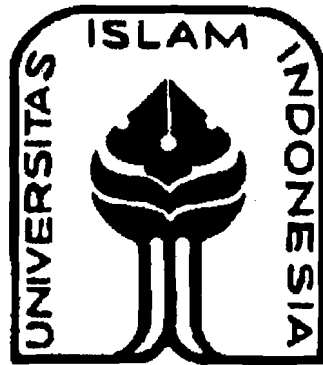


PERPUSTAKAAN FTSP UII	
HADIAH/BELI	
TGL. TERIMA :	24 Februari 2007
NO. JUDUL :	80 2253
NO. INV. :	5120002283001
NO. INDIK. :	

TUGAS AKHIR

**PENGARUH PENAMBAHAN LIMBAH KATALIS
HASIL PENYULINGAN MINYAK BUMI TERHADAP
KUAT DESAK BETON**

K
693 52
Kur
P
A



الجامعة الإسلامية
الاندونيسية



KIU, 66. bel. Camp. 24

Disusun oleh :

NAMA : KURNIAWAN

NO. MHS : 02 511 017

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

• Beton - Abu
• — Luluh katalis
• — Kuat desak
• — Jarak

2006

MILIK PERPUSTAKAAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN
PERENCANAAN UII YOGYAKARTA

HALAMAN PENGESAHAN
TUGAS AKHIR
PENGARUH PENAMBAHAN LIMBAH KATALIS
HASIL PENYULINGAN MINYAK BUMI TERHADAP
KUAT DESAK BETON



Telah diperiksa dan disetujui oleh :

Ir. H. Susastrawan, MS

Dosen Pembimbing

Tanggal : 9 - 10 - 2006

KATA PENGANTAR

Bismillahirrahmanirrahim

Assalamu'alaikum Wr. Wb

Puji syukur kehadirat Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian tentang **PENGARUH PENAMBAHAN LIMBAH KATALIS IIASIL PENYULINGAN MINYAK BUMI TERHADAP KUAT DESAK BETON** ini dengan cukup baik.

Penelitian yang merupakan salah satu syarat untuk mencapai derajat sarjana S-1 ini dilakukan di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Jogjakarta.

Dengan selesainya laporan penelitian ini penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Ir.H. Susastrawan, MS, selaku Dosen Pembimbing yang dengan penuh kesabaran dan ketekunan telah membimbing penulis.
2. Dr.Ir.H. Ruzardi, MS, selaku Dekan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia.
3. Bapak Ir.H.Faisol AM, MS, selaku Ketua Jurusan Fakultas Teknik sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia,

4. Mas Daru dan Pak Warno di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik FTSP UII.
5. Pak Santoro dan Mas Heri di Bagian Tugas Akhir FTSP UII.
6. Apa dan Ama tersayang, kakak-kakakku dan seluruh sanak famili yang telah memberikan doa dan dorongan semangat selama pelaksanaan pendidikan, penelitian, dan penulisan tugas akhir ini.
7. Rekan-rekan kampus Fajar, Amal, De2n, Rikhi, Ulung, Dedi, Ucok, sindhu, Ma2ng, dan teman-teman kampus lainnya, Thanks Brother (hidup JOMBLO).
8. Teman-teman sedaerah Putra, Sungin, PO, Hendra, Abang Helmi, Dina, Dekhi dan yang lainnya.

Penulis menyadari bahwa hasil karya penelitian ini masih jauh dari sempurna, namun penulis berharap agar hasil yang diperoleh ini dapat bermanfaat bagi penelitian-penelitian selanjutnya.

Wabillahittaufik walhidayah wassalamu'alaikum Wr, Wb.

Yogyakarta September 2006

Penulis

Kurniawan

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	
LEMBAR PENGESAHAN	
KATA PENGANTAR.....	i
DAFTAR ISI.....	iii
DAFTAR SIMBOL.....	vi
DAFTAR TABEL.....	viii
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiii
ABSTRAKSI.....	xiv
BABI PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Pokok Masalah.....	2
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Penelitian.....	3
1.5 Batasan Masalah.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Pendahuluan.....	5
BAB III LANDASAN TEORI	7
3.1 Pendahuluan.....	7

3.2 Bahan.....	7
3.2.1 Semen <i>Portland</i>	7
3.2.2 Agregat	10
3.3.3 Air	13
3.3 Bahan Kimia Tambahan.....	16
3.4 Perencanaan Campuran Beton.....	18
3.5 Kuat Desak	24
BAB IV METODE PENELITIAN	26
4.1 Pendahuluan.....	26
4.2 Bahan dan Alat	26
4.2.1 Bahan Penelitian.....	26
4.2.2 Peralatan	27
4.3 Pemeriksaan Material	27
4.4 Perhitungan Campuran Beton (<i>mix design</i>).....	28
4.5 Pembuatan Sampel.....	31
4.6 Perawatan Benda Uji.....	32
4.7 Analisa Hasil	33
4.7.1 Pengujian Kuat Desak Benda Uji.....	33
4.7.2 Analisa Regresi Polinomial Pangkat Dua.....	34
BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN	38
5.1 Hasil Penelitian	38
5.1.1 Pemeriksaan Agregat Halus dan Kasar.....	38

a. Pemeriksaan Modulus Halus Butir.....	38
b. Pemeriksaan Berat Volume.....	39
c. Pemeriksaan Berat Jenis.....	40
5.1.2 Hasil Uji Kuat Desak Beton	40
5.1.3 Hasil Uji Tegangan dan Regangan	46
5.2 Pembahasan Hasil Penelitian	52
5.3 Tinjauan Perbandingan Terhadap Penelitian Lainnya.....	60
5.3.1 Penelitian mengenai perilaku mekanik <i>paving block</i> dengan variasi bahan tambah limbah katalis sebagai pengganti sebagian semen.....	60
5.3.2 Penelitian mengenai pengaruh penggantian sebagian semen dengan limbah katalis hasil penyulingan minyak bumi terhadap kuat desak beton.....	61
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN	63
6.1 Kesimpulan	63
6.2 Saran	64
DAFTAR PUSTAKA.....	66
LAMPIRAN	

DAFTAR SIMBOL

A	=	Luas
D	=	Diameter
$f'c$	=	Kuat Desak Beton
$f'cr$	=	Kuat Desak Beton rata-rata
k	=	Konstanta (1,64)
L	=	Panjang Silinder
m	=	Nilai Tambah (Margin)
P	=	Beban
Sd	=	Standar Deviasi
w	=	Kadar Air
wb	=	Berat Dalam Keadaan Basah
wk	=	Berat Dalam Keadaan Kering
a_r	=	Koefisien Konstanta
n	=	Jumlah Data
r	=	Pangkat Polynomial
R	=	Koefisien Korelasi
S_t	=	Jumlah Kuadrat Suatu Kesalahan
	=	$\sum_{i=1}^n (y_i - y)^2$

S_r = Jumlah Kuadrat dari Kesalahan

$$\text{Linier, } S_r = \sum_{i=1}^n (y_i - a_0 - a_1 x_i)^2$$

$$\text{Polynomial, } S_r = \sum_{i=1}^n (y_i - a_0 - a_1 x_i^2 - a_2 x_i^3)^2$$

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1	Jenis-jenis semen.....	12
Tabel 3.2	Hasil pengukuran komposisi kimia <i>spent</i> dan <i>fresh catalyst</i> pada tahun 2000 di PT. Pertamina (Pertamina, Lembaga Penelitian UNPAD).....	19
Tabel 3.3	Nilai deviasi standar (kg/cm^2).....	21
Tabel 3.4	Faktor modifikasi simpangan baku.....	22
Tabel 3.5	Hubungan faktor air semen dengan kuat desak.....	22
Tabel 3.6	FAS berdasarkan pengaruh tempat elemen.....	23
Tabel 3.7	Nilai slump berdasarkan penggunaan jenis elemen.....	23
Tabel 3.8	Perkiraan kebutuhan air berdasarkan nilai slump.....	24
Tabel 3.9	Perkiraan kebutuhan agregat kasar per meter kubik beton, berdasarkan ukuran maksimum agregat dan modulus halus pasir (m^3).....	25
Tabel 5.1	Data pemeriksaan modulus halus butir.....	39
Tabel 5.2	Berat volume pasir.....	40
Tabel 5.3	Berat volume <i>split</i>	40
Tabel 5.4	Berat jenis pasir.....	41
Tabel 5.5	Berat jenis <i>split</i>	41

Tabel 5.6 Hasil pengujian kuat desak beton dengan variasi penambahan limbah katalis 0 %.....	42
Tabel 5.7 Hasil pengujian kuat desak beton dengan variasi penambahan limbah katalis 1,5 %.....	42
Tabel 5.8 Hasil pengujian kuat desak beton dengan variasi penambahan limbah katalis 3 %.....	42
Tabel 5.9 Hasil pengujian kuat desak beton dengan variasi penambahan limbah katalis 4,5%.....	43
Tabel 5.10 Hasil pengujian kuat desak beton dengan variasi penambahan limbah katalis 0 %.....	43
Tabel 5.11 Hasil pengujian kuat desak beton dengan berbagai variasi penambahan limbah katalis.....	43
Tabel 5.12 Hasil pengujian kuat desak beton dengan variasi penambahan abu batu 0 %.....	44
Tabel 5.13 Hasil pengujian kuat desak beton dengan variasi penambahan abu batu 1,5%.....	45
Tabel 5.14 Hasil pengujian kuat desak beton dengan variasi penambahan abu batu 3 %.....	45
Tabel 5.15 Hasil pengujian kuat desak beton dengan variasi penambahan abu batu 4,5%.....	45
Tabel 5.16 Hasil pengujian kuat desak beton dengan variasi penambahan abu batu 6 %.....	46

Tabel 5.17 Hasil pengujian kuat desak beton dengan berbagai variasi penambahan abu batu.....	46
Tabel 5.18 Hubungan antara penambahan limbah katalis dengan kuat desak beton berdasarkan hasil regresi polinomial.....	54
Tabel 5.19 Hubungan antara penambahan abu batu dengan kuat desak beton berdasarkan hasil regresi polinomial.....	56
Tabel 5.20 Nilai kuat desak beton normal, beton dengan penambahan limbah katalis, dan beton dengan penambahan abu batu.....	58

DAFTAR GAMBAR

Gambar 5.1 Grafik hubungan antara variasi penambahan limbah katalis dan abu batu dengan kuat desak beton ($f'c$).....	47
Gambar 5.2 Grafik tegangan – regangan pada variasi penambahan limbah katalis sebesar 0 %	48
Gambar 5.3 Grafik tegangan – regangan pada variasi penambahan limbah katalis sebesar 1,5 %	48
Gambar 5.4 Grafik tegangan – regangan pada variasi penambahan limbah katalis sebesar 3 %	49
Gambar 5.5 Grafik tegangan – regangan pada variasi penambahan limbah katalis sebesar 4,5 %	49
Gambar 5.6 Grafik tegangan – regangan pada variasi penambahan limbah katalis sebesar 6 %	50
Gambar 5.7 Grafik tegangan – regangan pada berbagai variasi penambahan limbah katalis	50
Gambar 5.8 Grafik tegangan – regangan pada variasi penambahan abu batu sebesar 1,5 %	51
Gambar 5.9 Grafik tegangan – regangan pada variasi penambahan abu batu sebesar 3 %	51

Gambar 5.10 Grafik tegangan – regangan pada variasi penambahan abu batu sebesar 4,5 %	52
Gambar 5.11 Grafik tegangan – regangan pada variasi penambahan abu batu sebesar 6 %	52
Gambar 5.12 Grafik tegangan – regangan pada berbagai variasi penambahan Abu batu.....	53
Gambar 5.13 Grafik hubungan antara variasi penambahan limbah katalis dengan kuat desak beton berdasarkan kurva regresi polinomial $y = - 0,2536x^2 + 2,0615x + 28,434$	56
Gambar 5.14 Grafik hubungan antara variasi penambahan abu batu dengan kuat desak beton berdasarkan kurva regresi polinomial $y = -0,2154x^2 + 1,768x + 28,48$	58

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Lembar Konsultasi

Lampiran 2 Hasil pemeriksaan berat jenis dan kadar air pasir

Lampiran 3 Hasil pemeriksaan berat jenis dan kadar air kerikil

Lampiran 4 Hasil pemeriksaan butiran yang lewat ayakan no.200

(uji kandungan lumpur dalam pasir)

Lampiran 5 Hasil pemeriksaan berat isi gembur agregat halus

Lampiran 6 Hasil pemeriksaan berat isi gembur agregat kasar

Lampiran 7 Data modulus halus butir (MHB) agregat halus

Lampiran 8 Hasil Pengujian Tegangan dan Regangan

Lampiran 9 Foto-Foto Penelitian

Abstraksi

Permasalahan limbah saat ini sering kali menjadi permasalahan bagi industri-industri yang dalam proses produksinya menghasilkan limbah. Salah satunya adalah kegiatan produksi minyak bumi. Produksi minyak bumi ini akan menghasilkan limbah dari kegiatan pemerosesannya, yang bila tidak dikelola dengan baik maka akan berdampak bagi lingkungan dan alangkah baiknya bila limbah ini dapat dimanfaatkan untuk keperluan yang lebih bermanfaat. Industri minyak bumi selalu menggunakan katalis untuk mempercepat terjadinya minyak. Tetapi bila tersebut dipakai terus menerus akan mengalami kejenuhan sehingga tidak dapat dipakai pada proses selanjutnya. Katalis sendiri adalah suatu bahan yang dipergunakan pada saat proses perengkahan (*cracking*). Pada akhir proses, katalis ini akan dikeluarkan berupa limbah, yang setiap harinya mencapai ± 17 ton/hari pada UP VI Balongan. sehingga perlu penyelesaian lebih lanjut mengenai dampaknya. Dalam penelitian ini, limbah katalis digunakan sebagai bahan tambah pada campuran beton.

Tujuan diadakan penelitian penggunaan limbah katalis sebagai bahan tambah pada campuran beton adalah untuk mengetahui pengaruh penambahan limbah katalis terhadap kuat desak beton. Penelitian eksperimental menguji 50 silinder dimana penambahan dengan limbah katalis bervariasi, mulai dari 0%, 1,5%, 3%, 4,5% dan 6% dari berat semen. Semua sampel dibandingkan dengan beton normal (tanpa penambahan limbah katalis).

Dari hasil penelitian dapat diketahui bahwa penggunaan limbah katalis berpengaruh terhadap kuat desak beton. Pada penambahan limbah katalis 3% akan menghasilkan kuat desak beton yang optimum yaitu 32,61522 MPa atau meningkat sebesar 15,7929% dari beton normal.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Permasalahan limbah saat ini sering kali menjadi permasalahan bagi industri-industri yang dalam proses produksinya menghasilkan limbah. Salah satunya adalah kegiatan produksi minyak bumi atau minyak mentah yang bila diolah lebih lanjut dapat menjadi produk jadi yang siap atau dapat digunakan masyarakat serta dapat diekspor yang akan dapat menambah devisa negara. Produksi minyak bumi ini akan menghasilkan limbah dari kegiatan pemrosesannya, yang bila tidak dikelola dengan baik maka akan berdampak bagi lingkungan dan alangkah baiknya bila limbah ini dapat dimanfaatkan untuk keperluan yang lebih bermanfaat.

Industri minyak bumi selalu menggunakan katalis untuk mempercepat terjadinya minyak. Tetapi bila tersebut dipakai terus menerus akan mengalami kejenuhan sehingga tidak dapat dipakai pada proses selanjutnya. Katalis sendiri adalah suatu bahan yang dipergunakan pada saat proses perengkahan (*cracking*). Pada akhir proses, katalis ini akan dikeluarkan berupa limbah, yang setiap harinya mencapai ± 17 ton/hari pada UP VI Balongan. Limbah tersebut sangat potensial

untuk dimanfaatkan sebagai produk dari bahan bangunan. Tetapi pemanfaatan ini juga perlu kehati-hatian karena menurut Peraturan Pemerintah Nomor 19 Tahun 1994 Tentang Pengolahan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun, Limbah katalis ini termasuk kedalam daftar limbah B3. Walaupun dinegara maju seperti Amerika dan Australia, limbah katalis bekas yang dihasilkan dari unit RCC (sama seperti di UP VI Balongan) tidak dikategorikan sebagai limbah B3.

Untuk mengatasi permasalahan dari limbah katalis ini, maka mulailah dirintis untuk membuat limbah tersebut menjadi campuran bahan bangunan seperti pada beton, hal ini dimungkinkan karena unsur-unsur yang terkandung didalam limbah katalis ini merupakan unsur-unsur pembentuk semen seperti oxida silica serta alumina. Penggunaan limbah katalis sebagai bahan pengisi (*filler*) dimaksudkan untuk mengisi rongga-rongga yang terdapat dalam campuran beton sehingga dapat mencegah terjadinya retak-retak beton dan menghasilkan beton yang lebih kuat. Dalam penelitian ini juga akan digunakan bahan pembanding berupa abu batu yang juga akan digunakan sebagai *filler* pada campuran beton.

1.2 Pokok Masalah

1. adakah pengaruh penambahan limbah katalis sebagai *filler* pada adukan beton terhadap kuat desak beton,
2. berapa persentase penambahan limbah katalis yang optimum agar dapat menaikkan kuat tekan beton,

3. adakah perbedaan kuat tekan beton dengan menggunakan *filler* berupa limbah katalis dan abu batu.

1.3 Tujuan Penelitian

Mengetahui pengaruh limbah katalis hasil penyulingan minyak bumi terhadap kuat tekan beton.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini antara lain:

1. memberikan alternatif bahan tambah yang bisa digunakan dalam campuran beton,
2. pemanfaatan limbah katalis tentunya akan mengurangi biaya pengelolaan limbah katalis Pertamina UP VI Balongan, yang sebaliknya mendatangkan keuntungan.

1.5 Batasan Masalah

Sesuai dengan tujuan penelitian, agar penelitian ini lebih mudah perlu adanya batasan-batasan sebagai berikut :

1. benda uji yang digunakan adalah silinder ukuran 15 cm dan tinggi 30 cm,

2. pada penelitian ini digunakan variasi penambahan *filler* limbah katalis sebesar 0%,1,5%,3%,4,5%,6% dari berat semen, demikian juga variasi penambahan dengan menggunakan *filler* abu batu dengan variasi yang sama,
3. limbah padat yang digunakan pada penelitian ini adalah limbah yang berasal dari PT Pertamina UP VI Balongan,
4. semen yang digunakan adalah semen *Portland* kelas I, merk nusantara dengan berat 50 kg/zak,
5. menggunakan pasir berdiameter maksimal 5 mm dan kerikil berdiameter maksimal 20 mm,
6. menggunakan air dari Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia,
7. uji kuat desak beton ini dilakukan pada usia beton 28 hari,
8. alat pengujian kuat desak yang digunakan adalah alat kuat desak di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pendahuluan

Katalis adalah suatu bahan yang digunakan untuk mempercepat reaksi pada saat proses perengkahan. Pada akhir proses, katalis ini akan dikeluarkan berupa limbah. Limbah tersebut berpotensi untuk dimanfaatkan misalnya sebagai produk bangunan. Tetapi pemanfaatan limbah tersebut harus tetap dilakukan dengan hati-hati karena menurut Peraturan Pemerintah Nomor 19 Tahun 1994 Tentang Pengolahan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun, limbah katalis ini termasuk kedalam daftar limbah Bahan Berbahaya dan Beracun.

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, *decant oil* (bahan dasar *fuel oil*).

Penelitian yang pernah dilakukan mengenai pemanfaatan limbah katalis ini antara lain adalah :

1. **Harum, 2005**, mengungkapkan bahwa penambahan limbah katalis yang optimum untuk genteng beton dari aspek teknis (kuat lentur dan kerapatan air) adalah sebesar 10%.

2. **Emzita Hudaya, 2005**, mengemukakan semakin besar penambahan limbah katalis semakin turun kuat tekannya. Limbah katalis dapat digunakan dalam pembuatan paving block yang baik, karena kuat tekan berada dalam standar mutu kuat tekan paving (SNI 03-0691-1996), yang tergolong mutu kuat tekan B yang gunanya untuk pelataran parker.

Sedangkan beberapa penelitian yang pernah dilakukan berkenaan dengan bahan tambah beton untuk meningkatkan kualitas beton sebagai bahan bangunan adalah sebagai berikut :

1. **Kusumaningrum dan marfuatun, 2002**, kuat desak beton mengalami kenaikan terbesar pada variasi 15% sebesar 8,16% dari beton normal pada penelitian yang menggunakan *filler* berupa gergajian batu andesit,
2. **maringka dan supratman, 2002**, kuat desak optimum diperoleh pada variasi 5% pada adukan beton yang menggunakan *filler* berupa batu lintang Gunung Kidul pada beton mutu tinggi.

Menurut SK SNI T-15-1991-03, beton terbuat dari semen, air, agregat (berupa batuan kasar dan halus), dalam proporsi perbandingan tertentu dengan ataupun tanpa bahan tambah.

Nawy, (1990), mengemukakan semen portland dibuat dari serbuk halus mineral kristalin yang komposisi utamanya adalah kalsium dan aluminium silikat. Penambahan air pada mineral ini menghasilkan suatu pasta yang jika mengering akan mempunyai kekuatan seperti batu.

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 Pendahuluan

Untuk mengetahui secara teoritis tentang beton dengan bahan tambahan limbah katalis yang menjadi objek pada penelitian ini, maka dalam bab ini akan dikemukakan teori-teori yang berkenaan dengan beton dengan bahan tambahan limbah tersebut.

