

BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Pemeriksaan Bahan Susun

Setelah melakukan 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 Uil pada bahan *spent catalyst* RCC 15 dilakukan analisa fisik dan komponen kimia dengan hasil seperti tertera pada Tabel 4.1 berikut.

Tabel 4.1 Hasil Pengujian Fisik *Spent Catalyst* RCC Pertamina

No	Jenis Pemeriksaan (Parameter)	Hasil Pengujian	Persyaratan. (SK-SNI-T-15-1990-03)
1	Berat Jenis	2.44 gram/cm ³	≥ (2,5 gram/cm ³)
2	Modulus Halus	0.64 cm ² /gram	1,5 -- 3,8 cm ² /gram
3	kadar Air	0.28 %	mak. 3%
4	Berat isi padat	1.17	-

(Sumber, Data Primer, 2005)

Untuk hasil pemeriksaan senyawa/unsur kimia dan logam berat pada *spent catalyst* berupa kadar logam berat dan senyawa silika sebagai bahan dasar semen disajikan pada Tabel 4.2 berikut.



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, Padat	gram / cm ³	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)

Untuk perhitungan komposisi bahan susun dalam masing-masing perbandingan, terdapat pada lampiran A, sedangkan untuk komposisi bahan susun selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 4.5 berikut.

Tabel 4.5 Komposisi Bahan Susun Paving Blok

No	Benda uji	Berat paving blok (gram)	Jumlah semen (gram)	Jumlah Pasir (gram)	Jumlah Abu batu (gram)	Jumlah Katalis (gram)
1	0 % (normal)	2250	375	1500	375	0
2	16 % limbah	2318	331.2	1325	332	332
3	23 % limbah	2281	304.1	1215.8	304.2	456.2
4	28 % limbah	2144	268	1072.1	268	536.1

(Sumber, Data Primer)

Jadi, total kebutuhan bahan untuk membuat paving blok sebanyak 184 unit atau dalam 4 m², dari keempat komposisi adalah :

Semen = 58798 gram \approx 59 kg
 Pasir = 235156 gram \approx 236 kg
 Abu Batu = 58799 gram \approx 59 kg
 Katalis = 60903 gram \approx 61 kg

Dari pengujian terhadap benda uji paving blok pada umur 28 hari didapat kuat tekan rata-rata untuk data dan hasil perhitungannya terlampir pada lampiran B.

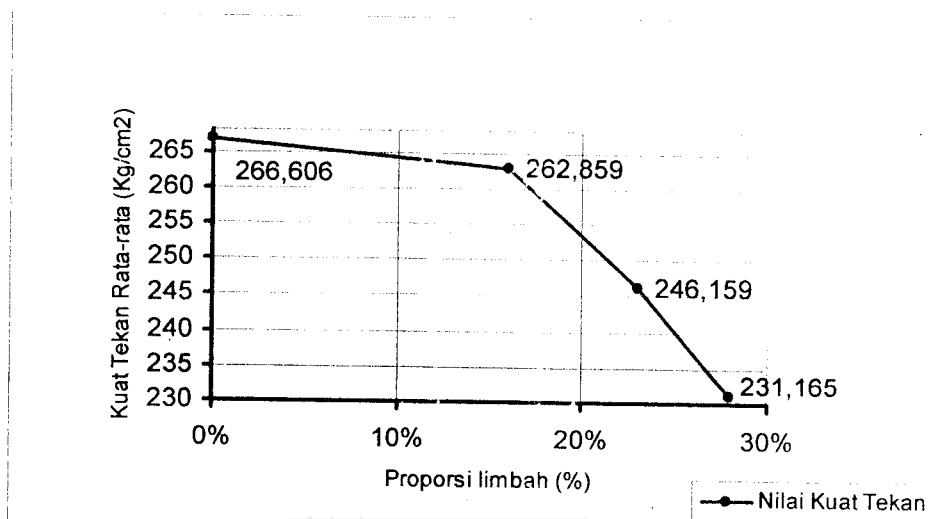
Untuk contoh perhitungannya digunakan percobaan 1 pada sampel pertama dengan data-data sebagai berikut :

