \rightarrow 0.062 mg/gram
 \rightarrow 62 mg/kg. ✓



•Zn 0.0184 13:52:55

Standard number 1 applied. [0.2]

Correlation Coefficient: 1.0000 Slope: 0.0882

Mean: 0.0176
SD: 0.00105
%RSD: 5.94

Seq. No. 7 AS Loc: Date: 4/13/05

Sample ID: std 2

Elem	SampleConc	StdConc	Blank Corr Signal	Time
Zn			0.0389	13:53:08
			0.0391	13:53:10
			0.0389	13:53:13

Standard number 2 applied. [0.4]

Correlation Coefficient: 0.9927 Slope: 0.0957

Mean: 0.0389
SD: 0.00013
%RSD: 0.34

Seq. No. 8 AS Loc: Date: 4/13/05

Sample ID: std 3

Elem	SampleConc	StdConc	Blank Corr Signal	Time
Zn			0.0581	13:53:27
			0.0593	13:53:30
			0.0609	13:53:33

Standard number 3 applied. [0.6]

Correlation Coefficient: 0.9972 Slope: 0.0978

Mean: 0.0594
SD: 0.00141
%RSD: 2.37

Seq. No. 9 AS Loc: Date: 4/13/05

Sample ID: std 4

Elem	SampleConc	StdConc	Blank Corr Signal	Time
Zn			0.0770	13:53:45
			0.0768	13:53:48
			0.0770	13:53:50

Standard number 4 applied. [0.8]

Correlation Coefficient: 0.9987 Slope: 0.0969

Mean: 0.0769
SD: 0.00013
%RSD: 0.16

Seq. No. 10 AS Loc: Date: 4/13/05

Sample ID: std 5

Elem	SampleConc	StdConc	Blank Corr Signal	Time
Zn			0.0952	13:54:04
			0.0971	13:54:07
			0.0978	13:54:10

Standard number 5 applied. [1]

Correlation Coefficient: 0.9993 Slope: 0.0968

Mean: 0.0967
SD: 0.00137
%RSD: 1.42

Seq. No. 11 AS Loc: Date: 4/13/05

Sample ID: Sampel 1

Elem	SampleConc	StdConc	Blank Corr Signal	Time
Zn	1.217 mg/L	1.217 mg/L	0.1179	13:54:31
	Sample absorbance is greater than that of the highest standard.			
	1.205 mg/L	1.205 mg/L	0.1167	13:54:34
	Sample absorbance is greater than that of the highest standard.			

Zn 1.186 mg/L 1.186 mg/L 0.1148 13:54:36
 Sample absorbance is greater than that of the highest standard.
 Mean: 1.203mg/L 1.203mg/L 0.1165
 SD: 0.016mg/L 0.016mg/L 0.00155
 %RSD: 1.33 1.33

Seq. No.	AS Loc:	Date:		
12		4/13/05		
Sample ID: sampel 1 (2X)				
Elem	SampleConc	StdConc	Blank Corr Signal	Time
Zn	0.627 mg/L	0.627 mg/L	0.0607	13:57:22
	0.616 mg/L	0.616 mg/L	0.0596	13:57:25
	0.616 mg/L	0.616 mg/L	0.0596	13:57:28
Mean:	0.619mg/L	0.619mg/L	0.0600	
SD:	0.007mg/L	0.007mg/L	0.00064	
%RSD:	1.06		1.06	

