

KATA PENGANTAR

Assalamualaikum Wr. Wb

Segala puja dan puji syukur panjatkan kehadirat Allah SWT, dengan Rahmadnya bagi penyusun dapat menyelesaikan tugas akhir dengan judul “PEMANFAATAN LIMBAH *SPENT CATALYST* DARI *RESIDUE CATALITIC CRAKING* (RCC) UNIT 15 PERTAMINA UP VI BALONGAN SEBAGAI *FILLER* PADA PAVING BLOK DENGAN PRINSIP SOLIDIFIKASI”. Ini sebaik – baiknya.

Tugas Akhir ini disusun untuk memenuhi syarat meraih gelar sarjana teknik lingkungan, di jurusan Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia.

Penyusun menyadari bahwa tugas akhir ini tak mungkin dapat diselesaikan tanpa adanya bantuan dari berbagai pihak. Pada kesempatan ini saya mengucapkan terima kasih yang sebesar – besarnya kepada :

1. Allah SWT, Tuhan seluruh alam semesta dan penggenggam seluruh jiwa manusia.
2. Nabi Besar Muhammad SAW, Rasul terakhir yang jadi panutanku.
3. Orang Tuaku Tercinta, Abah dan Mama serta seluruh keluarga besar di Banjarmasin, terima kasih atas doa dan dorongannya.
4. Bapak Prof. Ir. Widodo, MSCE, Ph. D selaku Dekan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia.
5. Bapak Ir. H. Kasam. MT, selaku ketua Jurusan Teknik Lingkungan serta sebagai dosen pembimbing I tugas akhir.
6. Bapak Eko Siswoyo, ST dan Bapak Andik Yulianto, ST selaku koordinator tugas akhir Jurusan Teknik Lingkungan serta sebagai dosen pembimbing II tugas akhir.
7. Bapak Luqman Hakim. MT selaku dosen wali saya di Jurusan Teknik Lingkungan. Bapak Hudori, ST, , Ibu Yureana, MSC, mbak Erti, ST dan mas Agus serta seluruh staf pengajar di Jurusan Teknik Lingkungan UII terima kasih atas masukan dan pengajaran selama ini.

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Model Paving Blok yang digunakan.....	23
Gambar 4.1 Grafik Kuat Tekan Rata-Rata Paving Blok	50
Gambar 4.2 Grafik Nilai Daya Serap Air Rata – Rata Paving Blok.....	52
Gambar 4.3 Analisa Logam berat Rata-rata Dalam Paving Blok.....	53
Gambar 4.4 Nilai pH dalam paving blok dan dalam larutan ekstraksi	54
Gambar 4.5 Efisiensi Immobilisasi Logam Berat Limbah Katalis.....	55

akan mengurangi limbah bahan berbahaya dan beracun, baik dari segi kuantitas maupun kualitas juga akan mengoptimalkan penggunaan sumber daya alam. Namun pemanfaatan suatu limbah B3 harus didahului oleh suatu penelitian yang mencakup berbagai aspek seperti aspek kesehatan manusia dan lingkungan.

Pemilihan penerapan alternatif terbaik pengelolaan limbah katalis didasarkan pada sifat dari katalis tersebut untuk dapat diolah atau dimanfaatkan dengan berbagai macam produk yang mempunyai sifat *tras* yang baik. Kegiatan ini dilihat dari segi tenaga, biaya, waktu, dan ruang yang ada. Dalam hal ini penerapan atau penggunaan teknologi apapun dalam upaya mendukung suatu pelaksanaan pembangunan dengan memanfaatkan sumber daya alam haruslah dilakukan secara seksama dan tepat guna sehingga mutu dan kelestarian sumber daya alam dan lingkungan hidup dapat terus dipertahankan.

Beberapa penelitian tentang *spent catalyst* RCC yang dapat dibuat sebagai bahan bangunan terutama paving blok merupakan tindak lanjut dari penelitian sebelumnya, dimana untuk tahap terakhir dilakukan implementasi ke lapangan.

Upaya – upaya perlindungan lingkungan hidup akibat dari suatu kegiatan dapat dilakukan dengan cara mengembangkan dampak-dampak positif dan mencegah atau menekan dampak-dampak negatif yang dapat ditimbulkan terhadap lingkungan hidup. Salah satu upaya perlindungan lingkungan hidup untuk tetap menjaga kualitas lingkungan hidup akibat dari pengolahan minyak bumi, pemerintah juga telah mengeluarkan beberapa peraturan perundang-undangan lingkungan hidup.

Keberhasilan di dalam lingkungan hidup ditentukan oleh kemampuan suatu pemrakarsa kegiatan tersebut untuk memenuhi kriteria baku mutu lingkungan, baku mutu limbah dan persyaratan lain yang telah ditetapkan oleh pemerintah melalui peraturan perundang-undangan yang berlaku.

Beberapa penelitian telah dilakukan untuk pengolahan limbah padat yaitu dengan jalan memanfaatkan limbah padat tersebut untuk pembuatan berbagai produk seperti bahan bangunan, namun sampai saat ini, masih terbentur pada aturan yang mengisyaratkan bahwa limbah industri dari migas tergolong dalam limbah B3.