1. Berat = 2269 gram
2. Panjang = 20,11 cm
3. Lebar = 10,02 cm
4. Tebal = 5,87 cm
5. Luas penampang (A) = 20,11 cm x 10,02 cm = 201,50 cm²
6. Beban max = 520 KN
7. Nilai kuat tekan $\sigma = \frac{P}{A} = \frac{520 * 101,96}{201,50} = 263.120 \text{ kg/cm}^2$

Tabel 4.6 Kuat tekan rata-rata paving blok

No	Benda uji	Kuat tekan rata-rata (kg/cm ²)
1	0 % (Normal)	266,606
2	16 % (limbah)	262,859
3	23 % (limbah)	246,159
4	28 % (limbah)	231,165

(Sumber, Data Primer, 2005)



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:

Tabel 4.8 Daya Serap Air Rata-Rata

No	Benda Uji	Daya Serap Air Rata-Rata (%)
1	0 % Normal	8,75
2	16 % (limbah)	10,58
3	23 % (limbah)	10,59
4	28 % (limbah)	15,18

(Sumber: Data primer)

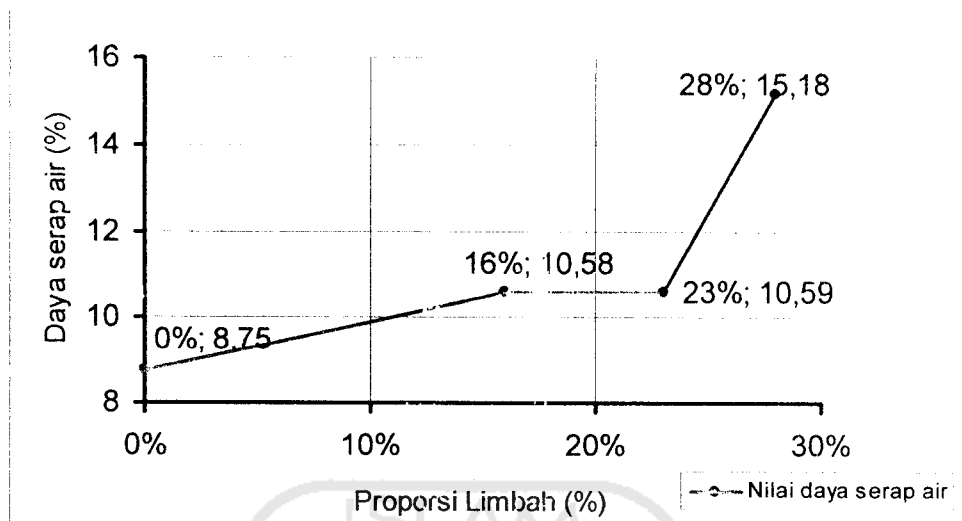
Tabel 4.9 Standar serapan air maksimum

Mutu	Serapan Air Maksimum
I	3 persen
II	5 persen
III	7 persen

(Sumber: SII 819-83)

Berikut contoh perhitungan analisa daya serap air sebagai berikut :

- Berat basah (W_b) = 2420 gram
- Berat kering (W_k) = 2229 gram
- Serapan Air = $\frac{W_b - W_k}{W_k} \times 100\% = 8,574 \%$.