3.2 Bahan

Komposisi pembentuk beton dengan bahan tambah limbah katalis ini terdiri dari lima komponen yaitu semen, kerikil, pasir, air dan bahan tambah. Dengan demikian, beton ini merupakan suatu campuran butiran butiran kerikil dan pasir yang saling melekat. Butiran-butiran tersebut dapat saling melekat erat dan menjadi satu kesatuan yang utuh karena diikat oleh pasta semen .

3.2.1 Semen *Portland*

Semen adalah bahan pengikat hidraulik yang dicampur batu agregat menjadi beton. Semen dibuat dengan cara mereaksikan lempung dan batu kapur pada suhu

tinggi. Bubuk yang terjadi dikalsium dan trikalsium silikat, yang membentuk ikatan bersilika bila dicampur air.

Semen portland merupakan bahan hidrolis berbentuk serbuk halus yang dihasilkan dengan cara menghaluskan klinker yang mengandung unsure-unsur kimia seperti: kapur (CaO), silica (SiO_2), alumina (Al_2O_3) dan oksida besi (Fe_2O_3), yang bersifat hidrolis dengan gypsum sebagai bahan tambahan (PUBI, 1982). Pada semen Portland, komponen terbesar adalah kapur, yaitu berkisar antara 60-65%. Semen Portland dibuat dengan cara mencampur dan membakar bahan dasar semen pada suhu 1550°C , dan menjadi klinker (Tjokrodinuljo, 1992). Kemudian menjadi klinker tersebut digiling hingga halus dan kemudian ditambahkan gypsum (CaSO_4).

Didalam campuran beton, semen berfungsi sebagai bahan pengikat/perekat (apabila diberi air) untuk mempersatukan bahan agregat halus dan kasar menjadi satu ikatan yang kompak, dalam arti menjadi satu dan padat. Selain itu juga dapat berfungsi sebagai pengisi ruang atau pori yang terjadi antara agregat.

Reaksi kimia antara semen Portland dengan air menghasilkan senyawa-senyawa yang disertai dengan pelepasan panas. Senyawa-senyawa yang dihasilkan pada reaksi kimia tersebut adalah :

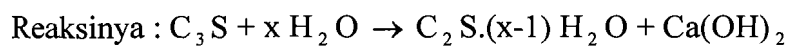
- Trilaksium Aluminat ($3 \text{ CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$) atau disingkat dengan simbol C_3A , bereaksi dengan air berlangsung sangat cepat membentuk kalsium aluminat hidrat serta pelepasan panas yang besar, sehingga akan menimbulkan massa yang

kaku. Proses reaksi ini dikenal sebagai proses pengikat semen, dan panasnya disebut sebagai panas hidrasi (panas pengikatan).



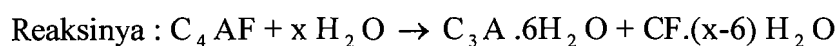
Ikatan oksida C_3A dalam semen berguna untuk memulai proses pengerasan beton.

- Trikalsium Silikat ($3CaO \cdot SiO_2$) dengan simbol C_3S , bereaksi dengan air berlangsung lambat, mula-mula pada permukaan butir semen terbentuk kalsium silikat yang berbentuk gel dan sisa CaO bereaksi dengan air membentuk $Ca(OH)_2$. Reaksi ini terus berlangsung sampai butiran semen mengalami hidrasi yang selanjutnya menyebabkan pengerasan.



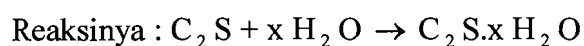
Ikatan oksida C_3S berfungsi sebagai pengatur atau pembentuk kekuatan awal dari beton.

- Tetrakalsium Aluminoforit ($4CaO \cdot Al_2O_3 \cdot Fe_2O_3$) dengan simbol C_4AF , bereaksi dengan air. Reaksi yang terjadi hampir sama dengan C_3A .



C_4AF berfungsi sebagai penurun temperatur pada permukaan klinker.

- Dikalsium Silikat ($2CaO \cdot SiO_2$) dengan simbol C_2S , bereaksi dengan air berlangsung lambat yang berfungsi membentuk kekuatan akhir dari beton.



Jenis-jenis semen dapat dilihat pada Tabel 3.1

Tabel 3.1 Jenis-jenis semen

Jenis I	Untuk penggunaan umum Tidak memerlukan syarat-syarat khusus
Jenis II	Mempunyai ketahanan terhadap sulfat Panas hidrasinya sedang
Jenis III	Mempunyai kekuatan awal tinggi
Jenis IV	Panas hidrasinya rendah
Jenis V	Sangat tahan terhadap sulfat

Sumber : Persyaratan Umum Bahan Bangunan di Indonesia (PUBI – 1982)

3.2.2 Agregat

Agregat adalah butiran partikel mineral yang digunakan bersama-sama dengan semen untuk membentuk beton. Agregat batuan pada beton memiliki porsi terbesar yaitu 65-80%. Pemilihan agregat sangat penting karena akan sangat berpengaruh terhadap kualitas beton.

Berdasarkan berat jenisnya agregat dibagi menjadi 3 yaitu : agregat berat, agregat normal, agregat ringan. Agregat berat adalah agregat yang berat jenisnya lebih dari $2,8 \text{ kg/dm}^3$. Agregat normal adalah agregat yang berat jenisnya berkisar antara $2,5-2,7 \text{ kg/dm}^3$. Sedangkan agregat ringan adalah agregat yang berat jenisnya kurang dari $2,0 \text{ kg/dm}^3$.

Agregat berdasarkan besar butiran dibedakan menjadi dua yaitu agregat halus dan agregat kasar. Agregat halus adalah agregat dengan ukuran maksimum 4,75 mm.

Peraturan Beton Bertulang Indonesia, 1971 memberikan batasan mengenai agregat halus yang dapat digunakan sebagai bahan campur beton, yaitu sebagai berikut :

1. agregat halus harus terdiri dari butir-butir tajam dan keras. Butir-butir agregat halus harus bersifat kekal, artinya tidak pecah atau hancur oleh pengaruh cuaca, seperti terik matahari dan hujan,
2. agregat halus tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 5 % (ditentukan terhadap berat kering). Yang diartikan dengan Lumpur adalah bagiab-bagian yang dapat melaluji ayakan 0,063 mm. Apabila kadar lumpur melampaui 5%, maka agregat halus harus dicuci,
3. agregat halus tidak boleh mengandung bahan-bahan organik terlalu banyak. Hal ini dapat dilakukan dengan percobaan warna (memakai larutan NaOH) dan hasilnya harus sesuai dengan warna standar. Agregat halus yang tidak memenuhi percobaan warna ini dapat juga digunakan, asal kekuatan tekan adukan agregat tersebut pada umur 7 dan 28 hari tidak kurang dari 95% dari kekuatan adukan agregat yang sama tetapi dicuci dalam larutan 3% NaOH yang kemudian dicuci hingga bersih dengan air, pada umur yang sama,
4. agregat halus harus terdiri dari butir-butir yangberaneka ragam besarnya dan apabila diayak dengan susunan ayakan harus memenuhi syarat-syarat sebagai berikut :
 - a) sisa di atas ayakan 4 mm, harus minimum 2% berat,
 - b) sisa di atas ayakan 1 mm, harus minimum 10% berat,
 - c) sisa di atas ayakan 0,25 mm, harus berkisar antara 80% dan 95%

5. pasir laut tidak boleh dipakai sebagai agregat halus untuk semua mutu beton,
6. agregat halus untuk beton dapat berupa pasir alam sebagai hasil disintegrasi alami dari batuan-batuan berupa pasir yang dihasilkan oleh alat-alat pemecah batu.

sedangkan agregat kasar adalah agregat dengan ukuran butiran lebih dari 4,75 mm. Peraturan Beton Bertulang Indonesia, 1971 memberikan batasan agregat kasar yang memenuhi syarat, yaitu sebagai berikut :

1. agregat kasar harus terdiri dari butir-butir yang keras dan tidak berpori. Agregat kasar yang mengandung butir-butir pipih hanya dapat dipakai apabila jumlah butir-butir pipih tersebut tidak melampaui 20% dari berat agregat seluruhnya. Butir-butir agregat kasar harus bersifat kekal, artinya tidak pecah atau hancur oleh pengaruh-pengaruh cuaca, seperti terik matahari dan hujan,
2. agregat kasar tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 1 % (ditentukan terhadap berat kering). Yang diartikan dengan lumpur adalah bagian-bagian yang dapat melalui ayakan 0,063 mm. Apabila kadar lumpur melampaui 1%, maka agregat halus harus dicuci,
3. agregat kasar tidak boleh mengandung zat-zat yang dapat merusak beton, seperti zat-zat yang reaktif alkali,
4. kohorensi dari butiran-butiran agregat kasar diperiksa dengan penguji Rudeloff atau mesin Los Angelos dengan syarat-syarat tertentu,

5. agregat kasar terdiri dari butir-butir yang beraneka ragam besarnya dan tidak melewati saringan 4,75 mm,
6. besar butiran agregat maksimum tidak boleh lebih dari 1/5 jarak terkecil antar bidang-bidang samping dari cetakan, 3/4 dari tebal pelat, atau 3/4 dari jarak bersih minimum antara berkas tulangan.

Agregat halus berupa pasir sedangkan agregat kasar berupa kerikil atau batu pecah (Kardiyono Tjokrodinuljo, 1995).

Agregat yang akan digunakan didalam campuran haruslah memenuhi kondisi *saturade surface dry* (SSD) yaitu keadaan jenuh kering muka, sehingga agregat tersebut tidak akan menambah maupun mengurangi air dari pastinya.

Pemilihan dari agregat merupakan hal yang sangat penting, karena pemilihan agregat yang tepat akan sangat berpengaruh pada kualitas beton. Sangat dianjurkan untuk lebih memilih agregat yang memiliki permukaan yang kasar daripada agregat yang memiliki permukaan yang halus, karena agregat yang memiliki permukaan yang kasar dapat meningkatkan rekatan yang terjadi antara agregat dan semen.

3.2.3 Air

Air merupakan bahan dasar yang sangat penting dalam pembuatan beton. Dalam campuran beton air mempunyai 2 fungsi yaitu memungkinkan reaksi kimia yang menyebabkan pengikatan dan berlangsungnya pengerasan, serta sebagai pelincir campuran kerikil, pasir dan semen agar memudahkan pencetakan (Murdock dan Brook, 1986).

Faktor air semen merupakan satu hal yang sangat berpengaruh terhadap kekuatan desak beton, selain jumlah semen dan jumlah agregat kasar yang digunakan. Jika nilai fas terlalu tinggi akan mengakibatkan pasta semen mengalir kebawah meninggalkan agregat kasar, tetapi bila nilai fas terlalu rendah maka pasta semen tidak cukup untuk merekatkan butir-butir agregat kasar dan dapat mempersulit pengerjaannya sehingga beton tidak dapat dipadatkan dengan baik.

Air yang digunakan haruslah memenuhi persyaratan kualitas air (Tjokrodinuljo, 1992) yaitu:

- a. tidak mengandung lumpur lebih dari 2 gr/ltr.
- b. tidak boleh mengandung garam dan zat yang dapat merusak beton (asam, zat organic) lebih dari 1,5 gr/ltr.
- c. tidak mengandung klorid lebih dari 0,5 gr.ltr.
- d. tidak mengandung senyawa sulfat lebih dari 1,0 gr/ltr.

Menurut Peraturan Beton Bertulang Indonesia (1971), persyaratan kualitas air yang digunakan adalah :

- a. tidak boleh mengandung minyak, asam, alkali, garam-garam, bahan-bahan organis atau bahan-bahan lain yang merusak beton dan baja tulangan. Sebaiknya dipakai air bersih yang dapat diminum,
- b. apabila terdapat keragu-raguan mengenai air, dianjurkan untuk mengirimkan contoh air itu ke lembaga pemeriksaan, untuk diketahui kandungan zat-zat yang terdapat didalam air tersebut,

- c. apabila pemeriksaan air tersebut tidak dapat dilakukan, maka dianjurkan untuk diadakan percobaan perbandingan kekuatan tekan beton dengan memakai air itu, dan dengan memakai air suling. Air tersebut dianggap dapat dipakai jika kekuatan tekan beton yang memakai air itu pada umur 7 dan 28 hari minimal 90% dari kekuatan tekan beton yang memakai air suling, pada umur yang sama,
- d. Jumlah air yang dipakai untuk membuat adukan beton dapat ditentukan dengan ukuran isi atau ukuran berat dan harus dilakukan dengan secepat-cepatnya.

Air untuk perawatan umumnya harus memenuhi syarat-syarat yang lebih tinggi dari air untuk pembuatan beton. Tetapi dapat juga dipakai air seperti yang dipakai pada proses pengadukan, tetapi harus tidak menimbulkan noda atau endapab yang dapat merusak warna permukaan sehingga tidak enak dilihat dengan mata. Besi dan zat organis yang terdapat didalam air umumnya sebagai penyebab utama terjadinya pengotoran atau perubahan warna, terutama jika perawatan yang dilakukan cukup lama.

3.3 Bahan Kimia Tambahan

Bahan kimia tambah adalah bahan tambah yang dicampur ke adukan beton agar diperoleh sifat-sifat yang berbeda pada beton yang akan dihasilkan, seperti pengerjaan yang lebih mudah, pengerasan lebih tinggi dan sebagainya.

Pada penelitian ini digunakan bahan kimia limbah katalis dari unit 15 RCC Pertamina UP VI Balongan. Adapun susunan kimia limbah katalis adalah $\text{NaAlSiO}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ yang merupakan hasil dari proses RCC (*Residu Catalic Cracker*). Limbah katalis yang digunakan pada RCC ini adalah jenis yang mengandung unsur-unsur oksida silika dan alumina. Selain itu didalamnya juga terkandung unsur-unsur kecil seperti : sodium, calcium, magnesium, dan rare earth family. Sebagian besar unsur-unsur penyusun dari limbah katalis merupakan sebagai bahan dasar bangunan atau semen seperti alumina, silika dan kalsium. Limbah katalis ini berbentuk bubuk halus, berwarna putih keabu-abuan, ringan dan memiliki unsur utama silika dan alumina. Dengan adanya kesamaan antara unsur-unsur penyusun limbah hasil penyulingan minyak bumi dengan unsur-unsur penyusun semen, maka limbah katalis hasil penyulingan minyak bumi dapat digunakan sebagai bahan tambah adukan beton (semen).

Dengan penambahan limbah katalis ini akan mengakibatkan bertambahnya jumlah kandungan alumina dalam semen, bilamana didalam semen terdapat senyawa alumina berkadar tinggi dan silika pada kadar rendah maka semen akan mengikat dengan cepat dan kekuatan tinggi.

Dari hasil penelitian yang dilakukan PPSDL-Unpad yang melakukan uji kimia terhadap limbah katalis. Pada uji kimia, hasil pengukuran pH menunjukkan bahwa limbah katalis bekas tidak bersifat korosif. Sehingga tidak digolongkan B3 melalui karakteristik korosif (pH katalis bekas dalam larutan CaCl_2 adalah 3,96-4,80). Bahkan dari analisis TCLP (*Test Characteristic Leaching Procedure*) diperoleh bahwa kandungan logam masih berada dibawah baku mutu yang telah ditetapkan. Berarti limbah tersebut tidak termasuk dalam B3. Dan ketika dilakukan solidifikasi hasil analisis TCLP ternyata lebih kecil daripada sebelum dilakukan solidifikasi. Hasil penelitian dari lembaga penelitian UNPAD dapat dilihat pada Tabel 3.2

Tabel 3.2 Hasil pengukuran komposisi kimia *spent* dan *fresh catalyst* pada tahun 2000 di PT. Pertamina (Pertamina, Lembaga Penelitian UNPAD)

Parameter	Satuan	Limit Deteksi	<i>Fresh Catalyst</i>	<i>Spent Catalyst (Duplicate)</i>	<i>Spent Catalyst</i>
SiO₂	%	N/A	37,31	48,46	47,12
Al₂O₃	%	N/A	40,49	44,20	45,34
Fe₂O₃	%	0,03	0,70	0,90	0,60
TiO ₂	%	N/A	0,70	0,77	0,70
K ₂ O	%	0,01	0,08	0,17	0,14
Na ₂ O	%	0,002	0,05	0,09	0,45
CaO	%	0,01	0,16	tt	0,16
MgO	%	0,001	tt	tt	0,26
As*	Mg/kg	0,002	tt	tt	0,005
Ba	Mg/kg	0,1	tt	tt	tt
B	Mg/kg	1	N/A	N/A	N/A
Cd	Mg/kg	0,005	4,00	4,00	4,50
Cr	Mg/kg	0,05	17,10	17,10	165,50
Cu	Mg/kg	0,02	4,00	4,00	21,00
Pb	Mg/kg	0,1	53,00	53,00	67,50
Hg**	Mg/kg	0,0002	tt	tt	tt
Se*	Mg/kg	0,002	tt	tt	tt

lanjutan

Parameter	Satuan	Limit Deteksi	<i>Fresh Catalyst</i>	<i>Spent Catalyst (Duplicate)</i>	<i>Spent Catalyst</i>
Zn	Mg/kg	0,005	76,00	76,00	105,00
Ni	Mg/kg	0,04	48,00	48,00	14,760
V	Mg/kg	0,2	50,00	50,00	437,50
Ag	Mg/kg	0,01	3,00	3,00	2,50
Co	Mg/kg	0,01	36,00	36,00	358,50
Mn	Mg/kg	0,01	16,00	16,00	27,50
P ₂ O ₅	%	N/A	0,23	0,14	0,23
SO ₃	%	N/A	0,20	0,04	0,04
H ₂ O	%	N/A	6,61	3,08	0,56
LOI	%	N/A	20,25	4,70	4,29

Keterangan : * = Metoda Gas Hybrida (*Gas Hybride Method*)

** = Teknik Uap Dingin (*Cold Vapour Technique*)

N/A = Data tidak Tersedia

Oleh karena limbah katalis tidak berbahaya dan cukup aman, maka dapat digunakan sebagai campuran untuk memproduksi bahan bangunan. Pemanfaatan limbah katalis seperti dilakukan di unit RCC UP-VI Balongan, oleh pengelola dikomersialkan dengan cara dibuat menjadi berbagai produk bahan bangunan seperti batako, paving block dan lain-lain.

3.4 Perencanaan Campuran Beton

Dalam Penelitian ini perencanaan campuran beton menggunakan metode ACI (*American Concrete Institute*) sebagai metode perencanaan campuran beton. Metode ini digunakan karena menyarankan suatu cara perancangan campuran yang

memperlihatkan nilai ekonomi, bahan yang tersedia, kemudahan pekerjaan, keawetan serta kekuatan yang diinginkan. Cara ACI ini melihat kenyataan bahwa pada ukuran maksimum agregat tertentu, jumlah air per meter kubuk adukan beton menentukan tingkat konsistensi/kekentalan (*slump*) adukan beton.

Secara garis besar tahap perhitungan perencanaan campuran beton berdasarkan metode ACI adalah sebagai berikut :

1. Perhitungan kuat desak beton.

Perhitungan kuat desak beton rata-rata memiliki syarat terhadap nilai margin akibat pengawasan dan jumlah sample yang ditambahkan pada penjumlahan kuat desak rencana beton sesuai dengan rumus sebagai berikut :

$$f'_{cr} = f'_{c} + k.sd$$

Dengan : f'_{cr} = kuat desak rata-rata beton (kg/cm^3)

f'_{c} = kuat desak rencana beton (kg/cm^3)

k = tetapan statis. Untuk Indonesia memakai 5% kegagalan faktor $k = 1,64$

sd = standar deviasi berdasarkan Tabel 3.3 dengan angka konversi berdasarkan Tabel 3.4

Tabel 3.3 Nilai deviasi standar (kg/cm^2) (Kardiyono)

Volume Pekerjaan (m^3)	Mutu Pekerjaan		
	Baik Sekali	Baik	Cukup
Kecil < 1000	45 < sd < 55	55 < sd < 65	65 < sd < 85
Sedang 1000-3000	35 < sd < 45	45 < sd < 55	55 < sd < 75
Besar > 3000	25 < sd < 45	35 < sd < 45	45 < sd < 65

Tabel 3.4 Faktor modifikasi simpangan baku (Kardiyono, 1992)

Jumlah Sampel	Faktor Pengali Standar Deviasi
≥ 30	1,00
25	1,03
20	1,08
≤ 15	1,16

2. Menentukan faktor air semen (fas).

Faktor air semen ditentukan dari nilai terendah antara pengaruh kuat desak rata-rata (Tabel 3.5) dan pengaruh keawetan elemen struktur terhadap kondisi lingkungan (Tabel 3.6) sebagai berikut.

Tabel 3.5 Hubungan faktor air semen dengan kuat desak (Kardiyono, 1992)

Faktor air semen (fas)	Perkiraan kuat desak (Mpa)
0,35	42
0,44	35
0,53	28
0,62	22,4
0,71	17,5
0,80	14

Tabel 3.6 FAS berdasarkan pengaruh tempat elemen (Kardiyono, 1992)

Kondisi Elemen	Nilai FAS
1) Beton dalam ruanagan bangunan :	
a. Keadaan keliling korosif	0,60
b. Keadaan keliling korosif, atau disebabkan oleh kondensasi atau uap korosif	0,52
2) Beton diluar bangunan	
a. Tidak terlindungan dari hujan dan terik matahari langsung	0,60
b. Terlindung dari hujan dan terik matahari langsung	0,60
3) Beton yang masuk kedalam tanah	
a. Mengalami keadaan basah dan kering berganti-ganti	0,55
b. Mendapat pengaruh sulfat alkali dari tanah atau air tanah	0,52
4) Beton yang kontinyu berhubungan dengan	
a. Air tawar	0,57
b. Air laut	0,52

3. Menentukan besarnya nilai slump.

Nilai slump ditentukan berdasarkan penggunaan elemen struktur. Nilai slump berdasarkan penggunaan jenis elemen dapat dilihat pada Tabel 3.7

Tabel 3.7 Nilai slump berdasarkan penggunaan jenis elemen
(Kardiyono, 1992)

Pemakaian beton	Maksimum	Minimum
Dinding, pelat fondasi dan fondasi bertulang	12,5	5,0
Fondasi telapak tidak bertulang, dan struktur bawah tanah	9,0	2,5
Pelat, balok, kolom dan dinding	15,0	7,5
Pengerasan jalan	7,5	5,0
Pembetonan massal	7,5	2,5

4. Menetapkan jumlah air yang dibutuhkan.

Jumlah kebutuhan air dalam setiap 1 m³ campuran adukan beton dapat ditentukan berdasarkan diameter maksimum agregat dan nilai slump, seperti pada Tabel 3.8 sebagai berikut.