Dalam rangka untuk ikut serta dalam menyelesaikan permasalahan limbah padat industri migas, maka pada kesempatan yang baik ini akan dilakukan penelitian tentang pemanfaatan limbah padat (*spent catalyst*) untuk bahan bangunan (paving blok) dengan prinsip solidifikasi, yang mana dengan solidifikasi ini akan mampu mengikat kandungan limbah yang menurut PP 85/1999 diklasifikasikan sebagai limbah B-3 dan diharapkan dengan teknologi pembuatan paving (paving blok dari limbah katalis) ini dapat memenuhi standar SNI tetapi juga aman bagi kesehatan dan lingkungan.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian diatas maka dapat dirumuskan permasalahan sebagai berikut:

1. Apakah dengan solidifikasi terhadap limbah padat (*spent catalyst*) mampu meminimalisasi logam-logam berat yang terlepas ke lingkungan ?

2. Apakah pemanfaatan paving blok dari limbah padat (*spent catalyst*) sebagai *filler* dengan prinsip solidifikasi sesuai dengan standar SNI bahan bangunan paving blok ?
3. Apakah dengan penambahan limbah padat (*spent catalyst*) pada campuran paving blok mampu meningkatkan nilai produksi?

1.3 Tujuan Penelitian

1. Mengetahui tingkat perlindian pada logam-logam berat seperti Cu, Cr, Ni, Pb, Zn, hasil solidifikasi limbah padat pada RCC unit 15.
2. Mengetahui kekuatan (secara fisik) tekan/kuat desak, dan daya serap air paving blok yang terbuat dari semen, agregat halus (pasir) dan limbah padat (*spent catalyst*) pada RCC unit 15.
3. Mengetahui nilai produksi dari pembuatan paving blok dengan campuran katalis RCC unit 15.

1.4 Batasan Masalah

1. Kriteria hasil pengolahan solidifikasi berupa paving blok akan disesuaikan dengan standar SNI untuk bahan bangunan paving blok.
2. Pada penelitian ini digunakan proporsi limbah katalis sebesar 0%, 16%, 23%, 28%.
3. Logam berat yang akan dianalisis adalah Tembaga (Cu), Khromium (Cr), Timbal (Pb), Nikel (Ni), dan Seng (Zn).

4. Limbah padat yang digunakan pada penelitian ini berasal dari limbah (*spent catalyst*) dari unit 15 RCC pada PT. PERTAMINA UP VI BALONGAN.

1.5 Manfaat Penelitian

1. Hasil penelitian ini akan memberikan alternatif pengelolaan dengan pemanfaatan limbah padat (*spent catalyst*) yang berasal dari RCC Pertamina yang dikategorikan limbah B3.
2. Mampu menghasilkan alternatif bahan bangunan yang ramah lingkungan.
3. Pemanfaatan *spent catalyst* tentunya akan mengurangi biaya pengelolaan *spent catalyst* PERTAMINA UP VI, yang sebaliknya mendatangkan keuntungan.

- 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, komersial 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.

❖ 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 pembuangan limbah padat terutama limbah yang berbahaya.

❖ Sifat Fisik Limbah Padat

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

❖ Sifat Kimia Limbah Padat

Sifat kimia 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 yang 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. *Comersial 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.

diakibatkan oleh limbah B3 serta melakukan pemulihan kualitas lingkungan yang telah tercemar.(PP No.18 THN 1999 Pasal 2).

2.3.3 Pendekatan Kimia Fisik Dalam Penelitian Limbah B3

Pendekatan kimia fisik bertujuan mengetahui sifat-sifat limbah dan komposisi kimia limbah. Pada dasarnya penentuan sifat fisik dan kimia suatu limbah adalah sifat *intrinsik* yang dimiliki limbah tersebut. Pendekatan yang lebih kompleks namun masih dikategorikan pendekatan kimia fisik adalah pemodelan transport, transformasi dan simulasi kondisi tertentu. Contoh pemodelan yang banyak dilakukan dalam kaitannya dengan potensi migrasi suatu pencemar adalah pemodelan transport melalui air tanah. Contoh simulasi pada laboratorium adalah uji TCLP, yang menstimulasi skenario terburuk yang mungkin terjadi pada limbah.

2.3.4 Pendekatan Komprehensif Dalam Penelitian Limbah B3

Penggabungan antara pendekatan kimia fisik dan biologi, menghasilkan suatu pendekatan yang komprehensif yang diwujudkan lewat penelitian analisis resiko (*risk assessment*). Tujuan *risk assessment* adalah untuk menyediakan suatu dasar yang terkuantitatif dalam pengambilan keputusan, bagaimana suatu limbah atau zat harus dikelola. Adapun langkah-langkah penting dalam melakukan *risk assessment* adalah :

Limbah katalis ini digunakan pada salah satu kilang minyak yang dilengkapi dengan RCC sebagai bahan bantu untuk mengarahkan dan mempercepat laju reaksi produk utama yang diinginkan seperti LPG (elpiji), *propylene*, *polygasoline*, *naptha*, LCD (bahan dasar diesel) dan *decant oil* (bahan dasar *fuel oil*).

