

PERPUSTAKAAN FTSP UH	
HADIAH/BELI	
TGL. TERIMA :	24 Februari 2007
NO. JUDUL :	00 2254
NO. INV. :	520002284001
NO. INDUK. :	

TUGAS AKHIR

PENGARUH PENGGANTIAN SEBAGIAN SEMEN DENGAN LIMBAH KATALIS HASIL PENYULINGAN MINYAK BUMI TERHADAP KUAT DESAK BETON



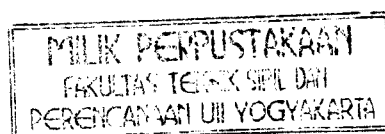
Disusun oleh :

NAMA : SYAHPUTRA AMALDANI GINTING

NO. MHS : 02 511 001

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

2006



HALAMAN PENGESAHAN
TUGAS AKHIR
PENGARUH PENGGANTIAN SEBAGIAN SEMEN
DENGAN LIMBAH KATALIS HASIL PENYULINGAN
MINYAK BUMI TERHADAP KUAT DESAK BETON

Disusun oleh :

NAMA : SYAHPUTRA AMALDANI GINTING

NO. MHS : 02 511 001

Telah diperiksa dan disetujui oleh :

Ir. H. Susastrawan, MS

Dosen Pembimbing



Tanggal : 9-10-2006

KATA PENGANTAR

Bismillahirrahmaanirrahiim

Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Puji syukur kehadiran Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan hidayahNya, sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian tentang **PENGARUH PENGGANTIAN SEMEN DENGAN LIMBAH KATALIS HASIL PENYULINGAN MINYAK BUMI TERHADAP KUAT DESAK BETON** ini dengan 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, Yogyakarta.

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. Ir. H. A Kadir Aboe, MT, selaku dosen penguji I,
3. Ir. H. Helmy Akbar Bale, MT, selaku dosen penguji II,
4. Bapak DR. Ir. Ruzardi, selaku Dekan Fakultas Teknik sipil dan Perencanaan , Universitas Islam Indonesia,
5. Bapak Ir. H. Faisol AM, MS, selaku Ketua Jurusan Fakultas Teknik sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia,

6. Mas Ndaru dan Pak Wanto di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik FTSP UII,
7. Pak Santoro dan Mas Heri di Bagian Tugas Akhir FTSP UII,
8. Papa dan Mama tercinta, abang dan adikku beserta seluruh sanak famili yang telah memberi dorongan baik moral maupun material selama pelaksanaan pendidikan, penelitian dan penulisan tugas akhir ini,
9. Anak – anak kost “DEVILUX” dan sohib-sohibku; Iwan, Negro, Deden, Rikhi, Ucok, Jembae, Ulung, Adex, Mamang, Firman dan Reza+Dekhy, yang selalu berbagi Keceriaan dan Kegilaan,
10. Anak – anak Sipil '02 Class A Community, semoga tali persahabatan kita tidak pernah terputus,
11. Semua pihak yang tidak dapat Penyusun sebutkan satu persatu baik langsung maupun tidak langsung ikut membantu dalam menyelesaikan penelitian ini.

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

Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

Yogyakarta,

Penulis

Syahputra Amaldani Ginting

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	
HALAMAN PENGESAHAN	
KATA PENGANTAR.....	i
DAFTAR ISI.....	iii
DAFTAR SIMBOL.....	v
DAFTAR TABEL.....	vii
DAFTAR GAMBAR.....	x
DAFTAR LAMPIRAN.....	xii
ABSTRAKSI.....	xiii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Batasan Masalah.....	3
1.4 Tujuan Penelitian.....	4
1.5 Manfaat Penelitian.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Penelitian – Penelitian Terdahulu.....	5
BAB III LANDASAN TEORI.....	8
3.1 Umum.....	8
3.2 Beton.....	9
3.3 Limbah Katalis.....	13

3.4 Metode Perencanaan Adukan Beton.....	16
3.5 Kuat Desak.....	21
BAB IV METODE PENELITIAN.....	23
4.1 Prosedur Penelitian.....	23
4.2 Bahan dan Alat.....	24
4.3 Pelaksanaan Penelitian.....	26
4.4 Pembuatan dan Perawatan Benda Uji.....	29
4.5 Pengujian Kuat Desak Silinder Beton.....	30
4.6 Analisa Regresi Polinomial Pangkat Dua.....	31
BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN.....	34
5.1 Hasil Penelitian.....	34
5.2 Pembahasan Hasil Penelitian.....	47
5.3 Tinjauan Umum Hasil Penelitian dengan Penelitian Lainnya..	53
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN.....	56
6.1 Kesimpulan.....	56
6.2 Saran.....	57
DAFTAR PUSTAKA.....	58
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
m	=	Jumlah Orde
n	=	Jumlah Data
S_t	=	Jumlah Kuadrat Suatu Kesalahan
	=	$\sum_{i=1}^n (y_i - y)^2$

S_r = Jumlah Kuadrat dari Kesalahan

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

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

$S_{y/x}$ = Galat Baku Taksiran

S_y = Simpangan Baku Total

$G(x_i)$ = Persamaan Garis atau Kurva.

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1	Unsur-unsur utama penyusun semen.....	10
Tabel 3.2	Prosentasi komposisi unsur kimia semen <i>portland</i>	11
Tabel 3.3	Hasil pengukuran komposisi kimia <i>spent</i> dan <i>fresh catalyst</i> pada tahun 2000 di PT. Pertamina.....	14
Tabel 3.4	Nilai deviasi standar (kg/cm^2).....	17
Tabel 3.5	Faktor modifikasi simpangan baku.....	17
Tabel 3.6	Hubungan faktor air semen dengan kuat desak.....	18
Tabel 3.7	FAS berdasarkan pengaruh tempat elemen.....	18
Tabel 3.8	Nilai slump berdasarkan penggunaan jenis elemen.....	19
Tabel 3.9	Perkiraan kebutuhan air berdasarkan nilai slump.....	19
Tabel 3.10	Perkiraan kebutuhan agregat kasar per meter kubik beton, berdasarkan ukuran maksimum agregat dan modulus halus pasir (m^3).....	20
Tabel 5.1	Data pemeriksaan modulus halus butir.....	35
Tabel 5.2	Berat volume pasir.....	36
Tabel 5.3	Berat volume <i>split</i>	36
Tabel 5.4	Berat jenis pasir.....	37
Tabel 5.5	Berat jenis <i>split</i>	37
Tabel 5.6	Hasil pengujian kuat desak beton dengan variasi penambahan limbah katalis 0 %.....	37

Tabel 5.7	Hasil pengujian kuat desak beton dengan variasi penambahan limbah katalis 5 %.....	38
Tabel 5.8	Hasil pengujian kuat desak beton dengan variasi penambahan limbah katalis 10 %.....	38
Tabel 5.9	Hasil pengujian kuat desak beton dengan variasi penambahan limbah katalis 15 %.....	38
Tabel 5.10	Hasil pengujian kuat desak beton dengan variasi penambahan limbah katalis 20 %.....	38
Tabel 5.11	Hasil pengujian kuat desak beton dengan berbagai variasi penambahan limbah katalis.....	39
Tabel 5.12	Hasil pengujian kuat desak beton dengan variasi penambahan abu batu 0 %.....	40
Tabel 5.13	Hasil pengujian kuat desak beton dengan variasi penambahan abu batu 5 %.....	40
Tabel 5.14	Hasil pengujian kuat desak beton dengan variasi penambahan abu batu 10 %.....	40
Tabel 5.15	Hasil pengujian kuat desak beton dengan variasi penambahan abu batu 15 %.....	41
Tabel 5.16	Hasil pengujian kuat desak beton dengan variasi penambahan abu batu 20 %.....	41
Tabel 5.17	Hasil pengujian kuat desak beton dengan berbagai variasi penambahan abu batu.....	41

Tabel 5.18	Hubungan antara penambahan limbah katalis dengan kuat desak beton berdasarkan hasil regresi polinomial.....	49
Tabel 5.19	Hubungan antara penambahan abu batu dengan kuat desak beton berdasarkan hasil regresi polinomial.....	51

DAFTAR GAMBAR

Gambar 5.1	Grafik hubungan antara variasi penggunaan limbah katalis dan abu batu dengan kuat desak beton (f_c).....	42
Gambar 5.2	Grafik tegangan-regangan pada variasi penambahan limbah katalis sebesar 0%.....	43
Gambar 5.3	Grafik tegangan-regangan pada variasi penambahan limbah katalis sebesar 5%.....	43
Gambar 5.4	Grafik tegangan-regangan pada variasi penambahan limbah katalis sebesar 10%.....	44
Gambar 5.5	Grafik tegangan-regangan pada variasi penambahan limbah katalis sebesar 15%.....	44
Gambar 5.6	Grafik tegangan-regangan pada variasi penambahan limbah katalis sebesar 20%.....	45
Gambar 5.7	Grafik tegangan-regangan pada berbagai variasi penggunaan limbah katalis.....	45
Gambar 5.8	Grafik tegangan-regangan pada variasi penambahan abu batu sebesar 5%.....	46
Gambar 5.9	Grafik tegangan-regangan pada variasi penambahan abu batu sebesar 10%.....	46
Gambar 5.10	Grafik tegangan-regangan pada variasi penambahan abu batu sebesar 15%.....	47

Gambar 5.11	Grafik tegangan-regangan pada variasi penambahan abu batu sebesar 20%.....	47
Gambar 5.12	Grafik tegangan-regangan pada berbagai variasi penggunaan abu batu.....	48
Gambar 5.13	Grafik hubungan antara variasi penggunaan limbah katalis dengan kuat tekan beton berdasarkan kurva regresi polinomial $y = - 0,0374x^2 + 0,4465x + 28,868$	50
Gambar 5.13	Grafik hubungan antara variasi penggunaan abu batu dengan kuat tekan beton berdasarkan kurva regresi polinomial $y = -0,0113x^2 + 0,1025x + 28,926$	52

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

Perkembangan dalam bidang industri tidak hanya memiliki implikasi yang positif, akan tetapi juga dapat memiliki dampak yang negatif seperti limbah industri yang setiap harinya menumpuk. Fenomena tersebut tidak selamanya diimbangi dengan penanganan limbah yang timbul akibat industri tersebut, salah satu contoh adalah limbah katalis hasil penyulingan minyak bumi di Balongan. Katalis merupakan zat kimia yang dipakai untuk mempercepat proses terjadi minyak pada kilang minyak bumi. Tetapi jika katalis tersebut dipakai terus menerus akan mengalami kejenuhan sehingga tidak dapat dipakai kembali untuk proses selanjutnya. Limbah katalis ini dibuang dan ditimbun disekitar lokasi, sehingga perlu penyelesaian lebih lanjut mengenai dampaknya. Dalam penelitian ini, limbah katalis digunakan sebagai bahan pengganti sebagian semen.

Tujuan diadakan penelitian penggunaan limbah katalis sebagai pengganti sebagian semen adalah untuk mengetahui pengaruh penggunaan limbah katalis terhadap kuat desak beton. Penelitian eksperimental menguji 50 silinder dimana penggantian semen dengan limbah katalis bervariasi, mulai dari 0%, 5%, 10%, 15% dan 20% dari berat semen. Semua sampel dibandingkan dengan beton normal (tanpa penggantian sebagian semen dengan limbah katalis).

Dari hasil penelitian dapat diketahui bahwa penggunaan limbah katalis berpengaruh terhadap kuat desak beton. Pada penggunaan limbah katalis 5% dan 10% sebagai pengganti sebagian semen, akan meningkatkan kuat desak beton. Nilai optimum penggunaan limbah katalis sebagai pengganti sebagian semen adalah 5%, yang akan menghasilkan kuat desak maksimum yaitu 30,61174 MPa atau meningkat sebesar 4,0724% dibanding beton normal. Pada penggunaan limbah katalis 15% dan 20% akan menurunkan kuat tekan beton. Dari kenyataan tersebut dapat disimpulkan bahwa penggunaan limbah katalis sebagai pengganti sebagian semen sebesar 5% dan 10% akan meningkatkan kuat desak beton, tetapi penggunaan limbah katalis sebagai pengganti sebagian semen sebesar 15% dan 20% akan menurunkan kuat desak beton.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pada dekade sekarang ini, pembangunan di segala bidang sangat pesat terutama pembangunan fisik. Seiring dengan maraknya pembangunan fisik ini, akan meningkatkan kebutuhan bahan-bahan bangunan, sehingga alternatif penggunaan bahan campuran pada beton akan lebih menghemat penggunaan bahan bangunan, khususnya semen. Penggunaan bahan campuran sebagai pengganti sebagian semen pada beton dilakukan untuk memperoleh mutu beton yang memenuhi standar/persyaratan yang berlaku dengan biaya yang relatif murah.

Beton sangat banyak dipakai secara luas sebagai bahan bangunan dan merupakan salah satu unsur struktur yang sangat penting. Hampir setiap bangunan menggunakan beton sebagai struktur utama, dikarenakan bahan tersebut mudah didapat, mudah dibuat serta murah harganya. Beton adalah suatu komposisi yang terbentuk dari empat bahan pokok, yaitu semen, agregat halus, agregat kasar dan air. Selain empat bahan pokok tersebut dapat juga dipakai suatu bahan campuran untuk mengubah sifat-sifat beton sesuai yang diinginkan seperti pengerjaan lebih mudah, meningkatkan mutu beton, menambah nilai ekonomis pembuatan beton, dan sebagainya. Pada penelitian ini akan dicoba penggunaan limbah katalis dari penyulingan minyak bumi sebagai bahan pengganti sebagian semen sebagai alternatif untuk menghemat penggunaan semen.

Katalis adalah suatu bahan yang dipergunakan untuk mempercepat reaksi pada proses peretakan (*cracking*). Setiap industri minyak selalu menggunakan katalis untuk mempercepat terjadi minyak. Tetapi jika katalis terus menerus dipakai akan mengalami kejenuhan sehingga tidak dapat dipakai untuk proses selanjutnya. Limbah katalis ini dibuang atau ditimbun disekitar lokasi. Limbah katalis ini dihasilkan setiap hari berkisar antara 15-20 ton. Untuk mengatasi permasalahan limbah katalis ini, maka limbah ini dapat dimanfaatkan sebagai bahan campuran dalam pembuatan beton. Hal ini dimungkinkan karena limbah katalis mengandung alumina dan oksida silika, diantaranya : CaO , SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 yang dapat membentuk ikatan semen dan memberikan kontribusi kuat semen pada bahan beton.

Data (limbah katalis) penelitian ini diambil dari “KILANG BBM PERTAMINA UNIT PENGOLAHAN VI BALONGAN” pada bagian unit RCC (*Residue Catalis Cracker*). Limbah katalis yang digunakan pada RCC ini adalah jenis yang mengandung unsur-unsur Oksida silika dan Alumina. Selain itu didalamnya juga mengandung unsur-unsur kecil lainnya, seperti : Sodium, Calcium, Magnesium dan *Rare earth family* (lanthanum, cerium). Sebagian unsur-unsur penyusun dari Zeolit kristalin merupakan bahan dasar dari semen, seperti : Alumina, Silika, dan Kalsium. Sehingga dapat dipakai sebagai bahan pengganti sebagian semen.

Menurut penelitian yang dilakukan di Amerika dan Australia, limbah katalis yang dihasilkan oleh RCC, tidak dikategorikan sebagai limbah bahan berbahaya dan beracun (B3) dan hasil pengukuran PH menjelaskan, katalis bekas mengandung 3,96-4,80 sehingga tidak bersifat korosif, oleh karena itu limbah katalis tidak berbahaya dan dalam jumlah yang cukup, maka dapat dimanfaatkan sebagai bahan campuran adukan beton.

1.2 Rumusan Masalah

Dalam penelitian ini, limbah katalis difungsikan sebagai pengganti sebagian semen. Kemudian diteliti apakah penggunaan limbah katalis sebagai pengganti sebagian semen pada adukan beton dapat mempengaruhi kuat desak beton. Dengan pemanfaatan limbah ini diharapkan mengurangi jumlah limbah yang setiap hari semakin banyak.