Tabel 3.8 Perkiraan kebutuhan air berdasarkan nilai slump (Kardiyono, 1992)

Slump (mm)	Ukuran maksimum agregat (mm)		
	10	20	40
25 – 50	206	182	162
75 – 100	226	203	177
150 – 175	240	212	188
Udara terperangkap	3 %	2 %	1 %

5. Menghitung kebutuhan semen.

Menghitung kebutuhan semen berdasarkan hasil penentuan langkah ke dua (didapat dari nilai fas) dan ke empat (didapat jumlah air) dengan membagi rasio kebutuhan air dengan fas.

$$\text{fas} = \frac{W_{\text{air}}}{W_{\text{semen}}} \quad ; \quad W_{\text{semen}} = \frac{W_{\text{air}}}{\text{fas}}$$

6. Menetapkan volume agregat kasar.

Menetapkan volume agregat kasar yang diperlukan persatuan volume beton, berdasarkan ukuran maksimum dari agregat dan nilai modulus halus agregat halusnya lihat Tabel 3.9.

Tabel 3.9 Perkiraan kebutuhan agregat kasar per meter kubik beton, berdasarkan ukuran maksimum agregat dan modulus halus pasir (m³) kardiyo 1992

Ukuran maksimum agregat, mm	Modulus halus pasir			
	2,4	2,6	2,8	3,0
10	0,46	0,44	0,42	0,40
20	0,65	0,63	0,61	0,59
40	0,76	0,74	0,72	0,70
80	0,84	0,82	0,80	0,78
150	0,98	0,88	0,86	0,84

7. Menghitung agregat halus yang diperlukan.

Perhitungan volume agregat halus didasarkan pada pengurangan volume absolut terhadap volume agregat kasar, volume semen, volume air, serta persentase udara yang tertangkap dalam adukan.

3.5 Kuat Desak

Kuat desak adalah besarnya beban persatuan luas, yang menyebabkan benda uji hancur bila dibebani dengan gaya tekan tertentu.

Perhitungan kekuatan desak dengan memakai rumus :

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

dengan :

$\sigma'c$ = tegangan kuat desak

P = beban maksimum yang diterima benda uji (kg)

A = luas permukaan benda uji yang menerima beban langsung (cm²)

Kuat desak beton sangat dipengaruhi oleh beberapa factor, selain perbandingan semen dan tingkat pematatannya. Faktor-faktor itu antara lain (Murdock dan Brook, 1986) :

1. jenis semen dan kualitasnya yang mempengaruhi kekutan rata-rata dan kuat batas beton,
2. jenis dan bentuk bidang permukaan agregat, agregat yang mempunyai permukaan yang kasar akan menghasilkan beton dengan kekuatan yang leboh baik daripada agregat yang permukaannya halus,
3. efisiensi dan perawatan, dimana diketahui pengeringan dan perawatan beton yang dihentikan sebelum waktunya akan menyebabkan beton kehilangan kekuatan sampai dengan 40%, sehingga perawatan beton merupakan hal yang sangat penting pada pengerjaan lapangan dari pembuatan benda uji,

4. faktor usia, pada keadaan normal, kekuatan beton bertambah sesuai dengan umurnya, tetapi penambahan kekuatan yang sangat nampak perkembangannya adalah pada rentang 0-28 hari. Pengerasan akan berlangsung secara lambat sampai beberapa tahun.

BAB IV

METODE PENELITIAN

4.1 Bahan Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan membuat benda uji berupa beton silinder dengan ukuran diameter = 15 cm dan tinggi = 20 cm untuk uji kuat desak beton. Variasi penggunaan limbah katalis sebagai bahan tambah adalah 0%, 1,5%, 3%, 4,5%, 6%, demikian juga untuk penambahan dengan abu batu, dengan jumlah benda uji setiap variasi 5 buah, pengujian dilakukan pada umur 28 hari.

4.2 Bahan dan Alat

Bahan dan alat yang akan dipakai sebaiknya dipersiapkan terlebih dahulu agar jalanya penelitian tidak terganggu.

4.2.1 Bahan Penelitian

Bahan penyusun beton yang akan dipakai pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Semen yang digunakan adalah semen Portland type I merk Nusantara,
2. Agregat Kasar yang digunakan dalam penelitian ini adalah batu krikil,

3. Agregat halus yang digunakan dalam penelitian ini adalah pasir,
4. Air yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari PAM laboratorium Bahan Konstruksi Teknik FTSP UII,
5. limbah padat yang digunakan pada penelitian ini adalah limbah yang berasal dari PT Pertamina UP VI Balongan.

4.2.2 Peralatan

Alat alat yang digunakan dalam penelitian ini :

1. mesin uji desak untuk uji desak beton,
2. cetok untuk memasukkan acian beton,
3. timbangan untuk menimbang bahan adukan beton,
4. mesin pengaduk semen untuk mencampur bahan penyusun beton,
5. ayakan untuk menyaring agregat kasar,
6. ember untuk menampung agregat kasar dan air,
7. kerucut Abrams untuk pengujian nilai slump,
8. kolam perendam untuk merendam benda uji dalam air.

4.3 Pemeriksaan Material

Hasil pemeriksaan agregat halus dan agregat kasar antara lain :

1. Pemeriksaan berat jenis agregat halus dan agregat kasar.

Dari hasil pemeriksaan didapat berat jenis agregat halus = $2,54 \text{ gr/cm}^3$ dan agregat kasar = $2,63 \text{ gr/cm}^3$,

2. Analisis saringan dan modulus halus butir (MHB) agregat halus .Dari hasil pemeriksaan didapat MHB agregat halus = 2,16 dan masuk golongan 3 (pasir agak halus).

3. Pemeriksaan berat volume agregat halus dan kasar.

Dari hasil pemeriksaan didapat berat volume agregat halus = 1,49 gr/cm³ dan agregat kasar = 1,58 gr/cm³.

4.4 Perhitungan Campuran Beton (*mix design*)

Adapun perhitungan *mix design* adalah sebagai berikut.

1. Data-data yang diperoleh dari hasil pengujian agregat adalah sebagai berikut ini.

- | | |
|------------------------------------|--------------------------|
| a. Kuat desak rencana | : 20 MPa |
| b. Diameter maksimum agregat kasar | : 20 mm |
| c. Modulus halus butir pasir | : 2,16 |
| d. Berat volume pasir | : 1,49 t/m ³ |
| e. Berat jenis pasir (SSD) | : 2,538 t/m ³ |
| f. Berat volume split | : 1,58 t/m ³ |
| g. Berat jenis split | : 2,634 t/m ³ |
| h. Berat jenis semen | : 3,15 t/m ³ |

2. Langkah-langkah perhitungan campuran beton.

a. Menghitung kuat desak rata-rata (f'_{cr}).

$$f'_{cr} = 20\text{MPa}$$

$$f'_{cr} = f_{cr} + 1,64 sd$$

Dari Tabel 3.3, dengan mutu pekerjaan baik dan volume pekerjaan kecil, diambil $sd = 60 \text{ kg/cm}^2 = 5,88 \text{ MPa}$.

$$f'_{cr} = 20 + (1,64 \times 5,88)$$

$$f'_{cr} = 29,643 \text{ MPa}$$

- b. Menetapkan factor air semen.

Berdasar Tabel 3.5, dari nilai $f'_{cr} = 29,643 \text{ MPa}$ didapat nilai fas beton usia 28 hari adalah 0,51 (interpolasi).

Dari table 3.6, fas maksimum berdasarkan pengaruh tempat untuk beton terlindung dari hujan dan terik matahari adalah 0,6.

Dari kedua nilai fas tersebut, diambil nilai fas yang terkecil, yaitu 0,51.

- c. Menentukan nilai slump.

Berdasarkan Tabel 3.7, untuk jenis struktur pelat, balok, kolom dan dinding didapat nilai slump = 7,5 – 10 cm. Dipakai nilai slump 7,5 – 10 cm.

- d. Menetapkan kebutuhan air.

Berdasarkan Tabel 3.8, untuk nilai slump 7,5 – 10 cm dan agregat maksimum 20 mm didapat kebutuhan air 203 liter/ m^3 dan udara terperangkap 2%.

- e. Menghitung kebutuhan semen.

$$\text{Berat semen} = \frac{\text{berat.air}}{\text{fas}} = \frac{203}{0,51} = 395 \text{ kg}$$

f. Menentukan agregat kasar per satuan volume.

Mhb pasir = 2,16 dan ukuran maksimum *split* = 20 mm.

Dari Tabel 3.9, diperoleh volume *split* per m³ pada bj 2,634 adalah 0,66

$$\text{Maka volume } split \text{ pada bj } 2,612 = \frac{2,634}{2,68} \times 0,66 \text{ m}^3 = 0,648$$

$$\text{Berat } split = 0,648 \times 1,58 = 1023,8 \text{ kg.}$$

g. Menghitung volume agregat halus per satuan volume.

$$V_{air} = V_{semen} + V_{split} + V_{pasir} + V_{udara} = 1$$

$$0,203 + \frac{0,395}{3,15} + \frac{1,0238}{2,634} + V_{pasir} + 0,02 = 1$$

$$0,203 + 0,1254 + 0,3887 + V_{pasir} + 0,02 = 1$$

$$V_{pasir} = 1 - 0,7371 = 0,2629$$

$$\text{Berat pasir} = 0,2629 \times 2,538 \times 1000 = 667,24 \text{ kg}$$

Perbandingan adukan beton per meter kubik adalah

$$Pc : pasir : split : air = 395 : 667,24 : 1023,8 : 203$$

$$= 1 : 1,69 : 2,59 : 0,51$$

$$\text{Volume 1 buah silinder adalah } 0,25 \times 3,14 \times (15)^2 = 0,0053 \text{ m}^3$$

Kehilangan proses campuran diperkirakan sebesar 20%. Maka kebutuhan campuran beton untuk 1 silinder adalah :

$$\text{Semen} : 395 \times (0,0053 \times 1,2) = 2,512 \text{ kg}$$

$$\text{Pasir} : 667,24 \times (0,0053 \times 1,2) = 4,24 \text{ kg}$$

$$\text{Split} : 1023,8 \times (0,0053 \times 1,2) = 6,51 \text{ kg}$$

$$\text{Air} : 203 \times (0,0053 \times 1,2) = 1,29 \text{ kg}$$

Kebutuhan limbah katalis tiap silinder (5 variasi)

$$0\% = 0\% \times 2,512 = 0 \text{ kg}$$

$$1,5\% = 1,5\% \times 2,512 = 0,0377 \text{ kg}$$

$$3\% = 3\% \times 2,512 = 0,0754 \text{ kg}$$

$$4,5\% = 4,5\% \times 2,512 = 0,1130 \text{ kg}$$

$$6\% = 6\% \times 2,512 = 0,1507 \text{ kg}$$

4.5 Pembuatan Sampel

Dalam penelitian ini, dibuat 25 buah silinder beton dengan ukuran (150 mm x 300 mm) dengan ketentuan untuk tiap variasi campuran dibuat 5 buah silinder.

Variasi yang digunakan adalah sebagai berikut :

1. Sampel (BN), tanpa campuran limbah katalis (normal),
2. Sampel (BK1,5), dengan campuran limbah katalis 1,5% dari berat semen,
3. Sampel (BK3), dengan campuran limbah katalis 3% dari berat semen,
4. Sampel (BK4,5), dengan campuran limbah katalis 4,5% dari berat semen,
5. Sampel (BK6), dengan campuran limbah katalis 6% dari berat semen.

Sebagai perbandingan kuat tekan silinder beton, dibuat sampel silinder beton dengan bahan campuran abu batu, dengan ukuran dan jumlah sampel yang sama.

Variasi yang digunakan adalah sebagai berikut :

1. Sampel (BN), tanpa campuran abu batu (normal),

2. Sampel (BA1,5), dengan campuran abu batu 1,5% dari berat semen,
3. Sampel (BA3), dengan campuran abu batu 3% dari berat semen,
4. Sampel (BA4,5), dengan campuran abu batu 4,5% dari berat semen,
5. Sampel (BA6), dengan campuran abu batu 6% dari berat semen.

Langkah-langkah yang dilakukan dalam pembuatan benda uji adalah sebagai berikut:

1. mempersiapkan bahan dan alat-alat yang digunakan untuk pembuatan benda uji,
2. menimbang bahan yang dibutuhkan,
3. mencampur bahan-bahan yang sudah ditimbang kedalam molen, kemudian diaduk sampai merata dengan permukaan mengkilap,
4. diukur nilai slump dari adukan tersebut,
5. setelah slump yang didapat sesuai dengan rencana, kemudian adukan beton dimasukkan kedalam cetakan silinder. Pengisian adukan dilakukan tiga tahap, masing-masing 1/3 dari tinggi cetakan. Setiap tahap ditusuk-tusuk dengan tongkat baja sebanyak 25 kali sebagai pemadatan adukan,
6. cetakan diletakkan ditempat yang rata dan bebas dari getaran dan gangguan lain.

4.6 Perawatan Benda Uji

Perawatan beton bertujuan untuk menjaga kelembaban, sehingga proses hidrasi semen berlangsung dengan sempurna. Pada penelitian ini perawatan dilakukan dengan cara:

1. tiga hari pertama beton disirami atau diperciki dengan air secara periodik sebanyak 3 kali sehari,
2. empat sampai 28 hari, perawatan dilakukan dengan cara merendam beton didalam air.

4.7 Analisa Hasil

Analisa hasil pengujian terdiri dari dari analisa kuat desak beton dan analisa regresi polinomial pangkat dua.

4.7.1 Pengujian Kuat Desak Benda Uji

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui kuat desak optimal beton. Tahap pengujiannya adalah :

1. Benda uji diambil dari bak perendam satu hari sebelum dilakukan pengujian,
2. kotoran yang menempel dibersihkan terlebih dahulu,
3. menimbang benda uji,
4. mengukur dimensi benda uji,
5. benda uji diletakkan diatas alat kuat uji desak,
6. mesin dihidupkan dengan beban bertingkat dengan kecepatan beban tertentu,
7. pembebanan dilakukan sampai benda uji hancur dan dicatat beban maksimum yang terjadi.

Kuat desak beton dapat dihitung dengan cara membagi beban maksimum dengan luas permukaan benda uji, seperti rumus berikut ini :

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

dengan :

$\sigma'c$ = tegangan kuat desak

P = beban maksimum yang diterima benda uji (kg)

A = luas permukaan benda uji yang menerima beban langsung (cm²)

4.7.2 Analisa Regresi Polinomial Pangkat Dua

Gambar grafik didapat dari metode regresi polinomial pangkat dua.

Persamaan polinomial order r mempunyai bentuk:

$$y = a_0 + a_1x + a_2x^2 + a_3x^3 + \dots + a_rx^r \quad (4.1)$$

jumlah kuadrat dari kesalahan adalah :

$$D^2 = \sum_{i=1}^n (y_i - a_0 - a_2x^2 - \dots - a_rx^r)^2 \quad (4.2)$$

Persamaan 4.2 dideferensialkan terhadap tiap koefisien dari polinomial

$$\frac{\partial D^2}{\partial a_0} = -2 \sum_{i=1}^n (y_i - a_0 - a_2x^2 - \dots - a_rx^r)$$

$$\frac{\partial D^2}{\partial a_1} = -2 \sum_{i=1}^n (y_i - a_0 - a_2x^2 - \dots - a_rx^r)$$

$$\frac{\partial D^2}{\partial a_2} = -2 \sum_{i=1}^n (y_i - a_0 - a_2x^2 - \dots - a_rx^r)$$

$$\frac{\partial D^2}{\partial a_r} = -2 \sum_{i=1}^n (y_i - a_0 - a_2x^2 - \dots - a_rx^r) \quad (4.3)$$

Persamaan 4.3 dapat ditulis dalam bentuk matrik seperti berikut

Persamaan 4.3 dapat ditulis dalam bentuk matrik seperti berikut

$$\begin{pmatrix} n & \sum x_i & \sum x_i^2 & \dots & \sum x_i^r \\ \sum x_i & \sum x_i^2 & \sum x_i^3 & \dots & \sum x_i^{r+1} \\ \sum x_i^2 & \sum x_i^3 & \sum x_i^4 & \dots & \sum x_i^{r+2} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \sum x_i^r & \sum x_i^{r+1} & \sum x_i^{r+2} & \dots & \sum x_i^{r+r} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} a_0 \\ a_1 \\ a_2 \\ \vdots \\ a_r \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \sum y_i \\ \sum x_i y_i \\ \sum x_i^2 y_i \\ \vdots \\ \sum x_i^r y_i \end{pmatrix} \quad (4.4)$$

Keterangan

a_r = koefisien konstanta

n = jumlah data

r = pangkat polinomial

Penyelesaian dari persamaan 4.4 akan menghasilkan $a_0, a_1, a_2, \dots, a_r$. Hasil ini dimasukkan kedalam persamaan 4.1 akan menghasilkan persamaan kurva.

Untuk membandingkan hasil regresi dengan hasil pengujian dilaboratorium, digunakan koefisien korelasi (R). Kurva regresi polinomial bisa dikatakan sempurna apabila nilainya adalah satu. Namun dalam kenyataannya jarang sekali nilai koefisien korelasinya yang sama dengan satu. Oleh karena itu nilai koefisien korelasi dianggap sudah cukup bagus apabila nilainya mendekati satu.

Koefisien korelasi dapat ditung dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$R = \sqrt{\frac{s_t - s_r}{s_t}}$$

Dengan R = koefisiem korelasi

S_t = jumlah total kuadrat dari sisa-sisa residu

$$= \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2$$

S_r = jumlah kuadrat dari kesalahan

$$\text{linier} = S_r = \sum_{i=1}^n (y_i - a_0 - a_1 x)^2$$

$$\text{polinomial} = S_r = \sum_{i=1}^n (y_i - a_0 - a_1 x - a_2 x^2)^2$$

Rumus yang digunakan untuk hasil pengujian laboratorium disini adalah rumus regresi polynomial pangkat 2. Persamaan kurva yang didapat akan menghasilkan rumus sebagai berikut ini

$$Y = ax^2 + bx + c$$

Dengan

Y = nilai kuat tekan beton

Y adalah variable terikat yang bergantung pada nilai x

X = angka penambahan limbah katalis dalam persen

X adalah variable bebas yang akan menentukan nilai y

a,b,c = nilai konstanta

Untuk mencari nilai ekstrim bisa didapat dengan menggunakan rumus :

$$(x,y) = \left(-\frac{b}{2a}, \frac{D}{4a}\right)$$

dengan $D = b^2 - 4ac$

BAB V

HASIL DAN PEMBAHASAN

5.1 Hasil Penelitian

Hasil penelitian ini meliputi pemeriksaan agregat halus dan agregat kasar, dan hasil uji kuat desak beton.