Gambar 4.2 Grafik Nilai Daya Serap Air Rata – Rata Paving Blok

Tabel 4.10 Hasil Analisa TCLP Logam Berat Rata-Rata Dalam Paving Blok

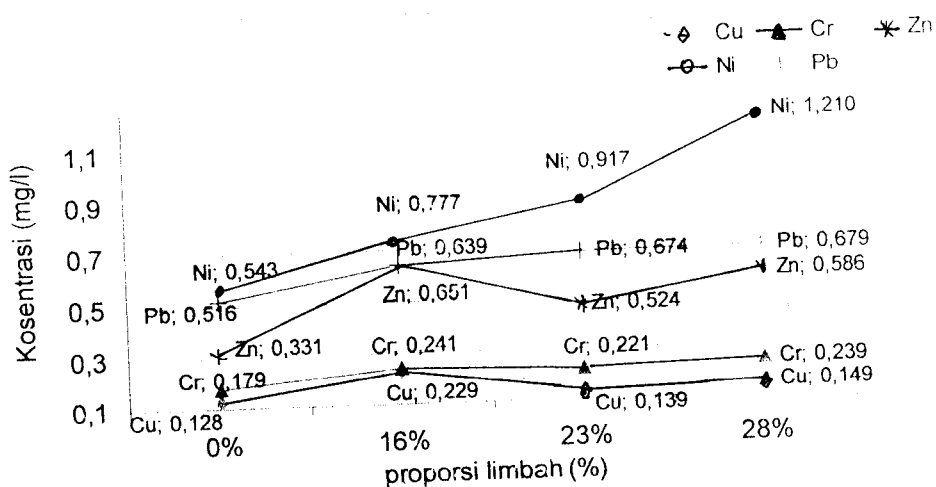
Benda Uji	Hasil Analisa TCLP Rata-rata (mg/l)				
	Cu	Cr	Zn	Ni	Pb
0% limbah	0,128	0,179	0,331	0,543	0,516
16% limbah	0,229	0,241	0,651	0,777	0,639
23% limbah	0,139	0,221	0,524	0,917	0,674
28% limbah	0,149	0,239	0,586	1,210	0,679
Standart TCLP	10*	5*	50*	11**	5*

(Sumber :Data primer)

* Baku mutu TCLP hasil ekstraksi/lindi PP No.85/1999

** Baku mutu limbah Ni berdasarkan RCRA (*Resource Conservation and Recovery Act*)

Universal Treatment Standards (UTS), khusus limbah katalis (K171) *Refinery Waste*.



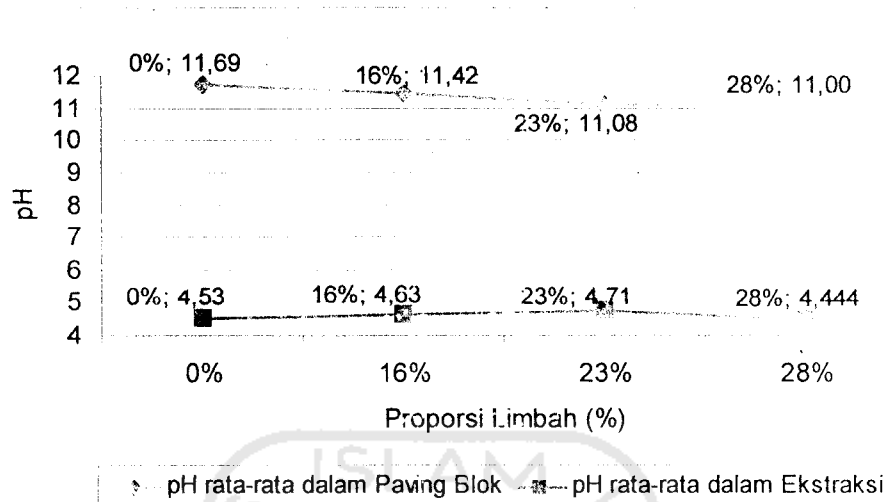
Gambar 4.3 Analisa Logam berat Rata-rata Dalam Paving Blok

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)