1.3 Batasan Masalah

Agar penelitian ini lebih terfokus pada rumusan masalah diatas, maka perlu diberi batasan masalah yaitu sebagai berikut :

1. Menggunakan limbah katalis (bubuk) dari penyulingan minyak bumi di Balongan, Indramayu,
2. Sebagai perbandingan kuat tekan silinder beton, dibuat juga sampel silinder beton dengan campuran abu batu sebagai pengganti sebagian semen,
3. Benda uji yang digunakan adalah silinder ukuran diameter 15 cm dan tinggi 30 cm,
4. Pengujian sampel dilakukan pada umur beton 28 hari,
5. Menggunakan semen Portland Tipe I, dengan merk Gresik,
6. Menggunakan kerikil dengan diameter maksimum 20 mm,
7. Menggunakan pasir dengan diameter maksimum 5 mm,
8. Menggunakan air dari Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia,
9. Variasi penggantian semen dengan limbah katalis untuk setiap benda uji yaitu 0%, 10%, 20%, 30%, 40% dari berat semen,

10. Penelitian ini hanya meninjau pengaruh limbah katalis terhadap kuat tekan beton, tanpa memperhitungkan keawetannya,
11. Pengaruh suhu, udara dan faktor lain di abaikan.

1.4 Tujuan Penelitian

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

1.5 Manfaat Penelitian

Dari hasil penelitian ini diharapkan dapat menghasilkan suatu produk beton yang bermanfaat dengan implikasi sebagai berikut :

1. Dapat menghasilkan beton struktur yang memenuhi syarat yang cukup inovatif dan ekonomis dengan pengurangan jumlah semen akibat pemakaian bahan tambah limbah katalis,
2. Pemakaian limbah katalis dapat memberikan kontribusi terhadap penyelamatan lingkungan dengan adanya pengurangan kuantitas limbah tersebut,

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

Menurut standar **SK-SNI T-15-03 (1991)**, beton terbuat dari bahan semen portland, air, agregat (agregat kasar dan halus) dalam proporsi perbandingan tertentu dengan atau tanpa bahan tambah membentuk massa padat.

Neville, (1975), mengemukakan bahwa komposisi unsure utama semen portland terdiri dari trikalsium silikat (C_3S), dikalsium silikat (C_2S), trikalsium aluminat (C_3A), tetra kalsium (C_4AF).

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.

Kusnadi, (1985), mengemukakan bahwa komposisi kimia semen portland dapat dinilai dengan menentukan perbandingan silica (*silica ratio*).

Popovics, (1998), mengatakan bahwa kekuatan beton juga dipengaruhi oleh kandungan senyawa kimia dalam semen.

Murdock dan Brook, (1986), mengemukakan bahwa hamper dua pertiga bagian semen terbentuk dari zat kapur yang proporsinya berperan penting terhadap sifat-sifat semen.

Popovics, (1998), mengatakan bahwa kuat desak beton dipengaruhi oleh porositas yang terdiri dari pori gel, pori kapiler, dan pori udara, semakin besar porositas semakin kecil kuat desak beton yang terjadi.

Kardiyono, (1992), mengemukakan bahwa salah satu faktor yang mempengaruhi kekuatan beton adalah sifat agregat yaitu kekasaran dan ukuran maksimum agregat tersebut, pada pemakaian ukuran butiran maksimum lebih besar memerlukan jumlah pasta lebih sedikit untuk mengisi rongga-rongga antar butirnya, berarti semakin sedikit pula pori-pori betonnya (karena pori-pori beton sebagian besar didalam pasta, tidak didalam agregat) sehingga kuat tekannya lebih tinggi.

Nawy, (1990), mengemukakan besarnya kandungan udara maksimum dari fraksi mortar dalam beton sebesar 9%. Kandungan udara yang berlebihan (5-6%dari campuran beton) akan menurunkan kekuatan beton.

Gambhir, (1986), mengemukakan bahwa ketahanan dari struktur beton mempunyai dua kriteria pokok yaitu mempunyai ketahanan terhadap reaksi kimia dan mempunyai kepadatan yang tinggi. Jadi pada beton yang mempunyai porositas dapat mengakibatkan penurunan kualitas beton.

Meyer, (1996), mengemukakan bahwa kekerasan campuran beton merupakan fungsi semi logaritma dari faktor air semen, dengan asumsi campuran biasanya padat. Jika tidak padat akan terbentuk pori-pori yang menyebabkan kekuatannya menurun. Porositas dari campuran beton menentukan kekuatannya, jika porositas berkurang maka kekuatannya meningkat.

Chen dan Saleeb, (1982), mengemukakan tiga hal yang perlu ditekankan dalam beton : (1). Besarnya ukuran bidang pemisah antara agregat dan mortar. (2). Besarnya porositas yang terdapat dalam pasta semen ($\pm 30\%$) dan pori yang terisi air

dan udara. (3). Untuk semua tingkat ukuran seperti ukuran molekul, udara atau faktor void yang ada. Untuk kuat tekan yang tinggi kandungan void dan kadar pori berpengaruh terhadap perilaku dan kekuatan beton.

Ari dan Anton, mengemukakan bahwa semakin tinggi penggunaan kadar *silica fume* dan *fly ash* pada campuran beton akan menghasilkan kuat desak yang semakin tinggi (sampai 7,5%)

Indiyani dan Yudi, (1997), mengungkapkan bahwa beton dengan agregat kasar ALWA mengalami kenaikan kuat desak dengan penambahan bahan pengisi *fly ash* pada penambahan batas-batas tertentu. Kenaikan kuat desak beton paling tinggi terjadi pada variasi penambahan *fly ash* 2% dan penambahan *fly ash* selanjutnya cenderung menurunkan kuat desak beton ALWA.

Amriadi dan Suhartanto, (2003), mengemukakan bahwa penggunaan abu sekam padi sebagai pengganti sebagian semen untuk campuran adukan beton dengan penambahan air tanpa memperhatikan kualitas abu sekam yang digunakan akan menurunkan kuat desak beton.

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

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 Umum

Karakteristik dari beton perlu dipertimbangkan dalam hubungannya dengan kualitas yang dituntut untuk suatu tujuan konstruksi tertentu. Kuat desak beton dipengaruhi oleh jenis dan kualitas semen, bentuk dan tekstur permukaan agregat, bahan campuran, perawatan, suhu, umur beton.

Bahan campuran tambahan (*admixture*) adalah bahan yang bukan air, agregat, maupun semen, yang ditambahkan kedalam campuran beton sesaat atau selama pencampuran. Fungsi bahan campuran tambahan tersebut adalah untuk mengubah sifat-sifat beton segar agar menjadi cocok untuk pekerjaan tertentu, atau ekonomis, atau untuk tujuan lain seperti menghemat energi. Bahan tambah ditambahkan kedalam campuran beton untuk mengurangi waktu dan mempercepat pencapaian kekuatan (Nawy, 1990).

Bahan kimia tambahan (*chemical admixture*) adalah bahan tambah yang dicampurkan kedalam adukan beton dengan maksud agar diperoleh sifat-sifat yang sedikit berbeda pada beton segar atau beton yang dihasilkan, sehingga contoh sifat pengerjaan yang lebih mudah, sifat pengikatan yang lebih cepat, laju kenaikan kekuatan yang lebih cepat. Sebelum bahan kimia tambahan dipakai, sebaiknya dibuktikan dulu dengan percobaan laboratorium untuk memastikan manfaat dari bahan tambah tersebut.

3.2 Beton

Beton adalah suatu bahan elemen struktur yang memiliki suatu karakteristik yang spesifik yang terdiri dari beberapa bahan penyusun sebagai berikut.

3.2.1 Semen Portland

Semen Portland merupakan semen hidrolis berbentuk serbuk halus yang dihasilkan dengan cara menghaluskan klinker yang mengandung kapur, silica, alumina dan kalsium yang bersifat hidrolis dengan gips sebagai bahan tambah yang dibakar dengan suhu 1550 °C.

Nama *Portland Cement* diusulkan oleh Joseph Asphin pada tahun 1842. Nama itu diusulkan karena berbentuk bubuk yang dicampur dengan air, pasir dan batu-batuan yang ada di pulau Portland, Inggris. Pertama kali semen portland diproduksi (dengan pabrik) di Amerika Serikat oleh David saylor di kota Coplay, Pennsylvania, pada tahun 1875.

Semen portland sebagai penyusun beton mempunyai sifat sebagai berikut ini,

1. Susunan kimia

Ketika semen dicampur dengan air, timbul reaksi kimia antara unsur-unsur penyusun semen dengan air. Reaksi-reaksi ini menghasilkan bermacam-macam senyawa kimia yang menyebabkan terjadinya proses ikatan dan pengerasan. Ada empat oksida utama pada semen yang akan membentuk senyawa-senyawa kimia yaitu, sebagai berikut.

a. Trikalsium silikat, $3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$ (C3S)

Sifatnya hampir sama dengan sifat semen umumnya yaitu apabila ditambah dengan air senyawa ini akan mengeras dalam beberapa jam, dengan melepas panas.

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

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

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

Senyawa ini mengalami hidrasi sangat cepat disertai dengan pelepasan panas yang besar, menyebabkan pengereasan awal tetapi kurang kontribusinya pada kekuatan batas, kurang ketahanan terhadap agresi kimiawi, paling menonjol mengalami disintegrasi oleh sulfat air tanah dan sangat besar untuk retak oleh perubahan volume.

d. Tetrakalsium Aluminoferrit, $4\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$ (C4AF)

Senyawa ini tidak tampak berpengaruh terhadap kekuatan dan sifat-sifat semen keras lain.

Unsur-unsur utama penyusun semen dapat dilihat pada tabel 3.1 dan tabel 3.2

Tabel 3.1 Unsur-unsur utama penyusun semen (Kardiyono, 1992)

Nama Unsur	Simbol	komposisi Kimia	Kandungan (%)
Trikalsium Silikat	C_3S	3CaO SiO_2	50
Dikalsium Silikat	C_2S	2CaO SiO_2	25
Trikalsium Aluminat	C_3A	$3 \text{CaO Al}_2\text{O}_3$	12
Tetrakalsium Aluminoferrite	C_4AF	$4 \text{CaO Al}_2\text{O}_3 \text{Fe}_3\text{O}_3$	8

Tabel 3.2 Prosentasi komposisi unsur kimia semen *portland*
(Neville dan Brook, 1986)

Unsur	Kandungan (%)
CaO	63
SiO ₂	20
Al ₂ O ₃	6
Fe ₂ O ₃	3
NgO	1.5
SO ₃	2
K ₂ O	1
Na ₂ O	1

2. Kekuatan pasta semen dan faktor air semen

Kekuatan semen yang telah mengeras tergantung pada jumlah air yang dipakai waktu proses hidrasi berlangsung. pada dasarnya jumlah air yang diperlukan untuk proses hidrasi hanya kira-kira 25% dari berat semen, penambahan jumlah air akan mengurangi kekuatan setelah mengeras. Air yang berlebihan memang akan memudahkan dalam pencampuran beton, akan tetapi hendaknya selalu diusahakan jumlah air sedikit mungkin agar kekuatan beton tidak terlalu rendah.

3. Sifat fisik semen

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

perataan muka.

Sesuai dengan tujuan pemakaiannya, semen Portland di Indonesia menurut PUBLI 1982, dibagi menjadi 5 jenis, yaitu sebagai berikut.

Jenis I : Semen portland untuk penggunaan umum yang tidak memerlukan persyaratan-persyaratan khusus seperti yang disyaratkan pada jenis-jenis lain.

Jenis II : Semen portland yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan terhadap sulfat dan panas hidrasi sedang.

Jenis III : Semen portland yang dalam penggunaannya menuntut persyaratan kekuatan awal yang tinggi.

Jenis IV : Semen portland yang dalam penggunaannya menuntut persyaratan panas hidrasi rendah.

Jenis V : Semen portland yang dalam penggunaannya menuntut persyaratan sangat tahan terhadap sulfat.

3.2.2 Agregat

Agregat berfungsi sebagai bahan pengisi dalam campuran mirtar beton. Agregat ini biasanya menempati sekitar 75% dari total beton. Agregat halus atau pasir yang digunakan berupa pasir alam dengan ukuran kurang dari 5 mm. Agregat kasar sebagai hasil desintegrasi alami dari batuan alam atau berupa batu pecah dengan ukuran 5-40 mm. Agregat kasar ini dapat berasal dari alam atau dari mesin pemecah batu yang telah disaring dengan ukuran tertentu.

3.2.3 Air

Air diperlukan untuk bereaksi dengan semen serta menjadi bahan pelumas antara butir-butir agregat agar lebih mudah dikerjakan dan dipadatkan. Untuk

mengadakan reaksi hidrasi dengan semen diperlukan sedikitnya 20-30% jumlah air dari berat semen.

Menurut SKBI 1989, air yang digunakan untuk campuran beton harus bersih, tidak boleh mengandung minyak, asam, alkali, garam, zat organis atau bahan lain yang dapat merusak beton.

3.3 Limbah Katalis

Secara umum, katalis didefinisikan sebagai zat yang dapat mempercepat laju reaksi tanpa dikonsumsi selama reaksi. Katalis dapat memperbesar laju reaksi karena dapat menghasilkan mekanisme baru yang mempunyai energi aktivasi yang lebih rendah dibandingkan dengan reaksi tanpa katalis.

Limbah katalis ini digunakan pada suatu kilang minyak yang dilengkapi RCC sebagai suatu bahan untuk mengarahkan dan mempercepat laju reaksi produk utama yang diinginkan seperti : LPG (*Elpiji*), Propylene, Polygasoline, Naptha, LCD (bahan dasar diesel) dan *Decant Oil* (bahan dasar *fuel oil*).

Adapun rumus yang menyusun limbah katalis adalah sebagai berikut : $\text{NaAlSiO}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ dengan struktur reguler, yang merupakan hasil proses dari RCC. Limbah katalis yang digunakan pada RCC ini adalah jenis yang mengandung unsur-unsur Oksida silika dan Alumina. Selain didalamnya juga mengandung unsur-unsur kecil lainnya seperti : Sodium, Calcium, Magnesium dan *Rare earth family* (*lanthanum, cerium*). Sebagian unsur-unsur penyusun dari Zeolit kristalin merupakan sebagai bahan dasar bangunan (semen), seperti : Alumina, Silika dan Kalsium.

Dengan adanya kesamaan antara unsur-unsur penyusun limbah katalis hasil penyulingan minyak bumi dengan unsur-unsur penyusun semen, sehingga limbah

katalis hasil penyulingan minyak bumi dapat digunakan sebagai bahan campuran pengganti sebagian semen. Dengan penggunaan limbah katalis hasil penyulingan minyak bumi ini diharapkan dapat menghemat penggunaan semen dan menambah kekuatan desak beton.

Hasil pengukuran komposisi limbah katalis dapat dilihat pada tabel 3.3

Tabel 3.3 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
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

Limbah katalis hasil penyulingan minyak bumi ini berupa bubuk kimia dan seluruh unsur yang membentuknya merupakan unsur pembentuk semen, sehingga dapat dikatakan sebagai bahan pengganti semen.

Hingga saat ini telah dilakukan beberap penelitian tentang limbah katalis, diantaranya :

1. Menurut penelitian yang dilakukan di Amerika maupun di Australia, (Majalah Konstruksi, No : 253 – Juni, 1997) limbah katalis yang dihasilkan RCC, tidak dikategorikan sebagai limbah bahan berbahaya dan beracun (B3). Oleh karena limbah katalis tidak berbahaya dan cukup aman, maka dapat digunakan sebagai bahan campuran dalam pembuatan beton ataupun keramik.
2. Menurut penelitian yang dilakukan di Amerika maupun di Australia, (Majalah Konstruksi, No : 253 – Juni, 1997) limbah katalis yang dihasilkan RCC, tidak dikategorikan sebagai limbah bahan berbahaya dan beracun (B3). Dari hasil pengukuran pH menunjukkan bahwa katalis bekas dalam CaCl_2 hanya sebesar 3,96 – 4,80 sehingga tidak bersifat korosif.
3. Menurut hasil analisa TCLP (*Toxicity Charasteristic Leaching Procedure*), limbah katalis memiliki logam dibawah baku mutu yang ditetapkan, sehingga lebih aman untuk lingkungan. Berdasarkan hal tersebut katalis bekas tidak dapat digolongkan dalam limbah B3. Karena tidak memenuhi karekteristik penggolongan secara kimia.

Oleh karena limbah katalis tidak berbahaya dan cukup aman, maka dapat digunakan sebagai campuran untuk memproduksi bahan bangunan maupun produk-produk keramik.