2.4.1 Karakteristik *Spent Catalyst*

Pada penelitian ini digunakan limbah katalis dari unit 15 RCC Pertamina UP VI Balongan. Adapun susunan kimia limbah katalis adalah $\text{NaAlSiO}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ dengan struktur regular yang merupakan hasil dari proses RCC (*Residue Catalic Cracker*). Limbah katalis yang digunakan pada RCC ini adalah jenis yang mengandung unsur-unsur oksida silika dan alumina. Selain itu, di dalamnya juga mengandung unsur-unsur lainnya, seperti : *Sodium*, *Calcium*, *Magnesium*. Sedangkan logam berat (sifat fisik dan kimia berbahaya) adalah Ni, As, serta logam berat lainnya yang mudah larut. Sebagian besar unsur-unsur penyusun dari *zeolit kristalin* merupakan sebagai bahan dasar bangunan seperti : *alumina*, *silica*, *calcium*.

Dengan penambahan limbah katalis ini akan mengakibatkan bertambahnya jumlah kandungan alumina dalam semen, 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.

(Murdock dan Brook, 1994)

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 *sitemik*. Keracunan Pb akan menimbulkan gejala ; rasa logam di mulut, garis hitam pada gusi, gangguan GI, *anorexia*, muntah-muntah, kolik, *encephalitis*, *wrist drop*, *irritabel*, perubahan kepribadian, kelumpuhan dan kebutaan, dan lain-lain.

d. Seng (Zn)

Seng (Zn) adalah metal yang didapat antara lain pada industri alloy, keramik, pigmen, karet, dll. Seng NA 30 dan massa atom 65.38. Toksisitas Zn pada hakekatnya rendah. Tubuh memerlukan Zn untuk proses metabolisme, tetapi dalam kadar tinggi dapat bersifat racun. Di dalam air minum dapat menimbulkan rasa kesat, dan dapat menimbulkan gejala muntaber. Seng menyebabkan warna air menjadi opalescent, dan bila dimasak akan timbul 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. (Acceng Subagja, 2003).

demikian limbah tersebut lebih tahan terhadap proses (*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 sifat 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 *inceneration* bertujuan untuk menghancurkan senyawa B3 yang terkandung di dalamnya menjadi senyawa yang tidak mengandung B3 (Persyaratan limbah B3).

2.5.2 Tata cara kerja stabilisasi/solidifikasi :

Untuk mengetahui bagaimana proses atau tata cara proses stabilisasi/solidifikasi maka harus diperhatikan hal-hal berikut ini :

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 nilai ambang batas sebagaimana yang telah ditetapkan.

komposisi yang berbeda akan menghasilkan paving blok yang bervariasi kuat desaknya. Pada umumnya paving blok yang digunakan di Indonesia pada setiap tempat mempunyai karakteristik kekuatan desak sebesar 300 kg/cm^2 kecuali untuk area lalu lintas berat, dimana standar kekuatannya adalah 450 kg/cm^2 (Pino Iskandar, 1984).

Bentuk paving blok/bata beton harus sempurna dalam arti tidak terdapat retak-retak dan cacat, bagian sudut dan rusuknya tidak mudah diremukkan dengan kekuatan jari tangan. Bentuk dan ukuran paving blok bervariasi tergantung selera konsumen, namun secara umum ada 4 – 5 bentuk yang beredar di pasaran seperti bentuk empat persegi panjang, bentuk huruf S, bentuk huruf I, bentuk *hexagonal* (segi enam) dan bentuk segi tiga. Ketebalannya pun bervariasi tetapi setiap produsen harus dapat memberikan penjelasan yang jelas kepada konsumen berapa ketebalan paving blok yang dibuat. Penyimpangan dimensi ukuran yang dapat ditolerir menurut SNI 03-0691-1996 sampai $\pm 8\%$. Ada 4 kelas mutu paving blok seperti pada tabel berikut :

Tabel 2.2 Standar Kuat Tekan Paving Blok

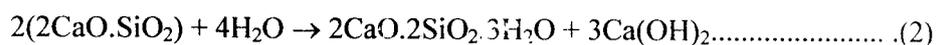
Mutu Paving Blok	Kuat Tekan (Kg/cm^2)		Kegunaan
	Rata-rata	Minimal	
A	400	350	Untuk Jalan
B	200	170	Untuk pelataran parkir
C	150	125	Untuk pejalan kaki
D	100	85	Untuk taman dan penggunaan lain

(sumber : SNI 03-0691-1996)

2) Dikalsium silikat, $2\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$ (C2S). 25%

Senyawa ini berpengaruh terhadap proses peningkatan kekuatan yang berlangsung perlahan dengan pelepasan panas yang lambat, yang terjadi dari 14 sampai 28 hari dan seterusnya. Proporsi yang banyak dalam semen akan menyebabkan semen mempunyai ketahanan yang tinggi terhadap agresi kimia yang relatif tinggi dan penyusutan kering yang relatif rendah.