5.1.1 Pemeriksaan Agregat Halus dan Agregat Kasar

Pemeriksaan agregat halus dan agregat kasar terdiri dari pemeriksaan modulus halus butir, berat volume dan berat jenis agregat.

a. Pemeriksaan Modulus Halus Butir

Dari hasil pemeriksaan yang dilakukan dilaboratoium, didapat hasil yang dapat dilihat pada Tabel 5.1

Tabel 5.1 Data pemeriksaan modulus halus butir

No	Lubang ayakan (mm)	Berat tertinggal (gram)	Berat tertinggal (%)	Berat tertinggal kumulatif (%)	Persen lolos kumulatif (%)
1	1,80	0	0	0	100
2	2,40	1	0,05	0,05	99,95
3	1,20	4	0,20	0,25	99,75
4	0,60	780	39,00	39,25	60,75
5	0,30	770	38,50	77,75	22,25
6	0,15	393	19,65	97,40	2,60
7	sisia	52	2,60	-	-
Jumlah		2000	100	216	-

$$\text{Modulus Halus Butir (MHB)} = \frac{216}{100} = 2,16$$

b. Pemeriksaan Berat Volume

Dari pemeriksaan dilaboratorium diperoleh data sebagai berikut seperti pada

Tabel 5.2 dan 5.3

Tabel 5.2 Berat volume pasir

	BENDA UJI
Berat tabung (W_1), gram	15967
Berat tabung + agregat kering tungku (W_2), gram	32000
Berat agregat bersih (W_3), gram	16033
Volume tabung (V), cm^2	10760
Berat isi gembur = (W_3/V), gram/cm^3	1,4900

Tabel 5.3 Berat volume *split*

	BENDA UJI
Berat tabung (W_1), gram	15967
Berat tabung + agregat kering tungku (W_2), gram	33000
Berat agregat bersih (W_3), gram	17033
Volume tabung (V), cm^2	10760
Berat isi gembur = (W_3/V), gram/cm^3	1,5829

c. Pemeriksaan Berat Jenis

Dari pemeriksaan dilaboratorium diperoleh data sebagai berikut seperti pada Tabel 5.4 dan 5.5

Tabel 5.4 Berat jenis pasir

	BENDA UJI
Berat pasir kondisi jenuh kering muka, gram	500
Berat piknometer berisi pasir dan air, gram (Bt)	1333
Berat piknometer berisi air, gram (B)	1030
Berat jenis jenuh kering muka = $500/(B+500-Bt)$ gram/cm ²	2,538

Tabel 5.5 Berat jenis *split*

	BENDA UJI
Berat kerikil kondisi jenuh kering muka, gram (Bj)	5000
Berat kerikil dalam air, gram (Ba)	3102
Berat jenis jenuh kering muka = $Bj/(Bj - Ba)$	2,634

5.1.2 Hasil Uji Kuat Desak Beton

Dari hasil uji kuat desak beton dilaboratorium dapat dilihat pada Tabel 5.6 sampai 5.10 untuk hasil uji kuat desak yang menggunakan bahan tambah limbah katalis, sedangkan hasil uji kuat desak beton yang menggunakan bahan tambah abu batu dapat dilihat pada Tabel 5.12 sampai 5.16

Tabel 5.6 Hasil pengujian kuat desak beton dengan variasi penambahan limbah katalis 0 %

NO	SLUMP (cm)	DIAMETER (cm)	TINGGI (cm)	LUAS (cm ²)	VOLUME (cm ³)	BERAT kg	BEBAN MAKS KN	BEBAN MAKS Mpa
1	9,5	14,5	29,9	165,0463	4934,883	12,7	481,8	29,1918
2	9,5	14,5	29,9	165,0463	4934,883	12,8	495,1	29,9977
3	9,5	14,4	30	162,7776	4883,328	12,7	527,4	32,4
4	9,5	14,4	30,1	162,7776	4899,606	12,7	476,6	29,2792
5	9,5	14,5	30	165,0463	4951,388	12,7	510,4	30,9247

Tabel 5.7 Hasil pengujian kuat desak beton dengan variasi penambahan limbah katalis 1,5 %

NO	SLUMP (cm)	DIAMETER (cm)	TINGGI (cm)	LUAS (cm ²)	VOLUME (cm ³)	BERAT kg	BEBAN MAKS KN	BEBAN MAKS Mpa
1	9	14,5	29,9	165,0463	4934,883	12,6	576,5	34,9296
2	9	14,5	29,8	165,0463	4918,378	12,5	550,2	33,3361
3	9	14,4	30	162,7776	4883,328	12,4	565,2	34,7222
4	9	14,4	29,4	162,7776	4785,661	12,4	520,8	31,9946
5	9	14,4	29,7	162,7776	4834,495	12,4	530,4	32,5843

Tabel 5.8 Hasil pengujian kuat desak beton dengan variasi penambahan limbah katalis 3 %

NO	SLUMP (cm)	DIAMETER (cm)	TINGGI (cm)	LUAS (cm ²)	VOLUME (cm ³)	BERAT kg	BEBAN MAKS KN	BEBAN MAKS Mpa
1	8,5	14,6	29,8	167,3306	4986,452	12,7	711	42,4907
2	8,5	14,5	30	165,0463	4951,388	12,7	568,8	34,4631
3	8,5	14,5	29,9	165,0463	4934,883	12,8	611,2	37,032
4	8,5	14,5	30	165,0463	4951,388	12,8	590,4	35,7718
5	8,5	14,5	29,9	165,0463	4934,883	12,8	655	39,6858

Tabel 5.9 Hasil pengujian kuat desak beton dengan variasi penambahan limbah katalis 4,5 %

NO	SLUMP (cm)	DIAMETER (cm)	TINGGI (cm)	LUAS (cm ²)	VOLUME (cm ³)	BERAT kg	BEBAN MAKS KN	BEBAN MAKS Mpa
1	8	14,4	29,8	162,7776	4850,772	12,8	560,8	34,4519
2	8	14,4	29,4	162,7776	4785,661	13	583,8	35,8649
3	8	14,3	30,2	160,5247	4847,844	13	510	31,7708
4	8	14,5	29,7	165,0463	4901,874	12,7	571,4	34,6206
5	8	14,5	29,9	165,0463	4934,883	12,9	567	34,354

Tabel 5.10 Hasil pengujian kuat desak beton dengan variasi penambahan limbah katalis 6 %

NO	SLUMP (cm)	DIAMETER (cm)	TINGGI (cm)	LUAS (cm ²)	VOLUME (cm ³)	BERAT kg	BEBAN MAKS KN	BEBAN MAKS Mpa
1	7,5	14,7	30,1	169,6307	5105,883	13	623,9	36,7799
2	7,5	14,5	29,9	165,0463	4934,883	12,8	530,3	32,1304
3	7,5	14,5	29,8	165,0463	4918,378	12,8	644,1	39,0254
4	7,5	14,6	30	167,3306	5019,918	12,9	620,7	37,0942
5	7,5	14,7	30	169,6307	5088,92	12,9	609,6	35,9369

Dari Tabel 5.6 sampai dengan Tabel 5.10 maka dapat ditabulasikan seperti terlihat pada Tabel 5.11

Tabel 5.11 Hasil pengujian kuat desak beton dengan berbagai variasi penambahan limbah katalis

VARIASI	0%	1,5%	3%	4,5%	6%
f _{ci}	29,1918	34,9296	42,4907	34,4519	36,7799
	29,9977	33,3361	34,4631	35,8649	32,1304
	32,4	34,7222	37,032	31,7708	39,0254
	29,2792	31,9946	35,7718	34,6206	37,0942
	30,9247	32,5843	39,6858	34,354	35,9369
TOTAL	151,793	167,567	189,443	171,062	180,967
f _{cr}	30,3587	33,5134	37,8887	34,2124	36,1934
1	7,14463	6,66831	41,3586	8,93606	25,7497
sd	1,33647	1,29115	3,21553	1,49466	2,53721
f _c	28,1669	31,3959	32,6152	31,7612	32,0323

Contoh hasil perhitungan kuat desak beton yang menggunakan bahan tambah imbah katalis pada 0 %

$$f'_{cr} = \frac{\sum f'_{ci}}{n}$$

$$= \frac{151,7954}{5}$$

$$= 30,35868 \text{ MPa}$$

$$sd = \sqrt{\frac{\sum (f'_{ci} - f'_{cr})^2}{n-1}}$$

$$= \sqrt{\frac{7,14463}{4}}$$

$$= 1,3364 \text{ MPa}$$

$$f'_c = f'_{cr} - k \cdot sd$$

$$= 30,3586 - (1,64 \times 1,3364)$$

$$= 28,1669 \text{ MPa}$$

Untuk hasil laboratorium pengujian kuat desak beton yang menggunakan bahan tambah abu batu didapatkan hasil sebagai berikut seperti yang terlihat pada Tabel 5.12 sampai dengan Tabel 5.16

Tabel 5.12 Hasil pengujian kuat desak beton dengan variasi penambahan abu batu 0 %

NO	SLUMP (cm)	DIAMETER (cm)	TINGGI (cm)	LUAS (cm ²)	VOLUME (cm ³)	BERAT kg	BEBAN MAKS KN	BEBAN MAKS Mpa
1	9,5	14,5	29,9	165,0463	4934,8829	12,7	481,8	29,1918
2	9,5	14,5	29,9	165,0463	4934,8829	12,8	495,1	29,9977
3	9,5	14,4	30	162,7776	4883,328	12,7	527,4	32,4000

lanjutan

NO	SLUMP (cm)	DIAMETER (cm)	TINGGI (cm)	LUAS (cm ²)	VOLUME (cm ³)	BERAT kg	BEBAN MAKS KN	BEBAN MAKS Mpa
5	9,5	14,5	30	165,0463	4951,3875	12,7	510,4	30,9247

Tabel 5.13 Hasil pengujian kuat desak beton dengan variasi penambahan abu batu 1,5 %

NO	SLUMP (cm)	DIAMETER (cm)	TINGGI (cm)	LUAS (cm ²)	VOLUME (cm ³)	BERAT kg	BEBAN MAKS KN	BEBAN MAKS Mpa
1	9,5	14,5	29,7	165,0463	4901,8736	12,8	587,9	35,6203
2	9,5	14,6	29,8	167,3306	4986,4519	12,9	585,5	34,9906
3	9,5	14,5	29,8	165,0463	4918,3783	12,8	615,9	37,3168
4	9,5	14,6	29,9	167,3306	5003,1849	12,9	534,2	31,9248
5	9,5	14,5	29,7	165,0463	4901,8736	12,8	560,9	33,9844

Tabel 5.14 Hasil pengujian kuat desak beton dengan variasi penambahan abu batu 3 %

NO	SLUMP (cm)	DIAMETER (cm)	TINGGI (cm)	LUAS (cm ²)	VOLUME (cm ³)	BERAT kg	BEBAN MAKS KN	BEBAN MAKS Mpa
1	9	14,6	29,7	167,3306	4969,7188	12,8	540,3	32,2894
2	9	14,4	29,5	162,7776	4801,9392	12,8	573,1	35,2075
3	9	14,4	29,9	162,7776	4867,0502	12,8	575,3	35,3427
4	9	14,5	29,8	165,0463	4918,3783	12,9	533,4	32,3182
5	9	14,4	29,8	162,7776	4850,7725	12,9	540,6	33,2110

Tabel 5.15 Hasil pengujian kuat desak beton dengan variasi penambahan abu batu 4,5 %

NO	SLUMP (cm)	DIAMETER (cm)	TINGGI (cm)	LUAS (cm ²)	VOLUME (cm ³)	BERAT kg	BEBAN MAKS KN	BEBAN MAKS Mpa
1	8,5	14,5	30	165,0463	4951,3875	12,7	540,9	32,7726
2	8,5	14,4	30	162,7776	4883,328	12,7	560,3	34,4212
3	8,5	14,5	30,2	165,0463	4984,3968	12,7	606,6	36,7533
4	8,5	14,6	29,8	167,3306	4986,4519	12,9	602,5	36,0066
5	8,5	14,5	29,7	165,0463	4901,8736	12,7	635,4	38,4983

Tabel 5.16 Hasil pengujian kuat desak beton dengan variasi penambahan abu batu 6 %

NO	SLUMP (cm)	DIAMETER (cm)	TINGGI (cm)	LUAS (cm ²)	VOLUME (cm ³)	BERAT kg	BEBAN MAKS KN	BEBAN MAKS Mpa
1	8	14,4	30	162,7776	4883,328	12,9	579,2	35,5823
2	8	14,5	30	165,0463	4951,3875	12,8	551,6	33,4209
3	8	14,6	30	167,3306	5019,918	12,7	550	32,8691
4	8	14,5	29,9	165,0463	4934,8829	12,8	538,4	32,6212
5	8	14,5	29,7	165,0463	4901,8736	13	540,6	32,7545

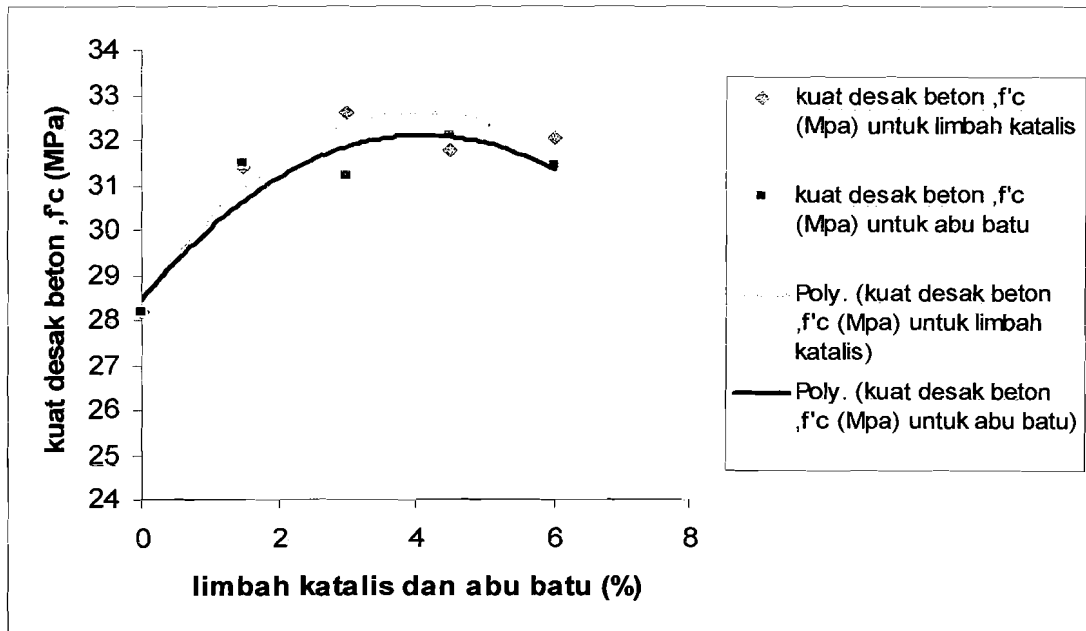
Dari Tabel 5.12 sampai dengan Tabel 5.16 maka dapat ditabulasikan seperti terlihat pada Tabel 5.17

Tabel 5.17 Hasil pengujian kuat desak beton dengan berbagai variasi penambahan abu batu

VARIASI	0%	1,5%	3%	4,5%	6%
fci	29,1918	35,6203	32,2894	32,7726	35,5823
	29,9977	34,9906	35,2075	34,4212	33,4209
	32,4000	37,3168	35,3427	36,7533	32,8691
	29,2792	31,9248	32,3182	36,0066	32,6212
	30,9247	33,9844	33,2110	38,4983	32,7545
TOTAL	151,7934	173,8370	168,3688	178,4520	167,2479
fcr	30,3587	34,7674	33,6738	35,6904	33,4496
1	7,1446	15,9701	9,1061	19,2383	6,0558
sd	1,3365	1,9981	1,5088	2,1931	1,2304
fc	28,1669	31,4905	31,1993	32,0938	31,4317

Dari Tabel 5.11 dan 5.17 bila diplotkan dalam satu grafik akan terlihat seperti pada Gambar 5.1

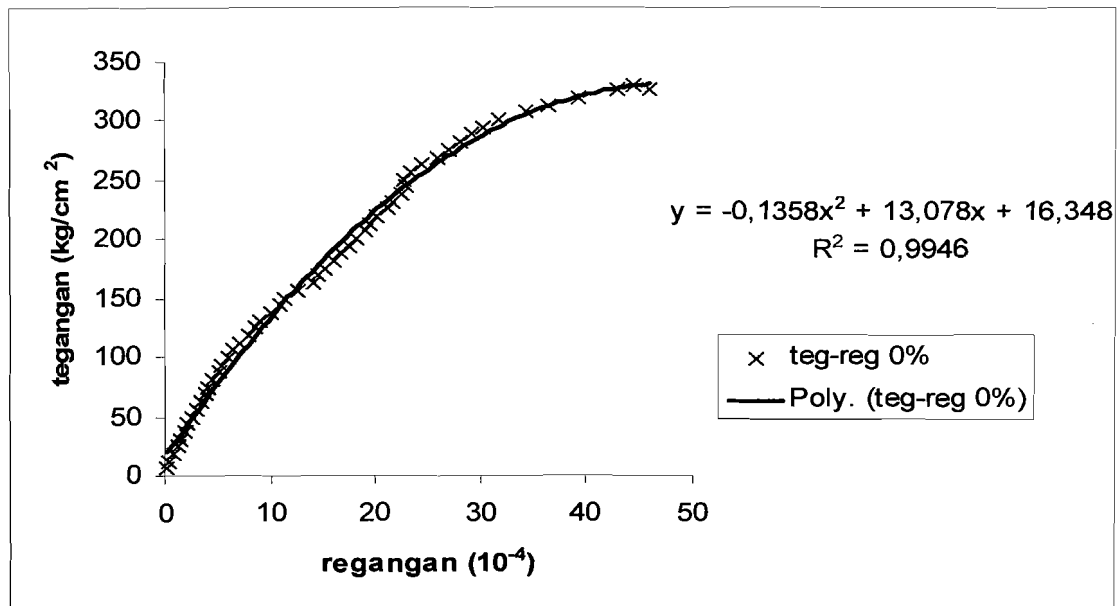




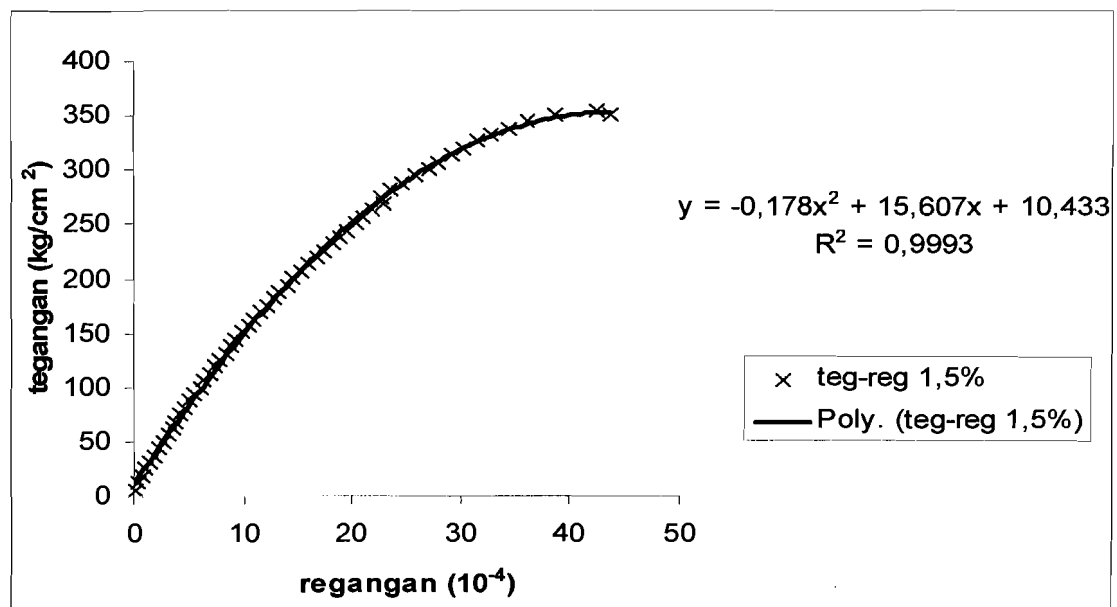
Gambar 5.1 Grafik hubungan antara variasi penambahan limbah katalis dan abu batu dengan kuat desak beton ($f'c$)

5.1.3 Hasil Uji Tegangan dan Regangan

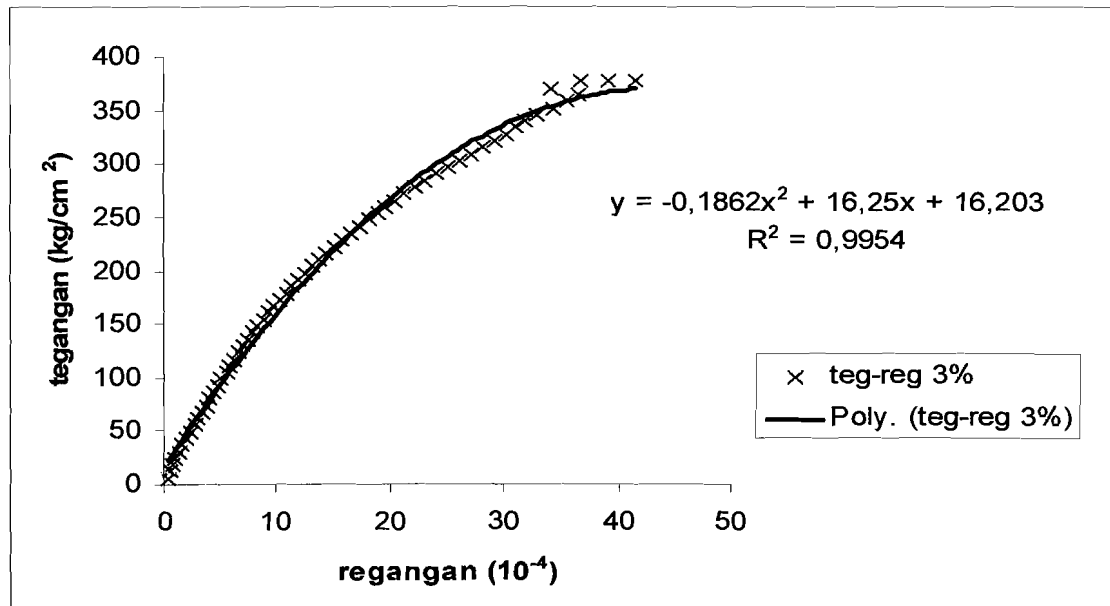
Dalam penelitian ini hanya diteliti 1 sampel silinder dalam setiap variasinya untuk mengetahui grafik tegangan dan regangan. Dari hasil uji tegangan dan regangan dilaboratorium, didapat nilai tegangan dan regangan. Hasil pengujian ini dapat dilihat pada lampiran hasil uji tegangan dan regangan. Dari data lampiran hasil uji regangan dan tegangan bisa diplotkan menjadi grafik seperti pada Gambar 5.2 sampai dengan Gambar 5.6 untuk bahan tambah limbah katalis.