3.4 Metode Perencanaan Adukan Beton

Pada penelitian ini digunakan metode ACI (*American Concrete Institute*) sebagai metode perancangan campuran beton. Metoda 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 kubik adukan beton menentukan tingkat konsistensi/kekentalan (*slump*) adukan beton.

Secara garis besar tahap perhitungan perancangan 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 :

$$f_{cr} = f_c + k.sd \quad (3.1)$$

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 3.4 dengan angka konversi berdasarkan table 3.5.

Tabel 3.4 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 3.5 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 (table 3.6) dan pengaruh keawetan elemen struktur terhadap kondisi lingkungan (table 3.7) sebagai berikut.

Tabel 3.6 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 3.7 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 ukuran maksimum agregat dan penggunaan elemen struktur (tabel 3.8).

Tabel 3.8 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 table 3.9 sebagai berikut.

Tabel 3.9 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.

$$\text{fas} = \frac{W_{\text{air}}}{W_{\text{semen}}} \quad ; \quad W_{\text{semen}} = \frac{W_{\text{air}}}{\text{fas}} \quad (3.2)$$

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 table 3.10).

Tabel 3.10 Perkiraan kebutuhan agregat kasar per meter kubik beton, berdasarkan ukuran maksimum agregat dan modulus halus pasir (m³).
(Kardiyono, 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 :

$$\sigma'c = \frac{P}{A} \quad (3.3)$$

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 kekuatan 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 Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian ini dibagi dalam beberapa tahapan sebagai berikut :

1. Tahap perumusan masalah.

Tahap ini meliputi perumusan terhadap topik penelitian, termasuk perumusan tujuan, serta pembahasan terhadap permasalahan.

2. Tahap perumusan teori.

Pada tahap ini dilakukan pengkajian pustaka terhadap teori yang melandasi penelitian serta ketentuan-ketentuan yang dijadikan acuan dalam penelitian.

3. Tahap pelaksanaan penelitian.

Pelaksanaan penelitian disesuaikan dengan jenis penelitian dan hasil yang ingin didapat. Penelitian ini dilakukan di Laboratorium BKT Jurusan Teknik Sipil UII, yang meliputi :

- a. Pemeriksaan bahan campuran beton,
- b. Perencanaan campuran beton,
- c. Pembuatan campuran beton,
- d. Pengujian slump,
- e. Pembuatan benda uji,
- f. Perawatan benda uji,
- g. Pengujian benda uji.

4. Tahap analisa dan pembahasan.

Analisa dilakukan terhadap hasil uji laboratorium. Hasil uji laboratorium tersebut dicatat dan dibandingkan terhadap hipotesa serta dianalisis dengan menggunakan alat Bantu statistik. Pembahasan dilakukan terhadap hasil penelitian dan ditinjau berdasarkan teori yang melandasi.

5. Tahap penarikan kesimpulan.

Dari hasil laboratorium dapat diambil kesimpulan berdasarkan teori yang digunakan untuk menjawab pemecahan terhadap permasalahan dan tujuan penelitian.

4.2 Bahan dan Alat

4.2.1 Material Pembentuk Beton

1. Semen,

Dalam penelitian ini semen yang digunakan adalah semen jenis I merk Nusantara kemasan 50 kg.

2. Agregat,

Terdapat dua macam agregat yang digunakan yaitu :

- a. Agregat halus, digunakan pasir dengan ukuran maksimum 5 mm,
- b. Agregat kasar, digunakan kerikil dengan ukuran butir maksimum 20 mm.

3. Air,

Air diambil dari Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

4. Limbah katalis.

Limbah katalis yang digunakan dalam penelitian ini diambil dari PT.

Pertamina UP VI, Balongan, Indramayu.

4.2.2 Peralatan Pengujian

Untuk penelitian ini digunakan beberapa peralatan sebagai sarana dalam mencapai maksud dan tujuan penelitian, yaitu :

1. Timbangan

Timbangan yang digunakan memiliki kapasitas 20 kg. Digunakan untuk menimbang bahan yang akan digunakan untuk penelitian.

2. Kapiler dan Penggaris

Kapiler digunakan untuk mengukur dimensi cetakan sample beton. Penggaris digunakan untuk mengukur slump.

3. Ayakan

Ayakan digunakan untuk mengetahui gradasi pasir dan kerikil. Ukuran yang dipakai untuk memisahkan diameter pasir adalah 4,8; 2,4; 1,2; 0,6; 0,3; 0,15 mm.

Untuk mengayak dalam jumlah besar guna membuat beton maka digunakan ayakan dari kawat kasa dengan lubang maksimal untuk pasir 5 mm dan untuk kerikil 20 mm.

4. Mesin pengaduk beton

Mesin pengaduk Beton (*mixer*) digunakan untuk mengaduk bahan susun beton (semen, kerikil, pasir, limbah kayalis, dan air) sehingga diperoleh campuran adukan beton yang homogen.

5. Cetok dan Talam baja

Cetok digunakan untuk memasukkan adukan beton ke dalam cetakan silinder beton. Talam baja digunakan sebagai penmpungan sementara adukan beton yang dikeluarkan dari *mixer*.

6. Kerucut Abrams

Alat ini di gunakan untuk mengukur tingkat kelecakan beton (*slump*), tinggi 30 cm, dengan diameter atas 10 cm dan diameter bawah 20 cm.

7. Mesin uji kuat desak.

Mesin uji kuat desak digunakan untuk mengetahui kuat desak silinder beton.

4.3 Pelaksanaan penelitian

4.3.1 Persiapan

Pelaksanaan persiapan meliputi : pemeriksaan sifat-sifat teknis bahan penyusun beton dan perancangan adukan beton.

4.3.2 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 dan kasar.

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 = $1,49 \text{ gr/cm}^3$ dan agregat kasar = $1,58 \text{ gr/cm}^3$.

4.3.3 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/m³
- e. Berat jenis pasir (SSD) : 2,538 t/m³
- f. Berat volume split : 1,58 t/m³
- g. Berat jenis split : 2,634 t/m³
- h. Berat jenis semen : 3,15 t/m³

2. Langkah-langkah perhitungan campuran beton.

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

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

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

Dari Tabel 3.4, 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 3.6, dari nilai $f'_{cr} = 29,643 \text{ MPa}$ didapat nilai fas beton usia 28 hari adalah 0,51 (interpolasi).

Dari table 3.7, 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 3.8, 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 3.9, untuk nilai slump 7,5 – 10 cm dan agregat maksimum 20 mm didapat kebutuhan air 203 liter/ m³ 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 3.10, diperoleh volume *split* per m³ pada bj 2,634 adalah 0,66.

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

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

- g. Menghitung volume agregat halus per satuan volume.

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

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

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

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

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

Perbandingan adukan beton per meter kubik adalah

$$\begin{aligned} P_c : \text{pasir} : \text{split} : \text{air} &= 395 : 667,24 : 1023,8 : 203 \\ &= 1 : 1,69 : 2,59 : 0,51 \end{aligned}$$

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)

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

$$5\% = 5\% \times 2,512 = 0,126 \text{ kg}$$

$$10\% = 10\% \times 2,512 = 0,251 \text{ kg}$$

$$15\% = 15\% \times 2,512 = 0,377 \text{ kg}$$

$$20\% = 20\% \times 2,512 = 0,502 \text{ kg}$$

4.4 Pembuatan dan Perawatan benda uji

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 (A1), tanpa campuran limbah katalis (normal),
2. Sampel (B1), dengan campuran limbah katalis 5% dari berat semen,
3. Sampel (C1), dengan campuran limbah katalis 10% dari berat semen,

4. Sampel (D1), dengan campuran limbah katalis 15% dari berat semen,
5. Sampel (E1), dengan campuran limbah katalis 20% 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 (A2), tanpa campuran abu batu (normal),
2. Sampel (B2), dengan campuran abu batu 5% dari berat semen,
3. Sampel (C2), dengan campuran abu batu 10% dari berat semen,
4. Sampel (D2), dengan campuran abu batu 15% dari berat semen,
5. Sampel (E2), dengan campuran abu batu 20% dari berat semen.

Perawatan terhadap benda uji silinder dilaksanakan dengan cara merendam dalam bak air. Perawatan terhadap sample tersebut dilakukan selama 28 hari. Dengan cara tersebut diharapkan hidrasi semen berlangsung dengan baik.

4.5 Pengujian kuat desak silinder beton

Langkah-langkah yang ditempuh dalam pengujian kuat desak beton adalah:

1. Setelah silinder beton direndam dalam air selama 28 hari, tinggi dan diameternya diukur, setelah itu ditimbang beratnya, kemudian diletakkan pada alas pembebanan mesin uji kuat desak beton.
2. Mesin uji dihidupkan, pembebanan diberikan dari 0 KN hingga benda uji hancur dan besarnya beban maksimal dicatat sesuai pembacaan.
3. Kuat desak beton dapat diketahui dengan cara membagi beban maksimum yang dicapai dengan luasan permukaan bagian yang didesak, secara

$$\text{matematis dapat ditulis } f_c = \frac{P}{A} \quad (4.1)$$

dengan,

f_c = Kuat desak beton (Mpa),

P = Beban maksimum (KN),

A = Luas penampang benda uji.

4.6 Analisa Regresi Polinomial Pangkat Dua

Gambar grafik didapat dari metode regresi polinomial pangkat dua.

Persamaan polinomial order r mempunyai bentuk:

$$y = a_0 + a_1x + a_2x^2 + a_3x^3 + \dots + a_r x^r \quad (4.2)$$

jumlah kuadrat dari kesalahan adalah :

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

Persamaan 4.2 dideferensialkan terhadap tiap koefisien dari polinomial

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

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

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

$$\frac{\partial D^2}{\partial a_r} = -2 \sum_{i=1}^n (y_i - a_0 - a_2x^2 - \dots - a_r x^r) \quad (4.4)$$

Persamaan 4.4 dapat ditulis dalam bentuk matrik seperti berikut :

$$\begin{pmatrix} n & \sum x_i & \sum x_i^2 & \dots & \sum x_i^r \\ \sum x_i & \sum x_i^2 & \sum x_i^3 & \dots & \sum x_i^{r+1} \\ \sum x_i^2 & \sum x_i^3 & \sum x_i^4 & \dots & \sum x_i^{r+2} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \sum x_i^r & \sum x_i^{r+1} & \sum x_i^{r+2} & \dots & \sum x_i^{r+r} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} a_0 \\ a_1 \\ a_2 \\ \vdots \\ a_r \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \sum y_i \\ \sum x_i y_i \\ \sum x_i^2 y_i \\ \vdots \\ \sum x_i^r y_i \end{pmatrix} \quad (4.5)$$

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 = koefisien korelasi

S_t = jumlah total kuadrat dari sisa-sisa residu

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

S_r = jumlah kuadrat dari kesalahan

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

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

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.

1. 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	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	-

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

2. 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	1,4901

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	1,5830

3. 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	2,5380

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 = $Bj/(Bj - Ba)$	2,6340

5.1.3 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	14,5	30	165,0463	4951,3875	12,4	502	30,4157
2	9	14,5	30	165,0463	4951,3875	12,5	532,4	32,2576
3	9	14,6	30	167,3306	5019,918	12,6	563,6	33,6818
4	9	14,6	29,8	167,3306	4986,4519	12,8	516,5	30,8670
5	9	14,5	30	165,0463	4951,3875	12,7	593,5	35,9596

Tabel 5.7 Hasil pengujian kuat desak beton dengan variasi penambahan limbah katalis 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	29,9	165,0463	4934,8829	12,6	656	39,7464
2	8,5	14,5	29,9	165,0463	4934,8829	12,6	620,7	37,6076
3	8,5	14,5	29,7	165,0463	4901,8736	12,5	516,2	31,2761
4	8,5	14,5	29,9	165,0463	4934,8829	12,5	548,4	33,2270
5	8,5	14,5	29,6	165,0463	4885,369	12,4	633,9	38,4074

Tabel 5.8 Hasil pengujian kuat desak beton dengan variasi penambahan limbah katalis 10 %

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	30,2	165,0463	4984,3968	12,8	540	32,7181
2	8,5	14,6	29,7	167,3306	4969,7188	12,8	572,4	34,2077
3	8,5	14,4	29,7	162,7776	4834,4947	12,8	532	32,6826
4	8,5	14,6	30	167,3306	5019,918	13	505,5	30,2097
5	8,5	14,5	30	165,0463	4951,3875	12,9	609,3	36,9169

Tabel 5.9 Hasil pengujian kuat desak beton dengan variasi penambahan limbah katalis 15 %

NO	SLUMP (cm)	DIAMETER (cm)	TINGGI (cm)	LUAS (cm ²)	VOLUME (cm ³)	BERAT kg	BEBAN MAKS KN	BEBAN MAKS Mpa
1	8	14,7	29,9	169,6307	5071,9564	12,7	582,8	34,3570
2	8	14,5	29,9	165,0463	4934,8829	12,9	539,4	32,6817
3	8	14,4	29,8	162,7776	4850,7725	12,7	521,9	32,0622
4	8	14,5	30	165,0463	4951,3875	12,5	501	30,3551
5	8	14,7	30,1	169,6307	5105,8826	12,7	475,7	28,0433

Tabel 5.10 Hasil pengujian kuat desak beton dengan variasi penambahan limbah katalis 20 %

NO	SLUMP (cm)	DIAMETER (cm)	TINGGI (cm)	LUAS (cm ²)	VOLUME (cm ³)	BERAT kg	BEBAN MAKS KN	BEBAN MAKS Mpa
1	7,5	14,4	29,7	162,7776	4834,4947	12,7	393,9	24,1987
2	7,5	14,5	29,9	165,0463	4934,8829	12,7	434,9	26,3502
3	7,5	14,5	30,2	165,0463	4984,3968	12,8	398,6	24,1508
4	7,5	14,6	29,9	167,3306	5003,1849	12,7	490,3	29,3013
5	7,5	14,5	30	165,0463	4951,3875	12,6	459,9	27,8649

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%	5%	10%	15%	20%
f _{ci}	30,4157	39,7464	32,7181	34,3570	24,1987
	32,2576	37,6076	34,2077	32,6817	26,3502
	33,6818	31,2761	32,6826	32,0622	24,1508
	30,8670	33,2270	30,2097	30,3551	29,3013
	35,9596	38,4074	36,9169	28,0433	27,8649
TOTAL	163,1818	180,2646	166,7350	157,4993	131,8658
f _{cr}	32,6364	36,0529	33,3470	31,4999	26,3732
1	20,3422	52,4066	24,1650	23,1346	20,4670
sd	2,2551	3,6196	2,4579	2,4049	2,2620
f_c	28,9380	30,1167	29,3161	27,5558	22,6634

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

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

$$= \frac{163,1818}{5}$$

$$= 32,63636 \text{ MPa}$$

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

$$= \sqrt{\frac{20,34223}{4}}$$

$$= 2,25512 \text{ MPa}$$

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

$$= 32,63636 - (1,64 \times 2,25512)$$

$$= 28,93797 \text{ MPa}$$

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	14,5	30	165,0463	4951,3875	12,4	502	30,4157
2	9	14,5	30	165,0463	4951,3875	12,5	532,4	32,2576
3	9	14,6	30	167,3306	5019,918	12,6	563,6	33,6818
4	9	14,6	29,8	167,3306	4986,4519	12,8	516,5	30,8670
5	9	14,5	30	165,0463	4951,3875	12,7	593,5	35,9596

Tabel 5.13 Hasil pengujian kuat desak beton dengan variasi penambahan abu batu 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	29,8	165,0463	4918,3783	12,7	609,2	36,9109
2	8,5	14,5	29,7	165,0463	4901,8736	12,7	556	33,6875
3	8,5	14,5	29,5	165,0463	4868,8644	12,7	490	29,6886
4	8,5	14,5	30	165,0463	4951,3875	12,8	547,6	33,1786
5	8,5	14,4	29,7	162,7776	4834,4947	12,8	539,7	33,1557

Tabel 5.14 Hasil pengujian kuat desak beton dengan variasi penambahan abu batu 10 %

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	29,8	165,0463	4918,3783	12,8	532,2	32,2455
2	9,5	14,4	29,7	162,7776	4834,4947	12,8	530	32,5598
3	9,5	14,4	29,8	162,7776	4850,7725	12,8	560,4	34,4273
4	9,5	14,4	30	162,7776	4883,3280	12,9	472	28,9966
5	9,5	14,5	29,7	165,0463	4901,8736	13	529,1	32,0577

Tabel 5.15 Hasil pengujian kuat desak beton dengan variasi penambahan abu batu 15 %