Reaksi Dikalsium silikat dengan air :

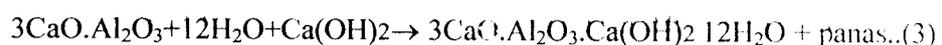


Dikalsium silikat

kapur bebas

3) Trikalsium Aluminat $3\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3$ (C3A). 12%

Senyawa ini mengalami hidrasi sangat cepat disertai dengan pelepasan panas yang besar, menyebabkan pengerasan awal tetapi kurang kontribusinya pada kekuatan batas, kurang ketahanan terhadap agresi kimiawi, paling menonjol mengalami disintegrasi oleh sulfat air tanah dan sangat besar untuk oleh perubahan volume. Reaksi semen portland dalam beton dengan membentuk ikatan awal adalah :



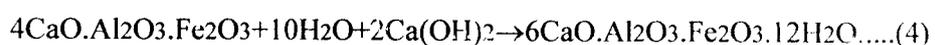
Trikalsium Aluminat

Tetra Kalsium Aluminat hidrat

4) Tetra Kalsium Alumino ferite, $4\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot\text{Fe}_2\text{O}_3$ (C4AF). 8%

Senyawa ini tidak tampak berpengaruh terhadap kekuatan dan sifat-sifat semen keras lain. (Teknologi Beton, Kardiyono Tjokrodinuljo, 1995)

Reaksi :



(pasir) sangat berperan dalam menentukan kemudahan pengerjaan (*workability*), kekuatan (*strenght*), dan tingkat keawetan (*durability*).

Agregat berdasarkan besar butiran dibedakan menjadi dua yaitu agregat halus dan agregat kasar. Agregat halus adalah 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 agregat kasar dapat berupa kerikil atau batu pecah (Kardiyono Tjokrodimuljo, 1995).

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 :
 - Partikel lebih kecil dari 200 mesh
 - Zat organik
 - Garam-garam khlorida
 - Sulfat
2. Agregat harus keras
3. Agregat harus kekal (tidak mudah berubah bentuk)
4. Agregat tidak boleh bersifat reaktif terhadap alkali

2.9 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

karena itu untuk menentukan kualitas lindi adalah dengan *Toxicology Characteristic Leaching Prosedure* (TCLP) adalah salah satu evaluasi toksisitas limbah untuk bahan-bahan yang dianggap berbahaya dan beracun dengan penekanan pada nilai *leachate*

2.11 Kuat Tekan Paving Blok

Kuat tekan paving blok adalah besarnya beban persatuan luas, yang menyebabkan benda uji paving blok hancur bila dibebani gaya tekan tertentu. Kekuatan tekan paving blok terutama dipengaruhi oleh perbandingan air dan semennya. Semakin rendah perbandingan air dan semennya semakin tinggi kuat tekan kuat tekan paving blok.

Disamping itu kuat tekan paving blok juga dipengaruhi oleh hal sebagai berikut :

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

Pengujian kuat tekan paving blok dilakukan terhadap benda uji paving blok dengan ukuran 20 x 10 x 6 cm. Pengujian paving blok berdasarkan atas benda uji pada umur 28 hari.

Untuk menghitung kekuatan tekan masing-masing paving blok dihitung dengan menggunakan rumus :

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

Dimana : P = Beban maksimum (kg)

A = Luas penampang benda uji (cm²)

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

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

$$\sigma_{rt} = \sum \frac{\sigma}{n}$$

Dimana : n = Jumlah seluruh nilai hasil pengujian

σ = Kuat tekan paving blok yang didapat dari masing-masing benda uji (kg/cm²).

σ_{rt} = Kuat tekan paving blok rata-rata (kg /cm²).

2.12 Pengujian Daya Serap Air

Pelaksanaan pengujian daya serap air dilakukan setelah paving blok mengalami rawatan pada suhu 60 °C dengan umur 28 hari. Banyaknya benda uji sebanyak 5 buah untuk masing-masing variasi komposisi perbandingan volume dan diambil nilai rata-rata :

Tahapan pelaksanaannya adalah sebagai berikut :

1. Setelah pencetakan paving blok didiamkan selama 28 hari
2. Setelah umur 28 hri benda uji di rendam selama 2x24 jam
3. Setelah perendaman benda uji tersebut ditimbang dan diketahui berat basahnya (W_b) dan dikeringkan dalam oven selama 24 jam.

Setelah diketahui berat basah dan berat kering, benda uji dilakukan perhitungan daya serap air dengan perhitungan :

$$\text{Daya serap air} = \frac{W_b - W_k}{W_k} \times 100\%$$

Dimana : W_b = berat basah paving (gr)

W_k = berat kering paving (gr).

2.13 Hipotesa Penelitian

Berdasarkan dasar – dasar teori di atas maka dapat diambil suatu hipotesa penelitian sebagai berikut :

1. *Spent Catalyst* RCC sangat baik digunakan untuk campuran paving blok sebagai bahan tambah bahan bangunan dan menambah kuat tekan dan memperbesar daya serap air.
2. Pemanfaatan *spent catalyst* RCC pada paving blok akan mengimobilisasi logam berat yang ada dalam katalis, sehingga ikatan semen akan menyebabkan tertutupnya pori dalam limbah.
3. Pada penelitian terdahulu bahwa *spent catalyst* RCC memiliki sifat *trass* yang sangat baik. Ditunjang dengan hasil fisika dan kimia, diperkirakan menghasilkan beton yang berkualitas tinggi dan waktu setting yang cepat.