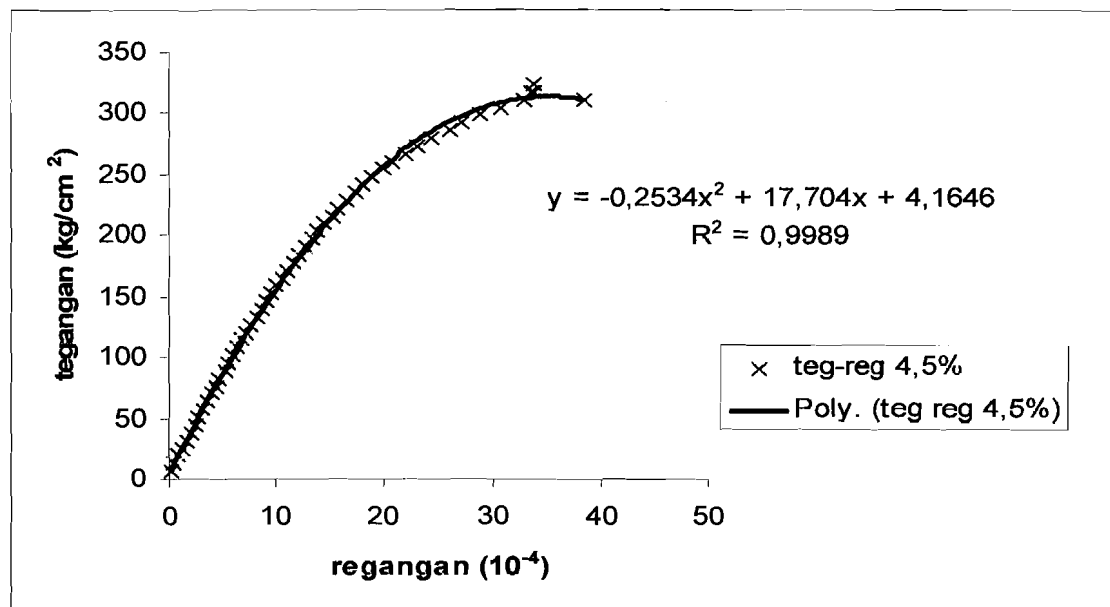
Gambar 5.2 Grafik tegangan – regangan pada variasi penambahan limbah katalis sebesar 0 %



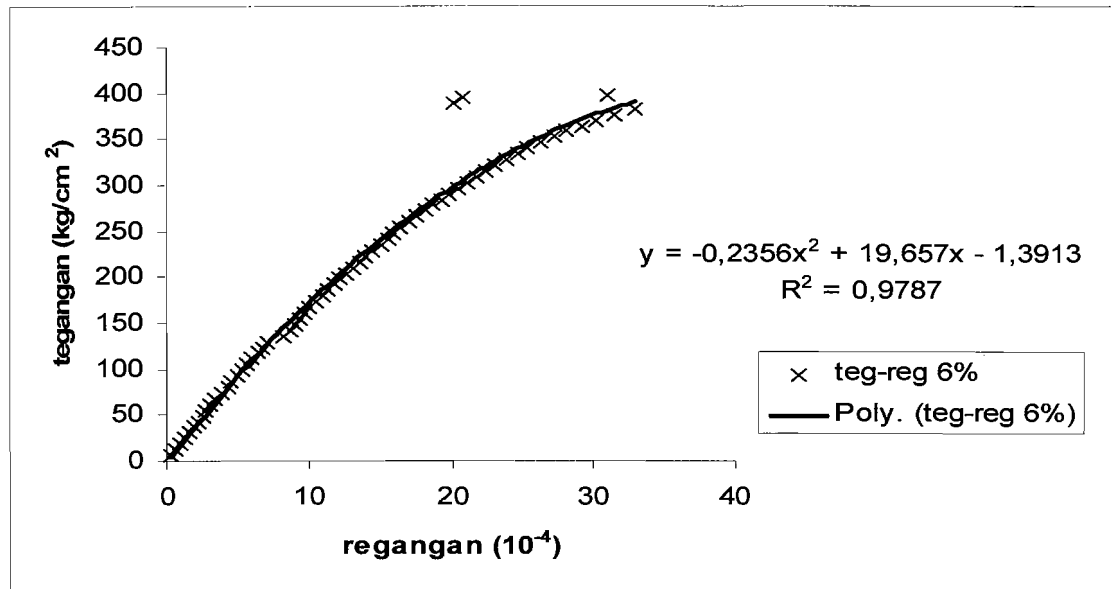
Gambar 5.3 Grafik tegangan – regangan pada variasi penambahan limbah katalis sebesar 1,5 %



Gambar 5.4 Grafik tegangan – regangan pada variasi penambahan limbah katalis sebesar 3 %

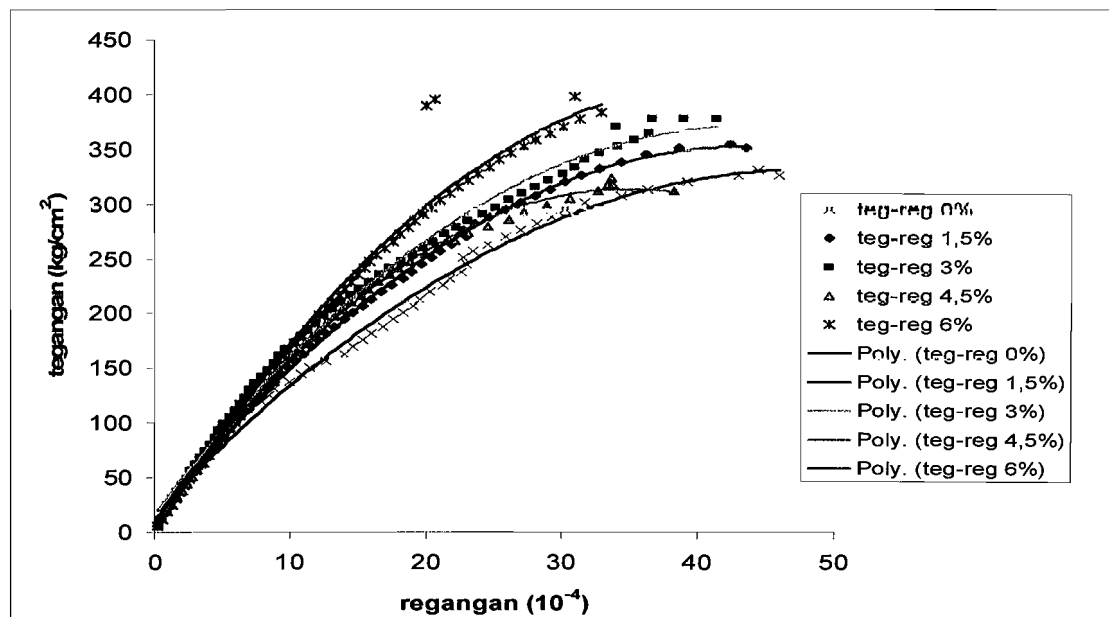


Gambar 5.5 Grafik tegangan – regangan pada variasi penambahan limbah katalis sebesar 4,5%



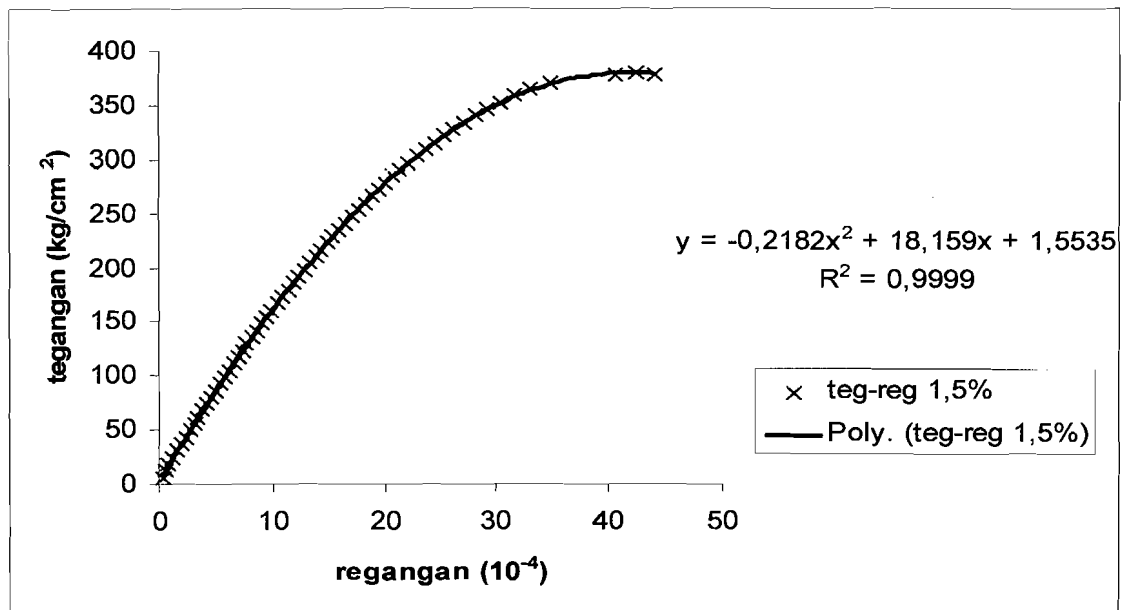
Gambar 5.6 Grafik tegangan – regangan pada variasi penambahan limbah katalis sebesar 6 %

Dari Gambar 5.2 dan 5.6 bila diplotkan dalam satu grafik akan terlihat seperti pada Gambar 5.7

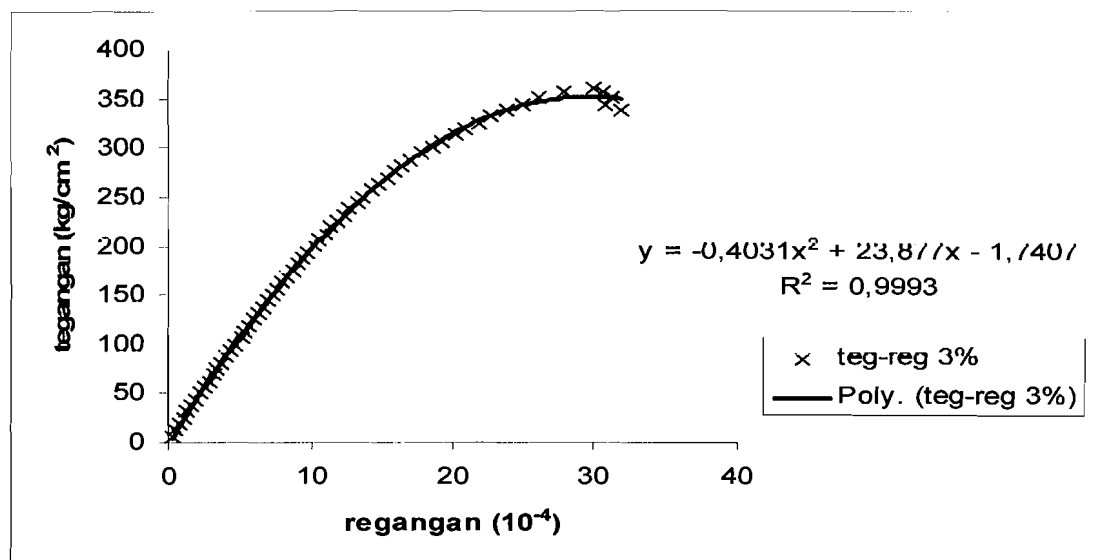


Gambar 5.7 Grafik tegangan – regangan pada berbagai variasi penambahan limbah katalis

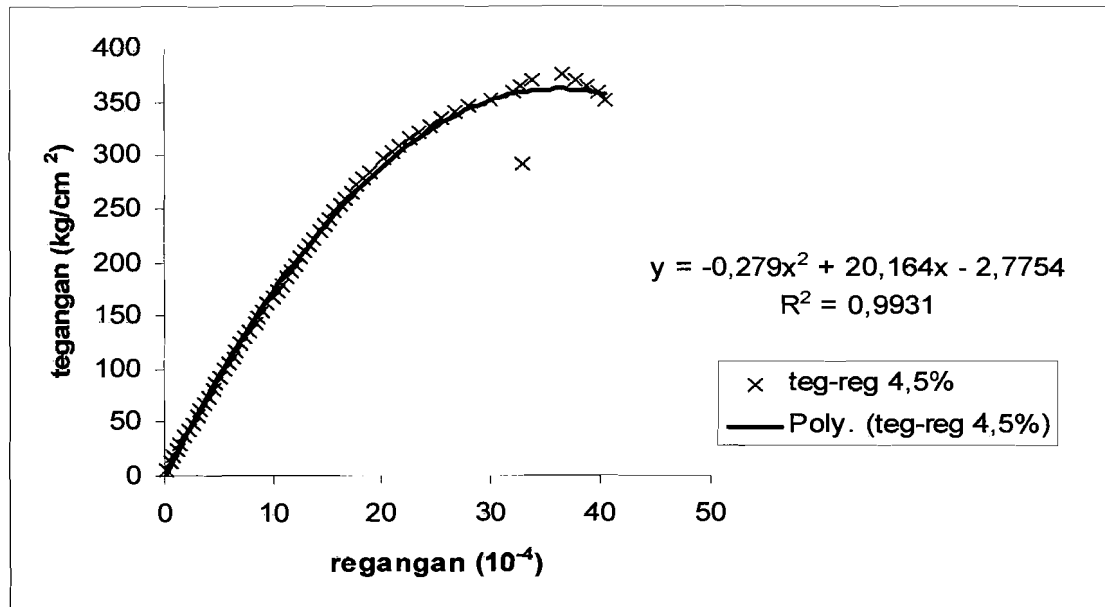
Untuk hasil pengujian tegangan regangan yang menggunakan bahan tambah abu batu dapat dilihat pada Gambar 5.8 sampai dengan Gambar 5.11



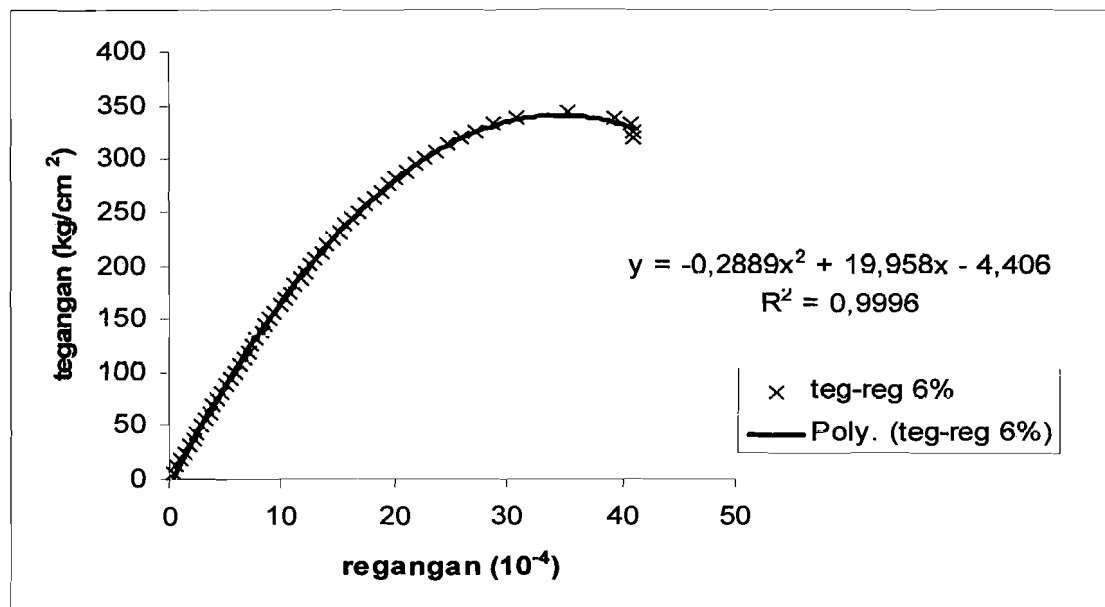
Gambar 5.8 Grafik tegangan – regangan pada variasi penambahan abu batu sebesar 1,5%



Gambar 5.9 Grafik tegangan – regangan pada variasi penambahan abu batu sebesar 3%

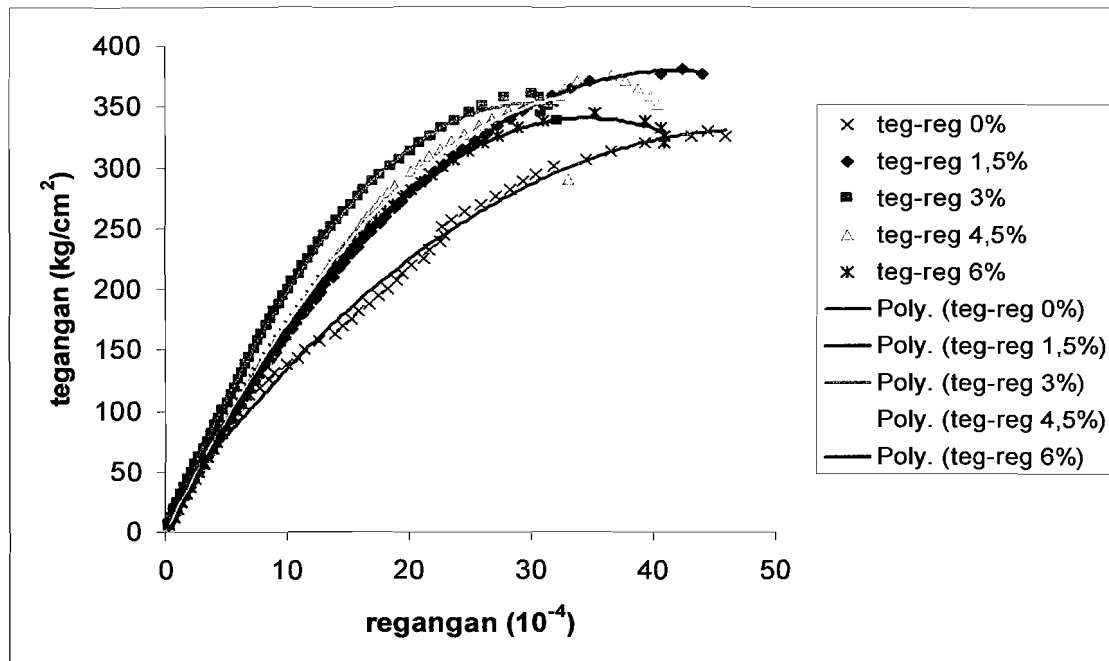


Gambar 5.10 Grafik tegangan – regangan pada variasi penambahan abu batu sebesar 4,5%



Gambar 5.11 Grafik tegangan – regangan pada variasi penambahan abu batu sebesar 6%

Dari Gambar 5.8 dan 5.11 bila diplotkan dalam satu grafik akan terlihat seperti pada Gambar 5.12



Gambar 5.12 Grafik tegangan – regangan pada berbagai variasi penambahan Abu batu

5.2 Pembahasan Hasil Penelitian

Dalam perencanaan campuran (*mix design*) penelitian ini menggunakan kekuatan rencana $f'c = 20$ MPa. Dari hasil penelitian dilaboratorium diperoleh kekuatan $f'c = 28,1669$ MPa. Dari hasil perhitungan di Tabel 5.12 didapatkan hasil bahwa penambahan limbah katalis akan meningkatkan kuat desak beton pada semua variasi dibandingkan dengan beton tanpa penambahan limbah katalis. Sedangkan kuat desak maksimum didapat pada variasi penambahan limbah katalis sebesar 3% yang menghasilkan kuat desak ($f'c$) = 32,6152 MPa. Penambahan limbah katalis sebesar 3% ini akan meningkatkan kuat desak beton sebesar 15,7929% dibandingkan dengan beton normal. Demikian juga untuk beton yang menggunakan bahan tambah abu batu juga menghasilkan kuat desak beton yang lebih besar dibandingkan dengan beton

normal. Kuat desak maksimum untuk bahan tambah dengan abu batu didapatkan pada variasi 4,5% yang menghasilkan kuat desak sebesar $(f'c) = 32,0938$ MPa. Penambahan abu batu sebesar 4,5% akan meningkatkan kuat desak beton sebesar 13,9416%.

Berdasarkan hasil regresi polinomial, maka akan didapatkan hubungan antara penambahan limbah katalis serta abu batu terhadap kuat desak beton yang bisa dilihat pada Tabel 5.18 dan Tabel 5.19

Untuk hubungan penambahan limbah katalis terhadap kuat desak beton dapat dilihat pada Tabel 5.18.