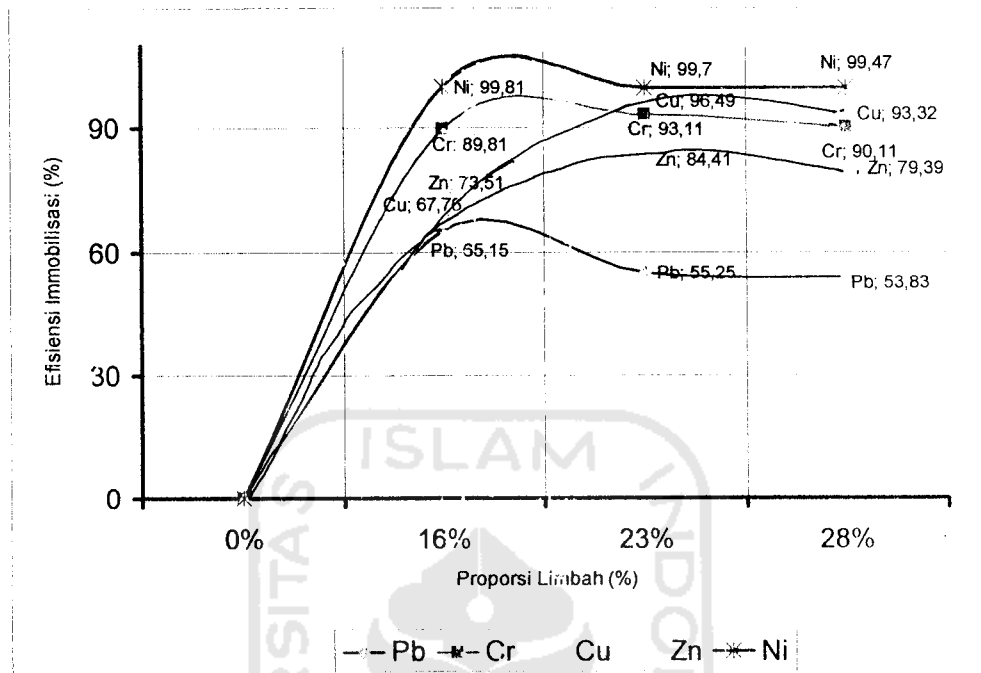


Gambar 4.4 Nilai pH dalam paving blok dan dalam larutan ekstraksi

Tabel 4.12 Efisiensi immobilisasi Logam Berat Katalis

No	Proporsi Limbah	Efisiensi Immobilisasi Logam Berat Limbah Katalis (%)				
		Pb	Cr	Cu	Zn	Ni
1	0 % Normal	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %
2	16 % Limbah	65,1 %	89,8 %	67,7 %	73,5 %	99,8 %
3	23 % Limbah	55,2 %	93,1 %	96,4 %	84,4 %	99,7 %
4	28 % Limbah	53,8 %	90,1 %	93,3 %	79,3 %	99,4 %

(Sumber, Data Primer, 2005)



Gambar 4.5 Efisiensi Immobilisasi Logam Berat Limbah Katalis

Pada penelitian ini juga dilakukan perhitungan biaya produksi paving blok per m^2 berdasarkan komposisinya. Untuk perhitungan terdapat pada lampiran A dan hasilnya disajikan pada Tabel 4.13 berikut. Dan untuk contoh perhitungan sebagai berikut :

Berat jenis (ρ) bahan susun,

Abu batu = 2,29 gr/cm^3

Limbah Katalis = 2.44 gr/cm^3

Semen = 3.14 gr/cm^3

Pasir = 2,21 gr/cm^3

1. Berat Jenis (ρ) Pasir = $2,21 \text{ gr/cm}^3$

▪ Untuk 1 Rit Pasir = $1,25 \text{ m}^3 = 1250000 \text{ cm}^3 \times 2,21 \text{ gr/cm}^3 = 2762,5 \text{ kg}$

▪ Harga 1 Rit pasir = Rp 50000,-

▪ Total kebutuhan pasir adalah = 70 kg, jadi didapat, $= \frac{x}{50000} = \frac{70}{2762,5}$

$$X * 2762,5 = 3500000$$

$$X = \frac{3500000}{2762,5} = 1266 \approx \text{Rp } 1300,-$$

Tabel 4.13 Bahan/Jasa Serta Biaya Pembuatan Paving Blok Per m^2

No	Jenis Bahan/Jasa	Harga (Rp)	Jumlah Bahan (Kg) per m^2 & Harga (Rp)							
			C0	Harga (Rp)	C2	Harga (Rp)	C3	Harga (Rp)	C4	Harga (Rp)
1	Bahan-bahan									
	▪ Semen	28000/sak	17,5	12250	15	10500	14	9800	12,5	8750
	▪ Pasir	50000/rit	70	1300	60	1085	56	1013	50	904
	▪ Abu Batu	70000/rit.	17	500	15,5	375	14	342	12,5	305
	▪ katalis	0	0	0	16	0	21	0	25	0
2	Jasa pembuatan	8000/ m^2		8000		8000		8000		8000
3	Jumlah paving / m^2		46		46		46		46	
4	Total Biaya			22050		20000		19200		18000

(sumber, data penelitian 2005)

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 pronsentrasi 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.