3.6.2 Cara Mencari Modulus Halus Butir/Agregat Halus

Modulus halus agregat adalah mencari nilai gradasi yang telah di syaratkan agar didapatkan produk (paving blok) yang mempunyai kemampuan dan kualitas yang baik. Metode yang digunakan adalah persyaratan SK-SNI-T-15-1990-03.

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, dengan metode SK-SNI-M-08-1989 F.

3.6.4 Pelaksanaan Pengujian Paving Blok

Nilai kuat desak paving blok didapat melalui pengujian yang menggunakan mesin uji dengan cara memberi beban tingkat dengan kecepatan peningkatan pada beban tertentu atas benda uji hingga hancur. Sebagai standar kekuatan paving blok dipakai kuat desak paving blok umur 28 hari.

3.6.4.1 Metode Uji Kuat Tekan

Pengujian kuat tekan dilakukan berdasarkan metode uji kuat tekan dan persyaratan nilai kuat tekan pada paving blok yaitu SNI 03-0691-1996

Tabel 4.2 Hasil Pemeriksaan Senyawa/Unsur Kimia Dan Logam Berat *Spent**Catalyst* RCC Pertamina.

Parameter	Satuan	Limit deteksi	<i>Spent Catalyst</i> RCC	Metode Pengujian
SiO ₂	%	N/A	64,06	F-AAS
Al ₂ O ₃	%	N/A	30,76	F-AAS
Fe ₂ O ₃	%	0.03	69,38	F-AAS
CaO	%	0.01	0,52	F-AAS
Cr	mg/kg	0.05	60,8	F-AAS
Cu	mg/kg	0.02	31,4	F-AAS
Pb	mg/kg	0.1	35,25	F-AAS
Zn	mg/kg	0.005	123,8	F-AAS
Ni	mg/kg	0.04	12.750	F-AAS

(Sumber, Data Primer, 2005)

Sementara itu untuk persyaratan mutu semen portland terdapat pada Tabel 4.3 berikut ini:

Tabel 4.3 Mutu Semen Portland

No	Macam Pengujian	Hasil Semen Portland	Persyaratan
1.	Waktu Pengikatan	98	Min 45 menit
2.	Berat Jenis	3,14	-
3.	Kehalusan	3816 cm ² /gr	min. 2800 cm ² /gr

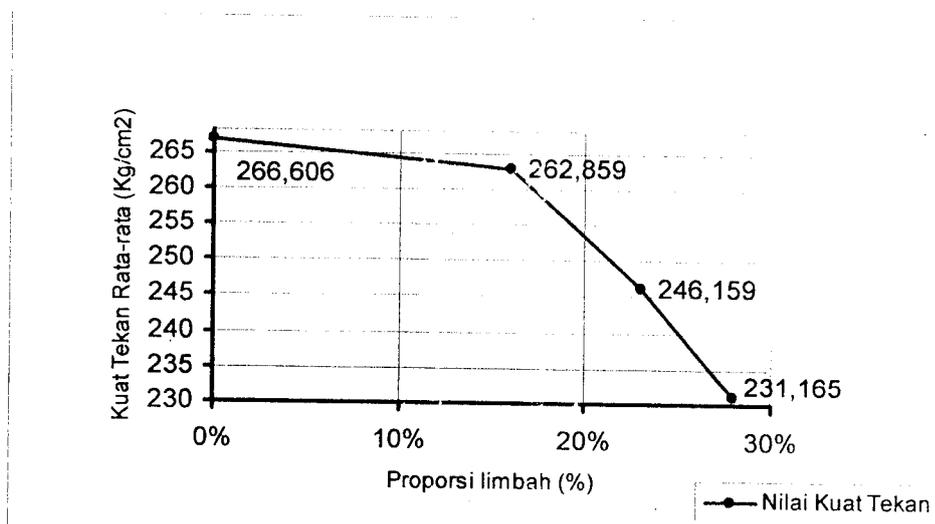
(Sumber, Data Pabrik)

Untuk pemeriksaan bahan susun berupa berat jenis dan kadar air agregat halus, modulus halus butir, dan berat isi padat (volume agregat) di Laboratorium BKT Jurusan Teknik Sipil UII pada agregat penyusun pasir, abu batu dilakukan analisa fisik seperti tertera pada Tabel 4.4 berikut.

Tabel 4.4 Hasil Pengujian Agregat (Pasir dan Abu Batu)

No	Jenis Pengujian	Hasil pengujian		Persyaratan (SK-SNI-T-15-1990-03)
		Pasir	Abu Batu	
1	Berat Jenis, gram/cm ³	2.21	2.29	≥ 2,5 gr/cm ³
2	Modulus Halus, cm ² /gram	3.59	3.37	1,5 – 3,8 cm ² /gr
3	Penyerapan air, %	12,86	9,72	-
4	Berat isi, gram / cm ³ Padat	1.81	1.70	-
5	Analisa ayakan lewat kumulatif			
	4,75 mm, %	95,13	94,99	90 – 100
	2,36 mm, %	85,37	84,01	60 – 95
	1,18 mm, %	64,88	73,45	30 – 70
	0,600 mm, %	45,86	57,8	15 – 34
	0,300 mm, %	38,54	35,68	5 – 20
	0,150 mm, %	29,27	07,94	0-10
	Pan	0	0	0

(Sumber, Data Primer)