Tabel 5.18 Hubungan antara penambahan limbah katalis dengan kuat desak beton berdasarkan hasil regresi polinomial

X (penambahan limbah katalis dalam %)	Y (kuat desak beton dalam Mpa)
0	28,1669
1,5	31,3959
3	32,6152
4,5	31,7612
6	32,0323

Persamaan 4.3 dapat ditulis dalam bentuk persamaan matrik seperti berikut :

$$\begin{pmatrix} 5 & 15 & 67,5 \\ 15 & 67,5 & 337,5 \\ 67,5 & 337,5 & 1792,125 \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} a_0 \\ a_1 \\ a_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 155,9715 \\ 480,059 \\ 2160,507 \end{pmatrix}$$

Dengan menggunakan metode eliminasi gauss akan diperoleh :

$$a_0 = 28,434$$

$$a_1 = 2,0615$$

$$a_2 = -0,2536$$

dari hasil diatas dapat ditulis persamaan polinomial

$$y = -0,2536x^2 + 2,0615x + 28,434$$

untuk nilai optimum penambahan limbah katalis bisa ditentukan dengan cara mencari

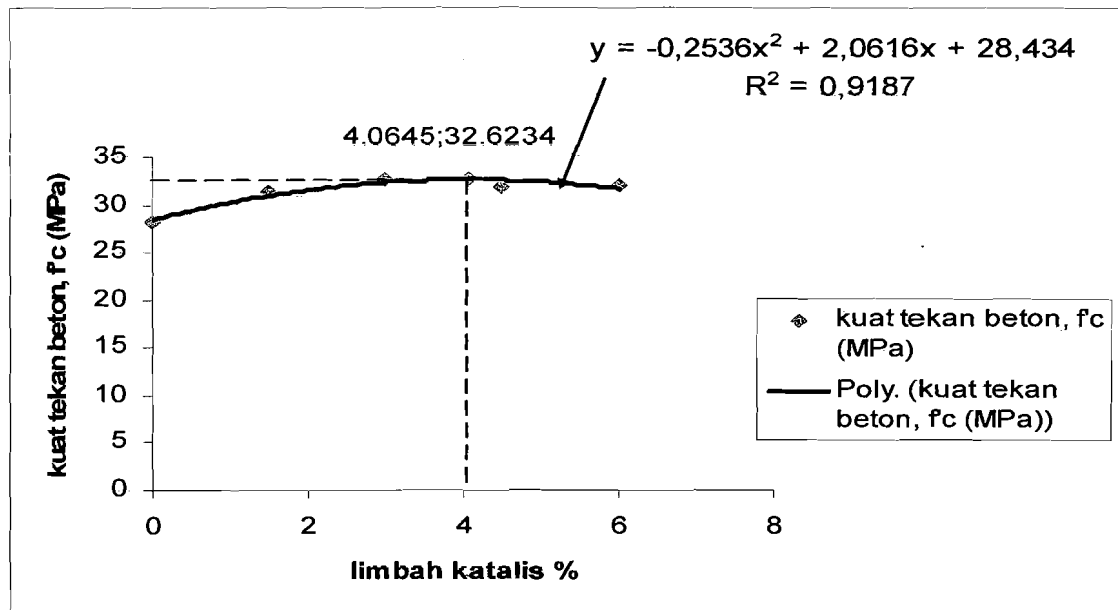
nilai ekstrim $x_{opt} = \frac{-b}{2a}$ dari persamaan kurva regresi polinomial diatas. Maka nilai x

$$\text{dapat dihitung } x_{opt} = \frac{-2,0615}{2 \cdot -0,2536} = 4,0645 \%$$

nilai $x_{opt} = 4,0645$ dimasukkan kedalam persamaan

$$y = -0,2536x^2 + 2,0615x + 28,434. \text{ Akan menghasilkan nilai } y_{opt} = 32,6234 \text{ MPa.}$$

Hasil ini bisa diplotkan menjadi grafik seperti yang terlihat pada Gambar 5.13



Gambar 5.13 Grafik hubungan antara variasi penambahan limbah katalis dengan kuat desak beton berdasarkan kurva regresi polinomial
 $y = -0,2536x^2 + 2,0615x + 28,434$

Berdasarkan kurva regresi polinomial $y = -0,2536x^2 + 2,0615x + 28,434$, maka nilai optimum penambahan limbah katalis adalah 4,0645% yang akan menghasilkan peningkatan kekuatan sebesar 15,8219% dibandingkan beton yang tanpa menggunakan penambahan limbah katalis.

Untuk penambahan dengan menggunakan abu batu terhadap kuat desak beton dapat dilihat pada Tabel 5.19

Tabel 5.19 Hubungan antara penambahan abu batu dengan kuat desak beton berdasarkan hasil regresi polinomial

X (penambahan abu batu dalam %)	Y (kuat desak beton dalam Mpa)
0	28,1669
1,5	31,4905
3	31,1993
4,5	32,0938
6	31,4317

Persamaan 4.3 dapat ditulis dalam bentuk persamaan matrik seperti berikut :

$$\begin{pmatrix} 5 & 15 & 67,5 \\ 15 & 67,5 & 337,5 \\ 67,5 & 337,5 & 1792,125 \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} a_0 \\ a_1 \\ a_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 154,3821 \\ 473,8457 \\ 2133,087 \end{pmatrix}$$

Dengan menggunakan metode eliminasi gauss akan diperoleh :

$$a_0 = 28,48$$

$$a_1 = 1,768$$

$$a_2 = -0,2154$$

dari hasil diatas dapat ditulis persamaan polinomial

$$y = -0,2154x^2 + 1,768x + 28,48$$

untuk nilai optimum penambahan abu batu bisa ditentukan dengan cara mencari nilai

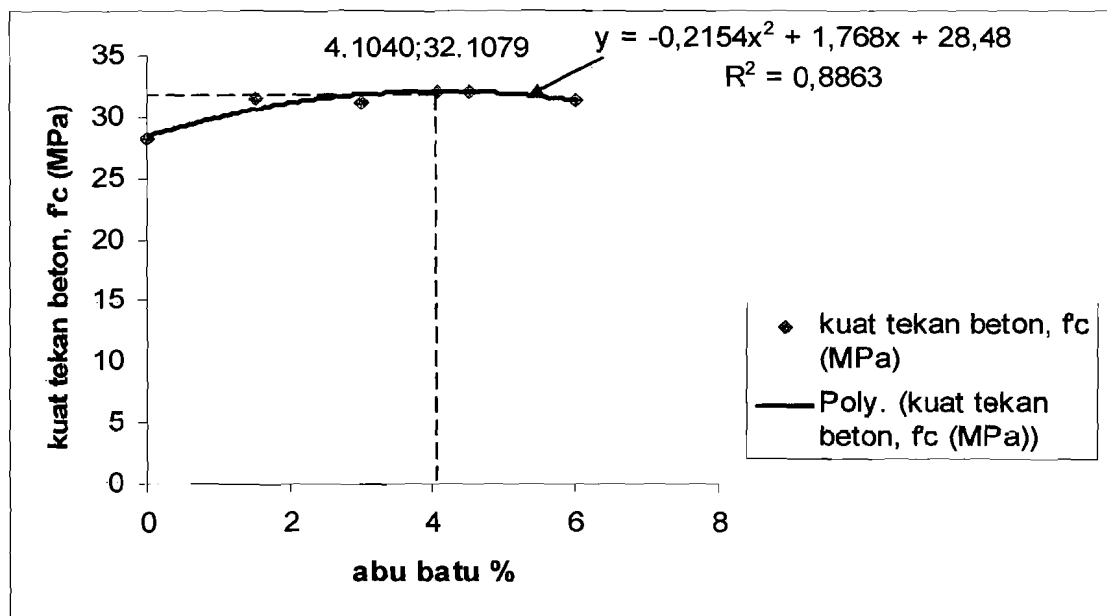
ekstrim $x_{opt} = \frac{-b}{2a}$ dari persamaan kurva regresi polinomial diatas. Maka nilai x dapat

$$\text{dihitung } x_{opt} = \frac{-1,768}{2 \cdot -0,2154} = 4,104 \%$$

nilai $x_{opt} = 4,104$ dimasukkan kedalam persamaan

$y = -0,2154x^2 + 1,768x + 28,48$ Akan menghasilkan nilai $y_{opt} = 32,1079$ MPa. Hasil

ini bisa diplotkan menjadi grafik seperti yang terlihat pada Gambar 5.14



Gambar 5.14 Grafik hubungan antara variasi penambahan abu batu dengan kuat desak beton berdasarkan kurva regresi polinomial $y = -0,2154x^2 + 1,768x + 28,48$

Berdasarkan kurva regresi polinomial $y = -0,2154x^2 + 1,768x + 28,48$, maka nilai optimum penambahan abu batu adalah 4,104% yang akan menghasilkan peningkatan kekuatan sebesar 13,9918% dibandingkan beton normal.

Pada Tabel 5.20 dapat dilihat nilai kuat desak antara beton normal, beton dengan penambahan limbah katalis serta beton dengan penambahan abu batu.

Tabel 5.20 Nilai kuat desak beton normal, beton dengan penambahan limbah katalis, dan beton dengan penambahan abu batu

Variasi Penambahan	Limbah Katalis kuat desak beton dalam MPa	Abu Batu kuat desak beton dalam MPa
0 % (Normal)	28,1669	28,1669
1,50 %	31,3959	31,4905
3 %	32,6152	31,1993
4,5 %	31,7612	32,0938
6 %	32,0323	31,4317

Dari Gambar 5.13 dan 5.14 maka dapat dilihat bahwa penambahan limbah katalis dan abu batu dapat meningkatkan kuat desak beton bila dibandingkan dengan beton normal. Tetapi bila dibandingkan antara penambahan limbah katalis dan abu batu maka dapat dilihat penambahan limbah katalis memberikan peningkatan kuat desak yang lebih besar dibandingkan beton yang menggunakan bahan tambah abu batu.

Penambahan limbah katalis sebagai *filler* terbukti bisa meningkatkan kuat desak beton karena limbah katalis yang berukuran kecil dan halus mengisi pori-pori pada beton, sehingga beton menjadi lebih padat. Pada penambahan limbah katalis diatas nilai maksimum justru akan menyebabkan penurunan nilai kuat desak beton

walaupun kekuatannya masih diatas beton normal. Hal ini disebabkan kebutuhan air untuk proses hidrasi semen menjadi tidak tercukupi sehingga kuat desak beton akan menurun.

Penambahan limbah katalis juga mengakibatkan nilai slump berkurang. Hal ini disebabkan limbah katalis bersifat menyerap air, yang mengakibatkan beton menjadi lebih kaku sehingga nilai slump berkurang (nilai fas rendah). Sehingga kuat desak beton menjadi meningkat (semakin besar fas semakin rendah kuat desak betonnya, Kardiyono). Tetapi penambahan limbah katalis diatas nilai maksimum akan mengakibatkan nilai kuat desaknya menurun karena dengan nilai slump yang rendah akan menyebabkan kesulitan dalam pemadatan yang pada akhirnya menyebabkan mutu beton berkurang meski demikian kuat desaknya masih diatas beton normal.

Dari kurva tegangan-regangan penambahan limbah katalis maka dapat dilihat adanya pergeseran nilai regangan, dimana pada beton normal regangan mencapai nilai 0,0045 sedangkan beton dengan penambahan limbah katalis nilainya berkisar antara 0,0031-0,0043. Semakin rendah kekuatan kuat desak beton maka semakin tinggi regangan hancurnya (Beton Bertulang Suatu Pendekatan Dasar, Edward G Nawy, 1990). Hal ini juga membuktikan beton dengan penambahan limbah katalis bersifat lebih getas dibandingkan dengan beton normal.

Hal yang sama juga berlaku untuk penambahan abu batu, terbukti abu batu juga dapat berfungsi sebagai *filler* walaupun kuat desak yang dicapai dibawah nilai kuat desak pada penambahan limbah katalis. Pada penambahan abu batu juga terjadi pergeseran nilai regangan.

5.3 Tinjauan Perbandingan Terhadap Penelitian Lainnya

Dalam pelaksanaan di laboratorium maupun dalam penyusunan laporan, kami meninjau dari penelitian lainnya mengenai kuat desak beton menggunakan bahan tambah limbah katalis sebagai pengganti sebagian semen pada beton serta *paving block*. Setelah meninjau dari penelitian lainnya, kemudian akan dibandingkan dengan hasil penelitian ini.

5.3.1 Penelitian mengenai perilaku mekanik *paving block* dengan variasi bahan tambah limbah katalis sebagai pengganti sebagian semen.

Penelitian dilakukan pada beton menggunakan limbah katalis sebagai pengganti sebagian semen dengan variasi 10 %, 15 %, 20% dan 25%, pengujian dilakukan pada umur 28 hari. Adapun hasil pengujian pada penelitian ini memberikan hasil kuat desak dan kuat geser yang semakin menurun. Semakin besar penambahan limbah katalis sebagai pengganti sebagian semen maka semakin menurun kuat desak dan kuat gesernya.

Terjadinya penurunan kuat desak dan kuat geser *paving block* ini disebabkan karena limbah katalis tidak mempunyai sifat hidrolis (bereaksi jika dicampur dengan air) seperti halnya sifat semen, walaupun limbah katalis memiliki bentuk dan komposisi kimia yang hampir sama dengan semen akan tetapi penambahan limbah katalis dengan mengurangi sebagian semen justru akan mengurangi kekuatan beton karena memungkinkan terjadinya penurunan material pengikat (semen) antar

agregat yang menyebabkan ikatan antar agregat lemah sehingga mutu beton menurun. (Deden Rudianto, 2006)

5.3.2 Penelitian mengenai pengaruh penggantian sebagian semen dengan limbah katalis hasil penyulingan minyak bumi terhadap kuat desak beton

Penelitian dilakukan pada beton menggunakan limbah katalis sebagai pengganti sebagian semen dengan variasi 5%, 10%, 15% dan 20%, yang kemudian dirawat dengan cara direndam dan pengujian dilakukan pada umur 28 hari. Adapun hasil pengujian pada penelitian ini adalah semakin besar penambahan limbah katalis sebagai pengganti sebagian semen, semakin menurun kuat desaknya, walaupun pada persentase 5% dan 10% mengalami kenaikan yang kurang signifikan hal ini disebabkan karena sifat-sifat kimiawi dari limbah katalis berperan dalam proses pengikatan campuran beton, bentuk fisik dari limbah katalis yang berupa butiran-butiran halus juga berperan dalam mengisi pori, sehingga beton menjadi lebih padat dan kuat. Sedangkan penurunan kuat desak beton pada persentase penggantian semen 15% dan 20% disebabkan karena limbah katalis tidak mempunyai sifat hidrolis (bereaksi jika dicampur dengan air) seperti halnya sifat semen, walaupun limbah katalis memiliki bentuk dan komposisi kimia yang hampir sama dengan semen akan tetapi penambahan limbah katalis dengan mengurangi sebagian semen justru akan mengurangi kekuatan beton, pada penggunaan limbah katalis yang cukup banyak memungkinkan terjadinya penurunan material pengikat (semen) antar agregat yang

menyebabkan ikatan antar agregat lemah sehingga mutu beton menurun. **(Syahputra Amaldani Ginting, 2006)**

Bila dibandingkan dengan penelitian yang saya lakukan terjadi perbedaan yang sangat signifikan, dimana penggunaan limbah katalis pada campuran adukan beton yang berfungsi sebagai bahan tambah (*filler*) telah meningkatkan kuat desak beton, sedangkan pada penelitian lainnya dimana limbah katalis digunakan sebagai bahan tambah yang berfungsi sebagai pengganti sebagian semen pada campuran adukan beton telah menghasilkan kuat desak yang semakin menurun seiring dengan penambahan limbah katalis, semakin besar penambahan limbah katalis sebagai pengganti sebagian semen, semakin menurun kuat desaknya. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa fungsi dari limbah katalis pada campuran adukan beton adalah sebagai *filler*.

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

Pada bab ini akan dibahas mengenai kesimpulan dan saran yang didapat dari hasil penelitian laboratorium mengenai penambahan limbah katalis pada kuat desak beton.

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan yang telah diuraikan pada bab sebelumnya, maka dapat diambil kesimpulan berikut ini.

1. hasil pengujian laboratorium diperoleh data bahwa penambahan limbah katalis akan meningkatkan kuat desak beton dibandingkan dengan beton normal,
2. hasil pengujian laboratorium diperoleh data bahwa penambahan limbah katalis sebesar 3% dari berat semen akan menghasilkan kuat desak beton yang maksimum yaitu 32,6152 MPa atau meningkat sebesar 15,7929% dibandingkan beton normal,
3. dari hasil perhitungan diperoleh persamaan regresi polinomial pangkat dua. $y = -0,2536x^2 + 2,0615x + 28,434$, dengan koefisien korelasi $R^2 = 0,9187$,

4. dengan menggunakan persamaan regresi $y = - 0,2536x^2 + 2,0615x + 28,434$, didapatkan bahwa penambahan limbah katalis yang optimum adalah 4,0645 % yang akan menghasilkan kuat desak maksimum 32,6234 MPa,
5. hasil pengujian laboratorium diperoleh data bahwa penambahan abu batu sebesar 4,5% dari berat semen akan menghasilkan kuat desak beton yang maksimum yaitu 32,0938 MPa atau meningkat sebesar 13,9416% dibandingkan beton normal,
6. penambahan dengan menggunakan limbah katalis menghasilkan nilai kuat desak yang lebih tinggi dibandingkan penambahan menggunakan abu batu. Hal ini membuktikan limbah katalis lebih baik sebagai *filler* bila dibandingkan dengan abu batu.
7. limbah katalis lebih tepat digunakan sebagai bahan tambah dibandingkan sebagai pengganti sebagian semen.

6.2 Saran

Setelah melihat hasil penelitian ini, penyusun ingin memberikan saran-saran sebagai berikut

1. perlu diteliti lebih lanjut penambahan limbah katalis pada campuran adukan beton terhadap sifat-sifat beton lainnya, seperti kuat geser, kuat tarik dan lain sebagainya,
2. perlu diteliti lebih lanjut penggunaan limbah katalis untuk berbagai jenis metode perencanaan campuran beton selain metode ACI

3. perlu adanya penambahan jumlah sampel agar diperoleh hasil yang lebih teliti,
4. perlu ketelitian dan kecermatan pada saat proses pembuatan campuran bahan penyusun beton agar sesuai dengan perhitungan *mix design*,
5. perlu dilakukannya penelitian dengan membandingkan penambahan limbah katalis dengan penambahan bahan lainnya.

DAFTAR PUSTAKA

1. Tjokrodimulyo,K., 1992, TEKNOLOGI BETON. Yogyakarta:Nafiri
2. Nawy, E. G., 1990, BETON BERTULANG SUATU PENDEKATAN DASAR.
Bandung:PT. Eresco
3. Murdock, L.J., K.M.Brook, dan Stephanus Hendarko., 1991, BAHAN PRAKTEK
BETON.Jakarta : Erlangga
4. Buku Panduan Praktikum Bahan Konstruksi Teknik Universitas Islam Indonesia,
2004
5. 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

LAMPIRAN

LAMPIRAN 1



UNTUK MAHASISWA

KARTU PESERTA TUGAS AKHIR

NO	N A M A	NO.MHS.	BID.STUDI
1.	Kurniawan	02 511 017	Teknik Sipil

JUDUL TUGAS AKHIR

Pengaruh Penambahan Limbah Katalis Hasil Penyulingan Minyak Bumi Terhadap Kuat Desak Beton

PERIODE KE : III (Mar 06 - Agst 06)

TAHUN : 2005 - 2006

Sampai Akhir Agustus 2006

No.	Kegiatan	Bulan Ke :					
		MAR.	APR.	MEI.	JUN.	JUL.	AGT.
1	Pendaftaran	■					
2	Penentuan Dosen Pembimbing	■					
3	Pembuatan Proposal		■				
4	Seminar Proposal		■				
5	Konsultasi Penyusunan TA.			■	■	■	
6	Sidang - Sidang						■
7	Pendadaran						■

Dosen Pembimbing I : Susastrawan,Ir,H,MS

Dosen Pembimbing II : Susastrawan,Ir,H,MS



Jogjakarta , 5-May-06

Dekan



M.H. Munadhir, MS

Catatan	
Seminar	:
Sidang	:
Pendadaran	:

LAMPIRAN 2



LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Jl.Kaliurang Km.14,4 telp. (0274) 895707, 895042 fax: (0274) 895330 Yogyakarta

HASIL PEMERIKSAAN BERAT JENIS DAN KADAR AIR PASIR

Pengirim :
Di terima tanggal :
Pasir asal :
Keperluan :

Uraian	Contoh 1	Contoh 2	Rata –rata
Berat pasir kering mutlak, gram (Bk)	446	-	446
Berat pasir kondisi jenuh kering muka, gram	500	500	500
Berat piknometer berisi pasir dan air, gram (Bt)	1333	-	1333
Berat piknometer berisi air, gram (B)	1030	-	1030
Berat jenis curah, gram/cm ³ (1) $Bk / (B + 500 - Bt)$	2,264	-	2,264
Berat jenis kering muka, gram/cm ³ (2) $500 / (B + 500 - Bt)$	2,538	-	2,538
Berat jenis semu (3) $Bk / (B + k - Bt)$	3,118	-	3,118
Penyerapan air (4) $(500 - Bk) / Bk \times 100\%$	12,107	-	12,107

Keterangan :

500 = Berat benda uji dalam keadaan kering permukaan jenuh, dalam gram

Kesimpulan :

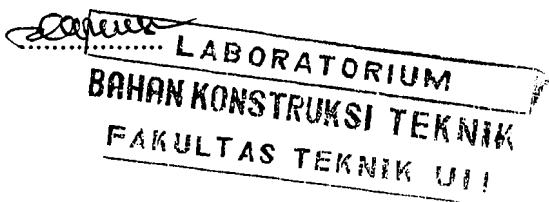
.....

Yogyakarta,.....

Di syahkan

Dikerjakan oleh :

.....



LAMPIRAN 3



LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Jl.Kaliurang Km.14,4 telp. (0274) 895707, 895042 fax: (0274) 895330 Yogyakarta

HASIL PEMERIKSAAN BERAT JENIS DAN KADAR AIR KERIKIL

Pengirim :
Di terima tanggal :
Pasir asal :
Keperluan :

Uraian	Contoh 1	Contoh 2	Rata -rata
Berat kerikil kering mutlak, gram (Bk)	4856	-	4856
Berat kerikil kondisi jenuh kering muka, gr (Bj)	5000	5000	5000
Berat kerikil dalam air, gram (Ba)	3102	-	3102
Berat jenis curah, gram/cm ³ (1) $Bk / (Bj - Ba)$	2,558	-	2,558
Berat jenis kering muka, gram/cm ³ (2) $Bj / (Bj - Ba)$	2,634	-	2,634
Berat jenis semu (3) $Bk / (Bk - Ba)$	2,768	-	-
Penyerapan air (4) $(Bj - Bk) / Bk \times 100\%$	2,965	-	2,965

Kesimpulan :

.....

Yogyakarta,.....

Di syahkan

Elanus

Dikerjakan oleh :

.....