NO	SLUMP (cm)	DIAMETER (cm)	TINGGI (cm)	LUAS (cm ²)	VOLUME (cm ³)	BERAT kg	BEBAN MAKS KN	BEBAN MAKS Mpa
1	10	14,5	29,8	165,0463	4918,3783	13,1	526	31,8699
2	10	14,5	29,9	165,0463	4934,8829	12,8	456	27,6286
3	10	14,4	29,8	162,7776	4850,7725	12,9	524,5	32,2219
4	10	14,5	30,1	165,0463	4967,8921	12,9	529	32,0516
5	10	14,7	30,2	169,6307	5122,8456	13	544,5	32,0992

Tabel 5.16 Hasil pengujian kuat desak beton dengan variasi penambahan abu batu 20 %

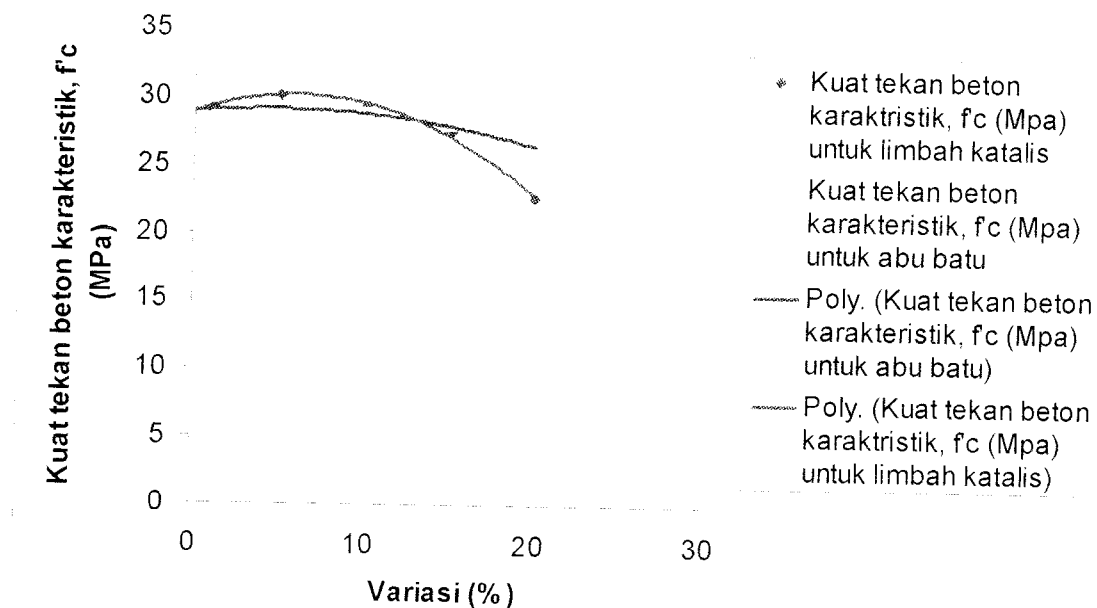
NO	SLUMP (cm)	DIAMETER (cm)	TINGGI (cm)	LUAS (cm ²)	VOLUME (cm ³)	BERAT kg	BEBAN MAKS KN	BEBAN MAKS Mpa
1	8,5	14,5	30,2	165,0463	4984,3968	12,9	455,3	27,5862
2	8,5	14,5	30,2	165,0463	4984,3968	12,8	444,6	26,9379
3	8,5	14,7	30,2	169,6307	5122,8456	12,8	456,2	26,8937
4	8,5	14,5	29,8	165,0463	4918,3783	12,7	470,1	28,4829
5	8,5	14,5	30,2	165,0463	4984,3968	12,8	461,7	27,9740

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%	5%	10%	15%	20%
f _{ci}	30,4157	36,9109	32,2455	31,8699	27,5862
	32,2576	33,6875	32,5598	27,6286	26,9379
	33,6818	29,6886	34,4273	32,2219	26,8937
	30,8670	33,1786	28,9966	32,0516	28,4829
	35,9596	33,1557	32,0577	32,0992	27,9740
TOTAL	163,1818	166,6213	160,2869	155,8711	137,8747
f _{cr}	32,6364	33,3243	32,0574	31,1742	27,5749
1	20,3422	26,2630	15,2728	15,7781	1,8537
sd	2,2551	2,5624	1,9540	1,9861	0,6807
f_c	28,9380	29,1220	28,8528	27,9170	26,4585

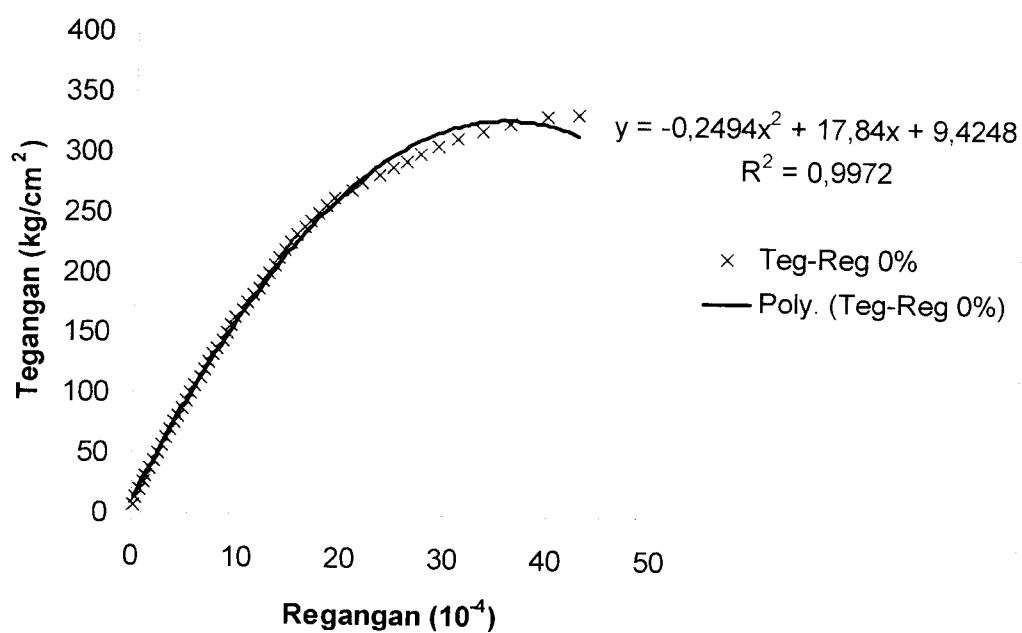
Dari tabel 5.11 dan 5.17 bila diplotkan dalam satu grafik akan terlihat seperti pada gambar 5.1



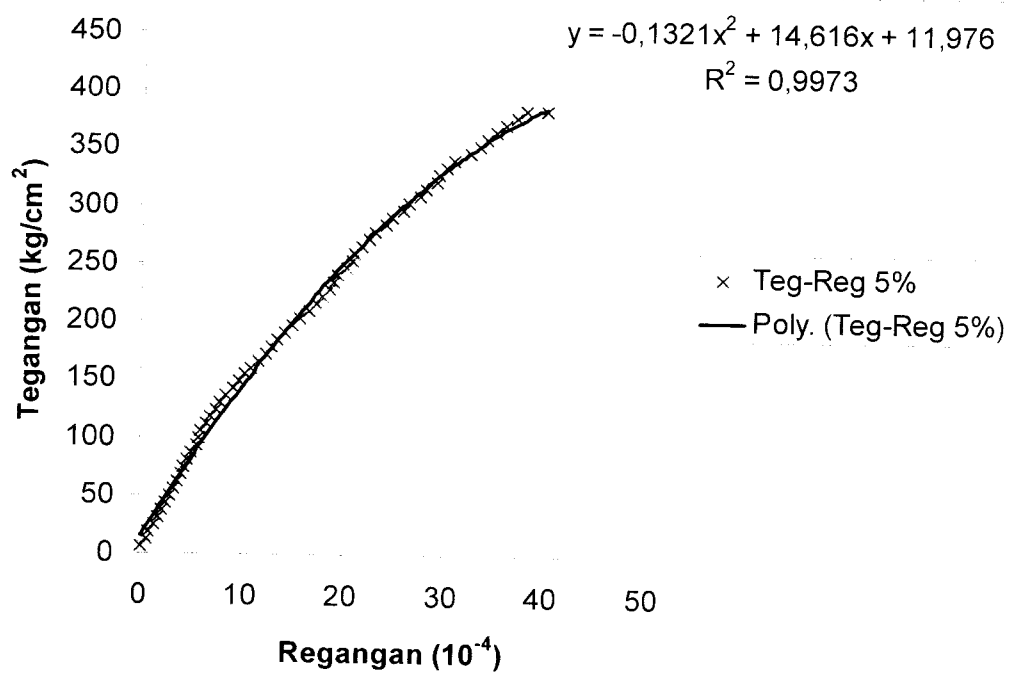
Gambar 5.1 Grafik hubungan antara variasi penggunaan limbah katalis dan abu batu dengan kuat desak beton (f'_c)

5.1.4 Hasil Uji Tegangan dan Regangan

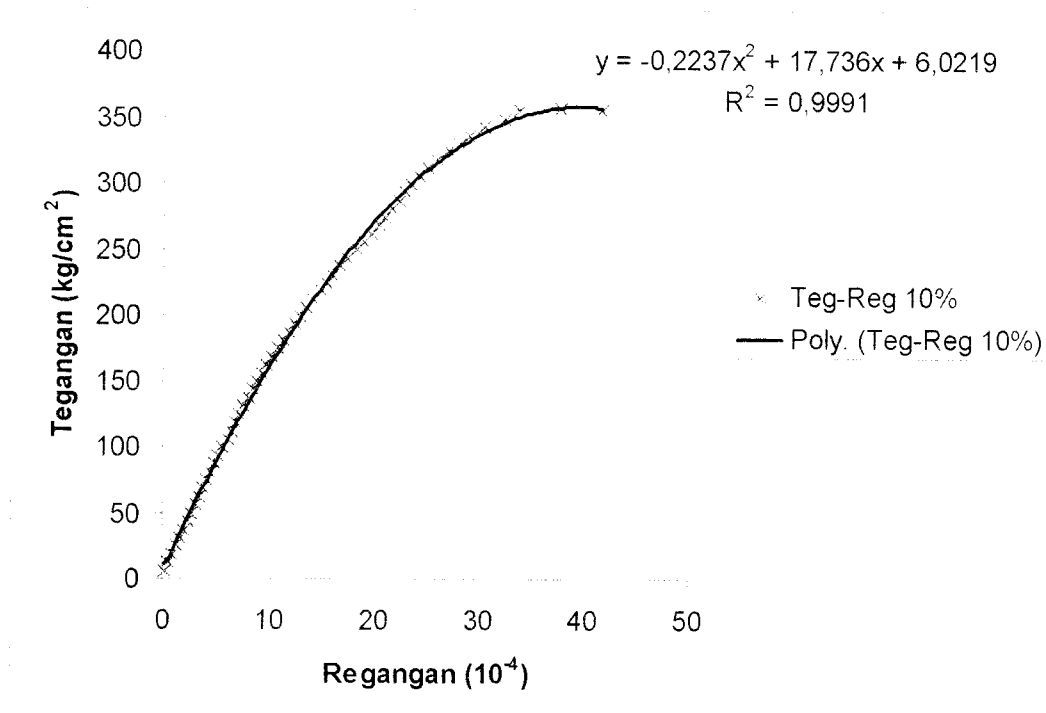
Dalam penelitian ini hanya diteliti 1 sampel silinder dalam setiap variasinya untuk mengetahui grafik tegangan dan regangan. Dari hasil uji tegangan dan regangan dilaboratorium, didapat nilai tegangan dan regangan. Hasil pengujian ini dapat dilihat pada lampiran XI sampai dengan XV hasil uji tegangan dan regangan. Dari data lampiran hasil uji regangan dan tegangan bisa diplotkan menjadi grafik seperti pada gambar 5.3 sampai dengan gambar 5.5 untuk bahan tambah limbah katalis.



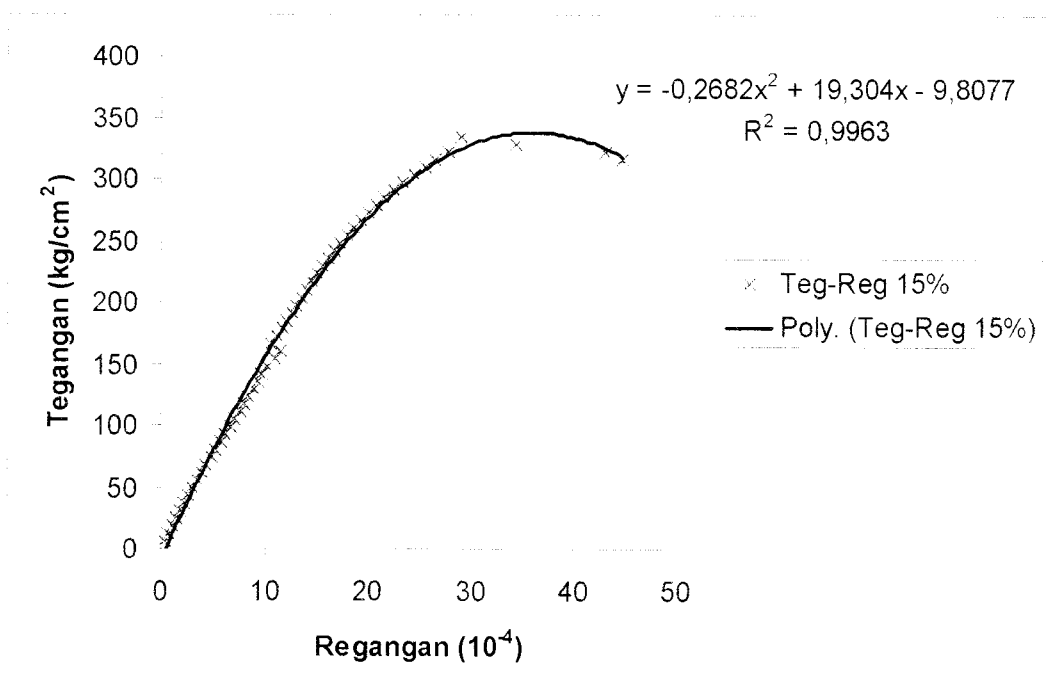
Gambar 5.2 Grafik tegangan-regangan pada variasi penambahan limbah katalis sebesar 0%



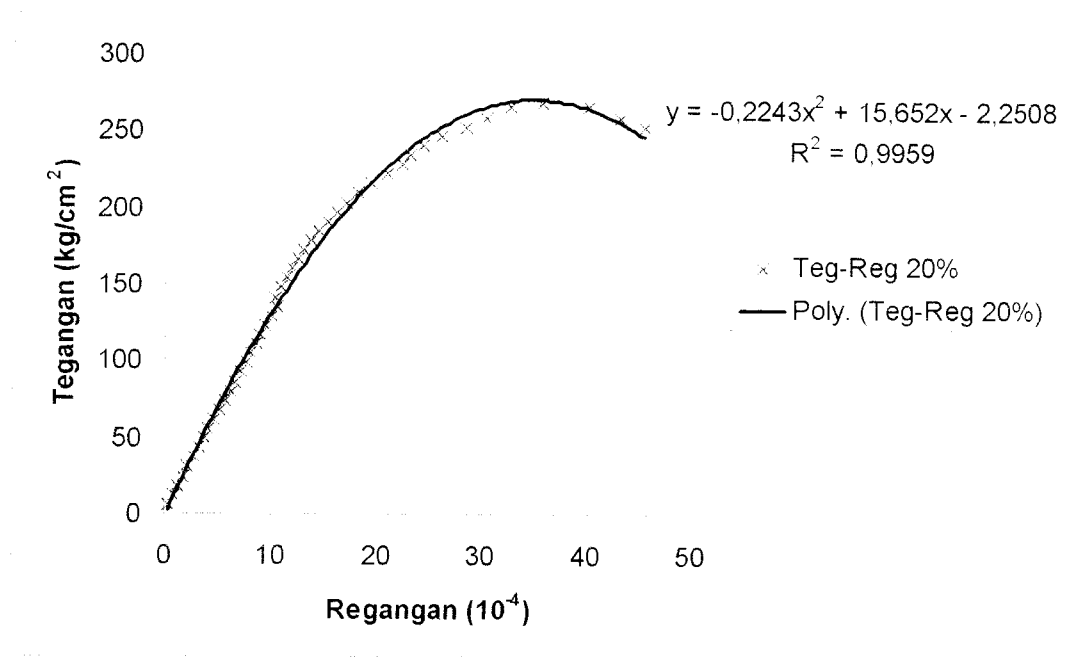
Gambar 5.3 Grafik tegangan-regangan pada variasi penambahan limbah katalis sebesar 5%