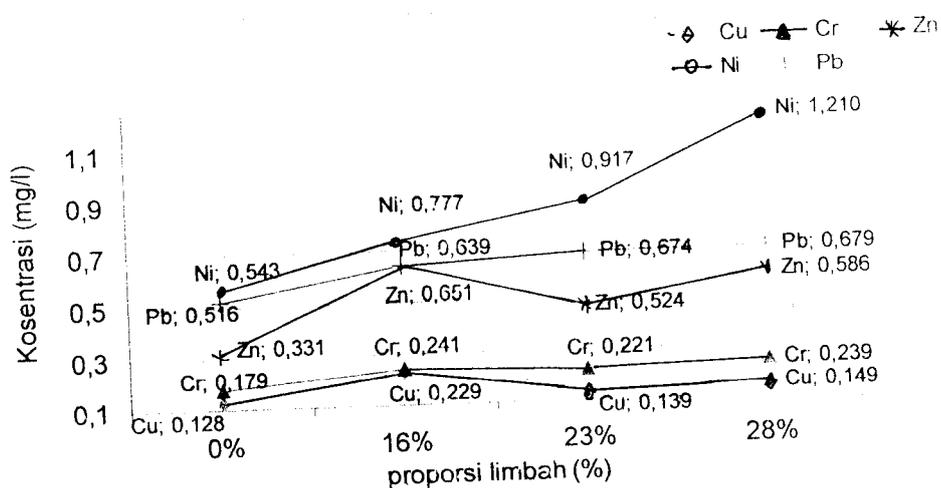
Gambar 4.1 Grafik Kuat Tekan Rata-Rata Paving Blok

Tabel 4.7 Mutu Kuat Tekan Paving Blok

Mutu Paving Blok	Kuat Tekan (Kg/cm ²)		Kegunaan
	Rata-rata	Minimal	
A	400	350	Untuk Jalan
B	200	170	Untuk pelataran parkir
C	150	125	Untuk pejalan kaki
D	100	85	Untuk taman dan penggunaan lain

(Sumber, SNI 03-0691-1996)

Pada hasil analisa daya serap air yang dilakukan terhadap 5 benda uji berupa paving blok dengan perbandingan yang berbeda menunjukkan hasil sebagai berikut:



Gambar 4.3 Analisa Logam berat Rata-rata Dalam Paving Blok

Sebelum dilakukan penentuan larutan ekstraksi maka terlebih dahulu dilakukan analisa pH dalam paving blok, untuk nilai pH dalam paving blok serta dalam larutan ekstraksi disajikan pada Tabel 4.11 berikut.

Tabel 4.11 Nilai pH dalam paving blok dan dalam larutan ekstraksi

No	Benda Uji	pH Rata-rata Dalam Paving Blok	pH Rata-rata Dalam Larutan Ekstraksi 18 jam
1	0% limbah	11.69	4.53
2	16% limbah	11.42	4.63
3	23% limbah	11.08	4.71
4	28% limbah	11.00	4.44

(Sumber : Data primer)

4.2 Pembahasan

4.2.1 Hasil Analisa data

Pada Tabel 4.1 di atas memperlihatkan bahwa *spent catalyst* RCC, mempunyai berat jenis 2,44 gram/cm³ yang menunjukkan bahwa berat jenis limbah belum memenuhi standar yang ditetapkan yakni sebesar $\geq 2,5$ gram/cm³, begitu juga angka modulus halus (kehalusan) 0,64 cm²/gram juga tidak memenuhi syarat sebagai syarat agregat halus untuk beton. Sementara untuk nilai kadar air sebesar 0,28% memenuhi persyaratan bahan pozolan dalam beton, sedangkan persyaratannya maksimum 3%, sedangkan untuk berat isi padat sebesar 1,17 gram/cm³.

Hasil analisa kimia pada Tabel 4.2 menunjukkan jumlah kandungan SiO₂, Al₂O₃, Fe₂O₃ masing-masing sebesar 64.06, 30.76, 69.38, hasil ini menunjukkan bahwa telah memenuhi syarat sebagai campuran beton, dan mengandung logam berat yang dominan pada limbah katalis.

Dari data di atas pada Tabel 4.4 berat jenis pasir sebesar 2,21 gram/cm³ sedangkan untuk berat jenis abu batu sebesar 2.29 gram/cm³ hal ini menunjukkan berat jenis pasir dan abu batu dibawah persyaratan SK-SNI-T-15-1990-03, untuk semen portland, berat jenisnya sudah ditentukan oleh pabrik sebesar 3.15 ton/m³, berat jenis bertujuan untuk menentukan berat jenis tanah yang mempunyai butiran lewat saringan no. 4 dengan picnometer. Berat jenis tanah adalah perbandingan antara berat butir tanah dan berat air suling dengan isi yang sama pada suhu tertentu. Berat jenis yang rendah pada umumnya menunjukkan bahwa bahannya berpori, lemah dan bersifat banyak menyerap air. Sedangkan berat jenis yang

tinggi umumnya menunjukkan bahwa kualitas bahan umumnya baik.(Antono, A). Sementara untuk persyaratan berat jenis agregat halus adalah $\geq 2,5 \%$ ($2,5 \text{ ton/m}^3$) dan peresapan air agregat $\leq 3,0\%$ (Anonim, 1991).