LABORATORIUM
BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN

LAMPIRAN 4



LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Jl.Kaliurang Km.14,4 telp. (0274) 895707, 895042 fax: (0274) 895330 Yogyakarta

HASIL PEMERIKSAAN BERAT JENIS DAN KADAR AIR KERIKIL

Pengirim :

Di terima tanggal :

Pasir asal :

Keperluan :

Ukuran butir maksimum	Berat minimum	Keterangan
Sampai 4.80 mm	500 gram	Pasir
9.60 mm	1000 gram	Kerikil
19.20 mm	1500 gram	Kerikil
38.00 mm	2500 gram	Kerikil

Uraian	Sampel 1	Sampel 2	Rata – rata
Berat agregat kering oven (W_1), gram	446	-	446
Berat agregat kering oven setelah dicuci (W_2)	545	-	545
Berat yang lewat ayakan n0. 200, persen $\{ (W_1 - W_2) / W_1 \} \times 100 \%$	22,197	-	22,197

Menurut Persyaratan Umum Bahan Bangunan di Indonesia 1982 (PUBI – 1982)


berat bagian yang lewat ayakan no.200 (0,075 mm)

- Untuk pasir maksimum 5%
- Untuk kerikil maksimum 1 %

Yogyakarta,.....

Di syahkan

Dikerjakan oleh :

 LABORATORIUM
BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
FAKULTAS TEKNIK UII

.....

LAMPIRAN 5



LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Jl.Kaliurang Km.14,4 telp. (0274) 895707, 895042 fax: (0274) 895330 Yogyakarta

HASIL PEMERIKSAAN BERAT ISI GEMBUR AGREGAT HALUS

Pengirim :
Di terima tanggal :
Pasir asal :
Keperluan :

Uraian	Sampel 1	Sampel 2	Rata - rata
Berat tabung (W_1), gram	15967	-	15967
Berat tabung+ Agregat kering tungku (W_2), gr	32000	-	32000
Berat agregat bersih (W_3), gram	16033	-	16033
Volume tabung (V), cm^2	10760	-	10760
Berat isi gembur = (W_3 / V), $gram/cm^3$	1,49	-	1,49

Yogyakarta,.....

Di syahkan

Dikerjakan oleh :

Carue

LABORATORIUM
BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
FAKULTAS TEKNIK UII

.....

LAMPIRAN 6



LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Jl.Kaliurang Km.14,4 telp. (0274) 895707, 895042 fax: (0274) 895330 Yogyakarta

HASIL PEMERIKSAAN BERAT ISI GEMBUR AGREGAT KASAR

Pengirim :
Di terima tanggal :
Pasir asal :
Keperluan :

Uraian	Sampel 1	Sampel 2	Rata – rata
Berat tabung (W_1), gram	15967	-	15967
Berat tabung+ Agregat kering tungku (W_2), gr	33000	-	33000
Berat agregat bersih (W_3), gram	17033	-	17033
Volume tabung (V), cm^2	10760	-	10760
Berat isi gembur = (W_3 / V), $gram/cm^3$	1,58	-	1,58

Yogyakarta,.....

Di syahkan

Dikerjakan oleh :

.....

LABORATORIUM
BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
FAKULTAS TEKNIK UII

LAMPIRAN 7



LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Jl.Kaliurang Km.14,4 telp. (0274) 895707, 895042 fax: (0274) 895330 Yogyakarta

DATA MODULUS HALUS BUTIR (MHB)

AGREGAT HALUS

Nama Sampel : _____

Peneliti : 1. _____

Asal : _____

2. _____

No	Lubang ayakan (mm)	Berat tertinggal (gram)	Berat tertinggal (%)	Berat tertinggal kumulatif (%)	Persen lolos kumulatif (%)
1	4,80	0	0	0	100
2	2,40	1	0,05	0,05	99,95
3	1,20	4	0,20	0,25	99,75
4	0,60	780	39,00	39,25	60,75
5	0,30	770	38,50	77,75	22,25
6	0,15	393	19,65	97,40	2,60
7	sisa	52	2,60	-	-
Jumlah		2000	100	216	-

$$\text{Modulus Halus Butir (MHB)} = \frac{216}{100} = 2,16$$

GRADASI PASIR

Lubang ayakan (mm)	Persen Butir Yang Lewat Ayakan			
	Daerah I	Daerah II	Daerah III	Daerah IV
10	100	100	100	100
4,8	90-100	90-100	90-100	95-100
2,4	60-95	75-100	85-100	95-100
1,2	30-70	55-90	75-100	90-100
0,6	15-34	35-59	60-79	80-100
0,3	5-20	8-30	12-40	15-50
0,15	0-10	0-10	0-10	0-15

LABORATORIUM
BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN

LAMPIRAN 8

BETON NORMAL

TINGGI = 30 cm

DIAMETER = 14,4 cm

LUAS = 162,7776 cm²

VOLUME = 4883,328 cm³

BEBAN KN	BEBAN kg	Δl (10 ⁻³) mm BN 3	REG (10 ⁻⁴)	TEGANGAN kg/cm ²
10	1019,368	4	0,2667	6,2623
20	2038,736	8	0,5333	12,5247
30	3058,104	12	0,8000	18,7870
40	4077,472	18	1,2000	25,0493
50	5096,84	24	1,6000	31,3117
60	6116,208	29	1,9333	37,5740
70	7135,576	33	2,2000	43,8364
80	8154,944	40	2,6667	50,0987
90	9174,312	46	3,0667	56,3610
100	10193,68	52	3,4667	62,6234
110	11213,05	57	3,8000	68,8857
120	12232,42	62	4,1333	75,1480
130	13251,78	69	4,6000	81,4104
140	14271,15	77	5,1333	87,6727
150	15290,52	82	5,4667	93,9350
160	16309,89	89	5,9333	100,1974
170	17329,26	96	6,4000	106,4597
180	18348,62	105	7,0000	112,7220
190	19367,99	118	7,8667	118,9844
200	20387,36	128	8,5333	125,2467
210	21406,73	134	8,9333	131,5091
220	22426,1	150	10,0000	137,7714
230	23445,46	163	10,8667	144,0337
240	24464,83	172	11,4667	150,2961
250	25484,2	190	12,6667	156,5584
260	26503,57	211	14,0667	162,8207
270	27522,94	220	14,6667	169,0831
280	28542,3	230	15,3333	175,3454
290	29561,67	240	16,0000	181,6077
300	30581,04	252	16,8000	187,8701
310	31600,41	263	17,5333	194,1324
320	32619,78	274	18,2667	200,3947
330	33639,14	286	19,0667	206,6571
340	34658,51	293	19,5333	212,9194
350	35677,88	304	20,2667	219,1818
360	36697,25	319	21,2667	225,4441
370	37716,62	325	21,6667	231,7064
380	38735,98	338	22,5333	237,9688
390	39755,35	343	22,8667	244,2311
400	40774,72	340	22,6667	250,4934
410	41794,09	351	23,4000	256,7558
420	42813,46	368	24,5333	263,0181
430	43832,82	388	25,8667	269,2804
440	44852,19	405	27,0000	275,5428
450	45871,56	423	28,2000	281,8051
460	46890,93	439	29,2667	288,0674
470	47910,3	453	30,2000	294,3298
480	48929,66	476	31,7333	300,5921
490	49949,03	516	34,4000	306,8545
500	50968,4	546	36,4000	313,1168
510	51987,77	589	39,2667	319,3791
520	53007,14	645	43,0000	325,6415
527,4	53761,47	667	44,4667	330,2756
520	53007,14	689	45,9333	325,6415

BETON KATALIS 1,5%

TINGGI = 30 cm

DIAMETER = 14,4 cm

LUAS = 162,7776 cm²

VOLUME = 4883,328 cm³

BEBAN KN	BEBAN kg	Δl (10 ⁻³) mm BN 3	REG (10 ⁻⁴)	TEGANGAN kg/cm ²
10	1019,368	4	0,2667	6,2623
20	2038,736	7	0,4667	12,5247
30	3058,104	12	0,8000	18,7870
40	4077,472	17	1,1333	25,0493
50	5096,84	23	1,5333	31,3117
60	6116,208	28	1,8667	37,5740
70	7135,576	34	2,2667	43,8364
80	8154,944	40	2,6667	50,0987
90	9174,312	46	3,0667	56,3610
100	10193,68	52	3,4667	62,6234
110	11213,05	57	3,8000	68,8857
120	12232,42	62	4,1333	75,1480
130	13251,78	69	4,6000	81,4104
140	14271,15	76	5,0667	87,6727
150	15290,52	83	5,5333	93,9350
160	16309,89	90	6,0000	100,1974
170	17329,26	96	6,4000	106,4597
180	18348,62	104	6,9333	112,7220
190	19367,99	111	7,4000	118,9844
200	20387,36	118	7,8667	125,2467
210	21406,73	125	8,3333	131,5091
220	22426,1	133	8,8667	137,7714
230	23445,46	140	9,3333	144,0337
240	24464,83	148	9,8667	150,2961
250	25484,2	156	10,4000	156,5584
260	26503,57	165	11,0000	162,8207
270	27522,94	173	11,5333	169,0831
280	28542,3	182	12,1333	175,3454
290	29561,67	191	12,7333	181,6077
300	30581,04	200	13,3333	187,8701
310	31600,41	210	14,0000	194,1324
320	32619,78	219	14,6000	200,3947
330	33639,14	230	15,3333	206,6571
340	34658,51	240	16,0000	212,9194
350	35677,88	251	16,7333	219,1818
360	36697,25	262	17,4667	225,4441
370	37716,62	274	18,2667	231,7064
380	38735,98	284	18,9333	237,9688
390	39755,35	294	19,6000	244,2311
400	40774,72	305	20,3333	250,4934
410	41794,09	315	21,0000	256,7558
420	42813,46	328	21,8667	263,0181
430	43832,82	343	22,8667	269,2804
440	44852,19	341	22,7333	275,5428
450	45871,56	353	23,5333	281,8051
460	46890,93	370	24,6667	288,0674
470	47910,3	387	25,8000	294,3298
480	48929,66	405	27,0000	300,5921
490	49949,03	420	28,0000	306,8545
500	50968,4	437	29,1333	313,1168
510	51987,77	453	30,2000	319,3791
520	53007,14	472	31,4667	325,6415
530	54026,5	492	32,8000	331,9038
540	55045,87	516	34,4000	338,1661
550	56065,24	543	36,2000	344,4285
560	57084,61	580	38,6667	350,6908
565,2	57614,68	637	42,4667	353,9472
560	57084,61	655	43,6667	350,6908

BETON KATALIS 3%
 TINGGI = 29.9 cm
 DIAMETER = 14,5 cm
 LUAS = 165,04625 cm²
 VOLUME = 4934,882875 cm³

BEBAN KN	BEBAN kg	Δl (10 ⁻³) mm BN 3	REG (10 ⁻⁴)	TEGANGAN kg/cm ²
10	1019,368	5	0,3333	6,1763
20	2038,736	8	0,5333	12,3525
30	3058,104	12	0,8000	18,5288
40	4077,472	15	1,0000	24,7050
50	5096,84	20	1,3333	30,8813
60	6116,208	25	1,6667	37,0575
70	7135,576	31	2,0667	43,2338
80	8154,944	36	2,4000	49,4101
90	9174,312	41	2,7333	55,5863
100	10193,68	46	3,0667	61,7626
110	11213,05	51	3,4000	67,9388
120	12232,42	57	3,8000	74,1151
130	13251,78	62	4,1333	80,2913
140	14271,15	67	4,4667	86,4676
150	15290,52	72	4,8000	92,6438
160	16309,89	77	5,1333	98,8201
170	17329,26	84	5,6000	104,9964
180	18348,62	89	5,9333	111,1726
190	19367,99	95	6,3333	117,3489
200	20387,36	100	6,6667	123,5251
210	21406,73	106	7,0667	129,7014
220	22426,1	112	7,4667	135,8776
230	23445,46	119	7,9333	142,0539
240	24464,83	126	8,4000	148,2302
250	25484,2	133	8,8667	154,4064
260	26503,57	139	9,2667	160,5827
270	27522,94	146	9,7333	166,7589
280	28542,3	155	10,3333	172,9352
290	29561,67	163	10,8667	179,1114
300	30581,04	170	11,3333	185,2877
310	31600,41	180	12,0000	191,4640
320	32619,78	188	12,5333	197,6402
330	33639,14	197	13,1333	203,8165
340	34658,51	207	13,8000	209,9927
350	35677,88	217	14,4667	216,1690
360	36697,25	227	15,1333	222,3452
370	37716,62	237	15,8000	228,5215
380	38735,98	248	16,5333	234,6978
390	39755,35	260	17,3333	240,8740
400	40774,72	273	18,2000	247,0503
410	41794,09	285	19,0000	253,2265
420	42813,46	296	19,7333	259,4028
430	43832,82	308	20,5333	265,5790
440	44852,19	320	21,3333	271,7553
450	45871,56	333	22,2000	277,9315
460	46890,93	346	23,0667	284,1078
470	47910,3	362	24,1333	290,2841
480	48929,66	376	25,0667	296,4603
490	49949,03	392	26,1333	302,6366
500	50968,4	406	27,0667	308,8128
510	51987,77	421	28,0667	314,9891
520	53007,14	436	29,0667	321,1653
530	54026,5	452	30,1333	327,3416
540	55045,87	464	30,9333	333,5179
550	56065,24	476	31,7333	339,6941
560	57084,61	492	32,8000	345,8704
570	58103,98	513	34,2000	352,0466

580	59123,34	530	35,3333	358,2229
590	60142,71	547	36,4667	364,3991
600	61162,08	510	34,0000	370,5754
610	62181,45	550	36,6667	376,7517
611,2	62303,77	585	39,0000	377,4928
610	62181,45	622	41,4667	376,7517

BETON KATALIS 4,5%
 TINGGI = 30.2 cm
 DIAMETER = 14,3 cm
 LUAS = 160.52465 cm²
 VOLUME = 4847.84443 cm³

BEBAN	BEBAN	Δl (10^{-3}) mm	REG	TEGANGAN
KN	kg	BN 3	(10^4)	kg/cm ²
10	1019,368	4	0,2667	6,3502
20	2038,736	7	0,4667	12,7005
30	3058,104	14	0,9333	19,0507
40	4077,472	20	1,3333	25,4009
50	5096,84	25	1,6667	31,7511
60	6116,208	32	2,1333	38,1014
70	7135,576	37	2,4667	44,4516
80	8154,944	42	2,8000	50,8018
90	9174,312	48	3,2000	57,1520
100	10193,68	55	3,6667	63,5023
110	11213,05	60	4,0000	69,8525
120	12232,42	66	4,4000	76,2027
130	13251,78	71	4,7333	82,5530
140	14271,15	78	5,2000	88,9032
150	15290,52	84	5,6000	95,2534
160	16309,89	90	6,0000	101,6036
170	17329,26	96	6,4000	107,9539
180	18348,62	102	6,8000	114,3041
190	19367,99	108	7,2000	120,6543
200	20387,36	115	7,6667	127,0045
210	21406,73	123	8,2000	133,3548
220	22426,1	129	8,6000	139,7050
230	23445,46	136	9,0667	146,0552
240	24464,83	144	9,6000	152,4055
250	25484,2	150	10,0000	158,7557
260	26503,57	159	10,6000	165,1059
270	27522,94	166	11,0667	171,4561
280	28542,3	174	11,6000	177,8064
290	29561,67	182	12,1333	184,1566
300	30581,04	191	12,7333	190,5068
310	31600,41	199	13,2667	196,8570
320	32619,78	208	13,8667	203,2073
330	33639,14	217	14,4667	209,5575
340	34658,51	228	15,2000	215,9077
350	35677,88	236	15,7333	222,2580
360	36697,25	247	16,4667	228,6082
370	37716,62	260	17,3333	234,9584
380	38735,98	269	17,9333	241,3086
390	39755,35	282	18,8000	247,6589
400	40774,72	298	19,8667	254,0091
410	41794,09	313	20,8667	260,3593
420	42813,46	331	22,0667	266,7095
430	43832,82	346	23,0667	273,0598
440	44852,19	367	24,4667	279,4100
450	45871,56	392	26,1333	285,7602
460	46890,93	408	27,2000	292,1104
470	47910,3	433	28,8667	298,4607
480	48929,66	460	30,6667	304,8109
490	49949,03	491	32,7333	311,1611
500	50968,4	502	33,4667	317,5114
510	51987,77	504	33,6000	323,8616
500	50968,4	506	33,7333	317,5114
490	49949,03	575	38,3333	311,1611

BETON KATALIS 6%
TINGGI = 29.8 cm
DIAMETER = 14,5 cm
LUAS = 165,04625 cm²
VOLUME = 4918.37825 cm³

BEBAN	BEBAN	Δl (10^{-3}) mm	REG	TEGANGAN
KN	kg	BN 3	(10^{-4})	kg/cm ²
10	1019,368	4	0,2667	6,1763
20	2038,736	10	0,6667	12,3525
30	3058,104	15	1,0000	18,5288
40	4077,472	20	1,3333	24,7050
50	5096,84	24	1,6000	30,8813
60	6116,208	28	1,8667	37,0575
70	7135,576	33	2,2000	43,2338
80	8154,944	38	2,5333	49,4101
90	9174,312	42	2,8000	55,5863
100	10193,68	47	3,1333	61,7626
110	11213,05	52	3,4667	67,9388
120	12232,42	58	3,8667	74,1151
130	13251,78	65	4,3333	80,2913
140	14271,15	69	4,6000	86,4676
150	15290,52	75	5,0000	92,6438
160	16309,89	79	5,2667	98,8201
170	17329,26	85	5,6667	104,9964
180	18348,62	91	6,0667	111,1726
190	19367,99	96	6,4000	117,3489
200	20387,36	102	6,8000	123,5251
210	21406,73	108	7,2000	129,7014
220	22426,1	125	8,3333	135,8776
230	23445,46	130	8,6667	142,0539
240	24464,83	135	9,0000	148,2302
250	25484,2	140	9,3333	154,4064
260	26503,57	145	9,6667	160,5827
270	27522,94	150	10,0000	166,7589
280	28542,3	157	10,4667	172,9352
290	29561,67	165	11,0000	179,1114
300	30581,04	170	11,3333	185,2877
310	31600,41	177	11,8000	191,4640
320	32619,78	183	12,2000	197,6402
330	33639,14	190	12,6667	203,8165
340	34658,51	197	13,1333	209,9927
350	35677,88	204	13,6000	216,1690
360	36697,25	210	14,0000	222,3452
370	37716,62	217	14,4667	228,5215
380	38735,98	225	15,0000	234,6978
390	39755,35	232	15,4667	240,8740
400	40774,72	238	15,8667	247,0503
410	41794,09	246	16,4000	253,2265
420	42813,46	254	16,9333	259,4028
430	43832,82	263	17,5333	265,5790
440	44852,19	271	18,0667	271,7553
450	45871,56	280	18,6667	277,9315
460	46890,93	288	19,2000	284,1078
470	47910,3	297	19,8000	290,2841
480	48929,66	306	20,4000	296,4603
490	49949,03	315	21,0000	302,6366
500	50968,4	325	21,6667	308,8128
510	51987,77	335	22,3333	314,9891
520	53007,14	345	23,0000	321,1653
530	54026,5	357	23,8000	327,3416
540	55045,87	369	24,6000	333,5179
550	56065,24	380	25,3333	339,6941
560	57084,61	394	26,2667	345,8704
570	58103,98	408	27,2000	352,0466

580	59123,34	421	28,0667	358,2229
590	60142,71	437	29,1333	364,3991
600	61162,08	452	30,1333	370,5754
610	62181,45	471	31,4000	376,7517
620	63200,82	494	32,9333	382,9279
630	64220,18	300	20,0000	389,1042
640	65239,55	310	20,6667	395,2804
644,1	65657,49	465	31,0000	397,8127

BETON ABU BATU 1,5%

TINGGI = 29.8 cm

DIAMETER = 14,5 cm

LUAS = 165,04625 cm²

VOLUME = 4918.37825 cm³

BEBAN KN	BEBAN kg	Δl (10^{-3}) mm BN 3	REG (10^{-4})	TEGANGAN kg/cm ²
10	1019,368	5	0,3333	6,1763
20	2038,736	8	0,5333	12,3525
30	3058,104	13	0,8667	18,5288
40	4077,472	18	1,2000	24,7050
50	5096,84	24	1,6000	30,8813
60	6116,208	31	2,0667	37,0575
70	7135,576	35	2,3333	43,2338
80	8154,944	41	2,7333	49,4101
90	9174,312	47	3,1333	55,5863
100	10193,68	52	3,4667	61,7626
110	11213,05	58	3,8667	67,9388
120	12232,42	64	4,2667	74,1151
130	13251,78	69	4,6000	80,2913
140	14271,15	74	4,9333	86,4676
150	15290,52	81	5,4000	92,6438
160	16309,89	87	5,8000	98,8201
170	17329,26	92	6,1333	104,9964
180	18348,62	99	6,6000	111,1726
190	19367,99	104	6,9333	117,3489
200	20387,36	110	7,3333	123,5251
210	21406,73	115	7,6667	129,7014
220	22426,1	122	8,1333	135,8776
230	23445,46	130	8,6667	142,0539
240	24464,83	137	9,1333	148,2302
250	25484,2	142	9,4667	154,4064
260	26503,57	149	9,9333	160,5827
270	27522,94	156	10,4000	166,7589
280	28542,3	162	10,8000	172,9352
290	29561,67	171	11,4000	179,1114
300	30581,04	177	11,8000	185,2877
310	31600,41	185	12,3333	191,4640
320	32619,78	192	12,8000	197,6402
330	33639,14	198	13,2000	203,8165
340	34658,51	207	13,8000	209,9927
350	35677,88	215	14,3333	216,1690
360	36697,25	222	14,8000	222,3452
370	37716,62	230	15,3333	228,5215
380	38735,98	239	15,9333	234,6978
390	39755,35	246	16,4000	240,8740
400	40774,72	255	17,0000	247,0503
410	41794,09	265	17,6667	253,2265
420	42813,46	273	18,2000	259,4028
430	43832,82	283	18,8667	265,5790
440	44852,19	292	19,4667	271,7553
450	45871,56	300	20,0000	277,9315
460	46890,93	310	20,6667	284,1078
470	47910,3	320	21,3333	290,2841
480	48929,66	331	22,0667	296,4603
490	49949,03	342	22,8000	302,6366
500	50968,4	354	23,6000	308,8128
510	51987,77	366	24,4000	314,9891
520	53007,14	380	25,3333	321,1653
530	54026,5	393	26,2000	327,3416
540	55045,87	406	27,0667	333,5179
550	56065,24	422	28,1333	339,6941
560	57084,61	437	29,1333	345,8704
570	58103,98	455	30,3333	352,0466