Gambar 5.4 Grafik tegangan-regangan pada variasi penambahan limbah katalis sebesar 10%

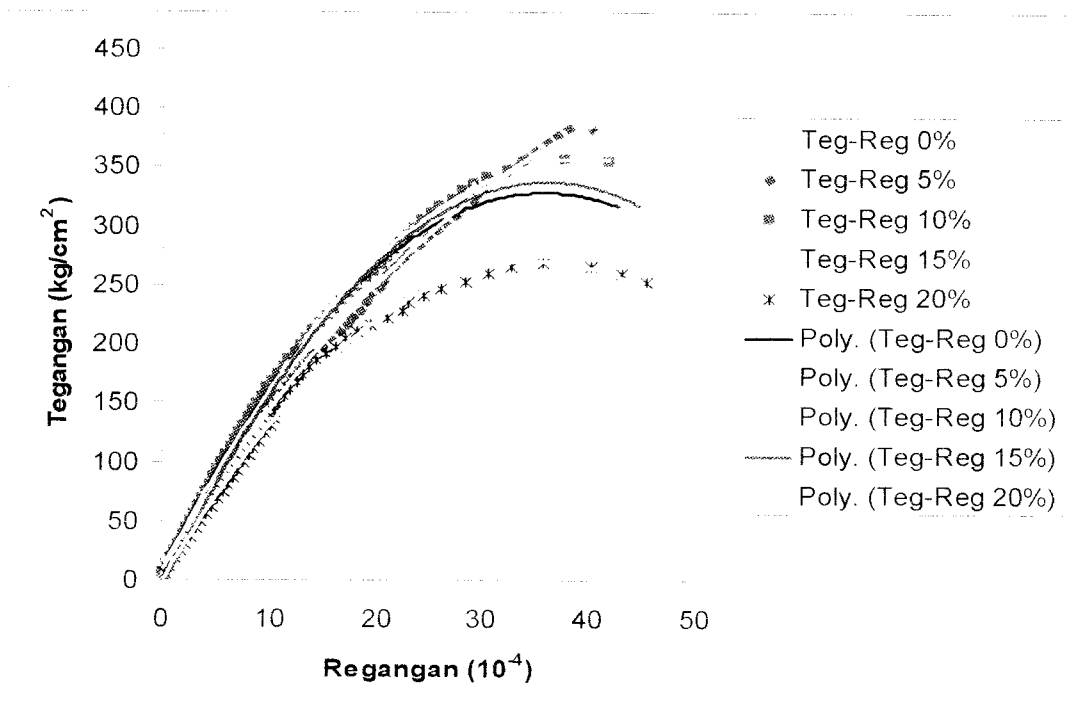


Gambar 5.5 Grafik tegangan-regangan pada variasi penambahan limbah katalis sebesar 15%



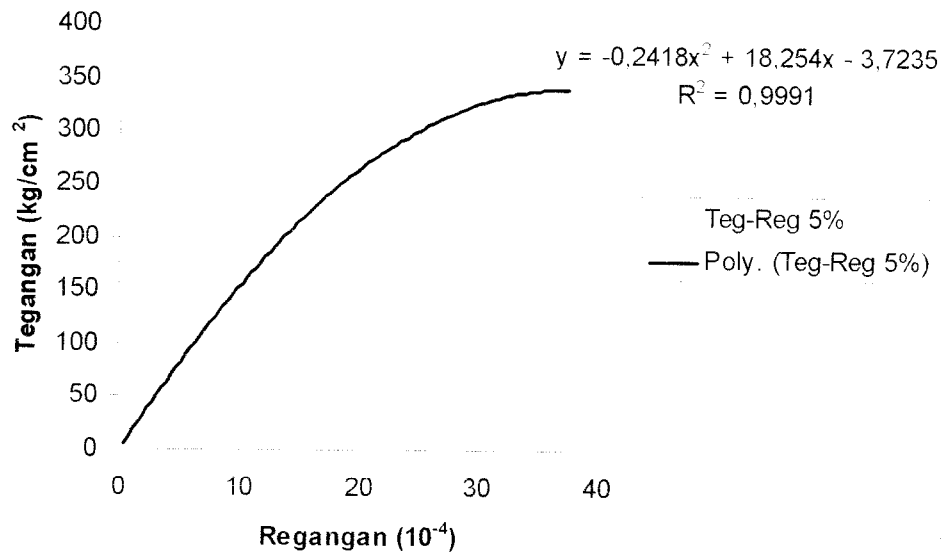
Gambar 5.6 Grafik tegangan-regangan pada variasi penambahan limbah katalis sebesar 20%

Dari gambar 5.2 sampai 5.6 bila diplotkan dalam satu grafik akan terlihat seperti pada gambar 5.7

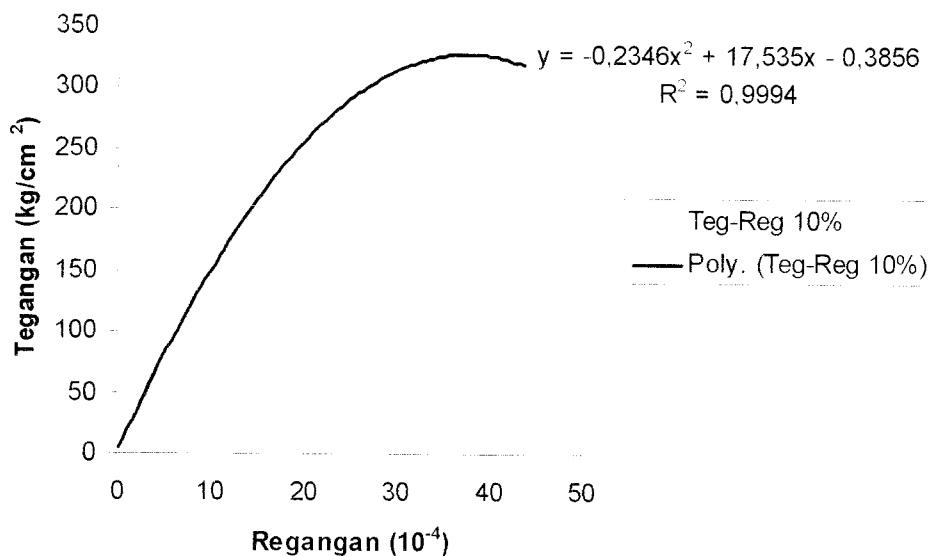


Gambar 5.7 Grafik tegangan-regangan pada berbagai variasi penggunaan limbah katalis

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

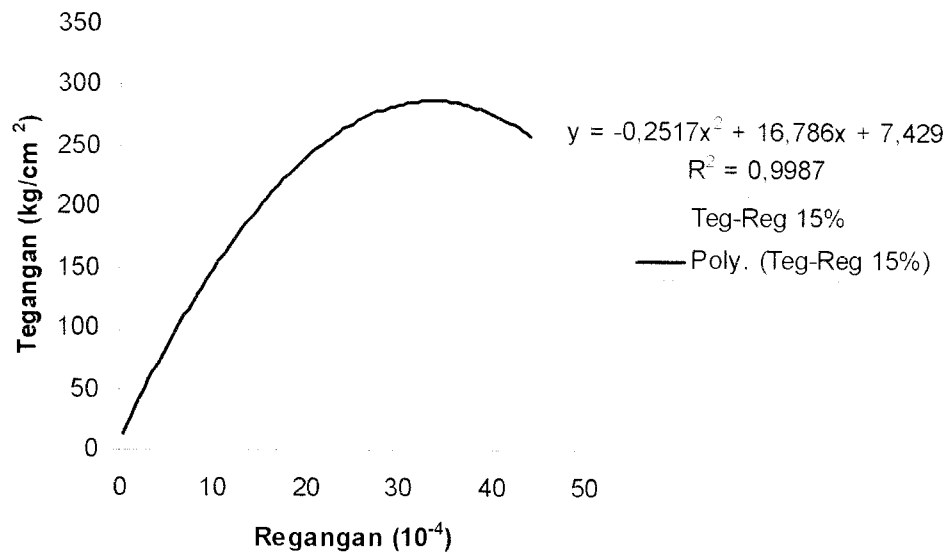


Gambar 5.8 Grafik tegangan-regangan pada variasi penambahan abu batu sebesar 5%

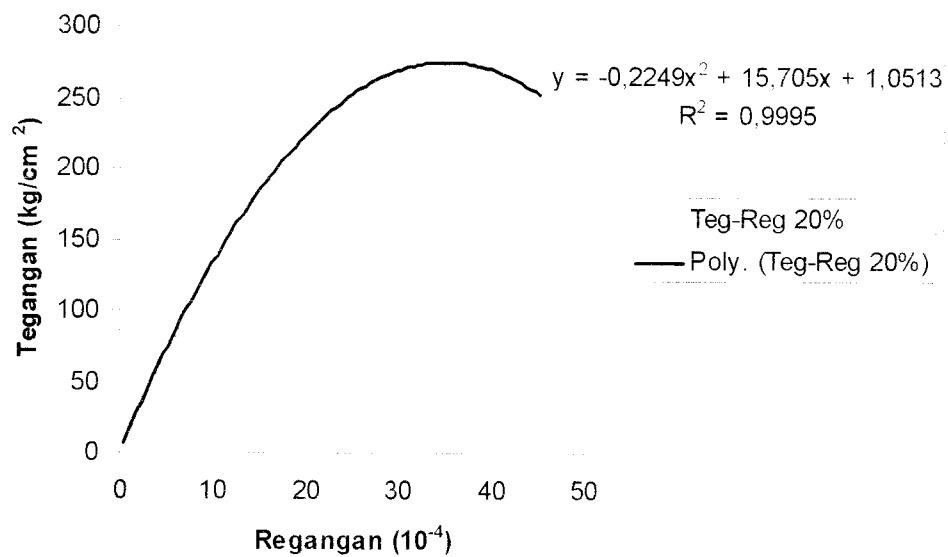


Gambar 5.9 Grafik tegangan-regangan pada variasi penambahan abu batu sebesar 10%



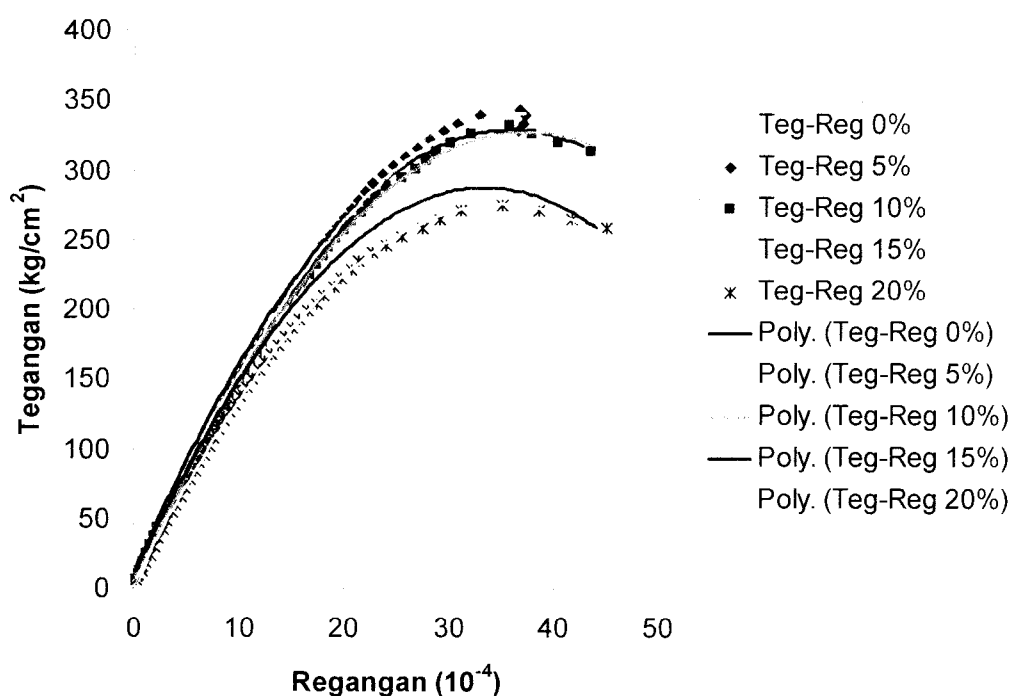


Gambar 5.10 Grafik tegangan-regangan pada variasi penambahan abu batu sebesar 15%



Gambar 5.11 Grafik tegangan-regangan pada variasi penambahan abu batu sebesar 20%

Dari gambar 5.8 sampai 5.11 bila diplotkan dalam satu grafik akan terlihat seperti pada gambar 5.12



Gambar 5.12 Grafik tegangan-regangan pada berbagai variasi penggunaan abu batu

5.2 Pembahasan Hasil Penelitian

Dalam perencanaan campuran (*mix design*) penelitian ini menggunakan kekuatan rancana $f'_c = 20$ MPa. Dari hasil penelitian yang telah diperoleh dilaboratorium diperoleh kekuatan $f'_c = 28,9380$ MPa. Dari hasil perhitungan di tabel 5.11 didapatkan hasil bahwa penggunaan katalis sebagai pengganti sebagian semen dapat meningkatkan juga mengurangi kuat tekan beton. Penggunaan limbah katalis pada persentase 5% dan 10% terjadi kenaikan kuat desak beton. Hal ini dikarenakan antara lain disamping sifat-sifat kimiawi dari limbah katalis ikut 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.

Pada penggunaan limbah katalis sebesar 15% dan 20% terjadi penurunan kuat desak beton. Hal ini terjadi karena limbah katalis tidak mempunyai daya ikat yang baik seperti semen, sehingga pada penggunaan limbah katalis yang cukup banyak, akan mengurangi daya ikat antar agregat pada campuran beton, sehingga menurunkan kekuatan beton.

Kuat desak maksimum didapat pada variasi penggunaan limbah katalis sebesar 5% dari berat semen, yang menghasilkan kuat tekan ($f'c$) 30,1168 MPa. Penggunaan limbah katalis sebesar 5% ini meningkatkan kuat tekan beton sebesar 4,0724 % dibandingkan dengan beton normal.