4.3 Kuat Tekan Paving blok

Berdasarkan data yang didapat menunjukkan bahwa pada percobaan pertama (limbah 0%) kuat tekan rata-rata pada umur 28 hari sebesar 266,606 kg/cm², Sementara itu untuk percobaan kedua, ketiga dan keempat dengan penambahan limbah masing-masing 16%, 23% dan 28% mendapatkan nilai kuat tekan 262,859 kg/cm², 246,159 kg/cm², 231,165 kg/cm². Hal ini menunjukkan bahwa semakin besar penambahan limbah katalis di dalam suatu campuran paving blok maka semakin berkurang kuat tekannya jika dibandingkan dengan paving blok kontrol (tanpa penambahan katalis), karena dari hasil pengujian fisik dari *spent catalyst* mempunyai tingkat kehalusan (modulus halus) agregat yang dibawah standart SNI yakni sebesar 1,5 - 3,8 cm³/gram, pada penelitian ini penambahan porsi limbah dari 16% sampai dengan 28% apabila dibandingkan dengan standar kuat tekan paving blok yaitu SNI 03-0691-1996, tergolong mutu kuat tekan B yang kegunaannya untuk pelataran parkir.

Pada penelitian ini, pengujian dilakukan pada umur beton 28 hari dimana kuat tekan yang didapatkan 100%, pada umumnya kuat tekan beton paving blok berbanding lurus dengan umur beton dimana semakin lama umur beton sejak beton dibuat maka semakin tinggi kuat tekannya. Selain umur mutu beton juga dipengaruhi oleh agregat sebagai isi dari campuran beton tersebut, terutama ukuran, tekstur dan bentuk agregat. Tetapi pengaruh kekuatan agregat sendiri terhadap kekuatan beton tidak begitu besar karena kekuatan agregat lebih tinggi dari pada kekuatan pasta semennya. Menurut Kardiono jika ukuran agregat lebih besar maka luas dari permukaan agregat tersebut lebih kecil, sehingga lekatan

antara pasta dan permukaan agregat lebih lemah, akibatnya kekuatan beton lebih rendah, lagi pula butiran agregat yang besar akan menyebabkan tertahannya proses susutan pada pastanya, hal ini berarti menimbulkan adanya tegangan internal dalam pasta, sehingga mengurangi kekuatan betonnya.

Pada penelitian ini, kuat tekan menurun seiring bertambahnya kadar katalis (*filler*) hasil ini karena katalis mampu mengisi lebih banyak rongga yang terjadi pada waktu pemadatan partikel karena agregat pasir dan abu batu yang lebih besar dari pada limbah katalis hal ini memungkinkan terjadinya penurunan material pengikat antar agregat sehingga mutu kuat tekan dari paving blok menurun, Seperti pada data Tabel 4.5 untuk masing – masing penambahan limbah dengan semakin banyaknya porsi limbah maka mutu kuat tekannya cenderung semakin menurun.

4.4 Pengujian Daya Serap Air Paving Blok.

Pada Tabel 4.8 diketahui bahwa percobaan tanpa limbah (0%) sebagai campuran normal atau sebagai pembanding terdapat rata-rata serapan air sebesar 8,75%, jika dibandingkan dengan standar serapan air maksimum maka nilai serapnya melebihi dari 7 %, begitu juga dengan penambahan limbah 16 %, 23% dan 28% dengan masing – masing serapan 10, 59, 10, 58, 15 dan 18 persen.

Berdasarkan uraian diatas bahwa dengan penambahan limbah 16% dan 23% mempunyai daya serap yang paling kecil dibandingkan dengan 28% . Jadi, semakin besar penambahan limbahnya maka cenderung semakin besar pula daya serap airnya.