580	59123,34	473	31,5333	358,2229
590	60142,71	495	33,0000	364,3991
600	61162,08	520	34,6667	370,5754
610	62181,45	608	40,5333	376,7517
615,9	62782,87	635	42,3333	380,3956
610	62181,45	659	43,9333	376,7517

BETON ABU BATU 3%
 TINGGI = 29.9 cm
 DIAMETER = 14,4 cm
 LUAS = 162.7776 cm²
 VOLUME = 4867.05024 cm³

BEBAN KN	BEBAN kg	Δl (10 ⁻³) mm BN 3	REG (10 ⁻⁴)	TEGANGAN kg/cm ²
10	1019,368	4	0,2667	6,2623
20	2038,736	8	0,5333	12,5247
30	3058,104	12	0,8000	18,7870
40	4077,472	16	1,0667	25,0493
50	5096,84	20	1,3333	31,3117
60	6116,208	24	1,6000	37,5740
70	7135,576	28	1,8667	43,8364
80	8154,944	33	2,2000	50,0987
90	9174,312	38	2,5333	56,3610
100	10193,68	43	2,8667	62,6234
110	11213,05	48	3,2000	68,8857
120	12232,42	52	3,4667	75,1480
130	13251,78	57	3,8000	81,4104
140	14271,15	61	4,0667	87,6727
150	15290,52	66	4,4000	93,9350
160	16309,89	71	4,7333	100,1974
170	17329,26	77	5,1333	106,4597
180	18348,62	81	5,4000	112,7220
190	19367,99	86	5,7333	118,9844
200	20387,36	91	6,0667	125,2467
210	21406,73	95	6,3333	131,5091
220	22426,1	100	6,6667	137,7714
230	23445,46	104	6,9333	144,0337
240	24464,83	110	7,3333	150,2961
250	25484,2	115	7,6667	156,5584
260	26503,57	119	7,9333	162,8207
270	27522,94	125	8,3333	169,0831
280	28542,3	130	8,6667	175,3454
290	29561,67	135	9,0000	181,6077
300	30581,04	141	9,4000	187,8701
310	31600,41	146	9,7333	194,1324
320	32619,78	152	10,1333	200,3947
330	33639,14	157	10,4667	206,6571
340	34658,51	165	11,0000	212,9194
350	35677,88	171	11,4000	219,1818
360	36697,25	177	11,8000	225,4441
370	37716,62	184	12,2667	231,7064
380	38735,98	190	12,6667	237,9688
390	39755,35	198	13,2000	244,2311
400	40774,72	205	13,6667	250,4934
410	41794,09	213	14,2000	256,7558
420	42813,46	221	14,7333	263,0181
430	43832,82	230	15,3333	269,2804
440	44852,19	238	15,8667	275,5428
450	45871,56	246	16,4000	281,8051
460	46890,93	256	17,0667	288,0674
470	47910,3	266	17,7333	294,3298
480	48929,66	279	18,6000	300,5921
490	49949,03	290	19,3333	306,8545
500	50968,4	303	20,2000	313,1168
510	51987,77	314	20,9333	319,3791
520	53007,14	327	21,8000	325,6415
530	54026,5	340	22,6667	331,9038
540	55045,87	357	23,8000	338,1661
550	56065,24	373	24,8667	344,4285
560	57084,61	390	26,0000	350,6908
570	58103,98	417	27,8000	356,9531

575,3	58644,24	450	30,0000	360,2722
570	58103,98	459	30,6000	356,9531
560	57084,61	470	31,3333	350,6908
550	56065,24	461	30,7333	344,4285
540	55045,87	479	31,9333	338,1661

BETON ABU BATU 4,5%
TINGGI = 30.2 cm
DIAMETER = 14,5 cm
LUAS = 165,04625 cm²
VOLUME = 4984.39675 cm³

BEBAN KN	BEBAN kg	Δl (10 ⁻³) mm BN 3	REG (10 ⁻⁴)	TEGANGAN kg/cm ²
10	1019,368	4	0,2667	6,1763
20	2038,736	9	0,6000	12,3525
30	3058,104	13	0,8667	18,5288
40	4077,472	18	1,2000	24,7050
50	5096,84	23	1,5333	30,8813
60	6116,208	28	1,8667	37,0575
70	7135,576	33	2,2000	43,2338
80	8154,944	39	2,6000	49,4101
90	9174,312	45	3,0000	55,5863
100	10193,68	50	3,3333	61,7626
110	11213,05	56	3,7333	67,9388
120	12232,42	61	4,0667	74,1151
130	13251,78	67	4,4667	80,2913
140	14271,15	72	4,8000	86,4676
150	15290,52	78	5,2000	92,6438
160	16309,89	84	5,6000	98,8201
170	17329,26	90	6,0000	104,9964
180	18348,62	95	6,3333	111,1726
190	19367,99	100	6,6667	117,3489
200	20387,36	106	7,0667	123,5251
210	21406,73	112	7,4667	129,7014
220	22426,1	118	7,8667	135,8776
230	23445,46	125	8,3333	142,0539
240	24464,83	130	8,6667	148,2302
250	25484,2	135	9,0000	154,4064
260	26503,57	141	9,4000	160,5827
270	27522,94	151	10,0667	166,7589
280	28542,3	157	10,4667	172,9352
290	29561,67	164	10,9333	179,1114
300	30581,04	170	11,3333	185,2877
310	31600,41	175	11,6667	191,4640
320	32619,78	182	12,1333	197,6402
330	33639,14	188	12,5333	203,8165
340	34658,51	195	13,0000	209,9927
350	35677,88	201	13,4000	216,1690
360	36697,25	207	13,8000	222,3452
370	37716,62	215	14,3333	228,5215
380	38735,98	221	14,7333	234,6978
390	39755,35	229	15,2667	240,8740
400	40774,72	236	15,7333	247,0503
410	41794,09	243	16,2000	253,2265
420	42813,46	250	16,6667	259,4028
430	43832,82	258	17,2000	265,5790
440	44852,19	266	17,7333	271,7553
450	45871,56	275	18,3333	277,9315
460	46890,93	284	18,9333	284,1078
470	47910,3	493	32,8667	290,2841
480	48929,66	303	20,2000	296,4603
490	49949,03	314	20,9333	302,6366
500	50968,4	325	21,6667	308,8128
510	51987,77	339	22,6000	314,9891
520	53007,14	352	23,4667	321,1653
530	54026,5	367	24,4667	327,3416
540	55045,87	384	25,6000	333,5179
550	56065,24	401	26,7333	339,6941
560	57084,61	421	28,0667	345,8704
570	58103,98	452	30,1333	352,0466

580	59123,34	482	32,1333	358,2229
590	60142,71	490	32,6667	364,3991
600	61162,08	505	33,6667	370,5754
606,6	61834,86	547	36,4667	374,6517
600	61162,08	565	37,6667	370,5754
590	60142,71	580	38,6667	364,3991
580	59123,34	595	39,6667	358,2229
570	58103,98	605	40,3333	352,0466

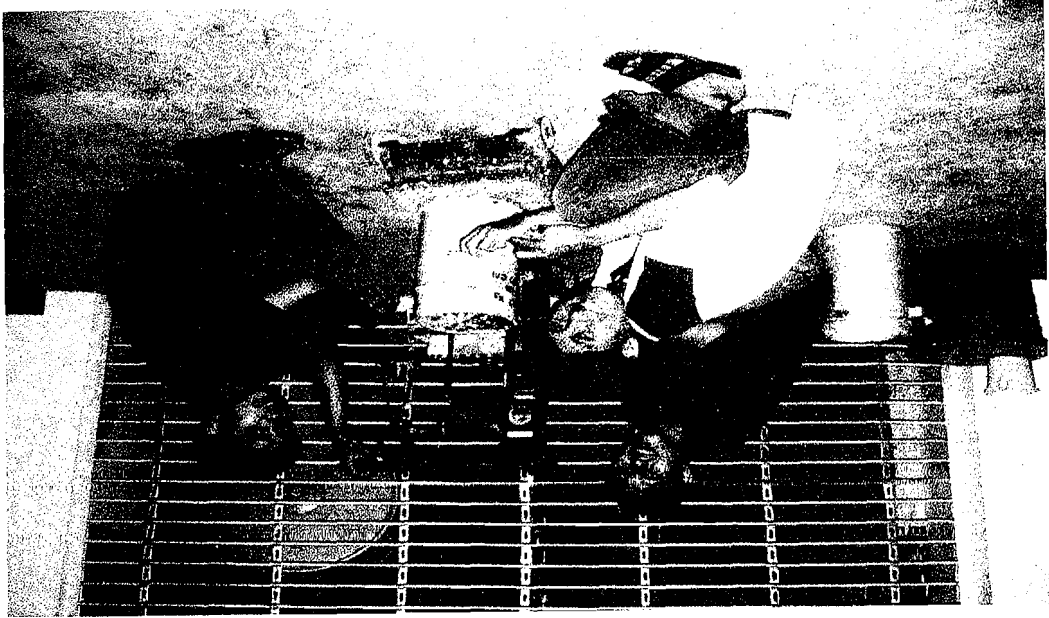
BETON ABU BATU 6%
TINGGI = 30 cm
DIAMETER = 14,6 cm
LUAS = 167.3306 cm²
VOLUME = 5019.918 cm³

BEBAN KN	BEBAN kg	Δl (10^{-3}) mm BN 3	REG (10^{-4})	TEGANGAN kg/cm ²
10	1019,368	5	0,3333	6,2623
20	2038,736	10	0,6667	12,5247
30	3058,104	15	1,0000	18,7870
40	4077,472	21	1,4000	25,0493
50	5096,84	26	1,7333	31,3117
60	6116,208	32	2,1333	37,5740
70	7135,576	37	2,4667	43,8364
80	8154,944	42	2,8000	50,0987
90	9174,312	48	3,2000	56,3610
100	10193,68	54	3,6000	62,6234
110	11213,05	59	3,9333	68,8857
120	12232,42	64	4,2667	75,1480
130	13251,78	70	4,6667	81,4104
140	14271,15	76	5,0667	87,6727
150	15290,52	82	5,4667	93,9350
160	16309,89	87	5,8000	100,1974
170	17329,26	93	6,2000	106,4597
180	18348,62	99	6,6000	112,7220
190	19367,99	105	7,0000	118,9844
200	20387,36	110	7,3333	125,2467
210	21406,73	116	7,7333	131,5091
220	22426,1	123	8,2000	137,7714
230	23445,46	129	8,6000	144,0337
240	24464,83	135	9,0000	150,2961
250	25484,2	141	9,4000	156,5584
260	26503,57	148	9,8667	162,8207
270	27522,94	154	10,2667	169,0831
280	28542,3	161	10,7333	175,3454
290	29561,67	168	11,2000	181,6077
300	30581,04	175	11,6667	187,8701
310	31600,41	182	12,1333	194,1324
320	32619,78	188	12,5333	200,3947
330	33639,14	195	13,0000	206,6571
340	34658,51	203	13,5333	212,9194
350	35677,88	211	14,0667	219,1818
360	36697,25	219	14,6000	225,4441
370	37716,62	227	15,1333	231,7064
380	38735,98	235	15,6667	237,9688
390	39755,35	244	16,2667	244,2311
400	40774,72	253	16,8667	250,4934
410	41794,09	262	17,4667	256,7558
420	42813,46	272	18,1333	263,0181
430	43832,82	282	18,8000	269,2804
440	44852,19	292	19,4667	275,5428
450	45871,56	302	20,1333	281,8051
460	46890,93	315	21,0000	288,0674
470	47910,3	327	21,8000	294,3298
480	48929,66	341	22,7333	300,5921
490	49949,03	355	23,6667	306,8545
500	50968,4	371	24,7333	313,1168
510	51987,77	390	26,0000	319,3791
520	53007,14	408	27,2000	325,6415
530	54026,5	432	28,8000	331,9038
540	55045,87	463	30,8667	338,1661
550	56065,24	527	35,1333	344,4285
540	55045,87	588	39,2000	338,1661
530	54026,5	609	40,6000	331,9038

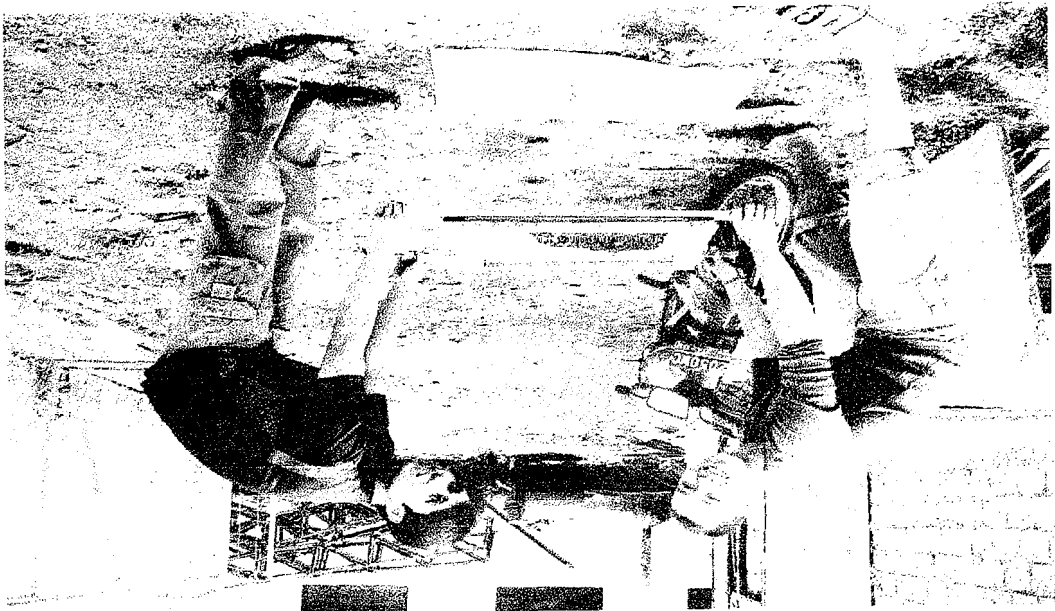
520	53007,14	612	40,8000	325,6415
510	51987,77	612	40,8000	319,3791

LAMPIRAN 9

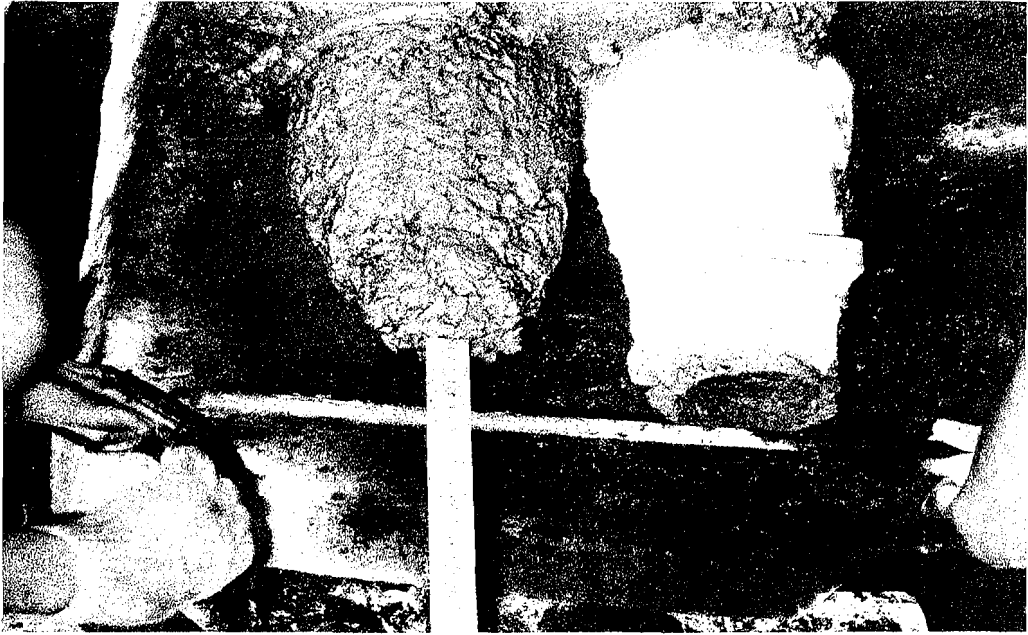
Pemeriksaan Agregat



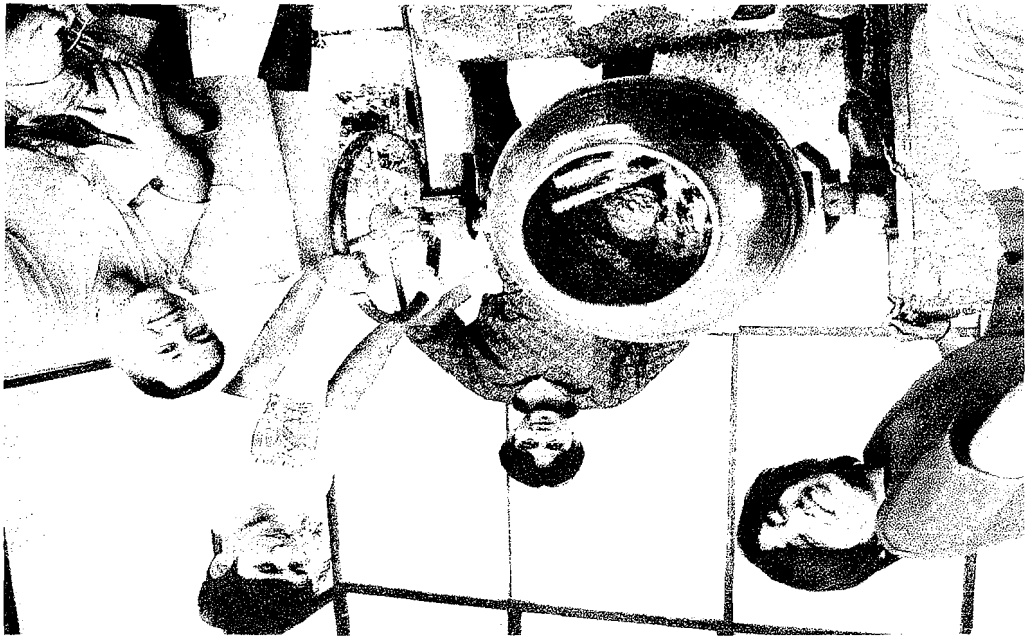
Pekerjaan Persiapan



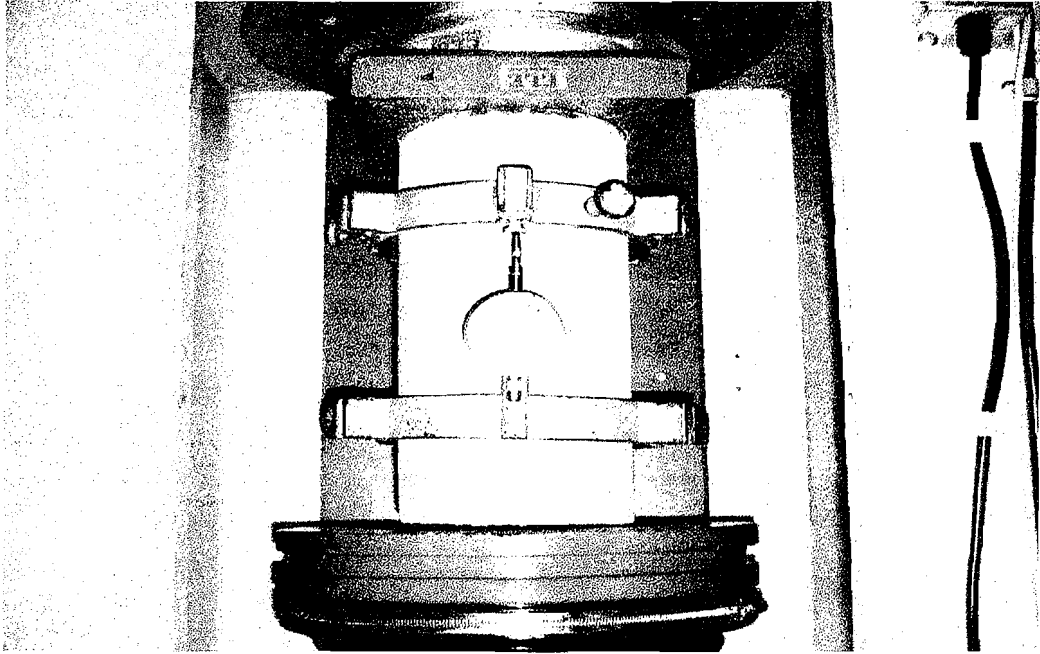
Pengujian Slump



Pekerjaan Pengadukan Beton



Pengujian Benda Uji



Perawatan Benda Uji