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

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

X (penambahan limbah katalis dalam %)	Y (kuat desak beton dalam Mpa)
0	28,9380
5	30,1167
10	29,3161
15	27,5558
20	22,6634

Persamaan 4.3 dapat ditulis dalam bentuk persamaan matrik seperti berikut :

$$\begin{pmatrix} 5 & 50 & 750 \\ 50 & 750 & 12500 \\ 750 & 12500 & 221250 \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} a_0 \\ a_1 \\ a_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 138,5900 \\ 1310,3497 \\ 18949,95 \end{pmatrix}$$

Dengan menggunakan metode eliminasi gauss akan diperoleh :

$$a_0 = 28,868$$

$$a_1 = 0,4465$$

$$a_2 = -0,0374$$

dari hasil diatas dapat ditulis persamaan polinomial

$$y = -0,0374x^2 + 0,4465x + 28,868$$

untuk nilai optimum penambahan limbah katalis bisa ditentukan dengan cara

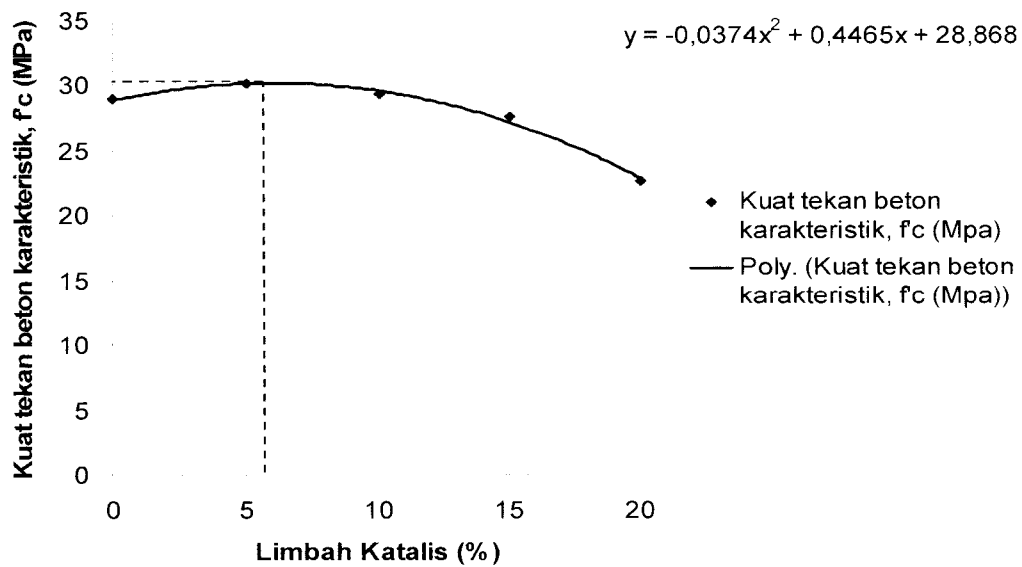
mencari nilai ekstrim $x_{opt} = \frac{-b}{2a}$ dari persamaan kurva regresi polinomial diatas.

$$\text{Maka nilai } x \text{ dapat dihitung } x_{opt} = \frac{-0,4465}{2 \cdot -0,0374} = 5,9693 \%$$

nilai $x_{opt} = 5,9693$ dimasukkan kedalam persamaan

$$y = -0,0374x^2 + 0,4465x + 28,868. \text{ Akan menghasilkan nilai } y_{opt} = 30,2009 \text{ MPa.}$$

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



Gambar 5.13 Grafik hubungan antara variasi penggunaan limbah katalis dengan kuat tekan beton berdasarkan kurva regresi polinomial
 $y = -0,0374x^2 + 0,4465x + 28,868$

Berdasarkan kurva regresi polinomial $y = -0,0374x^2 + 0,4465x + 28,868$, maka nilai optimum penggunaan limbah katalis adalah 5,9693% yang akan menghasilkan peningkatan kekuatan sebesar 4,3643% 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 penggunaan abu batu dengan kuat desak beton berdasarkan hasil regresi polinomial

X (penambahan abu batu dalam %)	Y (kuat desak beton dalam Mpa)
0	28,9380
5	29,1220
10	28,8528
15	27,9170
20	26,4585

Persamaan 4.4 dapat ditulis dalam bentuk persamaan matrik seperti berikut :

$$\begin{pmatrix} 5 & 50 & 750 \\ 50 & 750 & 12500 \\ 750 & 12500 & 221250 \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} a_0 \\ a_1 \\ a_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 141,2783 \\ 1382,0639 \\ 4561,2544 \end{pmatrix}$$

Dengan menggunakan metode eliminasi gauss akan diperoleh :

$$a_0 = 28,926$$

$$a_1 = 0,1025$$

$$a_2 = -0,0113$$

dari hasil diatas dapat ditulis persamaan polinomial

$$y = -0,0113x^2 + 0,1025x + 28,926$$

untuk nilai optimum penambahan limbah katalis bisa ditentukan dengan cara

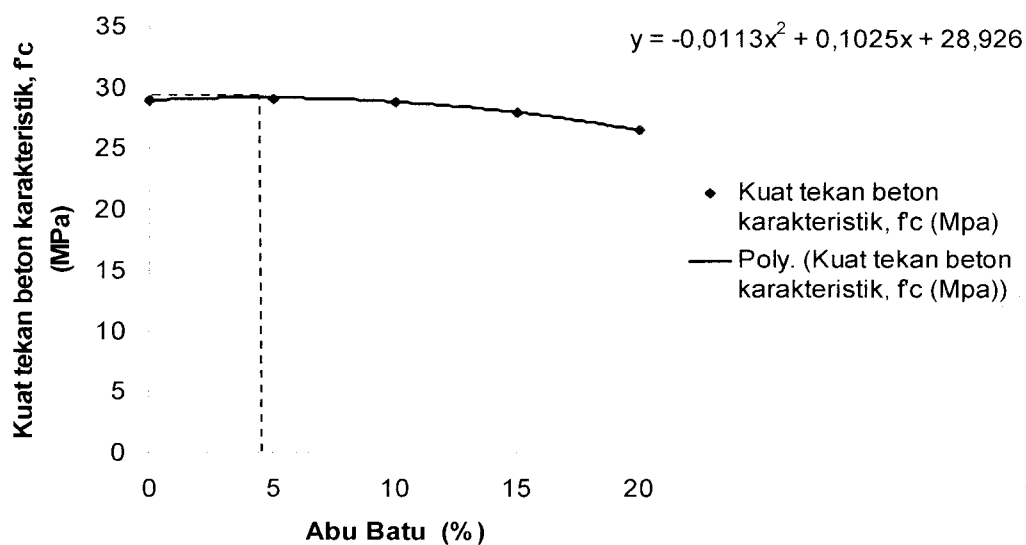
mencari nilai ekstrim $x_{opt} = \frac{-b}{2a}$ dari persamaan kurva regresi polinomial diatas.

$$\text{Maka nilai } x \text{ dapat dihitung } x_{opt} = \frac{-0,1025}{2 \cdot -0,0113} = 4,5353 \%$$

nilai $x_{opt} = 4,5353$ dimasukkan kedalam persamaan

$$y = -0,0113x^2 + 0,1025x + 28,926. \text{ Akan menghasilkan nilai } y_{opt} = 29,1584 \text{ MPa.}$$

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



Gambar 5.14 Grafik hubungan antara variasi penggunaan abu batu dengan kuat tekan beton berdasarkan kurva regresi polinomial
 $y = -0,0113x^2 + 0,1025x + 28,926$

Berdasarkan kurva regresi polinomial $y = -0,0113x^2 + 0,1025x + 28,926$, maka nilai optimum penggunaan abu batu adalah 4,5353% yang akan menghasilkan peningkatan kekuatan sebesar 0,7617% dibandingkan beton yang tanpa menggunakan penambahan abu batu.

Perbandingan antara kuat desak beton dengan menggunakan limbah katalis dan abu batu dapat dilihat pada tabel 5.20.

Tabel 5.20 Perbandingan kuat desak beton dengan menggunakan limbah katalis dan abu batu

Variasi	Limbah Katalis (Kuat desak beton, MPa)	Abu Batu (Kuat desak beton, MPa)
0	28,9380	28,9380
5	30,1167	29,1220
10	29,3161	28,8528
15	27,5558	27,9170
20	22,6634	26,4585

Dari tabel 5.20 maka dapat dilihat bahwa pada variasi tertentu penggunaan limbah katalis dan abu batu sebagai pengganti sebagian semen dapat meningkatkan kuat desak beton, dibandingkan dengan beton normal. Tetapi bila dibandingkan antara penambahan limbah katalis dan abu batu maka dapat dilihat penggunaan limbah katalis memberikan peningkatan kuat desak yang lebih besar dibandingkan beton yang menggunakan bahan tambah abu batu.

Dari kurva tegangan-regangan penggunaan limbah katalis maka dapat dilihat terjadinya pergeseran nilai regangan, dimana pada variasi 0%, 15% dan 20% limbah katalis berada pada regangan diatas 0,0042. Sedangkan pada beton dengan limbah katalis dengan variasi 5% dan 10% berada pada regangan dibawah 0,0042.

Hal yang sama juga berlaku untuk penggunaan abu batu sebagai pengganti sebagian semen, 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 Umum Hasil Penelitian Terhadap Penelitian Lainnya

Pada sub bab ini kita akan membandingkan hasil penelitian kami ini dengan penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh :

5.3.1 Pengaruh penambahan limbah katalis hasil penyulingan minyak bumi terhadap kuat desak beton.

Pada penelitian Kurniawan, penelitian dilakukan pada beton menggunakan limbah katalis sebagai *filler* dengan variasi 1,5%, 3%, 4,5% dan 6%, yang kemudian dirawat dengan cara direndam dan pengujian dilakukan pada umur 28

hari. Adapun hasil pengujian pada penelitian ini bahwa nilai optimum pada variasi 3% dengan kuat desak beton sebesar 32,6152 MPa.

Terjadinya kenaikan kuat desak beton disebabkan karena pemakaian limbah katalis sebagai *filler* dapat mengisi pori-pori pada beton, sehingga beton menjadi lebih padat. Pada penelitian ini, seluruh variasi penggunaan limbah katalis dapat meningkatkan kuat desak beton jika dibandingkan dengan beton normal. **(Kurniawan, 2006).**

5.3.2 Perilaku mekanik *paving block* dengan variasi bahan tambah limbah katalis sebagai pengganti sebagian semen.

Pada penelitian Deden, penelitian dilakukan pada *paving block* dengan menggunakan limbah katalis sebagai pengganti sebagian semen, dengan variasi limbah katalis sebesar 10%, 15%, 20% dan 25% dari berat semen. Pengujian dilakukan pada umur beton 28 hari. Adapun hasil pengujian pada penelitian ini bahwa kuat desak *paving block* dengan menggunakan limbah katalis terus mengalami penurunan dibandingkan dengan *paving block* tanpa menggunakan limbah katalis (normal).

Terjadinya penurunan kuat desak *paving block* disebabkan karena kurangnya daya ikat pada limbah katalis, sehingga ikatan bahan campuran *paving block* menjadi kurang kuat dan padat, yang menyebabkan turunnya kuat desak *paving block*. **(Deden Rudianto, 2006)**

Berdasarkan hasil-hasil penelitian diatas, jika dibandingkan dengan penelitian yang saya lakukan, dapat ditarik kesimpulan bahwa penggunaan limbah katalis sebagai pengganti sebagian semen kurang baik, namun limbah katalis lebih tepat digunakan sebagai *filler*. Hal ini Dikarenakan komposisi kimia limbah

katalis kurang berperan dalam pembuatan beton. Limbah katalis lebih berperan dalam mengisi rongga-rongga pada beton, disamping juga menyerap kelebihan air pada beton.

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 penggunaan limbah katalis sebagai pengganti sebagian semen sebesar 5% dari berat semen akan menghasilkan kuat desak beton yang maksimum yaitu 30,61174 MPa atau meningkat sebesar 4,0724% dibandingkan beton normal.
2. dari hasil perhitungan diperoleh persamaan regresi polinomial pangkat dua. $y = - 0,0374x^2 + 0,4465x + 28,868$, dengan koefisien korelasi $R^2 = 0,9921$. Kemudian didapat bahwa variasi penggunaan limbah katalis yang optimum adalah 5,99693 % yang akan menghasilkan kuat desak maksimum 30,2009 Mpa.
3. penggunaan limbah katalis sebagai pengganti sebagian semen menghasilkan nilai kuat desak yang lebih tinggi dibandingkan dengan menggunakan abu batu. Hal ini membuktikan bahwa limbah katalis lebih

baik digunakan sebagai pengganti sebagian semen bila dibandingkan dengan abu batu.

4. limbah katalis lebih baik digunakan sebagai bahan tambah atau *filler* dibandingkan sebagai pengganti sebagian semen.

6.2 Saran

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

1. perlu dilakukan penelitian lebih lanjut terhadap penggunaan limbah katalis sebagai pengganti sebagian semen dengan persentase variasi yang lebih kecil,
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*.

LAMPIRAN

LAMPIRAN 1



KARTU PESERTA TUGAS AKHIR

NO	N A M A	NO.MHS.	BID.STUDI
1.	Syahputra Amaldani Ginting	02 511 001	Teknik Sipil
JUDUL TUGAS AKHIR			
Pengaruh Penggantian Sebagian Semen Dengan Limbah Katalis Hasil Penyulingan Minyak Bumi Terhadap Kuat Tekan Beton			

PERIODE KE	: III (Mar 06 - Agst 06)
TAHUN	: 2005 - 2006
Sampai Akhir Agustus 2006	

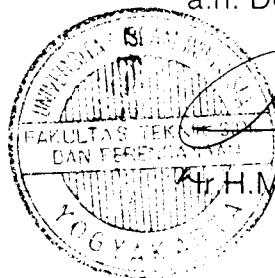
No.	Kegiatan	Bulan Ke :					
		MAR.	APR.	MEI.	JUN.	JUL.	AGT.
1	Pendaftaran	■					
2	Penentuan Dosen Pembimbing	■					
3	Pembuatan Proposal		■				
4	Seminar Proposal		■	■			
5	Konsultasi Penyusunan TA.			■	■	■	
6	Sidang - Sidang					■	■
7	Pendadaran						■

Dosen Pembimbing I : Susastrawan,Ir,H,MS

Dosen Pembimbing II : Susastrawan,Ir,H,MS



Jogjakarta . 5-May-06
 a.n. Dekan



Ir. 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 : Syahputra Amaldani Ginting
 Di terima tanggal : Juni 2006
 Pasir asal :
 Keperluan : Penelitian

Uraian	Contoh 1	Contoh 2	Rata –rata
Berat pasir kering mutlak, gram (Bk)	446	-	446
Berat pasir kondisi jenuh kering muka, garam	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, Juni 2006

Di syahkan

Dikerjakan oleh :

 LABORATORIUM
 BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL



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 : Syahputra Amaldani Ginting
Di terima tanggal : Juni 2006
Pasir asal :
Keperluan : Penelitian

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

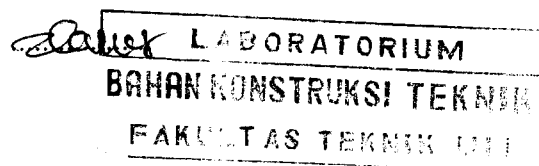
Kesimpulan :

.....

Yogyakarta, Juni 2006

Di syahkan

Dikerjakan oleh :



.....
.....

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 : *Syahputra Amaldani Ginting*
Di terima tanggal : *Juni 2006*
Pasir asal :
Keperluan : *Penelitian*

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,..... *Juni 2006*

Di syahkan

Conte
LABORATORIUM
BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
FAKULTAS TEKNIK UII

Dikerjakan oleh :

Juni

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

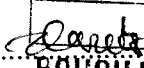
HASIL PEMERIKSAAN BERAT ISI GEMBUR AGREGAT HALUS

Pengirim : Syahputra Amaldani Ginting
Di terima tanggal : Juni 2006
Pasir asal :
Keperluan : Penelitian


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^3	10760	-	10760
Berat isi gembur = (W_3 / V), $gram/cm^3$	1,49	-	1,49

Yogyakarta, Juni 2006

Di syahkan


LABORATORIUM
BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
FAKULTAS TEKNIK SIPIL

Dikerjakan oleh :


.....