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.

Hal yang menarik dari hasil TCLP pada tabel 4.10 adalah adanya kadar logam pada percobaan tanpa katalis (0% limbah) dari masing-masing logam. Logam ini diperkirakan berasal dari bahan dasar pembuat paving blok (pasir, abu batu) yang digunakan dalam penelitian.

4.5.2 Analisa pH pada Paving Blok

Dari data diatas terlihat bahwa untuk pH rata-rata dalam paving blok menunjukkan penurunan dengan penambahan katalis 0%, 16%, 23% dan 28%. pH rata-rata dalam paving blok mengindikasikan bahwa produk bersifat basa, Analisa pH ini bertujuan untuk menentukan jenis ekstraksi pada limbah katalis. Setelah dilakukan penambahan 3,5 ml Hcl 1,0 N ternyata pH >5, dengan demikian digunakan larutan ekstraksi 2 untuk proses selanjutnya, larutan 5,7 ml HoAc dilarutkan ke dalam aquadest, Sampai volume 1 liter dengan pH $2,88 \pm 0,05$, setelah dilakukan ekstraksi selama 18 jam, larutan ekstraksi tersebut pHnya menjadi 4,53, 4,63, 4,71, 4,44 dengan masing-masing penambahan katalis sebesar 0%, 16%, 23%, 28%. Kenaikan pH larutan ekstraksi tersebut disebabkan oleh keadaan basa pada bahan susun dan pada paving blok.

4.6 Efisiensi Immobilisasi Logam Berat

Pada penelitian ini juga menentukan nilai efisiensi immobilisasi logam berat yang terdapat pada *spent catalyst* setelah dilakukan solidifikasi, adapun hasil perhitungan efisiensi dari solidifikasi selengkapnya disajikan pada lampiran C dan data selengkapnya dapat dilihat pada tabel 4.12.

Berdasarkan data yang dihasilkan semakin banyak porsi limbah cenderung semakin meningkat konsentrasi lindinya, begitu juga untuk efisiensi immobilitas logam beratnya dari data dan grafik diatas menunjukkan bahwa dari penambahan limbah katalis 23% untuk logam Pb (timbal) efisiensinya sebesar 55,2%, pada penambahan limbah 28% efisiensinya menunjukkan 58,8%. Pada logam Zn (seng) penambahan limbah 23% efisiensinya 84.41% dan kembali menurun pada penambahan limbah 28% yakni sebesar 79,39%.. Untuk logam Ni (Nikel) efisiensi immobilitasnya yang paling besar yaitu pada penambahan limbah 16%, 23% dan 28% yaitu sebesar 99,81%, 99,70%, 99,47%. Pada penelitian ini terlihat bahwa nilai efisiensi selalu cenderung menurun pada penambahan limbah 28% hal ini disebabkan oleh kejenuhan yang terdapat pada proses solidifikasi.

Pada pengambilan cuplikan sampel, bongkahan paving blok masing-masing benda uji dicampur menjadi satu dan tidak dilakukan penghancuran semua benda uji sehingga kemungkinan bongkahan yang diambil tidak merata sehingga konsentrasi lindi yang terbaca pada AAS cukup bervariasi sehingga berpengaruh pada nilai efisiensi logam berat yang dilepaskan, untuk logam Pb nilai efisiensi logam yang terkecil 53,83 % yaitu pada penambahan limbah 28% , sedangkan nilai efisiensi terbesar adalah logam Ni adalah 99,8 % pada penambahan limbah 16%. Dari data efisiensi immobilisasi di dapat hasil yang bervariasi hal ini tergantung pada konsentrasi logam berat pada limbah yang terlepas, semakin kecil logam berat yang terlepas maka semakin besar efisiensi immobilisasi logam yang didapatkan.