Tujuan dari dicarinya nilai modulus halus atau gradasi agregat pasir, abu batu dan limbah katalis adalah untuk diketahuinya nilai gradasi yang telah di syaratkan agar didapatkan produk (paving blok) yang mempunyai kemampuan dan kualitas yang baik. Modulus halus butiran adalah angka yang menunjukkan tingkat kehalusan dan kekasaran agregat, nilai modulus halus diperoleh dengan cara analisis saringan dari analisis saringan akan didapat jumlah konsentrasi kumulatif dari butir-butir agregat yang tertinggal diatas suatu ayakan kemudian dibagi 100, semakin besar nilai modulus halusnya menunjukkan pasir atau limbah tersebut semakin kasar. Berdasarkan SK-SNI-T-15-1990-03 bahwa pasir pada umumnya mempunyai kehalusan modulus halus butiran (mhb) antara 1,5 – 3,8 cm^2/gr . Dari hasil pengujian pasir, abu batu dan limbah katalis pada laboratorium didapatkan bahwa mhb untuk pasir sebesar 3.59, abu batu sebesar 3,37 dan katalis 0,64 ton/m^3 .

Pada hasil ini menunjukkan pasir dan abu batu sesuai dengan SNI seperti bahan pada umumnya, akan tetapi katalis tidak termasuk dalam standart karena mempunyai nilai $< 1,5$ yakni 0.64 ton/m^3 . Jika dibandingkan ternyata mhb abu batu dan katalis lebih halus dari pada pasir sehingga abu batu dan katalis akan mengisi rongga pada butiran pasir.

Berat jenis rendah umumnya menunjukkan bahannya berpori, lemah dan bersifat banyak menyerap air, sedangkan berat jenis yang tinggi menunjukkan kualitas bahan umumnya baik. (Antono, 1996).

Jika melihat data berat jenis agregat yang digunakan sebagai bahan susun dari pembuatan paving blok maka, berat jenis pasir, abu batu dan katalis mempunyai berat jenis yang rendah dari standar sebesar $\geq 2.5 \text{ ton/m}^3$. Standar ini merupakan persyaratan minimal untuk berat jenis agregat halus, jadi semakin besar penambahan limbah maka akan menambah banyak pori hal ini akan mengakibatkan serapan air yang besar, sehingga menurunkan mutu dari paving blok itu sendiri.

4.5 Hasil Solidifikasi Laboratorium

4.5.1 Hasil Analisa TCLP Logam Berat Rata-Rata.

Analisa hasil laboratorium yang dilakukan adalah untuk mengetahui hasil pemanfaatan *spent catalyst* terhadap tingkat keamanan lingkungan dan kesehatan. mengingat bahan tambah yang digunakan adalah limbah katalis Pertamina sebagai bahan tambah (*filler*) pada beton atau paving blok. Sebagaimana telah dijelaskan pada bab sebelumnya katalis merupakan unsur-unsur kimia yang banyak mengandung silika sebagai bahan dasar semen dan juga mengandung logam-logam berat yang berbahaya bagi lingkungan, logam-logam ini berasal dari umpan (minyak mentah) yang digunakan dalam proses RCC, untuk itu dilakukanlah uji TCLP terhadap produk paving blok yang dihasilkan analisa ini dilakukan untuk

mengetahui dan hasil analisisnya. Dari Tabel 4.10 hasil analisa data terlihat bahwa konsentrasi lindi yang terlepas dibawah baku mutu standar PP no 85 tahun 1999.

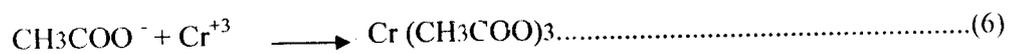
Terhadap data di atas yaitu *spent catalyst* sebagai bahan tambah (*filler*) pada campuran beton (paving blok) dilakukan uji TCLP untuk mengetahui besar tingkat pencucian (*leaching*) logam – logam yang terdapat di dalam masing-masing perbandingan, pada data terlihat bahwa semakin besar penambahan limbah katalis semakin besar pula tingkat konsentrasi lindinya, tetapi pada konsentrasi lindi Cu, pada proporsi limbah 16% konsentrasi limbahnya sebesar 0.229 mg/l, sedangkan pada proporsi limbah 23% terjadi penurunan lindi sebesar 0.139 mg/l sementara itu untuk logam Zn pada proporsi limbah 16% hasil lindinya sebesar 0,651 mg/l, pada proporsi limbah 23% menunjukan penurunan lindi 0,524 mg/l, Untuk logam Pb lindi pada porsi limbah 23% lindinya mengalami kenaikan sebesar 0,674 mg/l, untuk logam Ni pada penambahan limbah 16% sebesar 0,777 mg/l, sedangkan untuk limbah 23% terjadi kenaikan yakni sebesar 0,917 mg/l, dari hasil pencucian TCLP diketahui bahwa logam nikel (Ni) merupakan salah satu logam yang memiliki tingkat pencucian terbesar dan konsentrasi tertinggi dalam ekstraksi jika dibandingkan dengan dengan logam lainnya. Dari data dan grafik dapat terlihat juga bahwa fluktuasi kenaikan dan penurunan lindi pada hasil analisa TCLP kemungkinan disebabkan oleh faktor kurang homogennya pada proses pencampuran dalam pembuatan paving blok akan tetapi dari hasil analisa TCLP juga menggambarkan bahwa hasil konsentrasi lindi dari proses solidifikasi baik itu logam berat Cu, Cr, Pb, Zn dan Ni masih dibawah baku mutu yang telah di tetapkan yakni berdasarkan baku mutu TCLP.

keadaan tersebut partikel limbah tidak dapat terikat dengan sempurna baik secara fisik maupun secara kimia.