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

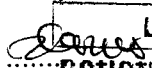
HASIL PEMERIKSAAN BERAT ISI GEMBUR AGREGAT KASAR

Pengirim : Syahputra Amaldani Ginting
Di terima tanggal : Juni 2006
Pasir asal :
Keperluan : Penelitian

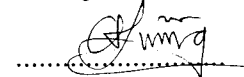
Uraian	Sampel 1	Sampel 2	Rata - rata
Berat tabung (W_1), gram	15967	-	15967
Berat tabung+Agregat kering tungku (W_2), gr	33000	-	33000
Berat agregat bersih (W_3), gram	17033	-	17033
Volume tabung (V), cm^2	10760	-	10760
Berat isi gembur = (W_3 / V), $gram/cm^3$	1,58	-	1,58

Yogyakarta, Juni 2006

Di syahkan

 LABORATORIUM
BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
FAKULTAS TEKNIK UII

Dikerjakan oleh :



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. Sjahputra Amaldani GT

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 = 29,7 cm

DIAMETER = 14,4 cm

LUAS = 162,7776 cm²

VOLUME = 4834,49472 cm³

BEBAN KN	BEBAN kg	Δl BN 3	REG (10 ⁻³)	TEGANGAN kg/cm ²
10	1019,3680	3	0,2000	6,2623
20	2038,7360	7	0,4667	12,5247
30	3058,1040	11	0,7333	18,7870
40	4077,4720	16	1,0667	25,0493
50	5096,8400	20	1,3333	31,3117
60	6116,2080	25	1,6667	37,5740
70	7135,5759	31	2,0667	43,8364
80	8154,9439	37	2,4667	50,0987
90	9174,3119	42	2,8000	56,3610
100	10193,6799	47	3,1333	62,6234
110	11213,0479	54	3,6000	68,8857
120	12232,4159	59	3,9333	75,1480
130	13251,7839	65	4,3333	81,4104
140	14271,1519	71	4,7333	87,6727
150	15290,5199	77	5,1333	93,9350
160	16309,8879	83	5,5333	100,1974
170	17329,2559	89	5,9333	106,4597
180	18348,6239	95	6,3333	112,7220
190	19367,9918	101	6,7333	118,9844
200	20387,3598	107	7,1333	125,2467
210	21406,7278	113	7,5333	131,5091
220	22426,0958	120	8,0000	137,7714
230	23445,4638	127	8,4667	144,0337
240	24464,8318	134	8,9333	150,2961
250	25484,1998	140	9,3333	156,5584
260	26503,5678	143	9,5333	162,8207
270	27522,9358	155	10,3333	169,0831
280	28542,3038	162	10,8000	175,3454
290	29561,6718	170	11,3333	181,6077
300	30581,0398	177	11,8000	187,8701
310	31600,4077	184	12,2667	194,1324
320	32619,7757	192	12,8000	200,3947
330	33639,1437	200	13,3333	206,6571
340	34658,5117	207	13,8000	212,9194
350	35677,8797	216	14,4000	219,1818
360	36697,2477	224	14,9333	225,4441
370	37716,6157	233	15,5333	231,7064
380	38735,9837	243	16,2000	237,9688
390	39755,3517	253	16,8667	244,2311
400	40774,7197	263	17,5333	250,4934

410	41794,0877	275	18,3333	256,7558
420	42813,4557	285	19,0000	263,0181
430	43832,8236	310	20,6667	269,2804
440	44852,1916	325	21,6667	275,5428
450	45871,5596	350	23,3333	281,8051
460	46890,9276	370	24,6667	288,0674
470	47910,2956	390	26,0000	294,3298
480	48929,6636	410	27,3333	300,5921
490	49949,0316	435	29,0000	306,8545
500	50968,3996	465	31,0000	313,1168
510	51987,7676	500	33,3333	319,3791
520	53007,1356	540	36,0000	325,6415
530	54026,5036	595	39,6667	331,9038
532,4	54271,1519	640	42,6667	333,4068

BETON KATALIS 5%
 TINGGI = 29,9 cm
 DIAMETER = 14,5 cm
 LUAS = 165,04625 cm²
 VOLUME = 4934,882875 cm³

BEBAN KN	BEBAN kg	Δl BN 3	REG (10 ⁻³)	TEGANGAN kg/cm ²
10	1019,3680	4	0,2667	6,1763
20	2038,7360	10	0,6667	12,3525
30	3058,1040	15	1,0000	18,5288
40	4077,4720	21	1,4000	24,7050
50	5096,8400	28	1,8667	30,8813
60	6116,2080	33	2,2000	37,0575
70	7135,5759	40	2,6667	43,2338
80	8154,9439	44	2,9333	49,4101
90	9174,3119	51	3,4000	55,5863
100	10193,6799	56	3,7333	61,7626
110	11213,0479	61	4,0667	67,9388
120	12232,4159	64	4,2667	74,1151
130	13251,7839	70	4,6667	80,2913
140	14271,1519	76	5,0667	86,4676
150	15290,5199	82	5,4667	92,6438
160	16309,8879	86	5,7333	98,8201
170	17329,2559	90	6,0000	104,9964
180	18348,6239	96	6,4000	111,1726
190	19367,9918	103	6,8667	117,3489
200	20387,3598	110	7,3333	123,5251
210	21406,7278	118	7,8667	129,7014
220	22426,0958	126	8,4000	135,8776
230	23445,4638	135	9,0000	142,0539
240	24464,8318	144	9,6000	148,2302
250	25484,1998	153	10,2000	154,4064
260	26503,5678	162	10,8000	160,5827
270	27522,9358	172	11,4667	166,7589
280	28542,3038	182	12,1333	172,9352
290	29561,6718	191	12,7333	179,1114
300	30581,0398	201	13,4000	185,2877
310	31600,4077	211	14,0667	191,4640
320	32619,7757	223	14,8667	197,6402
330	33639,1437	234	15,6000	203,8165
340	34658,5117	246	16,4000	209,9927
350	35677,8797	258	17,2000	216,1690
360	36697,2477	267	17,8000	222,3452
370	37716,6157	277	18,4667	228,5215
380	38735,9837	284	18,9333	234,6978
390	39755,3517	289	19,2667	240,8740
400	40774,7197	303	20,2000	247,0503
410	41794,0877	310	20,6667	253,2265
420	42813,4557	315	21,0000	259,4028
430	43832,8236	325	21,6667	265,5790
440	44852,1916	335	22,3333	271,7553
450	45871,5596	345	23,0000	277,9315
460	46890,9276	360	24,0000	284,1078
470	47910,2956	370	24,6667	290,2841
480	48929,6636	385	25,6667	296,4603

490	49949,0316	395	26,3333	302,6366
500	50968,3996	410	27,3333	308,8128
510	51987,7676	420	28,0000	314,9891
520	53007,1356	435	29,0000	321,1653
530	54026,5036	440	29,3333	327,3416
540	55045,8716	450	30,0000	333,5179
550	56065,2396	460	30,6667	339,6941
560	57084,6075	485	32,3333	345,8704
570	58103,9755	500	33,3333	352,0466
580	59123,3435	510	34,0000	358,2229
590	60142,7115	525	35,0000	364,3991
600	61162,0795	540	36,0000	370,5754
610	62181,4475	555	37,0000	376,7517
620	63200,8155	570	38,0000	382,9279
620,7	63272,1713	601	40,0667	383,3602

BETON KATALIS 10%
 TINGGI = 29,7 cm
 DIAMETER = 14,6 cm
 LUAS = 167,3306 cm²
 VOLUME = 4969,719 cm³

BEBAN KN	BEBAN kg	Δl BN 3	REG (10 ⁻³)	TEGANGAN kg/cm ²
10	1019,3680	4	0,2667	6,2190
20	2038,7360	8	0,5333	12,4381
30	3058,1040	13	0,8667	18,6571
40	4077,4720	18	1,2000	24,8761
50	5096,8400	23	1,5333	31,0952
60	6116,2080	29	1,9333	37,3142
70	7135,5759	34	2,2667	43,5332
80	8154,9439	40	2,6667	49,7523
90	9174,3119	45	3,0000	55,9713
100	10193,6799	51	3,4000	62,1903
110	11213,0479	56	3,7333	68,4094
120	12232,4159	61	4,0667	74,6284
130	13251,7839	67	4,4667	80,8474
140	14271,1519	73	4,8667	87,0665
150	15290,5199	78	5,2000	93,2855
160	16309,8879	84	5,6000	99,5045
170	17329,2559	90	6,0000	105,7236
180	18348,6239	96	6,4000	111,9426
190	19367,9918	101	6,7333	118,1616
200	20387,3598	107	7,1333	124,3807
210	21406,7278	113	7,5333	130,5997
220	22426,0958	120	8,0000	136,8187
230	23445,4638	125	8,3333	143,0378
240	24464,8318	132	8,8000	149,2568
250	25484,1998	139	9,2667	155,4758
260	26503,5678	145	9,6667	161,6949
270	27522,9358	153	10,2000	167,9139
280	28542,3038	160	10,6667	174,1329
290	29561,6718	169	11,2667	180,3520
300	30581,0398	176	11,7333	186,5710
310	31600,4077	185	12,3333	192,7900
320	32619,7757	194	12,9333	199,0091
330	33639,1437	202	13,4667	205,2281
340	34658,5117	211	14,0667	211,4471
350	35677,8797	221	14,7333	217,6662
360	36697,2477	230	15,3333	223,8852
370	37716,6157	238	15,8667	230,1042
380	38735,9837	249	16,6000	236,3233
390	39755,3517	260	17,3333	242,5423
400	40774,7197	272	18,1333	248,7613
410	41794,0877	284	18,9333	254,9804
420	42813,4557	295	19,6667	261,1994
430	43832,8236	306	20,4000	267,4184
440	44852,1916	314	20,9333	273,6375
450	45871,5596	324	21,6000	279,8565
460	46890,9276	334	22,2667	286,0755
470	47910,2956	344	22,9333	292,2946
480	48929,6636	352	23,4667	298,5136

490	49949,0316	363	24,2000	304,7326
500	50968,3996	375	25,0000	310,9517
510	51987,7676	388	25,8667	317,1707
520	53007,1356	405	27,0000	323,3897
530	54026,5036	420	28,0000	329,6088
540	55045,8716	435	29,0000	335,8278
550	56065,2396	455	30,3333	342,0468
560	57084,6075	485	32,3333	348,2659
570	58103,9755	505	33,6667	354,4849
572,4	58348,6239	565	37,6667	355,9775
570	58103,9755	625	41,6667	354,4849

BETON KATALIS 15%
 TINGGI = 29,9 cm
 DIAMETER = 14,5 cm
 LUAS = 165,04625 cm²
 VOLUME = 4934,882875 cm³

BEBAN	BEBAN	Δl	REG	TEGANGAN
KN	kg	BN 3	(10 ⁻³)	kg/cm ²
10	1019,3680	5	0,3333	6,1763
20	2038,7360	10	0,6667	12,3525
30	3058,1040	16	1,0667	18,5288
40	4077,4720	22	1,4667	24,7050
50	5096,8400	27	1,8000	30,8813
60	6116,2080	34	2,2667	37,0575
70	7135,5759	40	2,6667	43,2338
80	8154,9439	45	3,0000	49,4101
90	9174,3119	52	3,4667	55,5863
100	10193,6799	58	3,8667	61,7626
110	11213,0479	65	4,3333	67,9388
120	12232,4159	72	4,8000	74,1151
130	13251,7839	77	5,1333	80,2913
140	14271,1519	85	5,6667	86,4676
150	15290,5199	92	6,1333	92,6438
160	16309,8879	99	6,6000	98,8201
170	17329,2559	106	7,0667	104,9964
180	18348,6239	113	7,5333	111,1726
190	19367,9918	119	7,9333	117,3489
200	20387,3598	125	8,3333	123,5251
210	21406,7278	132	8,8000	129,7014
220	22426,0958	138	9,2000	135,8776
230	23445,4638	145	9,6667	142,0539
240	24464,8318	153	10,2000	148,2302
250	25484,1998	162	10,8000	154,4064
260	26503,5678	171	11,4000	160,5827
270	27522,9358	158	10,5333	166,7589
280	28542,3038	165	11,0000	172,9352
290	29561,6718	173	11,5333	179,1114
300	30581,0398	180	12,0000	185,2877
310	31600,4077	188	12,5333	191,4640
320	32619,7757	194	12,9333	197,6402
330	33639,1437	201	13,4000	203,8165
340	34658,5117	209	13,9333	209,9927
350	35677,8797	216	14,4000	216,1690
360	36697,2477	225	15,0000	222,3452
370	37716,6157	232	15,4667	228,5215
380	38735,9837	240	16,0000	234,6978
390	39755,3517	249	16,6000	240,8740
400	40774,7197	258	17,2000	247,0503
410	41794,0877	268	17,8667	253,2265
420	42813,4557	277	18,4667	259,4028
430	43832,8236	287	19,1333	265,5790
440	44852,1916	298	19,8667	271,7553
450	45871,5596	310	20,6667	277,9315

460	46890,9276	322	21,4667	284,1078
470	47910,2956	335	22,3333	290,2841
480	48929,6636	350	23,3333	296,4603
490	49949,0316	365	24,3333	302,6366
500	50968,3996	381	25,4000	308,8128
510	51987,7676	397	26,4667	314,9891
520	53007,1356	414	27,6000	321,1653
539,4	54984,7095	435	29,0000	333,1473
530	54026,5036	516	34,4000	327,3416
520	53007,1356	645	43,0000	321,1653
510	51987,7676	670	44,6667	314,9891

BETON KATALIS 20%
 TINGGI = 29,9 cm
 DIAMETER = 14,5 cm
 LUAS = 165,04625 cm²
 VOLUME = 4934,882875 cm³

BEBAN KN	BEBAN kg	Δl BN 3	REG (10 ⁻³)	TEGANGAN kg/cm ²
10	1019,3680	5	0,3333	6,1763
20	2038,7360	12	0,8000	12,3525
30	3058,1040	19	1,2667	18,5288
40	4077,4720	26	1,7333	24,7050
50	5096,8400	33	2,2000	30,8813
60	6116,2080	41	2,7333	37,0575
70	7135,5759	48	3,2000	43,2338
80	8154,9439	55	3,6667	49,4101
90	9174,3119	62	4,1333	55,5863
100	10193,6799	70	4,6667	61,7626
110	11213,0479	77	5,1333	67,9388
120	12232,4159	85	5,6667	74,1151
130	13251,7839	92	6,1333	80,2913
140	14271,1519	99	6,6000	86,4676
150	15290,5199	106	7,0667	92,6438
160	16309,8879	114	7,6000	98,8201
170	17329,2559	120	8,0000	104,9964
180	18348,6239	127	8,4667	111,1726
190	19367,9918	134	8,9333	117,3489
200	20387,3598	142	9,4667	123,5251
210	21406,7278	150	10,0000	129,7014
220	22426,0958	157	10,4667	135,8776
230	23445,4638	155	10,3333	142,0539
240	24464,8318	162	10,8000	148,2302
250	25484,1998	170	11,3333	154,4064
260	26503,5678	177	11,8000	160,5827
270	27522,9358	187	12,4667	166,7589
280	28542,3038	195	13,0000	172,9352
290	29561,6718	205	13,6667	179,1114
300	30581,0398	215	14,3333	185,2877
310	31600,4077	229	15,2667	191,4640
320	32619,7757	242	16,1333	197,6402
330	33639,1437	256	17,0667	203,8165
340	34658,5117	272	18,1333	209,9927
350	35677,8797	290	19,3333	216,1690
360	36697,2477	315	21,0000	222,3452
370	37716,6157	335	22,3333	228,5215
380	38735,9837	345	23,0000	234,6978
390	39755,3517	365	24,3333	240,8740
400	40774,7197	390	26,0000	247,0503
410	41794,0877	425	28,3333	253,2265
420	42813,4557	456	30,4000	259,4028
430	43832,8236	490	32,6667	265,5790
434,9	44332,3140	535	35,6667	268,6054
430	43832,8236	602	40,1333	265,5790
420	42813,4557	645	43,0000	259,4028
410	41794,0877	680	45,3333	253,2265

BETON ABU BATU 5%
 TINGGI = 29,7 cm
 DIAMETER = 14,5 cm
 LUAS = 165,04625 cm²
 VOLUME = 4901,873625 cm³

BEBAN KN	BEBAN kg	Δl BN 3	REG (10 ⁻³)	TEGANGAN kg/cm ²
10	1019,3680	7	0,4667	6,1763
20	2038,7360	12	0,8000	12,3525
30	3058,1040	16	1,0667	18,5288
40	4077,4720	21	1,4000	24,7050
50	5096,8400	26	1,7333	30,8813
60	6116,2080	32	2,1333	37,0575
70	7135,5759	39	2,6000	43,2338
80	8154,9439	44	2,9333	49,4101
90	9174,3119	49	3,2667	55,5863
100	10193,6799	55	3,6667	61,7626
110	11213,0479	62	4,1333	67,9388
120	12232,4159	68	4,5333	74,1151
130	13251,7839	75	5,0000	80,2913
140	14271,1519	81	5,4000	86,4676
150	15290,5199	87	5,8000	92,6438
160	16309,8879	93	6,2000	98,8201
170	17329,2559	99	6,6000	104,9964
180	18348,6239	105	7,0000	111,1726
190	19367,9918	112	7,4667	117,3489
200	20387,3598	119	7,9333	123,5251
210	21406,7278	125	8,3333	129,7014
220	22426,0958	132	8,8000	135,8776
230	23445,4638	138	9,2000	142,0539
240	24464,8318	146	9,7333	148,2302
250	25484,1998	152	10,1333	154,4064
260	26503,5678	159	10,6000	160,5827
270	27522,9358	167	11,1333	166,7589
280	28542,3038	175	11,6667	172,9352
290	29561,6718	182	12,1333	179,1114
300	30581,0398	189	12,6000	185,2877
310	31600,4077	197	13,1333	191,4640
320	32619,7757	204	13,6000	197,6402
330	33639,1437	212	14,1333	203,8165
340	34658,5117	220	14,6667	209,9927
350	35677,8797	228	15,2000	216,1690
360	36697,2477	237	15,8000	222,3452
370	37716,6157	246	16,4000	228,5215
380	38735,9837	254	16,9333	234,6978
390	39755,3517	262	17,4667	240,8740
400	40774,7197	270	18,0000	247,0503
410	41794,0877	280	18,6667	253,2265
420	42813,4557	289	19,2667	259,4028
430	43832,8236	298	19,8667	265,5790
440	44852,1916	308	20,5333	271,7553
450	45871,5596	318	21,2000	277,9315