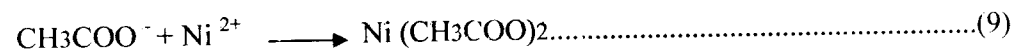
Dari hasil pemeriksaan laboratorium diketahui bahwa katalis selain mengandung *faujasite* yaitu sejenis zeolit alam sebagai bahan dasar semen yang jarang ditemukan juga menunjukkan kadar total metal yang relatif tinggi khususnya kadar logam nikel pada *spent catalyst* yaitu sebesar 12.750 mg/kg (pada tabel 4.2) sementara itu kadar logam-logam yang lain juga menunjukkan hasil yang relatif tinggi, logam-logam ini berasal dari dari umpan (minyak mentah) yang digunakan dalam proses RCC. Kemudian dilakukan proses solidifikasi untuk mengimobilisasi logam-logam tersebut lalu dilakukan uji TCLP untuk mengetahui besar tingkat pencucian (*leaching*) logam-logam yang terdapat dari masing-masing variasi percobaan. Dari hasil pengujian TCLP diketahui bahwa logam nikel merupakan satu – satunya logam yang memiliki tingkat pencucian terbesar dan konsentrasi yang tertinggi dalam ekstrak jika dibandingkan dengan logam yang lainnya. Konsentrasi nikel dalam ekstrak TCLP adalah sebesar 1,21 mg/L, sementara itu jika dibandingkan dengan input sebelum disolidifikasi kadar nikelnya sebesar 127,5 mg/L. Maka kadar nikel dalam ekstrak TCLP paving blok jika dikalikan dengan berat limbah katalis yang masuk ke dalam paving blok pada penambahan limbah 28%, maka didapat output 35,75 mg/kg, sehingga didapatkan efisiensi sebesar 99,47 %. Mekanisme immobilisasi logam berat yang ada dalam *spent catalyst* oleh paving blok diperkirakan berasal dari tertutupnya mikro pori dalam katalis dan terjadinya pembungkusan butiran oleh semen dan agregat yang bersifat lebih padat (*impermiabel*). Pada konsentrasi penambahan limbah yang tinggi maka kebutuhan rongga dalam partikel mineral lokal akan semakin besar dan pada akhirnya akan mencapai kejenuhan. Pada

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

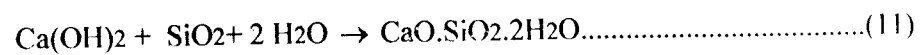
Pada proses ekstraksi logam berat pada analisa ini tergolong dalam hidrometalurgi, yang mana merupakan teknik untuk mengekstrak logam dari bijihnya dengan reaksi dengan larutan air, proses penting dalam hidrometalurgi adalah *leaching*. Setelah proses *leaching* logam atau senyawa terlarut dalam bentuk 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.

Dari data dan keterangan didapatkan bahwa unsur logam berat yang berasal dari limbah RCC Pertamina yang berada didalam paving blok menjadi lebih stabil. Hal ini didasarkan pada hasil uji TCLP.

4.7 Biaya Produksi Paving Blok Limbah Katalis

Dalam pembuatan paving blok, dilakukan perhitungan kebutuhan bahan dan jasa serta biaya dalam 1 m², untuk setiap variasi, sehingga akan dapat diketahui biaya yang dikeluarkan dalam pembuatan paving blok mulai dari kontrol (limbah 0%) sampai dengan limbah 28%.

Untuk menentukan jumlah paving blok dalam 1 m², terlebih dahulu diketahui luas rata-rata setiap paving blok, maka didapat:

- Luas per paving blok = 0,20 m x 0,105 = 0,0216 m²
- Jadi, untuk 1 m² = 1 m² / 0,0216 m² = 46 buah.

Pada Tabel 4.13 terlihat bahwa untuk membuat paving blok dengan campuran semen, agregat dan limbah katalis, selain mampu mengurangi volume limbah yang dihasilkan oleh Pertamina, juga mempunyai harga yang lebih murah apabila dibandingkan dengan harga pasaran yang mencapai harga Rp.28000,- per m², dari tabel diatas dapat disimpulkan bahwa semakin besar penambahan limbah katalis sebagai pengisi (*filler*) pada paving blok menunjukkan harga yang lebih murah. Dengan harga rata-rata Rp, 19.825.-per m² maka paving blok limbah katalis ini lebih ekonomis.