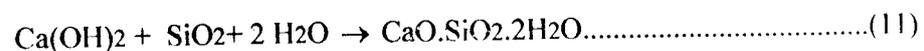
Pada proses ekstraksi logam berat pada analisa ini tergolong dalam hidrometalurgi, yang mana merupakan teknik untuk mengekstrak logam dari bijihnya dengan reaksi dengan larutan air, proses penting dalam hidrometalurgi adalah *leaching*. Setelah proses *leaching* logam atau senyawa terlarut dalam bentuk ion biasa atau ion kompleks (Hiskia Achmad,1992). Umumnya pada ikatan hidrolisis, di dalam larutan pelarut air, garam terurai sempurna menjadi ion-ion. Ikatan hidrolisis itu adalah ikatan antara ion dengan air (petrucci,1992). Dengan menggunakan larutan asam asetat yang mampu mengeluarkan anion (-) begitu pula pada asam-asam yang lain, asam asetat ini tergolong sebagai asam lemah pada larutan ekstraksi yang fungsinya untuk melepas logam-logam berat yang ada pada paving blok.

Komponen logam dalam status padatan dapat berbentuk berupa model kristal yang sederhana, kisi-kisinya terdiri dari ion positif lekat di tempelkan pada suatu awan elektron (Claude H yoder, 1980). Maka logam – logam berat yang lain berupa Cu, Cr, Zn, Ni dan Pb yang berada dalam campuran paving blok sebagai kation (+), sedangkan semen yang unsur-unsurnya mengandung silika (SiO_2) dan alumina (Al_2O_3) dari hasil pembakaran batu kapur pada suhu yang tinggi membuat sifat umum dari mineral silikat adalah kekomplekan anion silikatnya (Petrucci,1992), begitu pula pada alumina campuran paving blok yang mana logam berat yang berada pada limbah katalis berionkan positif sedangkan semen sebagai anion (-) dengan penambahan air sehingga terjadi ikatan secara kimia

yang membuat logam berat pada paving blok menjadi lebih stabil. Pada keadaan asam yaitu pada pH 2,88 larutan ekstraksi dengan menggunakan asam asetat akan terbentuk garam / senyawa baru yang nantinya akan dianalisa pada AAS. Adapun reaksi yang terjadi, sebagai berikut :



Semen portland, air dan agregat setelah bertemu, akan bereaksi menjadi gel dalam beberapa hari menjadi saling melekat, sehingga logam-logam yang berada dalam *spent catalyst* juga terikat secara baik. Hal ini sesuai dengan hipotesis penelitian bahwa dalam proses hidrasi semen, terbentuk kapur bebas yang bersifat basa, sifat basa ini yang menyebabkan logam-logam tidak tercuci (*leaching*). Alasan lain yang dapat dikemukakan adalah kemungkinan terbentuknya ikatan antara kapur bebas dengan mineral silikat dalam katalis ikatan kimia ini menyebabkan terbentuknya senyawa baru yang dinamakan kalsium mono silikat dengan reaksi sebagai berikut :



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

H.J. Mukono "Prinsip - prinsip Dasar Kesehatan Lingkungan". Airlangga
University Press.

[Http ://www.epa.gov/iris.html](http://www.epa.gov/iris.html) Down load 17-07-2005

J.A.Slim and R.W. Wakefield, 1991, *The Utilisation Of Sewage Sludge in The
Manufacture of Clay Brick*. Vol. 17. No. 3 Water SA, New York.

Kardiyono, Tjokrodimulyo, 1992, Bahan Bangunan, Teknik Sipil, Fakultas
Teknik, Universitas Gajah Mada. Jogjakarta.

Manahan, S.E.1994, *Environmental Chemistry* 6th ed, Lewis Publisher, USA

Murdock dan Braok, 1994 "Bahan Dan Praktek Beton" Penerbit Erlangga.

Jakarta.

Rabah, M.A, and Barakat, M.A. 1991. *Active nickel catalyst from metallurgical
waste, Hydrometallurgy* 32 : 99-109.

Pino, Iskandar, 1984, *Concrete Block Paving In Indonesia*, PT. Conblock
Indonesia, Jakarta.

Petrucci, Ralph, H, Suminar, 1992, *Kimia Dasar Prinsip dan Terapan Modern*,
Erlangga, Jakarta

Yuniar Widiarini, dkk. Jurnal Penelitian "BIOASSAY OF SPENT CATALYST
FROM CATALYTIC'S CRACKING OF PETROLEUM REFINERY
INDUSTRY AND THE EFFECT ON LIVER AND KIDNEY TISSUES
OF MOUSE (*Mus musculus*) OF AUSTRALIAN STRAIN. Institut
Teknologi Bandung.