460	46890,9276	329	21,9333	284,1078
470	47910,2956	340	22,6667	290,2841
480	48929,6636	355	23,6667	296,4603
490	49949,0316	370	24,6667	302,6366
500	50968,3996	385	25,6667	308,8128
510	51987,7676	403	26,8667	314,9891
520	53007,1356	420	28,0000	321,1653
530	54026,5036	442	29,4667	327,3416
540	55045,8716	462	30,8000	333,5179
550	56065,2396	493	32,8667	339,6941
556	56676,8603	550	36,6667	343,3999
550	56065,2396	559	37,2667	339,6941
540	55045,8716	555	37,0000	333,5179
530	54026,5036	548	36,5333	327,3416

BETON ABU BATU 10%
 TINGGI = 29,8 cm
 DIAMETER = 14,4 cm
 LUAS = 162,7776 cm²
 VOLUME = 4850,77248 cm³

BEBAN KN	BEBAN kg	Δl BN 3	REG (10 ⁻³)	TEGANGAN kg/cm ²
10	1019,3680	4	0,2667	6,2623
20	2038,7360	10	0,6667	12,5247
30	3058,1040	15	1,0000	18,7870
40	4077,4720	20	1,3333	25,0493
50	5096,8400	25	1,6667	31,3117
60	6116,2080	31	2,0667	37,5740
70	7135,5759	36	2,4000	43,8364
80	8154,9439	44	2,9333	50,0987
90	9174,3119	50	3,3333	56,3610
100	10193,6799	56	3,7333	62,6234
110	11213,0479	63	4,2000	68,8857
120	12232,4159	70	4,6667	75,1480
130	13251,7839	76	5,0667	81,4104
140	14271,1519	82	5,4667	87,6727
150	15290,5199	89	5,9333	93,9350
160	16309,8879	96	6,4000	100,1974
170	17329,2559	103	6,8667	106,4597
180	18348,6239	108	7,2000	112,7220
190	19367,9918	114	7,6000	118,9844
200	20387,3598	121	8,0667	125,2467
210	21406,7278	129	8,6000	131,5091
220	22426,0958	135	9,0000	137,7714
230	23445,4638	143	9,5333	144,0337
240	24464,8318	150	10,0000	150,2961
250	25484,1998	158	10,5333	156,5584
260	26503,5678	165	11,0000	162,8207
270	27522,9358	174	11,6000	169,0831
280	28542,3038	182	12,1333	175,3454
290	29561,6718	190	12,6667	181,6077
300	30581,0398	198	13,2000	187,8701
310	31600,4077	206	13,7333	194,1324
320	32619,7757	215	14,3333	200,3947
330	33639,1437	223	14,8667	206,6571
340	34658,5117	232	15,4667	212,9194
350	35677,8797	241	16,0667	219,1818
360	36697,2477	250	16,6667	225,4441
370	37716,6157	260	17,3333	231,7064
380	38735,9837	268	17,8667	237,9688
390	39755,3517	277	18,4667	244,2311
400	40774,7197	287	19,1333	250,4934
410	41794,0877	298	19,8667	256,7558
420	42813,4557	310	20,6667	263,0181
430	43832,8236	325	21,6667	269,2804
440	44852,1916	335	22,3333	275,5428
450	45871,5596	345	23,0000	281,8051

460	46890,9276	360	24,0000	288,0674
470	47910,2956	380	25,3333	294,3298
480	48929,6636	400	26,6667	300,5921
490	49949,0316	415	27,6667	306,8545
500	50968,3996	430	28,6667	313,1168
510	51987,7676	450	30,0000	319,3791
520	53007,1356	480	32,0000	325,6415
530	54026,5036	535	35,6667	331,9038
520	53007,1356	568	37,8667	325,6415
510	51987,7676	605	40,3333	319,3791
500	50968,3996	652	43,4667	313,1168

BETON ABU BATU 15%
 TINGGI = 29,8 cm
 DIAMETER = 14,4 cm
 LUAS = 162,7776 cm²
 VOLUME = 4850,77248 cm³

BEBAN KN	BEBAN kg	Δl BN 3	REG (10 ⁻³)	TEGANGAN kg/cm ²
10	1019,3680	5	0,3333	6,2623
20	2038,7360	10	0,6667	12,5247
30	3058,1040	14	0,9333	18,7870
40	4077,4720	19	1,2667	25,0493
50	5096,8400	24	1,6000	31,3117
60	6116,2080	28	1,8667	37,5740
70	7135,5759	35	2,3333	43,8364
80	8154,9439	40	2,6667	50,0987
90	9174,3119	45	3,0000	56,3610
100	10193,6799	51	3,4000	62,6234
110	11213,0479	57	3,8000	68,8857
120	12232,4159	63	4,2000	75,1480
130	13251,7839	70	4,6667	81,4104
140	14271,1519	77	5,1333	87,6727
150	15290,5199	83	5,5333	93,9350
160	16309,8879	90	6,0000	100,1974
170	17329,2559	97	6,4667	106,4597
180	18348,6239	104	6,9333	112,7220
190	19367,9918	110	7,3333	118,9844
200	20387,3598	117	7,8000	125,2467
210	21406,7278	125	8,3333	131,5091
220	22426,0958	132	8,8000	137,7714
230	23445,4638	140	9,3333	144,0337
240	24464,8318	148	9,8667	150,2961
250	25484,1998	155	10,3333	156,5584
260	26503,5678	163	10,8667	162,8207
270	27522,9358	171	11,4000	169,0831
280	28542,3038	180	12,0000	175,3454
290	29561,6718	189	12,6000	181,6077
300	30581,0398	198	13,2000	187,8701
310	31600,4077	208	13,8667	194,1324
320	32619,7757	218	14,5333	200,3947
330	33639,1437	228	15,2000	206,6571
340	34658,5117	238	15,8667	212,9194
350	35677,8797	250	16,6667	219,1818
360	36697,2477	265	17,6667	225,4441
370	37716,6157	280	18,6667	231,7064
380	38735,9837	295	19,6667	237,9688
390	39755,3517	315	21,0000	244,2311
400	40774,7197	330	22,0000	250,4934
410	41794,0877	345	23,0000	256,7558
420	42813,4557	360	24,0000	263,0181
430	43832,8236	395	26,3333	269,2804
440	44852,1916	420	28,0000	275,5428
450	45871,5596	435	29,0000	281,8051
456	46483,1804	470	31,3333	285,5625
450	45871,5596	540	36,0000	281,8051
440	44852,1916	590	39,3333	275,5428
430	43832,8236	660	44,0000	269,2804

BETON ABU BATU 20%
TINGGI = 30,2 cm
DIAMETER = 14,7 cm
LUAS = 169,63065 cm²
VOLUME = 5122,84563 cm³

BEBAN KN	BEBAN kg	Δl BN 3	REG (10 ⁻³)	TEGANGAN kg/cm ²
10	1019,3680	6	0,4000	6,0093
20	2038,7360	12	0,8000	12,0187
30	3058,1040	18	1,2000	18,0280
40	4077,4720	25	1,6667	24,0374
50	5096,8400	30	2,0000	30,0467
60	6116,2080	36	2,4000	36,0560
70	7135,5759	43	2,8667	42,0654
80	8154,9439	48	3,2000	48,0747
90	9174,3119	55	3,6667	54,0840
100	10193,6799	60	4,0000	60,0934
110	11213,0479	68	4,5333	66,1027
120	12232,4159	73	4,8667	72,1121
130	13251,7839	80	5,3333	78,1214
140	14271,1519	86	5,7333	84,1307
150	15290,5199	92	6,1333	90,1401
160	16309,8879	99	6,6000	96,1494
170	17329,2559	106	7,0667	102,1588
180	18348,6239	112	7,4667	108,1681
190	19367,9918	120	8,0000	114,1774
200	20387,3598	127	8,4667	120,1868
210	21406,7278	135	9,0000	126,1961
220	22426,0958	143	9,5333	132,2054
230	23445,4638	150	10,0000	138,2148
240	24464,8318	159	10,6000	144,2241
250	25484,1998	167	11,1333	150,2335
260	26503,5678	176	11,7333	156,2428
270	27522,9358	185	12,3333	162,2521
280	28542,3038	195	13,0000	168,2615
290	29561,6718	205	13,6667	174,2708
300	30581,0398	215	14,3333	180,2802
310	31600,4077	224	14,9333	186,2895
320	32619,7757	234	15,6000	192,2988
330	33639,1437	246	16,4000	198,3082
340	34658,5117	258	17,2000	204,3175
350	35677,8797	270	18,0000	210,3268
360	36697,2477	283	18,8667	216,3362
370	37716,6157	295	19,6667	222,3455
380	38735,9837	308	20,5333	228,3549
390	39755,3517	320	21,3333	234,3642
400	40774,7197	340	22,6667	240,3735
410	41794,0877	360	24,0000	246,3829
420	42813,4557	380	25,3333	252,3922
430	43832,8236	410	27,3333	258,4016
440	44852,1916	435	29,0000	264,4109
450	45871,5596	465	31,0000	270,4202
456,2	46503,5678	525	35,0000	274,1460
450	45871,5596	578	38,5333	270,4202
440	44852,1916	625	41,6667	264,4109
430	43832,8236	675	45,0000	258,4016

LAMPIRAN 9



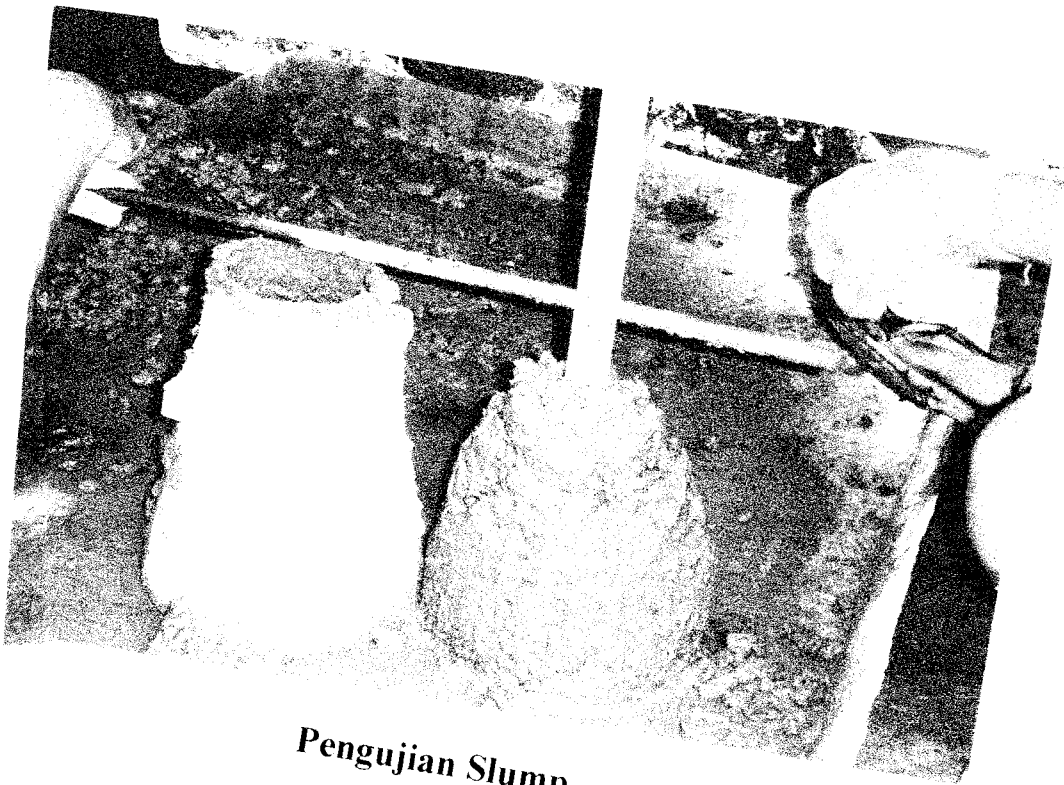
Pekerjaan Persiapan



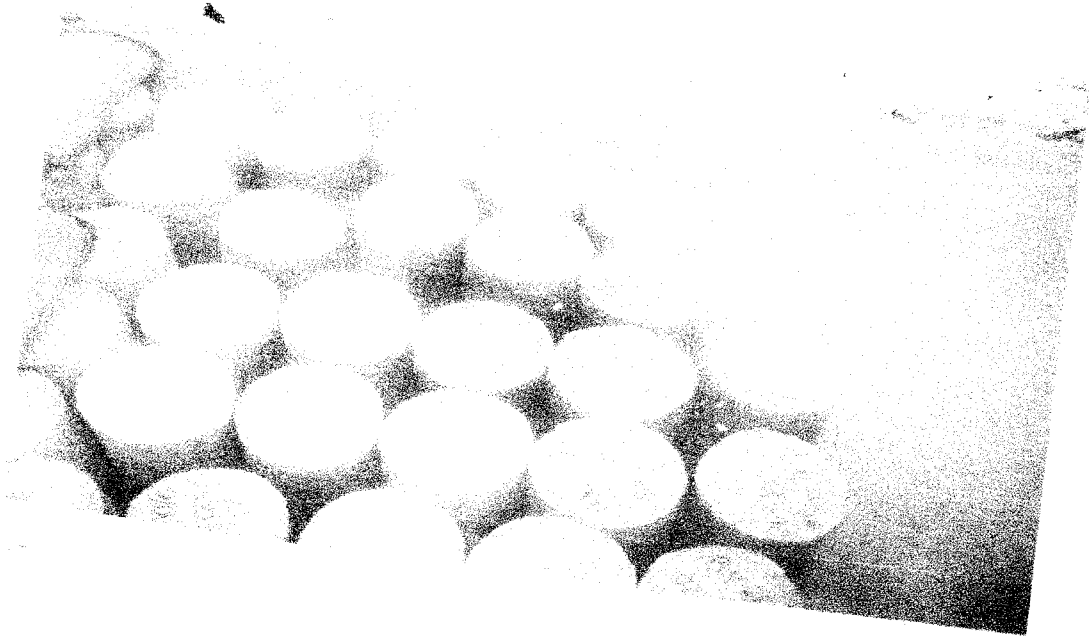
Pemeriksaan Agregat



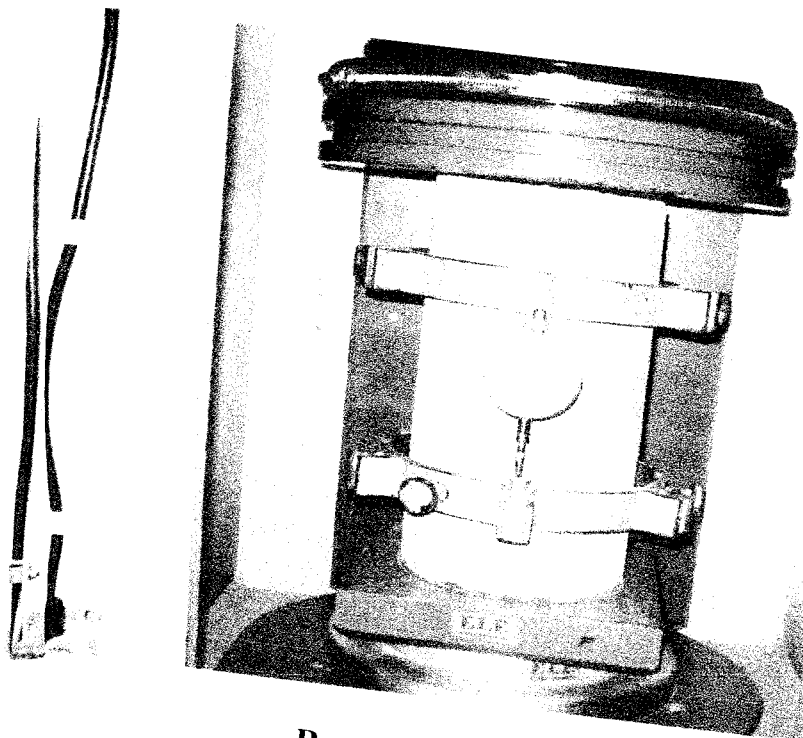
Pekerjaan Pengadukan Beton



Pengujian Slump



Perawatan Benda Uji



Pengujian Benda Uji